

УДК 524.386

Абсолютный спектрофотометрический каталог Аниты Кокран

В.И. Бурнашев¹, Б.А. Бурнашева¹, Е.В. Рубан², Е.И. Гаген-Торн²

¹ НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория” КНУ им. Т. Шевченко, Научный,
АР Крым, Украина, 98409
bella@crao.crimea.ua

² Главная (Пулковская) обсерватория РАН, Пулковское шоссе, 65, Санкт-Петербург, 196140
archarov@gao.spb.ru

Поступила в редакцию 3 октября 2013 г.

Аннотация. Представлен в машиночитаемом виде абсолютный спектрофотометрический каталог Аниты Кокран, в котором сведены в единую систему результаты наблюдений, выполненных в течение 1977–1978 гг. в обсерватории Мак Дональд.

Сравнение каталога с данными других авторов и сопоставление вычисленных широкополосных звездных величин блеска с результатами фотометрических наблюдений других авторов показали доброкачественность наблюдательного материала и возможность его использования в различных приложениях.

Особую ценность каталога представляют наблюдения переменных звезд различных типов.

THE ABSOLUTE SPECTROPHOTOMETRIC CATALOGUE BY ANITA COCHRAN, *by V.I. Burnashev, B.A. Burnasheva, E.V. Ruban, E.I. Hagen-Torn.* The absolute spectrophotometric catalogue by Anita Cochran is presented transformed in digital machine-readable form. It includes results of observations carried out at the McDonald Observatory during 1977–1978. A comparison of data from the catalogue with data from other ones and with results of the photometric observations by other authors shows reliability of observational data and possibility of their using in different applications. Observations of different-type variable stars are of especial value in this catalogue.

Ключевые слова: спектрофотометрия, переменные звезды

1 Введение

В последние годы в области наблюдательной спектрофотометрии сложилась ситуация, когда объем наблюдений различных небесных объектов, выполненный с помощью приборов, установленных на различных космических аппаратах и предназначенных для работы в области спектра, недоступной для наблюдений с земной поверхности, значительно, на порядок величины, превышает число таких, полученных на обычных земных телескопах. Между тем, как правило, длительность работы каждого такого аппарата ограничена, поэтому достаточно длительные ряды наблюдений в области спектра, доступной для наземных наблюдений, не теряют своей ценности.

В частности, каталог Аниты Кокран, опубликованный в 1980 году, на наш взгляд, до сих пор не потерял своей значимости и должен быть доступен широкой общественности. Особое значение

имеет тот факт, что он включает почти двухлетний интервал наблюдений некоторых переменных звезд.

2 Описание и структура каталога

Каталог создан с помощью спектрофотометра, в котором в качестве приемника излучения применялась линейка из 256 кремниевых фотодиодов, обеспечивающих регистрацию спектров в области 4650–10200 Å (Кокран и Барнес, 1981).

Прибор был установлен на 91-см телескопе обсерватории Мак Дональд и показал свою пригодность для целей абсолютной спектрофотометрии звезд. Наблюдения выполнены в ночи с хорошей атмосферной прозрачностью в период с августа 1977 г. по апрель 1978 г.

При создании многих каталогов часто берут среднее для данного астропункта значение монохроматической экстинкции, или даже применяют некоторые расчетные значения, исходя из высоты обсерватории и средних значений метеоданных. В данном каталоге поправки за атмосферную экстинкцию определялись для каждой ночи независимо, что, на наш взгляд, в значительной мере улучшило точность получаемого результата. При этом, как обычно, считалось, что экстинкция для данной длины волны в зависимости от воздушной массы наблюдаемого объекта изменяется линейно. Что же касается поглощения в районе теллурических полос, то, помимо линейного изменения, часть поглощения, обусловленная насыщением в голове полосы, входит в кривую спектральной чувствительности аппаратуры. Впрочем, в окончательно опубликованном каталоге значения монохроматических освещенностей $M(\nu) = -2.5 \cdot \log F(\nu)$, относящиеся к длинам волн в районе голов теллурических полос молекулярного кислорода в области λ 7580–7660 Å и водяного пара около λ 8980–9060 Å, λ 9180–9260 Å и λ 9500–9580 Å. Кроме того, часть измерений, относящихся к области сильных особенностей в спектрах наблюдаемых объектов, в частности, вблизи водородных линий в ранних звездах, также оказались исключенными из массива приводимых данных.

Несомненным достоинством прибора являлось то, что его чувствительность допускала малое время интегрирования (0.05–10 сек.), при этом механическое устройство спектрометра позволяло почти одновременно производить измерение фона вблизи звезды во всем спектральном диапазоне, что в значительной степени облегчило учет влияния фона при дальнейшей обработке.

Примененная дифракционная решетка обеспечила в фокальной плоскости камеры дисперсию около 820 Å/мм в спектральном интервале 4650–10200 Å, то есть вся исследуемая спектральная область регистрировалась за один прием, что значительно сэкономило время наблюдения, которое на скромном телескопе диаметром 90 см для звезды довольно умеренной яркости ($V \approx 10^m$) спектрального класса M составляло около 90 сек., а для звезды спектрального класса A – около 10 мин.

В фокальной плоскости камеры спектрометра на один элемент спектрального разрешения приходилось два фотодиода размером 420×24.5 мкм. Для данного прибора, с учетом среднего качества изображения около $4''$, спектральное разрешение соответствовало 42 Å.

Между тем, внимательное рассмотрение приводимых иллюстраций (например, на рис. 4 в статье Кокран и Барнеса (1981)) показывает, что воспроизводимость спектральных деталей (водородных линий) была непостоянной даже для яркой звезды нулевой величины (α *Lyr*). Как показывает опыт, возможно, что здесь сказывались как ошибки гидирования, так и упомянутые в статье флуктуации температуры. Сравнение спектров одной и той же звезды, полученных в разное время, показывает, что средняя величина ошибки неправильного отождествления длин волн составила около 20 Å.

Таким образом, фактическое разрешение приводимых в каталоге данных, представляющих собой средние из нескольких (от одного до шести) наблюдений величины, равно в среднем примерно 60 Å.

Для абсолютной калибровки применены спектрофотометрические данные для первичного стандарта α *Lyr*. Распределение энергии в спектре Веги взято как среднее из определений Хейеса и Латама (1975), Хейеса и др. (1975), с учетом данных Шилда и др. (1971). Звездная величина ($V = 0.^m00$) и принятое распределение энергии в спектре первичного стандарта α *Lyr* приведено

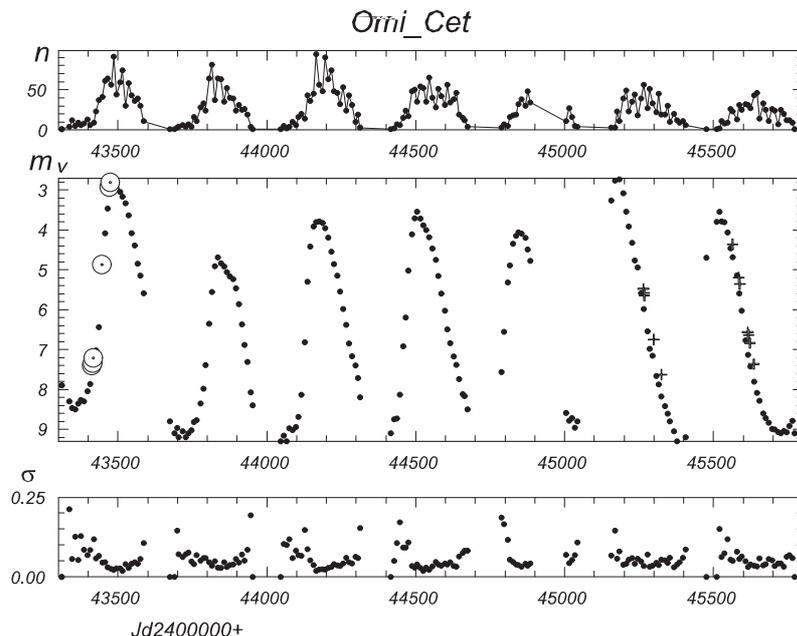


Рис. 1. Кривая блеска переменной звезды ϕ *Cet*. Точки – средняя кривая AAVSO. В нижней части рисунка даны ошибки этих средних значений. В верхней части рисунка указано число визуальных наблюдений, взятых для осреднения. Кружками обозначены вычисленные значения по данным каталога Кокран, крестами – по данным крымской спектродиметрии

в статье Кокран и Барнеса (1981). В этой статье выполнен обстоятельный анализ различных источников ошибок измерений, обусловленных неточными определениями атмосферной экстинкции и фона неба, а также изменением температуры окружающей среды в процессе наблюдений.

На наш взгляд, еще одним важным источником ошибок являются также и потери света на щечках входной щели. Опыт показывает, что такие потери заметны даже при применении большой входной диафрагмы диаметром до одной минуты (Бурнашев, Петров, 1976).

Каталог опубликован в виде таблиц, содержащихся в статьях Кокран (1980, 1981), и содержит 177 кривых распределения энергии в спектрах 115 звезд различных спектральных классов и типов переменности. Список звезд приводится в отдельном файле, где указаны: 1) номер по каталогу BS или HD, 2) название звезды, 3) и 4) – экваториальные координаты (на 2000 год), 5) фотоэлектрическая величина V , 6) спектральный класс. Для переменных звезд в 7-й и 8-й колонках указаны дата и всемирное время наблюдения. В 9-й колонке приводится общее число наблюдений, в 10-й – отмечено, является ли звезда фотометрическим стандартом (PH STD) или звездой с известным угловым диаметром (PHI), в последней, 11-й колонке для некоторых звезд дается примечание: название звезды в соответствии с “Каталогом переменных звезд” (Кукаркин и др., 1969) или номер звезды по “Каталогу звезд, заподозренных в переменности блеска” (Кукаркин и др., 1951)(CSV No...).

Данные исходного каталога выражены как $M_\nu = -2.5 \lg F_\nu + const$. Константа нормализации $M_\nu = 0.^m000$ соответствует $F_\nu = 3.50 \times 10^{-20} \text{ ergs s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$.

В публикуемой нами версии значения монохроматической освещенности на границе земной атмосферы $\log E(\lambda)$ отнесены не к частотному интервалу, но к интервалу длин волн: $E(\lambda)$ выражена в $(\text{erg/s} \cdot \text{cm}^{-2})$, отнесенных к интервалу длин волн 1 см. Соответственно, константа нормализации для звезды нулевой величины будет $E(\lambda) = 3.39 \times 10^{-1} \text{ ergs s}^{-1} \text{ cm}^{-2} \text{ cm}^{-1}$.

Как показало сравнение с каталогом Алексеевой и др. (1996) (“Chilean catalogue”), выполненное с помощью непериодических звезд, расхождения с каталогом Алексеевой и др. (1996) в среднем

составляют около 1–3 % в области до пашеновского скачка и доходят до 10 % в области сильных линий.

Особый интерес представляют опубликованные в каталоге результаты наблюдений переменных звезд. В частности, доброкачественность каталога иллюстрирует рис. 1, на котором приводятся результаты определений визуального блеска переменной звезды *omi Cet* по данным Американской Ассоциации наблюдателей переменных звезд (<http://www.aavso.org/>). Приводимые на сайте Ассоциации визуальные оценки блеска получены разными наблюдателями. Средняя ошибка одного отдельного наблюдения, опубликованного в базе AAVSO, составляет величину около $\pm 0.^m25$. Поскольку исследуемая звезда имеет достаточно большой период изменения блеска, представляется целесообразным строить среднюю кривую блеска путем осреднения опубликованных данных по интервалам в 10 дней, так что каждая точка на рис. 1 представляет собой среднее значение блеска \overline{m} из всех n наблюдений, попавших в этот десятидневный интервал. В верхней части рисунка показано число n , которое вблизи максимумов блеска может доходить до нескольких десятков независимых оценок.

В нижней части рисунка изображена величина σ – ошибка этого среднего значения \overline{m} , которая в \sqrt{n} меньше ошибки одного отдельного наблюдения и в среднем составляет $\pm 0.^m05$, естественно резко возрастающая к моментам минимума блеска из-за недостатка света и малого числа наблюдений.

Результаты наблюдений этой звезды, приведенные в рассматриваемом каталоге, получены в период с 25 сентября по 26 ноября 1977 г., то есть относятся к фазам подъема блеска на кривой. Оценки блеска, полученные путем перемножения кривой реакции системы V и кривой распределения энергии, показаны на рисунке кружками.

В свое время нами были вычислены UBV -величины переменных звезд по данным сводного спектрофотометрического каталога, созданного в Крымской обсерватории (Бурнашев и Бурнашева, 2010). Значения величины V , определенные по крымским наблюдениям для $\varnothing Cet$ в 1982–1983 гг., показаны на рисунке крестами. Как видно, сходимость результатов обоих каталогов вполне сравнима, и они могут служить полезным дополнением друг друга на разных участках кривой блеска.

Абсолютный спектрофотометрический каталог Аниты Кокран размещен на сайте Крымской обсерватории в базе данных, создаваемой в течение нескольких лет А.А. Шляпниковым (2007): [http://www.crao.crimea.ua/\\$\sim\\$saas/CATALOGUES/B+2013/eCat/B+2013.html](http://www.crao.crimea.ua/\simsaas/CATALOGUES/B+2013/eCat/B+2013.html).

3 Выводы

Таким образом, данные спектрофотометрического каталога Аниты Кокран показывают удовлетворительное согласие с результатами других авторов. Кроме того, каталог выгодно отличается тем, что содержит результаты наблюдений переменных звезд различных типов в широком спектральном интервале, включающем, в частности, недостаточно изученную до недавнего времени ближнюю инфракрасную область.

4 Благодарности

Мы глубоко благодарны членам Американской Ассоциации наблюдателей переменных звезд за их вклад в базу данных (AAVSO International Database), некоторые результаты из которой были применены нами в процессе работы.

Мы искренне признательны сотрудникам Пулковской обсерватории Т.А. Положенцевой и Т.Ю. Пузаковой за помощь в подготовке данных для обработки, а также А.А. Шляпникову за полезные дискуссии в ходе выполнения работы.

Литература

Алексеева и др. (Alekseeva G.A., Arkharov A.A., Galkin V.D., Hagen-Thorn E.I., Nikanorova I.N., Novikov V.V., Novopashenny V.B., Pakhomov V.P., Ruban E.V., Shchegolev D.E.) // *Baltic Astron.* 1996. V. 5. P. 603.

- Бурнашев В.И., Бурнашева Б.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2010. Т. 106. С. 94.
- Бурнашев В.И., Петров П.П. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1976. Т. 47. С. 176.
- Кокран (Cochran A.L.) // Publ. Astron. University of Texas. 1980. N. 16. P. 1.
- Кокран (Cochran A.L.) // Astrophys. J. Suppl. Ser. 1981. V. 45. P. 83.
- Кокран и Барнес (Cochran A.L., Barnes T.G.) // Astrophys. J. Suppl. Ser. 1981. V. 45. P. 73.
- Кукаркин Б.В. и др. // Общий каталог переменных звезд (3-е изд.). М.: Наука. 1969.
- Кукаркин Б.В. и др. // Каталог звезд, заподозренных в переменности блеска, содержащий сведения о 5835 переменных звездах, открытых и не получивших окончательного обозначения до 1951 года и о 2299 звездах, переменность которых сомнительна. М.: АН СССР, ГАИШ. 1951.
- Хейес и др. (Hayes D.S., Latham D.W., Hayes S.H.) // Astrophys. J. 1975. V. 197. P. 587.
- Хейес и Латам (Hayes D.S., Latham D.W.) // Astrophys. J. 1975. V. 197. P. 593.
- Шилд и др. (Schild R., Peterson D.M., Oke J.B.) // Astrophys. J. 1971. V. 166. P. 95.
- Шляпников А.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2007. Т. 103. С. 142.