

## Статистическое исследование перемены блеска и цвета Ар-звезд

*Рачо Радков*

На основании всех опубликованных электрофотометрических наблюдений Ар-звезд не позже 1971 года, оказавшихся около 5250, а также всех новейших периодов перемены блеска, получены средние кривые блеска в  $U$ ,  $B$  и  $V$ -лучах для 40 Ар-звезд. Приблизительное приведение электрофотометрических наблюдений, проведенных в близких к системе  $U$ ,  $B$ ,  $V$ -областях спектра, к системе  $U$ ,  $B$ ,  $V$ , исполнено графически описанным ниже способом. При помощи новейших периодов определены фазы всех наблюдений и построены кривые блеска в соответствующих областях спектра для каждого отдельного наблюдателя. Если наблюдения хотя бы одного из наблюдателей сделаны в стандартной системе, то величина каждого наблюдения в ней определялась накладыванием соответствующей этим наблюдениям кривой блеска на кривые, полученные по наблюдениям других авторов. Из перечисленных таким образом наблюдений построены общие средние кривые блеска. Следует отметить, что в большинстве случаев расположение точек по наблюдениям отдельных авторов относительно средней кривой совпадают в границах средних ошибок наблюдений.

В случае, когда ни один из наблюдателей не приводил свои наблюдения в стандартную систему, то за основные принимались наблюдения автора, располагающего наибольшим числом наблюдений. Среднеарифметическое экстремальных значений этих наблюдений приравнено к соответствующим данным в одном из следующих трех каталогов: Eggen [15], Osawa [29] или Abt, Golson [9].

Для построения кривых показателей цвета  $B - V$  и  $U - B$  были использованы по 20 точек соответствующих кривых блеска (табл. 1). В колонках даны: номер звезды по HD-каталогу; логарифм от периода  $P^d$ ; амплитудные значения перемены блеска в  $V$ ,  $B$  и  $U$ -лучах — соответственно  $\Delta V$ ,  $\Delta B$  и  $\Delta U$ ; амплитудные значения перемены показателей цвета в этой системе — соответственно  $\Delta(B - V)$  и  $\Delta(U - B)$ ; использованная литера-

Таблица 1

Амплитуды перемены блеска и цвета Ар звезд, использованных для статистического исследования в настоящей работе

| Звезда<br>(№ по HD) | $\lg P^d$ | $\Delta V$ | $\Delta B$ | $\Delta U$ | $\Delta(B-V)$ | $\Delta(U-B)$ | Литература                |
|---------------------|-----------|------------|------------|------------|---------------|---------------|---------------------------|
| 4778                | 0,334     | 0,022      | 0,016      | 0,026      | 0,039         | 0,015         | 43; 43                    |
| 10783               | 0,616     | 0,026      | 0,039      | 0,042      | 0,018         | 0,009         | 33; 33                    |
| 11503               | 0,416     | 0,022      | 0,019      |            | 0,009         |               | 42; 42                    |
| 15089               | 0,241     | 0,024      | 0,012      |            | 0,018         |               | 27; 27, 36, 40            |
| 18296               | 0,460     | 0,026      | 0,027      | 0,024      | 0,015         | 0,011         | 30; 40, 45                |
| 19832               | -0,138    | 0,037      | 0,060      | 0,076      | 0,024         | 0,039         | 22; 22, 37                |
| 25354               | 0,591     | 0,032      | 0,023      | 0,052      | 0,018         | 0,029         | 40; 14, 17, 40            |
| 25823               | 1,077     | 0,036      | 0,027      |            | 0,022         |               | 40; 40                    |
| 30466               | 0,544     | 0,014      | 0,038      |            | 0,024         |               | 14; 14                    |
| 32633               | 0,808     | 0,029      | 0,033      | 0,038      | 0,008         | 0,016         | 32; 25, 32, 30            |
| 34452               | 0,392     | 0,023      | 0,032      |            | 0,010         |               | 40; 40                    |
| 65339               | 0,905     | 0,008      | 0,012      | 0,026      | 0,011         | 0,020         | 31; 23, 25, 31, 40        |
| 68351               | 0,691     | 0,000      | 0,016      | 0,022      | 0,016         | 0,012         | *; 14, 45                 |
| 71866               | 0,832     | 0,018      | 0,040      | 0,025      | 0,039         | 0,016         | 45; 23, 25, 41, 45        |
| 74521               | 0,735     | 0,025      | 0,032      | 0,028      | 0,025         | 0,015         | 45; 45                    |
| 77350               |           | 0,000      | 0,000      |            |               |               | — ; 14                    |
| 78316               | 0,699     | 0,010      | 0,008      | 0,008      | 0,006         | 0,009         | 35; 35                    |
| 90569               | 0,799     | 0,018      | 0,024      |            | 0,039         |               | *; 14                     |
| 108662              | 0,706     | 0,012      | 0,014      | 0,028      | 0,012         | 0,018         | 35; 35                    |
| 108945              | 0,042     | 0,014      |            |            |               |               | 10; 10                    |
| 112185              | 0,707     | 0,027      | 0,022      |            | 0,009         |               | 38; 38                    |
| 112413              | 0,738     | 0,076      | 0,039      | 0,045      | 0,044         | 0,009         | 16; 3, 18, 19, 38, 39, 47 |
| 118022              | 0,571     | 0,011      | 0,013      | 0,016      | 0,005         | 0,005         | 45; 45                    |
| 124224              | -0,283    | 0,075      | 0,090      | 0,147      | 0,017         | 0,063         | 1; 1, 20, 21              |
| 125248              | 0,968     | 0,025      | 0,084      | 0,097      | 0,089         | 0,029         | *; 28, 46                 |
| 134793              | 0,477     | 0,002      | 0,008      |            | 0,009         |               | *; 14                     |
| 137909              | 1,267     | 0,014      | 0,031      | 0,025      | 0,020         | 0,016         | 14; 2, 14                 |
| 140160              | 0,203     | 0,018      | 0,024      |            | 0,008         |               | 38; 38                    |
| 153882              | 0,779     | 0,023      | 0,021      | 0,028      | 0,010         | 0,014         | 45; 8, 23, 45             |
| 173650              | 0,999     | 0,053      | 0,044      |            | 0,009         |               | 48; 13, 48                |
| 176232              | 0,914     | 0,013      | 0,009      | 0,010      | 0,010         | 0,006         | *; 45                     |
| 179761              | 0,233     | 0,014      | 0,011      | 0,010      | 0,006         | 0,003         | 45; 45                    |
| 184905              | 0,268     | 0,049      | 0,029      | 0,056      | 0,021         | 0,037         | 14; 14                    |
| 192678              | 1,255     | 0,016      | 0,016      | 0,012      | 0,011         | 0,016         | 45; 45                    |
| 196502              | 1,307     | 0,039      | 0,015      | 0,018      | 0,034         | 0,013         | 44; 12, 36, 42, 44        |
| 215038              | 0,309     | 0,063      | 0,074      | 0,096      | 0,015         | 0,036         | 45; 25, 26, 45            |
| 215441              | 0,977     | 0,107      | 0,137      | 0,186      | 0,031         | 0,050         | 11; 24, 45                |
| 219749              | 0,416     | 0,017      | 0,018      | 0,053      | 0,009         | 0,048         | 40; 40                    |
| 220825              | -0,236    | 0,011      | 0,016      |            | 0,011         |               | 40; 40                    |
| 224801              | 0,573     | 0,045      | 0,037      | 0,069      | 0,015         | 0,044         | 45; 38, 42, 45            |

\* Период принят или определен автором.

тура для периодов и для наблюдений. В подчеркнутых номерах статей наблюдения даны в  $U, B, V$ -системе.

Полученные значения для амплитуд изменения  $V, B-V$  и  $U-B$  сравнены со значениями, данными в работе Хохлова [7]. Последние определены на основании исследований различных авторов и различного числа наблюдений. В общем можно принять, что в составленном списке нет систематических ошибок. Величины, включенные в список, вместе с фотометрическими градиентами  $\Delta_V$  и  $\Delta_U$ , взятыми из работы [5] (здесь

Таблица 2

Коэффициенты корреляции и их значимости для соответствующих пар величин

| Величина      | Коэффициенты корреляции |            |            |            |               |               |       |       |
|---------------|-------------------------|------------|------------|------------|---------------|---------------|-------|-------|
|               | $\lg P$                 | $\Delta V$ | $\Delta B$ | $\Delta U$ | $\Delta(B-V)$ | $\Delta(U-B)$ | $r_V$ | $r_U$ |
| $\lg P$       | -----                   | -0,01      | -0,05      | -0,31      | +0,23         | -0,44         | -0,05 | -0,39 |
| $\Delta V$    | <0,95                   | -----      | +0,80      | +0,83      | +0,27         | +0,62         | +0,34 | +0,18 |
| $\Delta B$    | <0,95                   | >0,999     | -----      | +0,95      | +0,46         | +0,67         | +0,15 | +0,28 |
| $\Delta U$    | <0,95                   | >0,999     | >0,999     | -----      | +0,32         | +0,83         | +0,15 | +0,27 |
| $\Delta(B-V)$ | <0,95                   | <0,95      | >0,99      | <0,95      | -----         | +0,11         | -0,05 | -0,13 |
| $\Delta(U-B)$ | >0,95                   | >0,999     | >0,999     | >0,999     | <0,95         | -----         | +0,13 | +0,51 |
| $r_V$         | <0,95                   | <0,95      | <0,95      | <0,95      | <0,95         | <0,95         | ----- | -0,03 |
| $r_U$         | ~0,95                   | <0,95      | <0,95      | <0,95      | <0,95         | >0,999        | <0,95 | ----- |

прибавлены и градиенты для звезды HD 137909, для которой  $r_V=0,55$  и  $r_U=0,93$ ), были использованы при поиске корреляционных связей между указанными 8 величинами (табл. 2). В правой, верхней половине таблицы даны соответствующие линейные корреляционные коэффициенты, а в левой нижней — их значимости по [6] между величинами, расположенными против соответствующего ряда и над соответствующим столбцом. Из 28 возможных связей существуют только 7 со значимостью больше 0,999 и по одной связи со значимостью соответственно больше 0,99, 0,95 и около 0,95. Можно считать, что линейные корреляции существуют только в 1/3 возможных случаев. Интересно отметить, что  $\Delta(U-B)$  является как будто самой представительной величиной, выражающей лучше всего процессы, определяющие перемену блеска этих звезд. С высокой значимостью (больше 0,99) она коррелирует с 5 из возможных 7 величин.

Остальные значимые коэффициенты корреляции относятся к зависимости между величинами  $\Delta V$ ,  $\Delta B$  и  $\Delta U$  (значимость больше 0,999) между  $\Delta(B-V)$  и  $\Delta B$  (значимость больше 0,99) и между  $\lg P$  и  $r_U$  со значимостью около 0,95. Величина  $r_V$  не имеет корреляционных коэффициентов со значимостью приблизительно или больше 0,95. Почти такая же картина наблюдается и при амплитуде показателя цвета  $B-V$  (за исключением связи с  $\Delta B$ ).

При наличии таких результатов можно сделать вывод, что основной процесс лучше всего проявляется в перемене показателя цвета  $U-B$ , а на перемену показателя цвета  $B-V$  и на  $r_V$ , очевидно, влияют и другие процессы, не связанные с основным. На излучение неомогенной газовой оболочки около звезды, вращающейся вместе с звездой, можно указать как на дополнительный процесс. Имея в виду [4], температуру газа определяем около  $18\,000^\circ\text{K}$  при эффективной температуре поверхности звезды около  $11\,000^\circ\text{K}$ . Вопрос о формировании подобной газовой оболочки остается открытым, но факт, что наблюдаются слабые эмиссионные крылья у некоторых линий [7, с. 330], говорит в пользу такого предположения.

В конце автор хочет поблагодарить Н. Буханцову, оказавшую ему помощь в вычислениях и оформлении работы к печати, а также доц. Н. Николова и И. Янкулову за обсуждение некоторых вопросов, связанных с настоящей работой.

## Литература

1. Абуладзе, О. П. Бюлл. Абастум. астроф. обс., **36**, 1963, 43.
2. Бродская, Э. С. АЖ, **47**, 1970, 662.
3. Никонов, В. Б., Э. С. Бродская. Бюлл. Абаст. астроф. обс., **11**, 1950, 7.
4. Радков, Р. I нац. конф. молод. физиков. С., 1972.
5. Радков, Р. АЦ, 1972, 673, 5.
6. Румшицкий, Л. З. Математическая обработка результатов эксперимента. М., Наука, 1971.
7. Хохлова, В. Л. В: Эруптивные звезды. М., Наука, 1970, 307.
8. Чугайнов, П. Ф. ПЗ, **13**, 1961, 255.
9. Abt, A. H., J. C. Golson. Ap. J., **136**, 1962, 35.
10. Bahner, K., L. Mawridis. Zf. A., **41**, 1957, 254.
11. Bartolini, C., P. Battistini. Atti 12 Riunione Soc. astron. ital., 1968. Aquila, **63**, 1969.
12. Berg, R. A. Publ. Leander McCormick Obs., **15**, 1967, 19.
13. Burke, E. W., J. B. Rice, W. H. Wehlauf. PASP, **81**, 1969, 883.
14. Burke, E. W., W. W. Rolland, W. R. Boy. Journ. RAS of Canada, **64**, 1970, 353.
15. Eggen, O. J. In: Magnetic and Related Stars. Baltimor, Mono Book, 1967, 141.
16. Farnsworth, J. Ap. J., **76**, 1932, 313.
17. Genderen, van. A. M. Astron. and Astroph., suppl., **1**, 1970, 123.
18. Guthnick, P., R. Prager. Veroff. Sternw. Berlin — Babelsberg, **1**, 1914, 1.
19. Güssow, M. AN, **229**, 1926—1927, 197.
20. Hardie, R. Ap. J., **127**, 1958, 620.
21. Hardie, R. H., L. Lieberman, E. Reichmann. PASP, **79**, 1967, 74.
22. Hardie, R. H., N. H. Schroeder. Ap. J., **138**, 1963, 350.
23. Jarzębowski, T. Acta Astr., **10**, 1960, 31.
24. Jarzębowski, T. Acta Astr., **10**, 1960, 119.
25. Jarzębowski, T. Acta Astr., **10**, 1960, 237.
26. Jarzębowski, T. Acta Astr., **11**, 1961, 191.
27. Klock, B. L. A. J., **70**, 176, 1965.
28. Maitzen, H. M., K. D. Rakosch. Astron. and Astroph., **7**, 1970, 10.
29. Osawa, K. Ann. Tokio Astr. Obs., Ser. 2, **9**, 1965, 123.
30. Preston, G. W. Ap. J., **158**, 1969, 251.
31. Preston, G. W., K. Stępień. Ap. J., **151**, 1968, 583.
32. Preston, G. W., K. Stępień. Ap. J., **151**, 1968, 577.
33. Preston, G. W., K. Stępień. Ap. J., **154**, 1968, 971.
34. Preston, G. W., K. Stępień. Ap. J., **156**, 1969, 653.
35. Preston, G. W., K. Stępień, S. C. Wolff. Ap. J., **156**, 1969, 653.
36. Provin, S. S. Ap. J., **117**, 1953, 21.
37. Provin, S. S. Ap. J., **118**, 1953, 281.
38. Provin, S. S. Ap. J., **118**, 1953, 489.
39. Puper, D. M. Ap. J., suppl. **18**, 1969, 747.
40. Rakos, K. D. Lowell Obs. Bull. s. a., **5**, 1962, 227.
41. Rakosch, K. D. Zf. A., **56**, 1962, 153.
42. Rakos, K. D. Lowell Obs. Bull., **6**, 1963, 91.
43. Rakos, K. D. PASP, **80**, 1968, 563.
44. Stępień, K. Ap. J., **153**, 1968, 165.
45. Stępień, K. Ap. J., **154**, 1968, 945.
46. Stibbs, D. W. N. MN, **110**, 1950, 395.
47. Tai, W. S. MN, **100**, 1940, 94.
48. Wehlauf, W. PASP, **74**, 1962, 137.

## Statistical Investigation of Light and Colour Changes of Ap-Stars

*R. Radkov*

(Summary)

As a result of the working out of the published about 5,250 electrophotometric observations, the amplitude values of light and colour changes, approximately reduced in the *UBV* system for 40 Ap-stars, are determined and given in a table. The linear correlation coefficients and significance levels for each two of the following parameters:  $\lg P$ ,  $\Delta V$ ,  $\Delta B$ ,  $\Delta U$ ,  $\Delta(B-V)$ ,  $\Delta(U-B)$ ,  $r_V$  and  $r_U$  are determined.

The conclusion is drawn that the parameter  $\Delta(U-B)$  is most closely related to the basic process determining the light change of Ap-stars and that in the *V*-region a secondary process is also acting.

*Сектор астрономии  
Болгарской академии наук*

*Поступила 11. VI. 1975 г.  
Переработана 11. XII. 1975 г.*