

Переменные звезды 21, № 2, 175–182, 1979.
Variable Stars 21, No 2, 175–182, 1979.

Об оптической активности быстрых неправильных переменных

А. Я. Филин

Активность быстрых неправильных переменных, проявляющаяся в изменении блеска, предлагается характеризовать показателем оптической активности k . Показатель оптической активности представляет собой среднее изменение блеска в единицу времени и определяется по формуле (1). При таком понимании показателя оптической активности имеет место простая связь (2) показателя k со средней амплитудой $\bar{A}_m$ и частотой C , которые определяются по формуле (*). Расчеты проведены для переменных SU Возничего, UX и BN Ориона.

На основании предварительного анализа зависимостей (рис. 4) сделаны некоторые заключения, которые во многом следует рассматривать как предположительные: 1) зависимость $(k, \bar{m})$ для BN Ориона подтверждает известный для этой переменной наблюдательный факт понижения активности в периоды максимального среднего блеска и возрастание ее в эпохи минимумов; 2) во всех трех случаях зависимость $(\bar{A}_m, C)$ практически отсутствует. Возможно, что C и $\bar{A}_m$ изменяются независимо друг от друга и изменение показателя активности является результатом их случайной комбинации; 3) все зависимости для рассматриваемых трех звезд проявляются по-разному. Может быть, эта особенность окажется полезной для классификации быстрых неправильных переменных.

On the Optical Activity of Rapid Irregular Variables

by A. Ja. Filin

The activity of the light variations of the irregular variable star may be characterized by the index of the optical activity k which is mean light variation rate per unit time. The index k can be calculated from the formula (1) where Δm_i is the light variation in the monotonous sections of the light curve, n is the number of the monotonous sections. The activity index is connected with the frequency C and mean amplitude $\bar{A}_m$ by the equation (2), C and $\bar{A}_m$ can be determined from the formulae (*).

This method for the calculation of the activity index was applied to the variables SU Aur, UX and BN Ori. Long series of the observations are available for these variables. The values k , C , $\bar{A}_m$ and average magnitude $\bar{m}$ for each of seasonal light curves were computed. But only those values of k were used for which the quantity $N/\Delta T \geq 0.3$ because otherwise the index k depends on the number of the observations N (fig. 1).

Various dependences between these values were considered (fig. 4). All our data are listed in accompanying table where following designations are adopted: "+++" – the dependence is obvious, "++" – the dependence is feebly marked, "+" – some tendency takes place only, "–" – the dependence is lacking.

On the base of the preliminary analysis we can make the following conclusions.

1) The dependence (k, m) for BN Ori confirms known observational fact that the activity for this variable at the maximum mean light is less than at the minimum one.

2) In all cases relationship $(C, \bar{A}_m)$ is practically lacking. It is possible that C and $\bar{A}_m$ are independent of each other and a change of the activity index is the result of accidental combination of C and $\bar{A}_m$.

3) All dependences for our three variables show itself in different ways. It is possible that this fact may be used for classification of the rapid irregular stars.

It is noted that the activity index also by quantity $k = (\sum |\Delta m_i / \Delta t_i|) / n$ can be characterized.

Термин "активность" применительно к изменению блеска быстрых неправильных переменных употребляется уже давно. Хотя сколько-нибудь точного определения этого понятия не существует, все исследователи, как правило, вкладывают в него одинаковый смысл: быстрые колебания большой амплитуды соответствуют большей активности и наоборот. Известно, что активность этих переменных изменяется в довольно широких пределах, так что сильная переменность может сменяться периодами почти полного постоянства, что было отмечено еще Хоффмейстером (1949). Известно также, что у некоторых переменных, у которых наряду с быстрыми колебаниями происходит медленное изменение средней звездной величины, наблюдается понижение активности в периоды максимального среднего блеска и усиление ее в эпохи минимумов (Цесевич и Драгомирецкая, 1967). Несколько раньше Шевченко (1964) использовал понятие активности при рассмотрении относительного возраста звезд, находящихся в стадии гравитационного сжатия. В этой же работе сделана попытка установить, что же следует понимать под активностью. Автор предлагает "...подразумевать под "активностью" совокупность следующих характеристик: амплитуда, скорость изменения блеска, количество энергии, выделяемой при отдельных колебаниях блеска, интенсивность эмиссии в спектре и в отдельных линиях и т.д.", но в качестве величины, характеризующей активность, за неимением лучшего, принимает максимальную амплитуду изменения блеска.

В настоящее время мы не можем дать численную оценку активности с учетом всех перечисленных характеристик, поскольку для большинства из них отсутствуют систематические и длительные ряды наблюдений. Единственной характеристикой, которая для некоторых звезд более или менее обеспечена наблюдениями, является изменение блеска. Однако изменение блеска не может характеризовать все проявления активности.

Наблюдения последних лет указывают на то, что изменение блеска, помимо внутренних причин, связанных с процессами в атмосферах звезд, может происходить также в результате изменения поглощения в околозвездной пылевой оболочке. Возможно, что с этим обстоятельством в некоторой степени связано большое наблюдаемое разнообразие в изменении блеска быстрых неправильных переменных. Таким образом, оцен-

ка активности переменной по изменению ее блеска представляет некоторую эффективную активность как суммарный эффект влияния различных причин на ее фотометрические характеристики.

Будем характеризовать активность переменной в данную эпоху средней скоростью изменения блеска. Поскольку речь идет об активности, проявляющейся в изменении блеска, имеет смысл назвать ее оптической активностью переменной.

Если звездная величина m есть некоторая функция времени $m(t)$, то за численное значение активности в интервале времени от t_1 до t_2 можно принять среднее значение модуля производной

$$k = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \left| \frac{dm(t)}{dt} \right| dt}{\int_{t_1}^{t_2} dt} = \frac{\int_{t_1}^{t_2} \left| \frac{dm(t)}{dt} \right| dt}{\Delta T}.$$

Для практических расчетов можно пользоваться формулой

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta m_i|}{\Delta T}, \quad (1)$$

где Δm_i — изменение блеска на участке монотонности кривой.

С другой стороны, активность связана со средней амплитудой $\overline{A_m}$ и частотой C , которые определяются из соотношений

$$C = \frac{n}{\Delta T}, \quad \overline{A_m} = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta m_i|}{n}, \quad (*)$$

где n — число участков монотонности кривой. Отсюда получаем

$$k = C \cdot \overline{A_m}. \quad (2)$$

Таким образом, за меру оптической активности переменной можно принять величину k , определяемую формулами (1) и (2), и уместно назвать ее показателем оптической активности.

Описанный метод был применен к переменным SU Возничего, UX и BN Ориона. Для них имеются продолжительные ряды фотографических наблюдений, опубликованные Цесевичем и Драгомирецкой (1973). Интервал наблюдений составляет 55 лет, так что имелось 55 кривых блеска соответственно количеству сезонов видимости. Со smoothed кривых снимались необходимые численные характеристики, вычислялись значения k , C , $\overline{A_m}$ и определялась также средняя звездная величина $\overline{m}$.

При большом количестве наблюдений и при достаточно равномерном распределении их по времени имеют место только случайные ошибки, связанные с неточностью самих наблюдений и некоторым произволом при проведении кривой. Если же наблюдений мало, то появляется систематическая ошибка, порождаемая недостатком наблюдений. Проявляется она в том, что на кривой блеска не "прорисовываются" пики и все экстремальные участки ее, полностью или частично, выпадают из расчета,

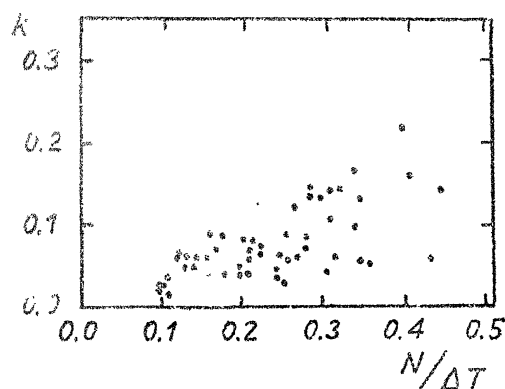


Рис. 1.

что приводит к систематическому уменьшению k и C . Все это хорошо видно на графике (рис. 1), построенном по данным для ВН Ориона. По вертикальной оси отложены значения k , по горизонтальной — величина $N/\Delta T$, где N — число наблюдений, а ΔT выражено в сутках. Аналогичный график получается и для C .

На рисунке видно, что при значениях $N/\Delta T \approx 0.3$ возрастание k почти прекращается и при больших

значениях $N/\Delta T$ должен наблюдаться естественный равномерный разброс точек при некотором среднем значении k , не зависящем от числа наблюдений. Учесть эту ошибку для каждой отдельной кривой невозможно, поэтому в дальнейшем были использованы только те кривые, для которых $N/\Delta T \geq 0.3$. Таких кривых оказалось по 17 для SU Возничего и ВН Ориона и 20 для UX Ориона. Крайнее значение 0.3 несколько ниже допустимого предела и указанный выше эффект, хоть и в небольшой степени, все-таки проявляется. В действительности эта граница должна быть порядка 0.4–0.5, то есть для рассматриваемых трех переменных кривые блеска можно считать достаточно свободными от систематической ошибки, если имеется не менее одного наблюдения в течение двух ночей.

На рис. 2–3 показано соответственно изменение показателя активности и средней звездной величины со временем. Каждая точка представляет результат, полученный по наблюдениям одного сезона. Продолжительность наблюдательных сезонов от 100 до 200 дней.

Были рассмотрены различные зависимости между величинами k , C , $\overline{A_m}$ и $\overline{m}$, которые изображены на рис. 4. Для удобства сравнения все данные сведены в прилагаемой таблице. В первом столбце записаны условные обозначения рассматриваемых зависимостей, а в последующих — степень связи в следующих обозначениях: "+++" — зависимость выражена хорошо, "++" — зависимость выражена слабо, "+" — зависимость только намечается и можно говорить лишь о некоторой тенденции, "—" — зависимость отсутствует.

Таблица

Зависимость	SU Aur	UX Ori	BN Ori
$(k, \overline{m})$	—	+	+++
(k, C)	+++	++	+++
$(k, \overline{A_m})$	—	++	+++
$(\overline{A_m}, \overline{m})$	—	—	+++
$(\overline{A_m}, C)$	—	—	+
$(C, \overline{m})$	—	+	++

В этой таблице и на рис. 4 можно видеть, что все шесть зависимостей у трех рассматриваемых переменных проявляются по-разному. Оче-

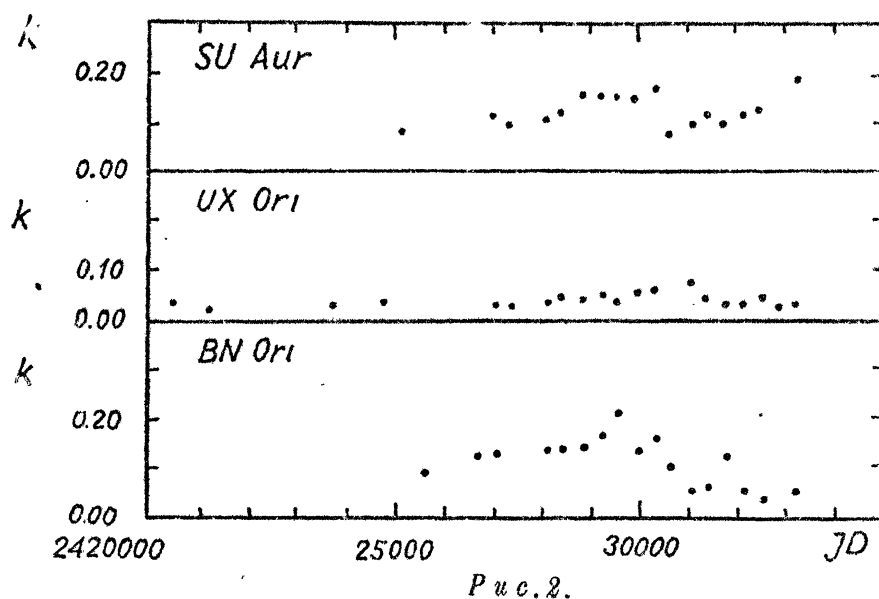


Рис. 2.

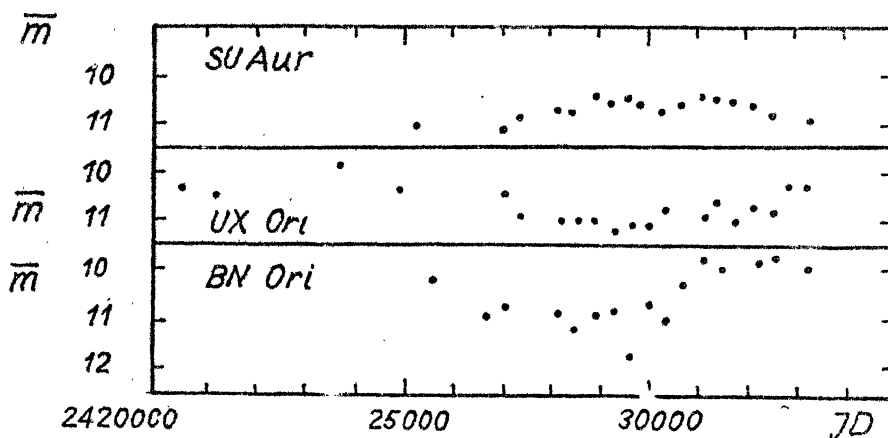
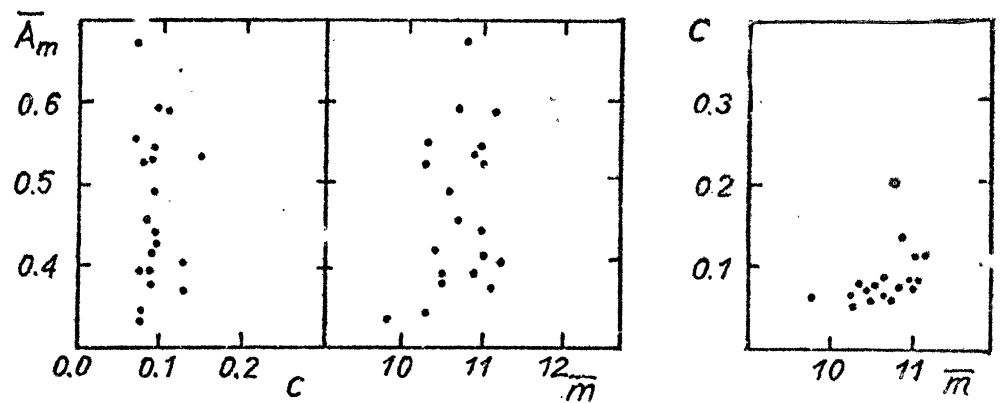
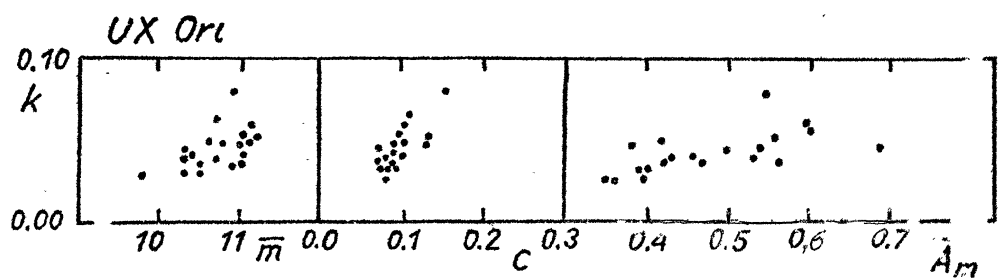
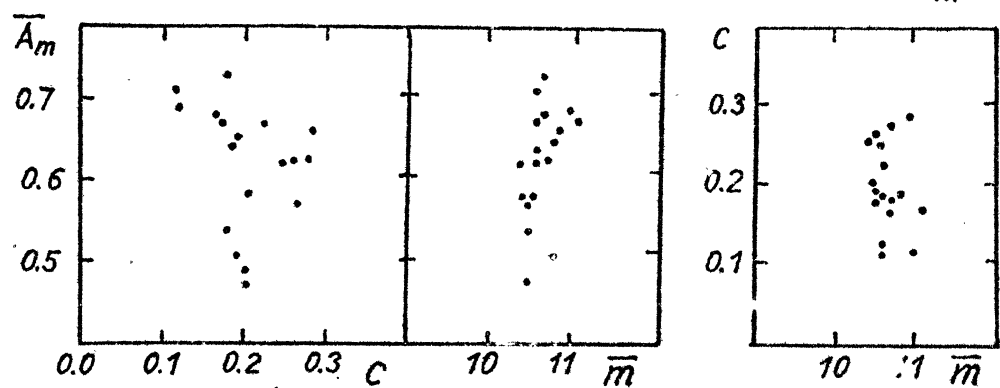
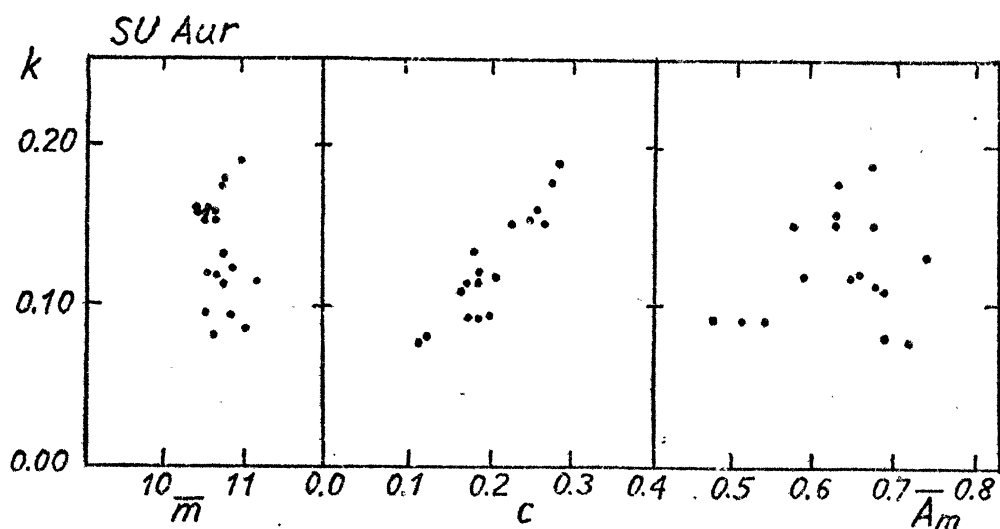


Рис. 3.

видно, что более определенные выводы можно получить при сравнительном изучении значительного количества переменных и сопоставлении этих зависимостей с другими их характеристиками. На основании полученных результатов можно сделать лишь некоторые, во многом предположительные, заключения: 1) поскольку зависимость $(\bar{A}_m, C)$ практически во всех трех случаях отсутствует, можно предполагать, что средняя амплитуда и частота изменяются независимо друг от друга и изменение показателя активности является результатом их случайной комбинации; 2) существование зависимости $(k, \bar{m})$ для BN Ориона подтверждает уже известный из наблюдений факт понижения активности этой переменной в периоды максимального среднего блеска и увеличения ее в эпохи минимумов; 3) может быть, что различия в проявлениях рассмотренных зависимостей для разных звезд окажется возможным использовать для классификации быстрых неправильных переменных.

В заключение необходимо отметить, что предложенный метод оценки оптической активности не является единственным. Существо-



P u c. 4.

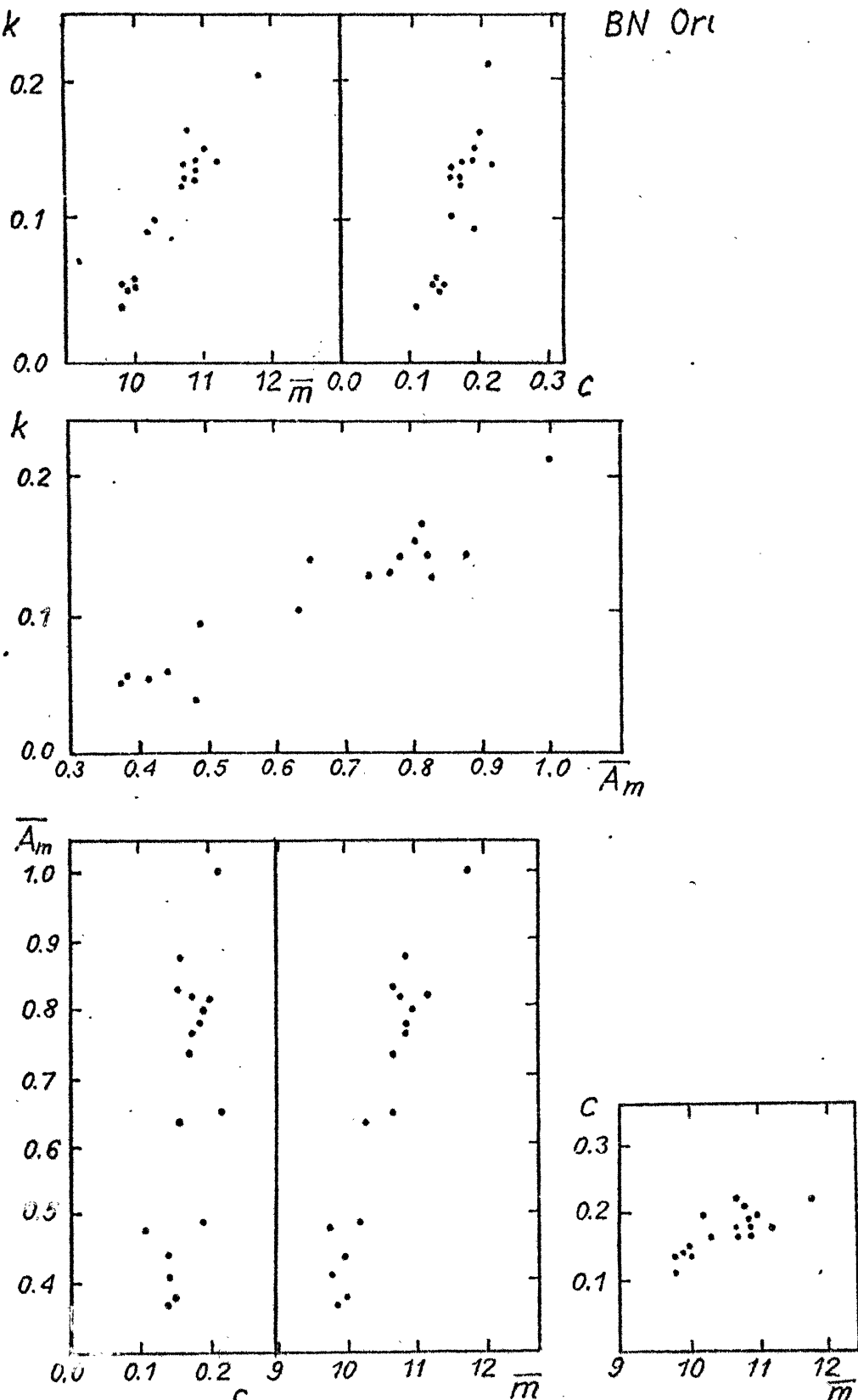


Рис. 4 (продолжение).

ют, вероятно, и другие возможности. В частности, эту активность можно характеризовать и величиной

$$k = \frac{\sum_{i=1}^n \left| \frac{\Delta m_i}{\Delta t_i} \right|}{n},$$

где Δt_i — интервал времени, соответствующий i -му участку монотонности, а остальные обозначения имеют прежний смысл.

Литература:

- Хоффмейстер, 1949 — Hoffmeister C., A.N. 278, 24.
 Цесевич В.П., Драгомирецкая Б.А., 1967, Сб. "Проблемы космической физики", вып. 2, Киев, стр. 110–156.
 Цесевич В.П., Драгомирецкая Б.А., 1973, "Звезды типа RW Возничего", изд. "Наукова думка", Киев.
 Шевченко В.С., 1964, ПЗ 15, 229.

Институт астрофизики
 АН Таджикской ССР
 Душанбе

*Поступила в редакцию
 23 мая 1978 г.*