

УДК 524.352.3

АНОМАЛЬНЫЕ ПОКРАСНЕНИЯ СВЕРХНОВЫХ ЗВЕЗД

М. М. ИЫЭВЭЭР

Поступила 2 февраля 1982

Принята к печати 27 июля 1982

Изучается корреляция между избытками цвета E_{R-V} и искаженными поглощением абсолютными величинами M_{pg} сверхновых в комплексе вокруг скопления галактик в Деве ($400 < V_0 < 3000$ км с⁻¹). Показано, что сверхновые I типа с разными покраснениями имеют равные \bar{M}_{pg}^0 лишь при учете поглощения (ослабления) света по аномальному соотношению $A_{pg} = 1.8 E_{B-V}$. После учета поглощения по этому соотношению умеренно покрасневшие ($E_{B-V} < 0.5$) сверхновые I типа в спиральных галактиках являются почти такими же хорошими стандартными источниками, как сверхновые I типа в эллиптических галактиках ($z_M = 0.5$ и 0.4 , соответственно).

1. *Введение.* Сверхновые звезды являются самыми яркими индивидуальными объектами в галактиках. В галактиках с красным смещением $z = 0.15$ сверхновые I типа во время максимума блеска имеют видимые величины $B \approx 20$, и они доступны изучению с помощью наземных телескопов. С помощью 2.4-м космического телескопа станут доступны сверхновые I типа до $z \approx 0.5$ [1]. Поэтому сверхновые I типа считаются наиболее подходящими стандартными источниками для изучения особенностей космологического расширения до больших расстояний.

Однако число сверхновых I типа с уверенно определенными кривыми блеска пока невелико. К тому же большинство из них вспыхивает в спиральных галактиках, где их абсолютные светимости, вероятно, из-за поглощения света внутри материнских галактик, имеют значительный разброс [2, 3], что затрудняет их использование при оценке расстояний.

Абсолютные величины сверхновых I типа с учетом поглощения по стандартному соотношению $A_{pg} = 4 E_{B-V}$ выводились Псковским [4]. После учета поглощения средние светимости сверхновых в эллиптических и линзовидных системах, с одной стороны, и в спиральных системах, с другой, получились примерно равными ($\bar{M}_{pg}^0 = -20.0 \pm 0.1$ и -20.3 ± 0.2 , соответственно), что свидетельствовало в пользу правильного учета поглощения [4].

Но все же остаются некоторые сомнения. Во-первых, и после учета поглощения разброс значений M_{pg}^0 у сверхновых в спиральных галактиках вдвое больше соответствующего разброса для эллиптических галактик. Во-вторых, светимости M_{pg}^0 , полученные Псковским, коррелированы с избытками цвета E_{B-V} . Так, у 22 сверхновых с $E_{B-V} \leq 0.25$ ($\bar{E}_{B-V} = 0.07$) $\bar{M}_{pg}^0 = -20.0 \pm 0.12$, у 10 сверхновых с $E_{B-V} > 0.25$ ($\bar{E}_{B-V} = 0.46$) $\bar{M}_{pg}^0 = -20.58 \pm 0.16$ (на основе данных табл. 5 из работы [4]).

Поэтому ниже влияние поглощения на светимости сверхновых I типа исследуется заново.

2. *Исходные данные.* Данные о видимых звездных величинах сверхновых I типа в максимуме блеска были взяты согласно исследованиям [4—8]. Ряды наблюдений Псковским и группой Азиаго обрабатывались по различавшимся схемам и частично разным наблюдениям. Псковский перевел звездные величины в системе B в фотографическую систему pg по соотношениям согласно Арпу [9]. Согласно [5], использование редукции по Арпу лишь увеличивает рассеяние в сводных кривых блеска, и данные в системах pg и B ими объединялись без каких-либо редукций.

Сравнение данных о максимумах блеска Псковского и группы Азиаго (после редукции данных Азиаго в системе B в систему pg) указывает на в общем удовлетворительное взаимное согласие. Для 27 из 37 общих звезд максимумы хорошо согласуются ($-0.3 \leq \Delta m = m_{pg}$ (Псковский) $- m_{pg}$ (Азиаго) ≤ 0.3 , $\bar{\Delta m} = 0.05 \pm 0.04$). У 10 сверхновых с малым числом наблюдений вблизи максимума различия значительные ($0.50 \leq |\Delta m| \leq 1.40$). Ниже в качестве окончательных m_{pg} в большинстве случаев используется среднее значение от значений максимумов блеска согласно [4] и [5—7], в отдельных случаях — m_{pg} , оцененные либо Псковским, либо группой Азиаго. Данные о сверхновых с недостаточно точными значениями (в частности с $|\Delta m| > 0.75$) максимума блеска не используются.

Оценки избытков цвета E_{B-V} сверхновых взяты согласно работам [4, 6—8 и 10].

Лучевые скорости, $V_{\text{л}}$, материнских галактик, которые используются для определения абсолютных светимостей сверхновых, брались согласно сводке Рууда [11].

3. *Зависимость поглощения A_{pg} от E_{B-V} .* Искаженные поглощением абсолютные светимости M_{pg} сверхновых в максимуме блеска вычислялись посредством соотношения $M_{pg} = m_{pg} - 5 \lg V_0/H - 25$. При решении поставленной дифференциальной задачи изучения зависимости A_{pg} от E_{B-V} конкретное значение постоянной расширения H не играет роли;

в целях проведения непосредственного сравнения M_{pg} с результатами Псковского принято $H = 55 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$.

Поскольку постоянная расширения в комплексе вокруг скопления Девы (в Местном сверхскоплении галактик), вероятно, отличается от глобального значения постоянной H (см. [12—14]), то мы ограничиваемся областью пространства с $V_0 < 3000 \text{ км с}^{-1}$. Чтобы снизить влияние пекулярных скоростей в качестве нижнего предела по расстоянию принято $V_0 = 400 \text{ км с}^{-1}$; сверхновым в галактиках скопления Девы приписана средняя лучевая скорость скопления $+ 1019 \text{ км с}^{-1}$ [15].

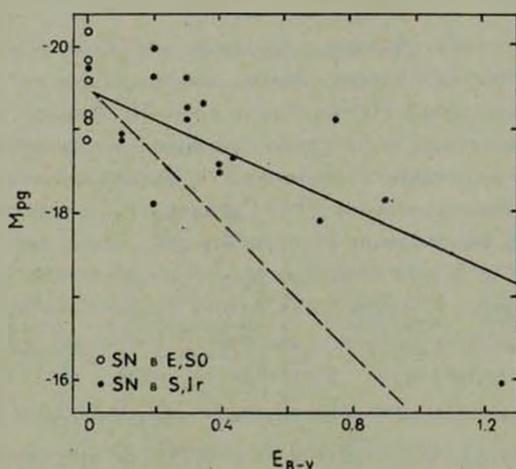


Рис. 1. Зависимость искаженной поглощением абсолютной звездной величины M_{pg} сверхновых I типа от избытка цвета E_{B-V} ($400 < V_0 < 3000 \text{ км с}$, $H = 55 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпс}^{-1}$). Непрерывная линия — $M_{pg} - 1.8 E_{B-V} = \text{const}$; прерывистая линия — $M_{pg} - 4 E_{B-V} = \text{const}$.

На рис. 1 представлена диаграмма $M_{pg} - E_{B-V}$ для сверхновых I типа в рассматриваемой области пространства. Видно, что увеличению E_{B-V} соответствует уменьшение абсолютной светимости сверхновых, что указывает на поглощение как причину покраснения. Однако уменьшение светимости (увеличение поглощения A_{pg}) с увеличением E_{B-V} происходит значительно медленнее по сравнению со стандартным соотношением $A_{pg} = 4 E_{B-V}$ (прерывистая линия). Исходя из требования равенства средних исправленных за счет поглощения абсолютных величин $M_{pg}^0 = M_{pg} - A_{pg}$ при разных покраснениях, получаем, что для рассматриваемой выборки сверхновых I типа действительно соотношение

$$A_{pg} = 1.8 E_{B-V}$$

(непрерывная линия). На слабую по сравнению со стандартным соотношением зависимость A_{pg} от E_{B-V} указывают и данные о цветах и светимостях сверхновых I типа. В частности, для выборки $V_0 > 3000$ км с⁻¹ подходит $A_{pg} \approx 1.5 E_{B-V}$ (13 звезд, из них две значительно покрасневшие с $E_{B-V} \approx 0.6$).

Таблица 1

СРЕДНИЕ $\overline{M_{pg}^0}$ И ДИСПЕРСИИ σ_M СВЕТИМОСТЕЙ СВЕРХНОВЫХ I ТИПА С ЛУЧЕВЫМИ СКОРОСТЯМИ $400 < V_0 < 3000$ КМ/С ПРИ РАЗНЫХ КОРРЕКЦИЯХ ЗА ПОКРАСНЕНИЕ

Выборка	Число сверхновых	$M_{pg}^0 = M_{pg} - 1.8E_{B-V}$		$M_{pg}^0 = M_{pg} - 4E_{B-V}$	
		$\overline{M_{pg}^0}$	σ_M	$\overline{M_{pg}^0}$	σ_M
SN в E, S0 гал.	6	-19.45 ± 0.18	0.43	-19.45 ± 0.18	0.43
SN в S, Ir гал.	13	-19.55 ± 0.14	0.50	-20.10 ± 0.16	0.59
$E_{B-V} < 0.5$	4	-19.41 ± 0.42	0.84	-21.39 ± 0.30	0.59
$E_{B-V} > 0.5$					

В табл. 1. представлены значения $\overline{M_{pg}^0}$ и дисперсии значений M_{pg}^0 при разных коррекциях за поглощение (ослабление). Отметим, что на пригодность соотношения $A_{pg} = 1.8 E_{B-V}$ указывает как равенство средних $\overline{M_{pg}^0}$ для сверхновых в эллиптических и спиральных галактиках, так и примерное равенство σ_M для сверхновых в эллиптических и умеренно покрасневших сверхновых ($E_{B-V} < 0.5$) в спиральных галактиках. Заметно меньшее значение $\overline{M_{pg}^0}$ для сверхновых в эллиптических галактиках по сравнению с соответствующей величиной в исследовании Псковского [4] обусловлено исключением далеких сверхновых и меньшим расстоянием до скопления Девы (18.5 против 21 Мпс) в нашем случае.

Полученное отношение общего и селективного поглощения $R = A_V/E_{B-V} = 0.8$ резко отличается от общепринятых значений в Галактике. Согласно Лууду [16], значения R , определенные на основе разного рода покрасневших из-за поглощения в Галактике объектов, группируются вокруг значения $R = 3.14 \pm 0.11$. Только для некоторых планетарных туманностей получены значения $R \approx 1$, но это, вероятно, отражает лишь неточности, в использованном методе определения R .

4. **Заключение.** Представленные статистические данные не указывают на причину обнаруженного явления. Полученный результат $R = 0.8$ может отражать неопределенности в использованных цветовых системах фотографической фотометрии (возможно, на это указывает и отмеченное в [5] своеобразии соотношения между системами pg и B) и объясняться

своеобразием распределения энергии в спектрах сверхновых звезд. Нельзя исключить и вероятность того, что закон поглощения в окрестностях сверхновых или в других галактиках вообще в некоторой степени может быть иным, чем в Галактике. Так, для Большого Магелланового облака Иссерстедт [17] получил $R \approx 2.0$.

Так или иначе, с практической точки зрения, при использовании данных о сверхновых в спиральных галактиках для изучения зависимости расстояние — красное смещение или в подобных им задачах абсолютные звездные величины M_{pg} следует редуцировать за счет покраснения по соотношению $M_{pg}^0 = M_{pg} - 1.8 E_{B-V}$. Поступая таким образом умеренно покрасневшие ($E_{B-V} < 0.5$) сверхновые I типа в спиральных галактиках становятся почти такими же хорошими стандартными источниками, как сверхновые в эллиптических галактиках, тем самым примерно удваивая численность стандартных источников. Для повышения веса наблюдательных данных и выявления сущности аномального покраснения (поглощения) сверхновых следует определить кривые цвета с той же тщательностью, что и кривые блеска.

Автор признателен И. Б. Пустыльнику за полезное обсуждение.

Институт астрофизики и физики
атмосферы АН Эст.ССР

ANOMALOUS REDDENINGS OF TYPE I SUPERNOVAE

M. JÖVEVEER

It is demonstrated that supernovae of type I with different colour excesses E_{B-V} have equal mean absolute luminosities M_{pg}^0 only after taking into consideration the absorption (weakening) of light according to formula $M_{pg}^0 = M_{pg} - 1.8 E_{B-V}$. Then the supernovae with moderate reddenings ($E_{B-V} < 0.5$) in spiral galaxies are almost as good standard candles as the supernovae in elliptical galaxies ($\sigma_M = 0.5$ and 0.4, respectively).

ЛИТЕРАТУРА

1. G. A. Tammann, in "Scientific Research with the Space Telescope", IAU Coll. No. 54, 1979, p. 263.
2. D. Branch, C. Betts, A. J., 83, 224, 1978.
3. G. A. Tammann, Mem. Soc. Astron. Italiana, 49, 315, 1978.
4. Ю. П. Псковский, Астрон. ж., 54, 1188, 1977.
5. R. Barbon, F. Ciatti, L. Rosino, Astron. Astrophys., 25, 241, 1973.
6. F. Ciatti, L. Rosino, Astron. Astrophys., 57, 73, 1977.

7. *F. Ciatti, L. Rosino*, *Astron. Astrophys. Suppl. ser.*, **33**, 387, 1978.
8. *G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, S. Odewahn*, *P. A. S. P.*, **93**, 181, 1981.
9. *H. Arp*, *Ap. J.*, **133**, 883, 1961.
10. *F. Bertola, A. Mammano, M. Perinotto*, *Asiago Contr. No. 174*, 1965.
11. *H. Rood*, *Preprint*, 1980.
12. *G. de Vaucouleurs, G. Bollinger*, *Ap. J.*, **233**, 433, 1979.
13. *M. Aaronson, J. Huchra, J. Mould, W. T. Sullivan III, R. A. Schommer, G. D. Bothun*, *Ap. J.*, **239**, 12, 1980.
14. *J. N. Tonry, M. Davis*, *Ap. J.*, **246**, 680, 1981.
15. *J. Mould, M. Aaronson, J. Huchra*, *Ap. J.*, **238**, 458, 1980.
16. *А. Лууд*. Публ. Тартуской обс., **47**, 55, 1978.
17. *J. Isserstedt*, *Astron. Astrophys.*, **83**, 317, 1980.