

УДК: 524.35

## НАБЛЮДЕНИЯ ПЯТИ СВЕРХНОВЫХ 1985—86 гг.

Д. Ю. ЦВЕТКОВ

Поступила 10 февраля 1988

Принята к печати 19 апреля 1988

Приведены результаты фотометрических наблюдений сверхновых 1985А, 1985G, 1986А, 1986Е и 1986 I. Определены некоторые параметры кривых блеска, сделаны оценки абсолютных величин сверхновых в максимуме блеска.

1. *Введение.* В 1985—86 гг. в Государственном астрономическом институте им. П. К. Штернберга (ГАИШ) были проведены фотографические наблюдения пяти сверхновых: SN 1985А в NGC 2748, 1985G в NGC 4451, 1986А в NGC 3367, 1986Е в NGC 4302 и 1986 I в NGC 4254. Использовались 40-см астрограф и 50-см менисковый телескоп Крымской станции ГАИШ, 70-см рефлектор в Москве.

На рис. 1 показаны фотографии окрестностей сверхновых, отмечены звезды сравнения. Величины  $B$  и  $V$  звезд сравнения приведены в табл. 1. Около галактик NGC 2748 и NGC 3367 несколько более ярких звезд были измерены фотоэлектрически на 70-см рефлекторе в Москве и 60-см рефлекторе Крымской станции ГАИШ, величины остальных звезд были определены по снимкам, полученным на 50-см телескопе с призмой Расина. Величины звезд сравнения около NGC 4451, NGC 4302 и NGC 4254 определены привязкой по пластинкам 40-см и 50-см телескопов к фотоэлектрическим стандартам около галактик NGC 4472 и NGC 4321 [1, 2].

Результаты наблюдений сверхновых приведены в табл. 2.

2. *Сверхновая SN 1985А* в NGC 2748 была открыта Шилдкнехт 25 января 1985 г. Точные координаты сверхновой  $\alpha = 9^{\text{h}}08^{\text{m}}00^{\text{s}}.38$ ,  $\delta = +76^{\circ}40'45''.3$  (1950), расстояние от ядра галактики —  $3''$  к западу,  $10''$  к югу [3].

NGC 2748 — спиральная галактика типа Sbc, ее лучевая скорость  $v_0 = 1562$  км/с [4]. В работе [5] дается оценка модуля расстояния  $r_B = 31.46$ ; согласно [6] поглощение света в направлении NGC 2748

Таблица 1

ВЕЛИЧИНЫ ЗВЕЗД СРАВНЕНИЯ

SN 1985A в NGC 2748

Звезда	<i>B</i>	<i>V</i>
1*	10.55	9.69
2*	12.11	10.79
3*	12.48	11.92
4*	13.05	12.54
5*	13.57	13.02
6*	13.78	12.96
7*	14.60	13.86
8*	14.70	14.12
9	15.79	15.30
10	16.24	15.71
11	16.76	16.13
12	16.83	16.06
13	17.06	15.88
14	17.34	17.16
15	17.56	17.00
16	17.9	17.21
17	—	17.8

SN 1986A в NGC 3367

Звезда	<i>B</i>	<i>V</i>
1*	10.09	8.96
2*	10.63	9.14
3*	11.48	10.51
4*	12.32	11.61
5*	13.19	12.51
6*	13.64	12.87
7*	13.97	13.40
8	15.12	14.53
9	15.67	14.91
10	15.76	15.28
11	16.04	15.39
12	16.14	15.39
13	16.55	15.54
14	16.70	15.82
15	17.5	16.36
16	17.7	16.6
17	17.9	16.8

SN 1985G в NGC 4451

Звезда	<i>B</i>	<i>V</i>
1	13.44	12.68
2	13.78	13.15
3	15.19	14.40
4	15.31	14.84
5	15.53	14.45
6	16.20	15.64
7	16.60	16.11
8	16.78	15.58

SN 1986E в NGC 4302

Звезда	<i>B</i>	<i>V</i>
1	13.86	13.11
2	14.09	13.50
3	14.31	13.17
4	14.41	13.40
5	14.96	14.23
6	15.05	14.11
7	15.22	14.34
8	15.56	15.00
9	15.81	14.61
10	16.05	15.72
11	16.15	15.70
12	16.38	15.83

Таблица 1 (окончание)  
SN 1986 I в NGC 4254

Звезда	B	V
2	13.40	12.37
3	14.32	13.45
4	14.34	13.55
5	14.72	13.56
a	15.17	14.58
b	15.90	15.22
c	16.36	15.25
d	16.59	15.70
f	17.52	16.90
g	—	16.82
h	—	16.52

Примечание. Звезды, измеренные фотовольметрически, отмечены звездочками.

$A_B = 0^m.01$ , отсюда  $\mu_0 = 31.45$ . При постоянной Хаббла  $H_0 = 75$  км/с: Мпк лучевая скорость галактики соответствует модулю расстояния  $\mu_H = 31.59$ . Примем для NGC 2748 среднее из этих значений  $\mu = 31.5$ .

Спектрофотометрические наблюдения Вегнера и МакМахана [7] показали, что SN 1985A принадлежит к типу Ia.

Кривые блеска сверхновой в B и V и кривая показателя цвета B—V показаны на рис. 2; вместе с нашими данными отмечены оценка блеска из [3] и оценки B—V, полученные нами на основании данных [7]. Наши наблюдения относятся к стадии медленного ослабления блеска сверхновой после точки перегиба (точки K). Положение точки K можно определить по кривой показателя цвета B—V, который в этой точке достигает максимального значения:  $t_K = \text{JD } 2446110$ . Величину B в точке K можно оценить на основании полученного нами линейного участка кривой блеска:  $B_K \approx 16^m.9$ . Для сверхновых Ia средний промежуток времени и разность звездных величин между точками максимума и перегиба в среднем составляют  $\Delta t \approx 30^d$ ,  $\Delta B \approx 3^m$  [8], поэтому в максимуме блеска SN 1985 A скорее всего имела величину  $B_M \approx 13^m.9$  в момент  $t_{BM} \approx \text{JD } 2446080$  (15 января). Совмещение средней кривой блеска сверхновых Ia с данными наблюдений показывает примерно такое же положение точки максимума блеска.

Сравнение кривой цвета B—V SN 1985A со сводной кривой  $(B-V)_0$  для сверхновых Ia [8] показывает, что избыток цвета  $E_{B-V} = 0^m.3 \pm$

Таблица 2  
НАБЛЮДЕНИЯ СВЕРХНОВЫХ

JD 2446000 +	Телескоп	B	V
SN 1985A			
133.2	70-см	17.15	16.53
145.4	"	17.38	17.00
146.4	"	17.44	16.95
148.3	"	17.36	16.90
168.3	"	17.52	17.10
196.3	"	—	17.52
SN 1985G			
119.4	40-см	>17	—
142.4	"	15.28	—
.5	"	15.16	—
163.4	70-см	15.80	15.05
168.5	"	16.96	15.17
176.4	"	16.04	15.28
183.3	"	—	15.25
201.3	"	15.8	14.8
202.3	"	—	15.05
.4	50-см	—	15.0
.5	40-см	15.8	—
203.3	50-см	16.1	—
212.3	70-см	16.2	15.03
SN 1986A			
471.4	70-см	14.40	14.60
473.4	"	14.71	14.78
476.4	"	14.71	14.93
477.5	"	14.76	14.90
478.5	"	15.00	14.87
481.4	"	15.19	14.97
494.4	"	—	15.67
505.4	"	—	16.58
507.9	"	17.48	16.52
508.4	"	17.70	—
509.4	"	17.58	16.44
510.4	"	17.65	16.53
511.4	"	—	16.65
512.3	"	17.45	16.58
521.4	"	—	16.7

Таблица 2 (окончание)

JD 2446000+	Телескоп	$B$	$V$
SN 1986E			
538.4	70-см	14.18	—
545.4	"	14.27	13.70
551.4	"	14.33	13.72
558.3	"	—	14.05
561.3	"	15.00	14.11
562.3	"	15.25	14.18
579.3	"	16.41	15.10
581.3	50-см	16.23	—
591.3	"	16.46	15.15
SN 1986I			
581.3	50-см	14.22	—
582.3	"	—	13.85
591.3	"	15.12	14.05

$\pm 0^m 1$ , следовательно, абсолютная величина SN 1985 A в максимуме приблизительно равна  $M_B^0 \approx -18^m 8$ .

3. Сверхновая SN 1985 G в NGC 4451 была открыта Хоригучи 21 марта 1985 г. [9]. Координаты сверхновой:  $\alpha = 12^h 26^m 07^s 96$ ,  $\delta = +9^\circ 32' 14.'' 7$  (1950), она расположена в  $2''$  к западу и  $7''$  к северу от центра галактики [10].

NGC 4451, согласно [4], — галактика типа S0, ее лучевая скорость  $v_0 = 768$  км/с [11]. NGC 4451 является членом скопления галактик в Деве, поэтому примем для нее модуль расстояния  $\mu = 31.0$  [8].

Спектроскопические наблюдения показали, что SN 1985G является сверхновой II типа [12].

Наблюдения сверхновой в ГАИШ были начаты через 16 суток после открытия, однако оказалось, что она видна на двух пластинках 40-см астрографа, полученных за 4 дня до открытия, 17 марта. Кроме того, 23 февраля был получен снимок той же области неба, на котором сверхновая не видна, слабее  $17^m$ . Эти данные позволяют достаточно надежно установить положение точки максимума блеска. Кривые блеска SN 1985G показаны на рис. 3.

Сверхновая вспыхнула довольно близко к центру галактики, поэтому на пластинках 40-см и 50-см телескопов фон около нее плотный и неравно-

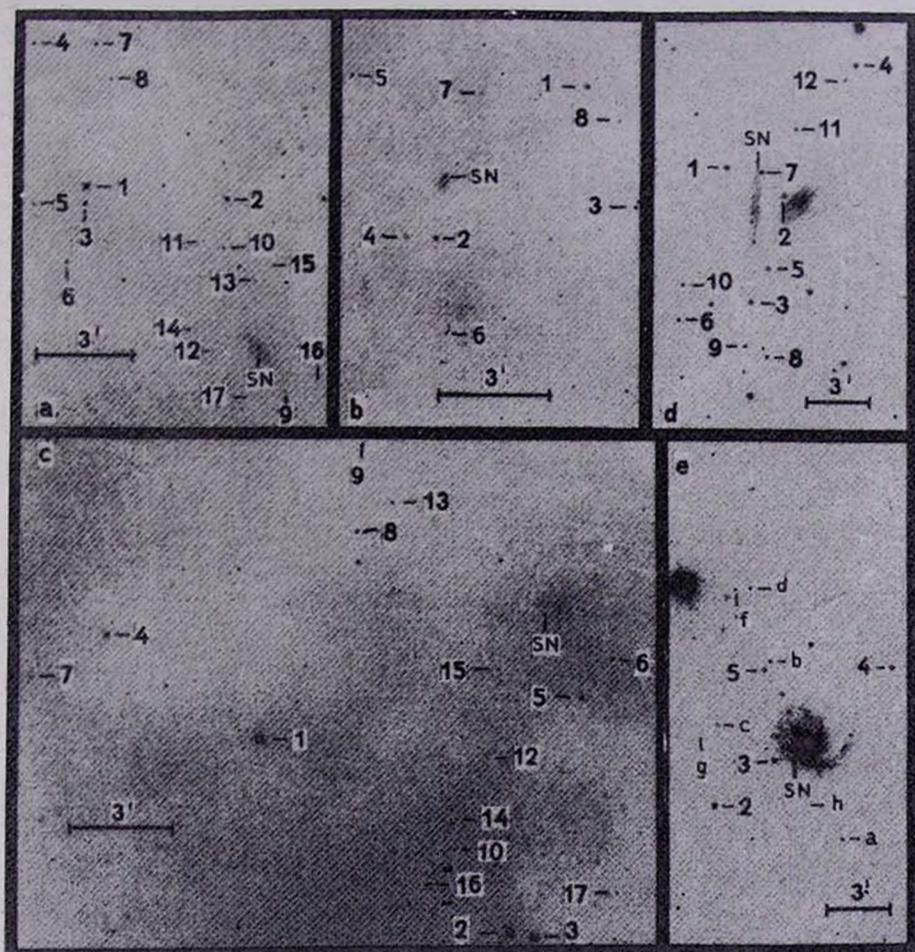


Рис. 1. Фотографии окрестностей сверхновых: а — SN 1985 А, б — SN 1985 G, с — SN 1986 А, d — SN 19986 Е, е — SN 1986 I. Отмечены звезды сравнения. Обозначения звезд сравнения для SN 1986 I такие же, как в [26, 29]. На всех фотографиях север сверху, восток слева.

мерный, оценки блеска не точнее  $\sim 0^m.2$ . Измерения на пластинках 70-см рефлектора значительно точнее, ошибка не более  $0^m.1$ .

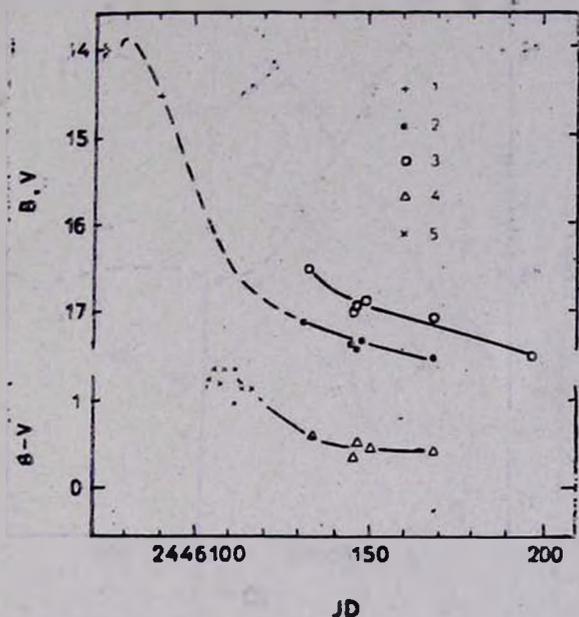


Рис. 2. Кривые блеска и показателя цвета  $B-V$  SN 1985 A. 1 — оценка из [4]; 2, 3 —  $B$  и  $V$  наблюдения ГАИШ; 4 — оценки  $B-V$  на основании наблюдений ГАИШ; 5 — оценки  $B-V$  на основании данных [7].

SN 1985G имеет кривую блеска в  $B$ , типичную для сверхновых II типа с «плато» (SN II-P). На кривой блеска в  $V$  заметно увеличение блеска к концу «плато», что ранее у SN II-P не отмечалось. Положение точки максимума блеска:  $B_M = 15^m.0 \pm 0^m.1$ ;  $t_{BM} = \text{JD } 2446135 \pm 5$  (10 марта).

Избыток цвета  $E_{B-V} = 0^m.15 \pm 0^m.1$ , таким образом абсолютная величина в максимуме  $M_B^0 = -16^m.6$ .

4. Сверхновая SN 1986A в NGC 3367 была независимо открыта Эвансом, Камероном и Лейбундгутом 4 февраля 1986 г., Ловашем 6 февраля [13—15]. Координаты сверхновой  $\alpha = 10^h 43^m 57^s.55$ ,  $\delta = +14^\circ 00' 50''.1$  [16], она вспыхнула в  $24''$  к востоку и  $2''$  к югу от ядра галактики, в спиральном рукаве.

NGC 3367 — галактика типа SBc, ее лучевая скорость  $v_0 = 2913$  км/с [4]. Модуль расстояния до NGC 3367 согласно [5]  $\mu_B = 32.42$ ; поглощение  $A_B = 0^m.05$  [6], следовательно  $\mu_0 = 32.37$ . Лучевая скорость галакти-

ки соответствует модулю расстояния  $\mu_H = 32.95$ ; будем использовать для оценки абсолютной величины сверхновой среднее из этих значений  $\mu = 32.7$ .

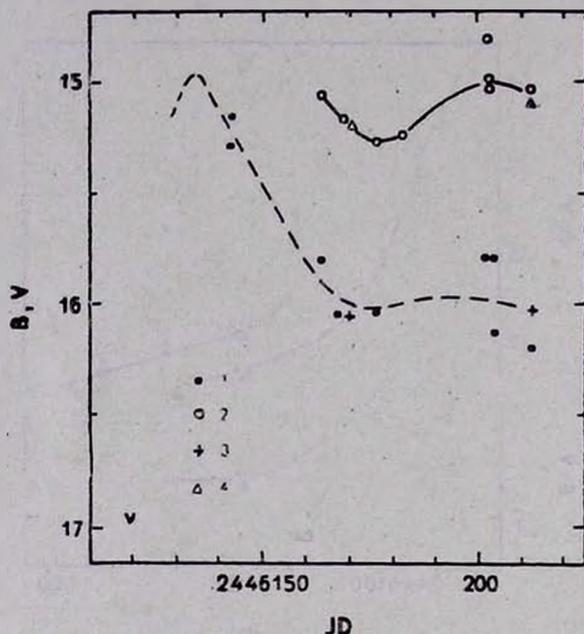


Рис. 3. Кривые блеска SN 1985 G. 1, 2 —  $B$  и  $V$  наблюдения ГАИШ; 3, 4 — оценки  $B$  и  $V$  из [12].

Спектроскопические наблюдения показали, что SN 1986 A является сверхновой типа Ia [17—19]. Полученные нами кривые блеска (рис. 4) типичны для SN Ia. Наиболее вероятное положение точки максимума:  $B_M = 14^m4 \pm 0^m2$ ;  $t_{BM} = \text{JD } 2446469 \pm 3$  (7 февраля);  $V_M = 14^m6 \pm 0^m1$ ;  $t_{VM} = \text{JD } 2446470 \pm 3$ . Из других параметров кривых блеска можно надежно определить только скорость падения блеска в  $V$  после максимума:  $\beta_V = 5.5 \pm 0.5$  (в единицах  $\Delta m/100^d$ ). В максимуме блеска показатель цвета  $B - V \approx -0^m2$ , можно сделать вывод, что избыток цвета равен нулю, а абсолютная величина сверхновой  $M_B^0 = -18^m3$ .

5. Сверхновая SN 1986 E в NGC 4302 была открыта Кандео 13 апреля 1986 г. [20]. Ее координаты  $\alpha = 12^h19^m09^s.05$ ,  $\delta = +14^\circ54'33''.3$  (1950), она расположена в  $15''$  к западу и  $133''$  к северу от центра галактики и в  $7''$  к востоку от ближайшей звезды фона [21]. На рис. 1 сверхновая практически сливается с этой звездой (обозначена номером 7), однако

на пластинках (они видны отдельно). К тому же приведенная фотография сделана с пластинки менискового телескопа, а большая часть снимков сверхновой получена на 70-см рефлекторе, на них масштаб значительно больше.

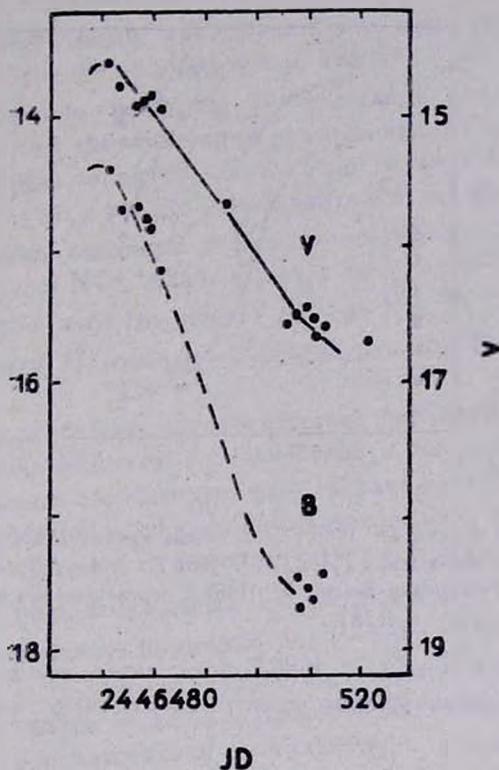


Рис. 4. Кривые блеска SN 1986 A.

NGC 4302 — галактика типа Sc, видимая почти «с ребра», ее лучевая скорость  $v_0 = 1089$  км/с, она принадлежит скоплению галактик в Деве, вместе с галактикой типа Sc NGC 4298 образует пару, расстояние между компонентами 2.4' [4, 11].

Спектроскопические наблюдения позволили сделать вывод, что SN 1986 E — сверхновая II типа, максимум блеска, вероятно, наступил в середине марта [22].

Наши наблюдения начались вскоре после открытия, 17 апреля 1986 г., и продолжались до 9 июня. Кривые блеска показаны на рис. 5. По характеру кривых блеска SN 1986 E похожа на следующие сверхновые II типа: 1966 B, 1970 G, 1979 C [8]. Барбон и др. [23] считают эти сверхновые принадлежащими к подтипу SN II-L (с линейным падением блеска), однако небольшое «плато» на их кривых блеска все же имеется. Совместив кри-

вую блеска SN 1970 G с полученными нами оценками блеска SN 1986 E, найдем наиболее вероятное положение точки максимума блеска:  $B_M \approx 12^m 6$ ;  $t_{BM} \approx \text{JD } 2446510$  (20 марта).

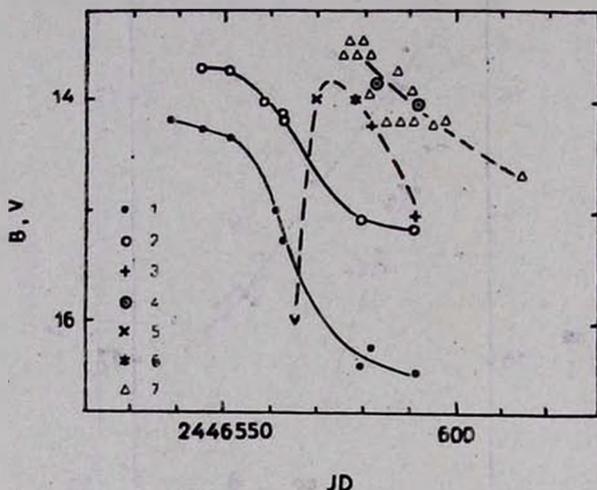


Рис. 5. Кривые блеска SN 1986 E (сплошные линии) и SN 1986 I (штриховые линии). 1, 2 —  $B$  и  $V$  наблюдения ГАИШ SN 1986 E; 3, 4 —  $B$  и  $V$  наблюдения ГАИШ SN 1986 I; 5, 6, 7 — оценки блеска SN 1986 I соответственно из работ [24, 28, 29]. Верхний предел блеска — из [28].

Кривая цвета  $B-V$  SN 1986 E показывает, что избыток цвета равен нулю. Можно приблизительно оценить абсолютную величину в максимуме:  $M_B^0 \approx -18^m 4$  (при  $\mu = 31.0$ ).

6. Сверхновая SN 1986 I в NGC 4254 была открыта Пеннипакером и др. 17 мая 1986 г. [24]. Координаты сверхновой  $\alpha = 12^h 16^m 19^s 65$ ,  $\delta = +14^\circ 41' 23.4''$  (1950) [25], она вспыхнула в  $36''$  к востоку и  $15''$  к югу от ядра галактики, в спиральном рукаве. NGC 4254 — галактика типа Sc, принадлежащая скоплению галактик в Деве, ее лучевая скорость  $v_0 = 2324$  км/с [4]. В ней наблюдались две сверхновые II типа: 1967H и 1972Q, причем для последней были получены достаточно подробные кривые блеска [26]. SN 1986 I также оказалась [сверхновой II типа [24, 27].

Оценки блеска и верхних пределов блеска сверхновой опубликованы в работах [24, 28]. В работе [29] приведены результаты фотографических наблюдений SN 1986 I пятью астрономами-любителями, показана использованная ими последовательность звезд сравнения. Мы определяли блеск сверхновой относительно тех же звезд сравнения, однако полученные нами величины  $V$  для некоторых из них существенно отличаются от приведен-

ных в [29]. Оценки блеска сверхновой из [29], показанные на рис. 5, приведены к нашей системе величин здесь сравнения.

Как видно из рис. 5, положение точки максимума блеска в  $B$  можно установить достаточно надежно:  $B_M = 13^m9 \pm 0^m1$ ;  $t_{BM} = \text{JD } 2446573 \pm 2$  (22 мая). Падение блеска после максимума было довольно быстрым:  $\beta_B \approx 8$ ;  $\beta_V \approx 3$ . Это позволяет предположить, что SN 1986 I относится к подтипу SN II с линейным падением блеска, однако для уверенной классификации охваченный наблюдениями участок кривой блеска слишком мал. Избыток цвета, вероятно, достаточно велик, но имеющиеся данные позволяют получить только приблизительную оценку  $E_{B-V} \approx 0^m4 \pm 0^m2$ . Абсолютная величина в максимуме  $M_B^0 \approx -18^m7$ . SN II 1972 Q, наблюдавшаяся в NGC 4254, имела в максимуме блеск  $B_M = -16^m1$  и очень большой избыток цвета,  $E_{B-V} \approx 1^m3$  [8, 26]; отсюда ее абсолютная величина  $M_B^0$  около  $-20^m$ , значительно ярче SN 1986 I.

7. Выводы. Нами проведены фотометрические наблюдения пяти наиболее ярких сверхновых, открытых в 1985—86 гг. в северном полушарии неба. Из них две оказались сверхновыми типа Ia, одна — II-P, две, вероятно, типа II-L. По абсолютным величинам в максимуме блеска две SN Ia оказались близки, их светимость немного меньше средней для SN I ( $\bar{M}_B^0 = -19^m1$  [8]). Среди сверхновых II типа две имеют почти одинаковую абсолютную величину, примерно на  $1^m$  ярче средней для SN II ( $\bar{M}_B^0 = -17^m5$  [8]), а третья на  $2^m$  слабее их; причем все SN II вспыхнули в скоплении галактик в Деве, и разность их величин не зависит от ошибок определения расстояний до галактик.

Сверхновые Ia 1985 A и 1986 A вспыхнули в спиральных галактиках, первая — вблизи ядра, вторая — в спиральном рукаве. Из трех исследованных SN II только SN 1986 I вспыхнула в спиральном рукаве. SN 1985 G — первая сверхновая II типа, открытая в галактике типа S0. SN 1986 E вспыхнула в спиральной галактике, видимой «с ребра», и полное отсутствие поглощения света сверхновой свидетельствует о том, что место вспышки находится за пределами газопылевого слоя галактики. Это подтверждает положение сверхновой в галактике — она вспыхнула на расстоянии 10.2 кпк от центра (радиус галактики согласно [4] — 12 кпк), высота над плоскостью галактики — около 0.8 кпк. Эти данные, на наш взгляд, подтверждают отсутствие существенных различий статистических характеристик сверхновых I и II типов [30].

## OBSERVATIONS OF FIVE SUPERNOVAE 1985—86

D. YU. TSVETKOV

Photometric observations for supernovae 1985A, 1985G, 1986A, 1986E and 1986I are reported. Some parameters of light curves are determined, absolute magnitudes at maximum light are estimated.

## ЛИТЕРАТУРА

1. D. A. Hanes, W. E. Harris, B. F. Madore, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 177, 653, 1976.
2. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, R. Buta, H. D. Ables, A. V. Hewitt Publ. Astron. Soc. Pacif., 93, 36, 1981.
3. P. Wild, T. Schildknecht, IAU Circ., No. 4031, 1985.
4. G. de Vaucouleurs, A. de Vaucouleurs, H. Corwin, Second Reference Catalogue of Bright Galaxies, Univ. Texas Press, Austin, 1976.
5. L. Bottinelli, L. Gouguenheim, G. Paturel, G. de Vaucouleurs, Astron. and Astro. phys. Suppl. Ser., 56, 381, 1984.
6. D. Burstein, C. Heiles, Astrophys. J. Suppl. Ser., 54, 33, 1984.
7. G. Wegner, R. K. McMahan, Astron. J., 93, 287, 1987.
8. Д. Ю. Цветков, Перемена звезды, 22, 279, 1986.
9. H. Kosat, S. Hortgucht, IAU Circ., No. 4049, 1985.
10. Y. Kosat, IAU Circ., No. 4050, 1985.
11. J. Huchra, M. Davis, D. Latham, J. Tonry, Astrophys. J. Suppl. Ser., 52, 89, 1983.
12. M. V. Newberry, J. J. Salzer, J. W. Moody, IBVS No. 2767, 1985.
13. R. Evans, IAU Circ., No. 4173, 1986.
14. L. Cameron, B. Leibundgut, IAU Circ., No. 4175, 1986.
15. M. Lovas, IAU Circ., No. 4177, 1986.
16. D. L. King, IAU Circ., No. 4177, 1986.
17. R. Barbon, F. Ciatti, IAU Circ., No. 4177, 1986.
18. R. Kirshner, J. Huchra, J. C. Wheeler, IAU Circ., No. 4175, 1986.
19. G. Pearce, R. Ellis, I. Parry, I. N. Reid, IAU Circ., No. 4201, 1986.
20. L. Rosino, Candeo, IAU Circ., No. 4206, 1986.
21. D. L. King, IAU Circ., No. 4206, 1986.
22. A. V. Filippenko, P. J. McCarthy, IAU Circ., No. 4219, 1986.
23. R. Barbon, F. Ciatti, L. Rosino, Astron. and Astrophys., 72, 287, 1979.
24. C. Pennypacker, S. Burns, F. Crawford, F. Friedman, et al., IAU Circ., No. 4219, 1986.
25. W. S. Renhallow, IAU Circ., No. 4225, 1986.
26. R. Barbon, F. Ciatti, L. Rosino, Astron. and Astrophys., 29, 57, 1973.
27. R. Kirshner, I. Wilson, IAU Circ., No. 4225, 1986.
28. W. Wenzel, IAU Circ., No. 4225, 1986.
29. P. Curtis, D. Strange, M. Mobberley, B. Adams, A. Young, Astronomer, 23, 56, 1986.
30. Д. Ю. Цветков, Астрон. ж., 64, 79, 1987.