

УДК 524.352:520.82/84

НАБЛЮДЕНИЯ СВЕРХНОВОЙ SN 2018zd

© 2022 Д. Ю. Цветков^{1*}, В. П. Горанский^{1,2}, Е. А. Барсукова²,
А. Ф. Валеев^{2,3}, И. М. Волков^{1,4}, Н. Н. Павлюк¹, С. Ю. Шугаров^{1,5},
Н. И. Шатский¹, О. В. Возякова¹, В. А. Ечеистов¹

¹Государственный астрономический институт им. П. К. Штернберга Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Москва, 119234 Россия

²Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия

³Крымская астрофизическая обсерватория РАН, Научный, 298409 Россия

⁴Институт астрономии РАН, Москва, 119017 Россия

⁵Астрономический институт Академии наук Словакии, Татранска Ломница, 059 60 Словакия

Поступила в редакцию 10 июня 2022 года; после доработки 11 июля 2022 года; принята к публикации 18 июля 2022 года

Представлены результаты фотометрических и спектроскопических наблюдений сверхновой SN 2018zd, осуществленных на девяти телескопах, в том числе на 6-м телескопе САО РАН и 2.5-м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ. Определены даты и звездные величины в максимуме блеска и параметры кривых блеска. SN 2018zd по фотометрическим характеристикам представляет собой объект промежуточного типа между классами SN II-P и II-L. Особенности SN 2018zd являются достаточно высокая светимость в максимуме $M_V = -18^m0$, низкая скорость расширения оболочки, большой промежуток времени от максимума до этапа с быстрым падением блеска, а также медленное увеличение показателей цвета ($U - B$) и ($B - V$) после максимума.

Ключевые слова: *сверхновые: индивидуальные: SN 2018zd — методы: фотометрия — методы: спектроскопия*

1. ВВЕДЕНИЕ

Изучение наблюдательных проявлений, лежащих в основе классификации сверхновых (SNe), позволило выделить среди них SNe, вспышки которых обусловлены коллапсом ядра массивных звезд. Эта связь подтверждается непосредственным обнаружением звезд-предсверхновых (Smartt 2015). Сверхновые, общей особенностью которых является наличие в спектре сильных линий водорода, были отнесены к SNe второго типа (SNe II). Еще в начале 1970-х годов было обнаружено, что SNe II не представляют однородной группы, существенно различаясь как формами кривых блеска, так и максимальной светимостью. Было предложено разделение SNe II на два основных подтипа: SN II-P (с плато) и SN II-L (линейные) (Barbon et al. 1979). SNe II-P отличаются почти постоянной светимостью в период до 100 суток после максимума блеска, в то время как светимость SNe II-L после максимума падает практически линейно (в звездных величинах). С увеличением числа хорошо исследованных SNe стало ясно, что суще-

ствует плавный переход между крайними случаями SNe II-L и SNe II-P (Anderson et al. 2014). Однако большинство SNe II все же имеют явно выраженное плато. Для них удалось построить теоретические модели, хорошо описывающие наблюдения (см., например, Baklanov et al. (2005), Dessart et al. (2013), Tsvetkov et al. (2021), Utrobin (2007)). Основным отличием SNe II-L, как полагают, может быть меньшая масса водородной оболочки, рассматривается также влияние взаимодействия выброса SN с окружающим веществом (Blinnikov and Bartunov 1993). Количество хорошо исследованных SNe II-L и объектов переходного типа меньше, чем классических SNe II-P, поэтому их изучение вызывает особый интерес.

К таким объектам относится SN 2018zd. Эта сверхновая в галактике NGC 2146 типа SB(S)ab была открыта Коичи Итагаки (Koichi Itagaki)¹ 2 марта 2018 г.; координаты SN: $\alpha = 06^h18^m03^s.18$, $\delta = +78^\circ22'00''90$ (J 2000), расстояние от центра галактики — $104''5$ к западу и $35''6$ к северу. На момент открытия оценка блеска сверхновой на

*E-mail: tsvetkov@sai.msu.su

¹<https://www.wis-tns.org/object/2018zd>

изображении без фильтра составила $17^m.8$. Новый объект был классифицирован как молодая SN II (Zhang et al. 2018). Callis et al. (2021), Zhang et al. (2020) и Hiramatsu et al. (2021) опубликовали результаты фотометрических и спектроскопических наблюдений SN 2018zd. При этом Callis et al. (2021) и Hiramatsu et al. (2021) отнесли ее к типу SN II-P, хотя кривые блеска этой сверхновой показывали постоянное ослабление светимости без явно выраженного плато, а Zhang et al. (2020) заключили, что SN 2018zd является промежуточным объектом между классами SN II-P и SN II-L. Особенностью SN 2018zd оказался также характер спектра на ранней стадии, в котором наблюдались узкие эмиссионные линии водорода, N V, He II, C IV. Вероятной причиной возникновения этих линий может быть ионизация вещества ветра предсверхновой рентгеновскими лучами от ударных волн в оболочке SN. Взаимодействие оболочки с окружающим веществом рассматривалось также как источник энергии, обусловивший достаточно высокую светимость SN 2018zd и характер ее эволюции. Hiramatsu et al. (2021), основываясь на результатах как всестороннего анализа собственных данных, полученных при наблюдениях SN 2018zd, так и изучения снимков места локализации вспышки из архива телескопа им. Хаббла, в качестве приоритетной гипотезы, объясняющей происхождение SN 2018zd, назвали взрыв звезды на супер-асимптотической ветви гигантов в результате захвата электронов в ядре (ECSN, т.е., electron-capture SN). Однако в работах Callis et al. (2021), Zhang et al. (2020) этот вывод ставится под сомнение. Данный вопрос рассмотрели также Kozureva et al. (2021), которые отметили отличие наблюдавшихся кривых блеска SN 2018zd от рассчитанных ими моделей ECSN.

Все вышеупомянутые особенности и несовпадение мнений о природе этого интересного объекта определяют актуальность детального изучения SN 2018zd. В настоящей работе представлены результаты нашего исследования, основанного на данных мониторинга этой сверхновой, который мы вели на протяжении почти года после вспышки.

2. НАБЛЮДЕНИЯ И ОБРАБОТКА

Фотометрические наблюдения SN 2018zd проводились на ряде телескопов (приведены также их сокращенные обозначения): на 6-м и 1-м телескопах CAO РАН (S600, S100), 2.5-м телескопе Кавказской горной обсерватории ГАИШ МГУ (K250) (Potanin et al. 2017), 1-м телескопе Симеизской обсерватории (S100) (Nikolenko et al. 2019), 60-см и 50-см телескопах Крымской станции ГАИШ (C60, C50), 60-см телескопе обсерватории

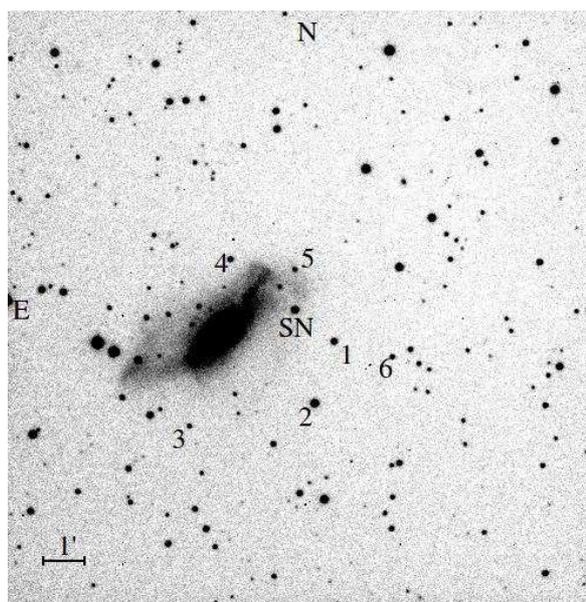


Рис. 1. Изображение SN 2018zd в галактике NGC 2146, полученное 11.04.2018 на телескопе L60 в полосе фильтра *R*. Отмечены звезды сравнения.

Стара Лесна Астрономического института Словакии (L60), 70-см и 20-см телескопах ГАИШ в Москве (M70, M20). Все телескопы были оснащены ПЗС-камерами и наборами *UBVRI*-фильтров системы Джонсона–Казинса. Наблюдения продолжались 336 дней, получено 246 оценок блеска в полосах фильтров *UBVRI*.

Стандартная обработка и фотометрия осуществлялись с помощью пакета программ IRAF². Звездные величины сверхновой были получены апертурной или PSF-фотометрией относительно местных стандартов. ПЗС-изображение SN 2018zd и звезд сравнения в поле показано на рис. 1. Величины звезды сравнения # 2 определены нами по данным наблюдений на телескопе S100 с привязкой к стандарту около CI Cam (Henden and Munari 2006). Получены следующие оценки:

$$U = 14^m.60 \pm 0^m.04, \quad B = 14^m.434 \pm 0^m.009, \\ V = 13^m.729 \pm 0^m.003, \quad R = 13^m.342 \pm 0^m.002, \\ I = 12^m.983 \pm 0^m.001.$$

Для остальных звезд приняты величины из статьи Zhang et al. (2020).

Поверхностная яркость галактики в месте вспышки SN низкая, вычитание фона галактики не требуется.

²IRAF распространяется NOAO, управляемой AURA по соглашению с NSF.

Для перехода к стандартной системе Джонсона–Казинса мы применили инструментальные цветовые уравнения, определенные по наблюдениям фотометрических стандартов. Результаты фотометрии представлены в таблице 1.

Таблица 1. *UBVRI*-фотометрия SN 2018zd (обозначения: S600, S100 — 6-м и 1-м телескопы САО РАН; К250 — 2.5-м телескоп КГО ГАИШ МГУ; С100 — 1-м телескоп Симеизской обсерватории; С60, С50 — 60-см и 50-см телескопы Крымской станции ГАИШ; L60 — 60-см телескоп обсерватории Стара Лесна Астрономического института Словакии; M70, M20 — 70-см и 20-см телескопы ГАИШ в Москве)

JD 2458000+	<i>U</i>	σ_U	<i>B</i>	σ_B	<i>V</i>	σ_V	<i>R</i>	σ_R	<i>I</i>	σ_I	Телескоп
184.19	13.68	0.03	14.49	0.02	14.34	0.02	14.22	0.02	14.17	0.03	S100
196.28			14.13	0.06	13.77	0.03	13.56	0.04	13.36	0.03	M20
200.20			14.25	0.05	13.82	0.06	13.65	0.04	13.50	0.08	M20
202.21			14.28	0.04	13.92	0.05	13.69	0.05	13.47	0.03	M20
204.27	13.81	0.03	14.39	0.02	13.99	0.02	13.72	0.02	13.56	0.02	S100
207.18			14.47	0.05	13.99	0.03	13.70	0.03	13.45	0.04	M20
213.25			14.64	0.03	14.13	0.03	13.76	0.03	13.51	0.03	M20
214.21	14.38	0.03	14.67	0.02	14.13	0.02	13.80	0.02	13.51	0.02	S100
216.22	14.33	0.03	14.73	0.02	14.16	0.02	13.82	0.02	13.56	0.02	S100
217.29	14.48	0.04	14.75	0.02	14.18	0.02	13.83	0.02	13.52	0.02	L60
218.26			14.78	0.08	14.20	0.04	13.87	0.03	13.58	0.06	M20
220.24			14.90	0.03	14.19	0.03	13.84	0.03	13.54	0.02	M20
220.40	14.63	0.07	14.87	0.02	14.24	0.03	13.87	0.02	13.57	0.02	L60
222.25			14.97	0.05	14.24	0.03	13.89	0.02	13.54	0.03	M20
228.30	15.17	0.04	15.12	0.02	14.36	0.02	13.94	0.02	13.63	0.02	L60
230.31			15.18	0.03	14.39	0.02	13.99	0.02	13.66	0.03	S600
230.34			15.18	0.03	14.40	0.02	14.00	0.02	13.68	0.03	S600
232.27	15.38	0.08	15.24	0.02	14.40	0.02	13.97	0.02	13.66	0.03	M70
236.40			15.37	0.04	14.44	0.03	13.96	0.03	13.67	0.06	M70
240.34	15.79	0.04	15.41	0.03	14.52	0.03	14.06	0.03	13.68	0.03	S100
242.27			15.54	0.04	14.54	0.04	14.11	0.03	13.75	0.05	M70
249.29			15.72	0.06	14.65	0.02	14.11	0.03			M70
249.34	16.24	0.04	15.64	0.02	14.63	0.02	14.16	0.02	13.80	0.01	L60
250.28			15.78	0.03	14.65	0.02	14.18	0.04	13.85	0.09	M70
260.29			15.95	0.07	14.80	0.04	14.28	0.04	13.85	0.02	M70
263.29			16.01	0.07	14.80	0.03	14.27	0.03	13.88	0.02	M70
267.31			16.11	0.06	14.93	0.03	14.33	0.03	13.96	0.03	M70
271.42			16.21	0.03	15.00	0.02	14.41	0.02	14.01	0.02	C100
272.29			16.18	0.03	14.98	0.03	14.44	0.02	14.02	0.02	C100
273.29			16.24	0.03	15.04	0.02	14.42	0.03	14.04	0.02	C100
274.29			16.24	0.03	15.01	0.04	14.47	0.04	14.04	0.02	C100

Таблица 1. (Продолжение)

JD 2458000+	U	σ_U	B	σ_B	V	σ_V	R	σ_R	I	σ_I	Телескоп
276.29			16.32	0.03	15.04	0.02	14.47	0.03	14.07	0.02	C100
277.29			16.30	0.02	15.10	0.02	14.49	0.02	14.09	0.02	C100
278.28			16.37	0.03	15.13	0.03	14.53	0.04	14.15	0.03	C100
279.29			16.36	0.02	15.12	0.02	14.50	0.02	14.12	0.02	C100
282.27	17.65	0.05	16.44	0.03	15.24	0.02	14.60	0.02	14.17	0.02	S100
282.30			16.49	0.02	15.22	0.02	14.58	0.03	14.21	0.03	C100
284.30			16.58	0.03	15.27	0.02	14.63	0.02	14.22	0.02	C100
293.29			17.01	0.11	15.58	0.03	14.84	0.02	14.45	0.02	C100
297.30			17.14	0.11	15.65	0.04	14.99	0.05	14.62	0.04	C100
301.29			17.41	0.03	16.02	0.03	15.25	0.03	14.84	0.03	C100
338.46			19.56	0.07	18.35	0.02	17.27	0.02	16.89	0.02	K250
343.57									17.02	0.03	C100
356.38			19.88	0.07	18.58	0.04	17.42	0.03	17.10	0.03	K250
367.44			19.96	0.04	18.63	0.03	17.53	0.04	17.19	0.04	K250
370.54			19.99	0.03	18.68	0.02	17.57	0.02	17.23	0.03	K250
380.53			20.07	0.04	18.77	0.03	17.66	0.03	17.34	0.03	K250
384.53			20.10	0.03	18.83	0.02	17.70	0.03	17.38	0.03	K250
392.56					19.00	0.05					K250
398.56			20.21	0.04	18.95	0.03	17.83	0.05			K250
400.56			20.13	0.07	18.76	0.04	17.95	0.05	17.62	0.05	C50
400.58			20.20	0.04	18.95	0.05			17.57	0.04	K250
426.57			20.30	0.05	19.28	0.02	18.20	0.02	17.85	0.12	S100
427.53	20.49	0.08	20.23	0.06	19.26	0.04	18.22	0.04	17.92	0.08	S100
428.53			20.20	0.05	19.23	0.05	18.18	0.04	18.00	0.07	S100
445.39							18.62	0.07			C50
448.45					19.48	0.07	18.42	0.04			C60
456.19			20.59	0.05	19.49	0.04	18.43	0.06	18.19	0.05	K250
459.42			20.42	0.07	19.53	0.06	18.48	0.06	18.17	0.07	S100
507.54					20.04	0.05	19.08	0.04	18.79	0.02	K250
519.40			20.89	0.08	20.12	0.06	19.25	0.06	19.19	0.07	S100
520.51	21.30	0.14	20.57	0.08	20.12	0.07	19.19	0.07	19.13	0.08	S100

Спектроскопические наблюдения SN 2018zd были проведены на телескопе S600 21 апреля 2018 года. Использовался спектрограф SCORPIO (Afanasiev and Moiseev 2005) с гризмой VPHG1200G (дисперсия $0.889 \text{ \AA}/\text{пиксель}$,

спектральное разрешение 5.3 \AA , диапазон длин волн $4050\text{--}5840 \text{ \AA}$). Мы получили три спектра, суммарное время экспозиции которых составило 1527 секунд. Гелиоцентрическая юлианская дата середины экспозиции HJD = 2458230.3243.

Обработка данных спектроскопии выполнена с

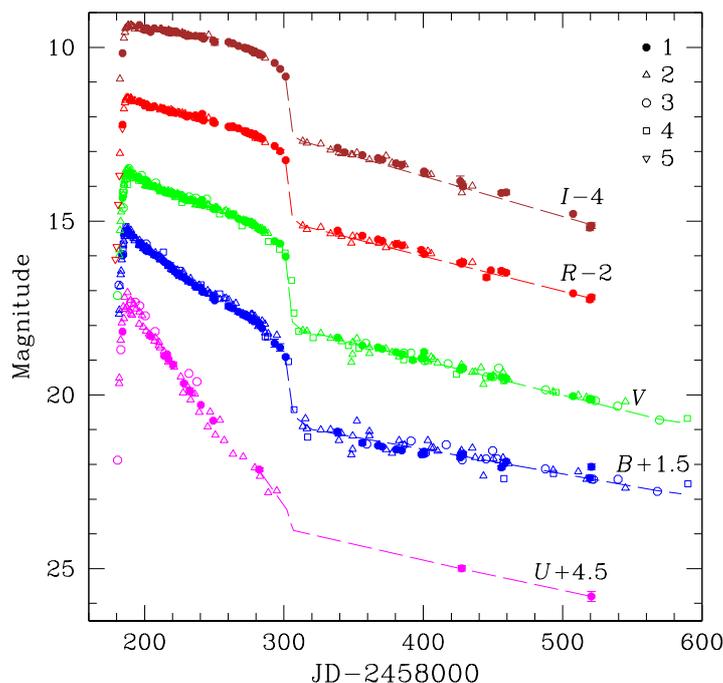


Рис. 2. Кривые блеска SN 2018zd: 1 — наши данные, 2 — Zhang et al. (2020), 3 — Hiramatsu et al. (2021), 4 — Callis et al. (2021), 5 — оценки блеска на изображениях без фильтра, согласно Callis et al. (2021), Zhang et al. (2020).

помощью пакета программ ESO MIDAS. Были использованы стандартные процедуры: учет байеса, удаление следов космических частиц, калибровка по длинам волн, экстракция спектра с учетом фона неба и галактики, учет поглощения атмосферы. Абсолютная калибровка по потокам с использованием спектрофотометрического стандарта Feige 56.

3. КРИВЫЕ БЛЕСКА И СПЕКТР

Кривые блеска SN 2018zd показаны на рис. 2. Результаты наших наблюдений на всех телескопах достаточно хорошо согласуются. Также мы приводим данные, полученные Callis et al. (2021), Hiramatsu et al. (2021), Zhang et al. (2020).

Можно достаточно надежно (с точностью около $0^{\text{m}}05$) определить величины максимума блеска в разных фильтрах:

$$U_{\text{max}} = 12^{\text{m}}96, B_{\text{max}} = 13^{\text{m}}73, V_{\text{max}} = 13^{\text{m}}53, \\ R_{\text{max}} = 13^{\text{m}}43, I_{\text{max}} = 13^{\text{m}}34.$$

Даты максимумов различаются несущественно. В полосах U и B $t_{\text{max}} = \text{JD } 2458187.6$, в полосах V и R $t_{\text{max}} = \text{JD } 2458188.2$, в фильтре I $t_{\text{max}} = \text{JD } 2458189.4$; точность этих данных равна приблизительно 1.0–1.5 суток.

Скорость падения блеска после максимума в фильтрах $UBVRI$ составила соответственно 0.051,

0.029, 0.015, 0.011, 0.007 зв. вел. сут $^{-1}$. Эта скорость резко возросла в фазе 112 суток после максимума, а через 13 суток после этого темп снижения блеска замедлился, начался линейный участок кривых блеска. На этом линейном «хвосте» скорость падения блеска составила в фильтрах $BVRI$ 0.0074, 0.0098, 0.0103, 0.0112 зв. вел. сут $^{-1}$ соответственно.

Все показатели цвета SN 2018zd возрастают после максимума до фазы около 120 суток, затем начинается плавное уменьшение. На рис. 3 приведены наблюдаемые показатели цвета SN 2018zd, без исправления за поглощение, для которого в дальнейшем мы принимаем $E(B - V) = 0^{\text{m}}17$ (Zhang et al. 2020). Для сравнения на этом же рисунке мы приводим показатели цвета типичных представителей классов II-L и II-P: SNe 1980K, SNe 2017eaw (Buta 1982, Buta and Keel 2019, Tsvetkov et al. 2018, Van Dyk et al. 2019), а также кривые для двух SN II, которые по фотометрическим свойствам похожи на SN 2018zd: SNe 2013by, SNe 2013ej (Valenti et al. 2015, Yuan et al. 2016). Наблюдаемые показатели цвета этих SNe приведены к принятому нами значению поглощения света для SN 2018zd, причем для SNe 1980K и SNe 2017eaw, вспыхнувших в галактике NGC 6946, принята одинаковая величина поглощения, характерная только для нашей Галактики: $E(B - V) = 0^{\text{m}}3$, а значение поглощения для остальных SNe взято из цитируемых выше работ.

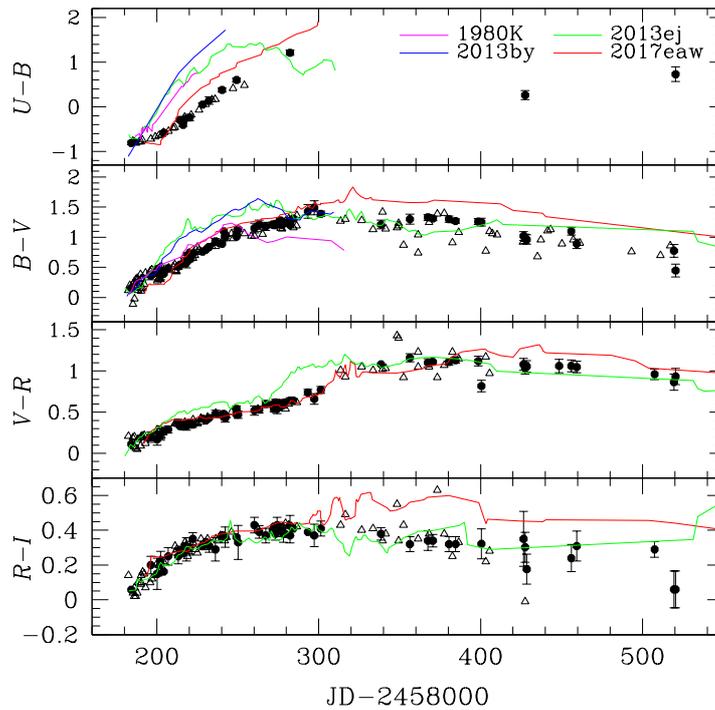


Рис. 3. Кривые цвета SN 2018zd и сравнение с кривыми цвета четырех SNe II. Для SN 2018zd точки — наши данные, треугольники — данные Zhang et al. (2020).

Если кривые показателей цвета ($V - R$) и ($R - I$) достаточно похожи для всех представленных SNe, то для цветов ($U - B$) и ($B - V$) наблюдается существенное различие. Особенно заметно оно для цвета ($U - B$): в нем SN 2018zd значительно голубее остальных SNe уже через 20 суток после максимума, хотя в максимуме блеска показатели цвета достаточно близки. В кривых цвета ($B - V$) наблюдается сходство SN 2018zd с SNe 1980K и SNe 2017eaw, в то время как SNe 2013by и SNe 2013ej существенно краснее на протяжении почти 100 суток после максимума. Интересно, что цвет SN 1980K после фазы 80 суток становится даже более голубым, чем у SN 2018zd.

Кривая блеска в абсолютных V -величинах SN 2018zd и сравнение с кривыми для пяти других SNe II показаны на рис. 4; расстояние до SN 2018zd принято равным 15.6 Мпк (Callis et al. 2021). Данные для SNe 1980K, SNe 2013by, SNe 2013ej и SNe 2017eaw взяты из цитируемых выше работ, для стандартной SN II-P 1999em — из Elmhamdi et al. (2003). Для SNe 1980K и SNe 2017eaw, вспыхнувших в NGC 6946, приняты одинаковые величины поглощения света $E(B - V) = 0^m3$ и расстояние 7.7 Мпк (Van Dyk et al. 2019), для остальных SNe приняты значения из цитируемых выше работ. Максимальная абсолютная величина SN 2018zd составляет $M_V = -18^m0$: она ярче большинства SNe II-P,

однако уступает SNe II-L с наибольшей светимостью.

По форме кривых блеска SN 2018zd похожа на SNe 2013by и SNe 2013ej, однако промежуток от максимума до начала резкого падения блеска у нее гораздо больше, около 110 суток, в то время как для SN 2013by и SNe 2013ej он составляет соответственно 80 и 70 суток. На стадии линейного «хвоста» кривых блеска SNe, относящиеся к линейным и промежуточным подтипам, имеют меньшую светимость, чем классические SNe II-P. Вероятной причиной является меньшая масса синтезированного при взрыве ^{56}Ni .

Спектр SN 2018zd по нашим наблюдениям 21 апреля 2018 г., через 42 дня после максимума, показан на рис. 5. Спектры в эту эпоху были получены также Callis et al. (2021), Hiramatsu et al. (2021), Zhang et al. (2020), данные других авторов хорошо согласуются с нашими.

Скорости расширения оболочки, определенные по смещению линий поглощения Fe II $\lambda 5018 \text{ \AA}$ и $\lambda 5169 \text{ \AA}$, составили 3190 км с^{-1} и 3250 км с^{-1} , по линии H β — 3765 км с^{-1} . В пределах ошибок эти оценки совпадают с данными Hiramatsu et al. (2021), Zhang et al. (2020).

Мы провели моделирование спектра с помощью программы SYN++ (Thomas et al. 2011), результаты в достаточной степени согласуются с наблюдательными данными (см. рис. 5). В расчете учитывались

скоростью расширения, установленному для большинства SNe II.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученные нами данные показывают, что SN 2018zd по фотометрическим характеристикам является объектом, промежуточным между классами SN II-P и II-L. Особенности SN 2018zd являются достаточно высокая светимость в максимуме $M_V = -18^m0$, низкая скорость расширения оболочки, большой промежуток времени от максимума до быстрого падения блеска перед выходом на финальный линейный участок кривых блеска и медленный рост показателей цвета ($U - B$) и ($B - V$) после максимума. Оценки физических характеристик SN 2018zd сильно зависят от расстояния до объекта, которое определяется недостаточно надежно. Мы исходили из величины $D = 15.6$ Мпк, согласно Callis et al. (2021), как наиболее обоснованной. В работе Zhang et al. (2020) принято довольно близкое к этой оценке расстояние 18.4 Мпк, однако Hiramatsu et al. (2021) дают гораздо меньшее значение — 9.6 Мпк, которое представляется сильно заниженным. Вероятно, в будущем для достаточно близкой и яркой галактики NGC 2146 расстояние будет определено более точно, что позволит уточнить данные о параметрах SN 2018zd.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена с использованием оборудования, приобретенного за счет средств Программы развития Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова. Авторы выражают благодарность за поддержку Научно-образовательной школе МГУ имени М. В. Ломоносова «Фундаментальные и прикладные исследования космоса». Работа поддержана Программой развития МГУ имени М. В. Ломоносова. Благодарим С. В. Жуйко за обеспечение наблюдений на Студенческой обсерватории ГАИШ МГУ. Наблюдения на телескопах САО РАН выполняются при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. Обновление приборной базы осуществляется в рамках национального проекта «Наука и университет».

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Работа С. Шугарова поддержана грантами Академии наук Словакии VEGA 2/0030/21, APVV-20-0148. Работа И. Волкова поддержана стипендией Словацкого Академического Информационного Агентства. Работа В. Ечеистова поддержана Минобрнауки РФ в рамках программы финансирования крупных научных проектов национального проекта «Наука», грант No. 075-15-2020-778.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. V. L. Afanasiev and A. V. Moiseev, *Astronomy Letters* **31** (3), 194 (2005).
2. J. P. Anderson, S. González-Gaitán, M. Hamuy, et al., *Astrophys. J.* **786** (1), article id. 67 (2014).
3. P. V. Baklanov, S. I. Blinnikov, and N. N. Pavlyuk, *Astronomy Letters* **31** (7), 429 (2005).
4. R. Barbon, F. Ciatti, and L. Rosino, *Astron. and Astrophys.* **72**, 287 (1979).
5. S. I. Blinnikov and O. S. Bartunov, *Astron. and Astrophys.* **273**, 106 (1993).
6. R. J. Buta, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **94**, 578 (1982).
7. R. J. Buta and W. C. Keel, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **487** (1), 832 (2019).
8. E. Callis, M. Fraser, A. Pastorello, et al., arXiv e-prints arXiv:2109.12943 (2021).
9. L. Dessart, D. J. Hillier, R. Waldman, and E. Livne, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **433** (2), 1745 (2013).
10. A. Elmhamdi, I. J. Danziger, N. Chugai, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **338** (4), 939 (2003).
11. A. Henden and U. Munari, *Astron. and Astrophys.* **458** (1), 339 (2006).
12. D. Hiramatsu, D. A. Howell, S. D. Van Dyk, et al., *Nature Astronomy* **5**, 903 (2021).
13. A. Kozyreva, P. Baklanov, S. Jones, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **503** (1), 797 (2021).
14. I. V. Nikolenko, S. V. Kryuchkov, S. I. Barabanov, and I. M. Volkov, *INASAN Science Reports* **4**, 85 (2019).
15. S. A. Potanin, I. A. Gorbunov, A. V. Dodin, et al., *Astronomy Reports* **61** (8), 715 (2017).
16. S. J. Smartt, *Publ. Astron. Soc. Australia* **32**, id. e016 (2015).
17. R. C. Thomas, P. E. Nugent, and J. C. Meza, *Publ. Astron. Soc. Pacific* **123** (900), 237 (2011).
18. D. Y. Tsvetkov, N. N. Pavlyuk, O. V. Vozjakova, et al., *Astronomy Letters* **47** (5), 291 (2021).
19. D. Y. Tsvetkov, S. Y. Shugarov, I. M. Volkov, et al., *Astronomy Letters* **44** (5), 315 (2018).
20. V. P. Utrobin, *Astron. and Astrophys.* **461** (1), 233 (2007).
21. S. Valenti, D. Sand, M. Stritzinger, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **448** (3), 2608 (2015).
22. S. D. Van Dyk, W. Zheng, J. R. Maund, et al., *Astrophys. J.* **875** (2), article id. 136 (2019).
23. F. Yuan, A. Jerkstrand, S. Valenti, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **461** (2), 2003 (2016).
24. J. Zhang, X. Wang, V. József, et al., *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **498** (1), 84 (2020).
25. J. Zhang, L. Xu, and X. Wang, *Astronomer's Telegram* No. 11379, 1 (2018).

Observations of Supernova SN 2018zd

**D. Yu. Tsvetkov¹, V. P. Goranskij^{1, 2}, E. A. Barsukova², A. F. Valeev^{2, 3}, I. M. Volkov^{1, 4}, N. N. Pavlyuk¹,
S. Yu. Shugarov^{1, 5}, N. I. Shatsky¹, O. V. Vozyakova¹, and V. A. Echeistov¹**

¹Sternberg Astronomical Institute, Moscow State University, Moscow, 119234 Russia

²Special Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nizhnii Arkhyz, 369167 Russia

³Crimean Astrophysical Observatory, Russian Academy of Sciences, Nauchny, 298409 Russia

⁴Institute of Astronomy, Russian Academy of Sciences, Moscow, 119017 Russia

⁵Astronomical Institute of the Slovak Academy of Sciences, 059 60 Tatranska Lomnica, Slovak Republic

We present photometric and spectroscopic observations of SN 2018zd, carried out at 9 telescopes, including the 6-m telescope of SAO RAN and the 2.5-m telescope of the Caucasus Mountain Observatory of the Sternberg Astronomical Institute. The dates and magnitudes of maximum brightness and the parameters of the light curves were determined. The photometric characteristics of SN 2018zd allow to classify it as a transition event between SNe II-P and SNe II-L. The peculiar features of SN 2018zd are sufficiently bright maximum luminosity $M_V = -18^m0$, combined with low expansion velocity, large interval between maximum light and the start of exponential tail, slow reddening of colors ($U - B$), ($B - V$) after maximum light.

Keywords: *supernovae: individual: SN 2018zd—techniques: photometric—techniques: spectroscopic*