

УДК 524.33

В.М. ТЕРЕЩЕНКО

ИССЛЕДОВАНИЕ НОВОЙ КАССИОПЕИ 1993. I. ЭВОЛЮЦИЯ СПЕКТРА И ЛУЧЕВЫЕ СКОРОСТИ

Выполнено отождествление деталей спектра N Cas 1993 и прослежена эволюция ее спектра на разных стадиях вспышки. Определены лучевые скорости в диффузно-искровой стадии.

В настоящее время общепринято, что все новые звезды являются тесными двойными системами (ТДС). Один компонент системы является белым карликом – превоизванировавшей вырожденной звездой, а второй - обычный холодный карлик спектрального класса G, K или M [1]. Несмотря на значительный прогресс в понимании природы вспышек новых звезд, многие их детали остаются столь же загадочными, как и полвека тому [1, 2]. Полной теории вспышек новых пока нет. Слишком разнообразными и, заодно, сложными оказались физические процессы, происходящие при вспышках новых. Ввиду разнообразия вспышек остаются актуальными и наблюдения новых, т.е. накопление данных об их физических параметрах – как в спокойном состоянии, так и во время вспышек.

В декабре 1993 г в созвездии Кассиопеи вспыхнула новая звезда [3]. Несмотря на относительную слабость вспыхнувшей новой, - ее видимая величина в момент максимума блеска была около 5.5^m , мы решили провести спектральные наблюдения ее. Цель наблюдений – проследить эволюцию спектра N Cas 1993 на разных стадиях вспышки и определить некоторые ее физические параметры. Записи спектров получены с помощью спектрометра Сей-Намиока [4], который был установлен на 1-м телескопе ТШАО (высота над у. м. 2800 м). За период с 24 декабря 1993 г. по 28 июня 1994 г. нами были получены десятки записей спектров N Cas 1993. Записи охватывают спектральный интервал от 3100 \AA до 7800 (6800) \AA . По ним мы можем проследить эволюцию спектра N Cas 1993 на разных стадиях, что представляет интерес с точки зрения проверки имеющихся сценариев вспышек Новых. Для описания спектров мы выбрали записи, полученные 24 и 28 декабря 1993 г. (диффузно-искровая стадия), 19 февраля (стадия «4640») и 28

июня 1994г. (небулярная стадия). Отметим, что спектральные изменения, происходящие в процессе вспышек новых, в целом известны, но каждая новая имеет свои особенности. Отождествление спектральных деталей новых и сверхновых является необходимым и одним из самых ответственных этапов их исследования.

Диффузно-искровая стадия (по записям 24 и 28 декабря 1993г.).

В указанные даты спектры N Cas 1993 получены с разрешением около 10 \AA . Скорость сканирования составляла либо 14 \AA/s , либо 7 \AA/s . Спектр Новой в этой стадии представлял собой сплошной частокол из множества линий и бленд. Его вид разительно отличался от спектра знаменитой N Cyg 1975, которую мы наблюдали во время ее вспышки [5]. Согласно нашим отождествлениям абсолютное большинство эмиссионных линий принадлежит линиям ионизованного железа. По классификации Вильямса [6] N Cas 1993 следует отнести к классу «Fe»-звезд. Ниже на рисунке воспроизведены два участка регистрационной программы новой ($\lambda\lambda 3700-4500 \text{ \AA}$ и $\lambda\lambda 4500-5200 \text{ \AA}$), полученной 28 декабря 1993 г. Разбивка регистрационных программ по длинам волн выполнялась вручную с помощью специального шаблона, значения длин волн (в сотнях ангстрем) приведены на линии темноты. Для отождествления спектральных линий мы использовали источники [7-9]. В ближней ИК-области наблюдалась мощная линия нейтрального кислорода OI 7774. Вид спектра в области $7800-6800 \text{ \AA}$ представляет собой слегка волнистую линию, на которой выделяется горб в районе 7465 \AA , который мы отождествили с линией FeII 7462. Основной вклад в излучение в этой области дает континuum. Самой выдающейся деталью спектра Новой является линия H α , интенсивность которой на уровне половинной

превышала уровень континуума в 5-6 раз. Контур линии Нβ. был асимметричен, с длинноволновой стороны она как будто блендировалась с какой-то линией с длиной волны 6600 Å. Асимметрия контура может быть обусловлена либо простым наложением какой-то линии, либо асимметричностью выброса оболочки Новой (направленный взрыв). Мы принимаем второй вариант, так как такая же асимметричность характерна и для линии Нβ. В области спектра между линиями Нβ и дублетом нейтрального натрия (5890, 5896 Å) отождествлены линии железа: FeII6456 (слабая), 6305 (слабая), 6238 (средняя), дублет 6148, 6149 (средняя). Не удалось отождествить слабую линию в области 6105 Å. Очень четко прописан дублет натрия, как в эмиссии, так и в поглощении. В области спектра между дублетом натрия и линией Нβ кроме линий ионизованного железа наблюдалась линия нейтрального кислорода OI 5575 (средняя по интенсивности). На данном участке из линий, принадлежащих ионизованному железу, отождествлены следующие: FeII5534 (средняя), 5435 (слабая), 5363 (средняя), 5318, 5278, 5187 (все сильные), бленда (5169, 5173) (сильная), 5136 (слабая), бленда (5018, 5031) (очень сильная) и линия 4924 (очень сильная). По интенсивности линия Нβ превышала даже самые мощные линии ионизованного железа в 3-5 раз. Контур линии Нβ так же, как и контур Нб был асимметричен. В области между линией Нβ и дублетом ионизованного кальция (линией Н, блендиированной Не и линией К), помимо мощных линий водорода Ну и Нδ, отождествлены следующие линии и бленды ионизованного железа FeII: (4629, 4632, 4635) (интенсивность средняя), (4576, 4583, 4584, 4595) (средняя), (4549, 4956) (средняя), (4508, 4515, 4520, 4523, 4534) (средняя), (4479, 4489, 4491) (слабая), (4451, 4455) (очень слабая), линия 4417 (слабая), сильной бленды (4352, 4361, 4369), в свою очередь блендирующейся с линией Ну, линия 4320 (слабая), бленда (4304, 4313, 4314) (средняя), линия 4233 (средняя), бленда (4173, 4178, 4179, 4182, 4183) (сильная). Очень сильные были линии ионизованного кальция Н и К. В ультрафиолетовой области спектра короче длины волны линии К ($\lambda\lambda$ 3100 – 3934 Å), отождествлены бальмеровские линии Н8, Н9, Н10, Н11 (блендирована с линиями FeII (3759, 3763, 3983)) и Н13 (все слабые). Полоса в районе 3910 отождествлена с блендой FeII (3906, 3916), которая по интенсивности равна Н8. На две полосы средней интенсивности с центрами на 3707 и 3685 имеется

много «претендентов», прежде всего это две бленды MnII (3707, 3708) и (3685, 3686). Кроме иона марганца это могут быть соответственно бленды (TiII3706, OIII3707) и (FeII3683, CaII3684, TiII3685). Записи спектра в области короче Бальмеровского скачка представляют собой волнистую линию, т.е. богатую эмиссионными линиями, которые можно отождествить с многочисленными линиями и блендинами иона железа FeII: линия 3513, бленды (3493, 3495, 3496), (3469, 3470, 3471), (3436, 3442), линия 3416, бленда (3381, 3386, 3388) – все относительно слабые на фоне континуума. В самом конце регистрируемой области выделяется мощная полоса в районе 3280 Å, которую мы отождествили с блендой FeII (3265, 3267, 3277, 3281, 3285).

Стадия «4640». Записи спектров Новой получены в ночь с 19 на 20 февраля 1994 г. Ночь – не фотометрическая, городской смог достиг уровня обсерватории. К тому же в момент наблюдений сама звезда находилась низко над горизонтом в северной части неба, в направлении г. Алматы. Звезда ослабела до 12^m и поэтому записи сделаны с широкой выходной щелью (около 20 Å). По сравнению с декабрьскими записями спектр N Cas 1993 радикально изменился. Но, как и прежде, в спектре доминировала линия Нα, которая сохранила асимметрию. Заметной была и линия Нβ. Линии натрия, ионизированного кальция и большинство многочисленных линий железа исчезли. Остались слабые признаки наиболее сильных в диффузно-искровой стадии линий железа, в частности, линии FeII 5018, 5169 и 5220. Хорошо прописывалась полоса «4640» – первоначально бленда из линий ионизованных азота и кислорода, перерождавшаяся в линию NIII 4641. Очень четко прописались запрещенные линии нейтрального кислорода [OI] 6300 и 6364 Å. Линия [NII] 5755 выглядела слабой, но заметной. В целом же спектр Новой в эту ночь уже был близок к классическому небулярному. Ввиду плохих атмосферных условий полученные записи спектров обрабатывать не имеет смысла. Тем не менее, из имеющейся информации о наличии и относительных интенсивностях указанных выше линий можно заключить, что в целом она согласуется с общепринятой схемой эволюции спектра Новых.

Небулярная стадия. Спустя полгода после максимума блеска Новая Кассиопея находилась в небулярной стадии, т.е. возбуждение свечения оболочки происходило за счет чисто радиативных процессов. Ее спектр напоминал спектр

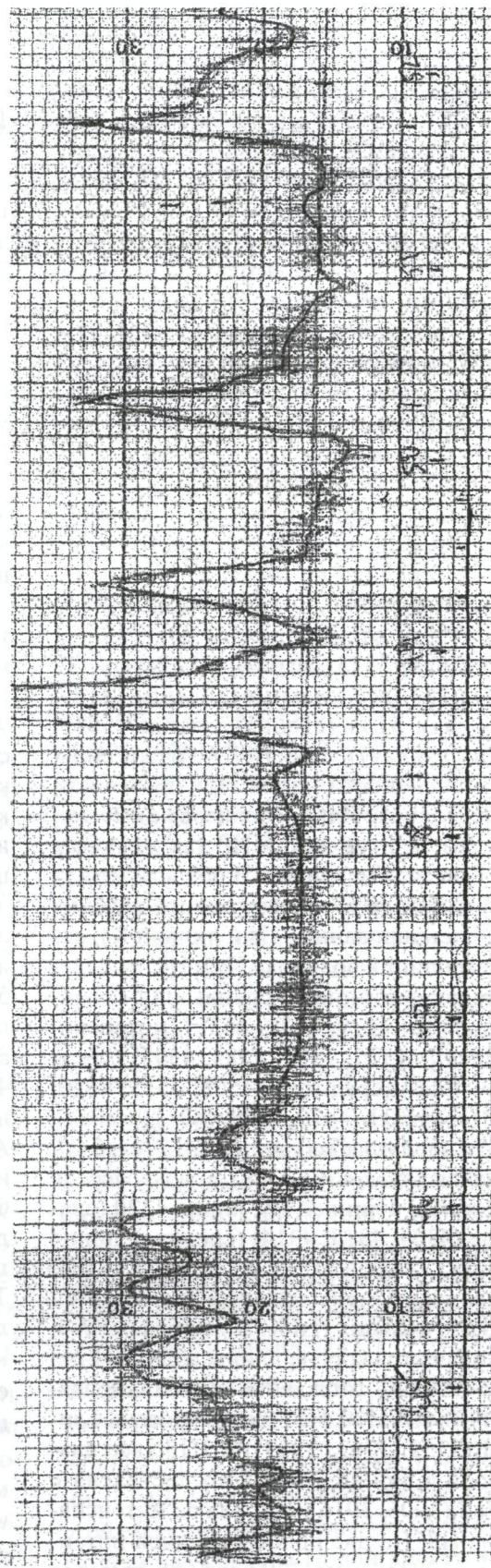
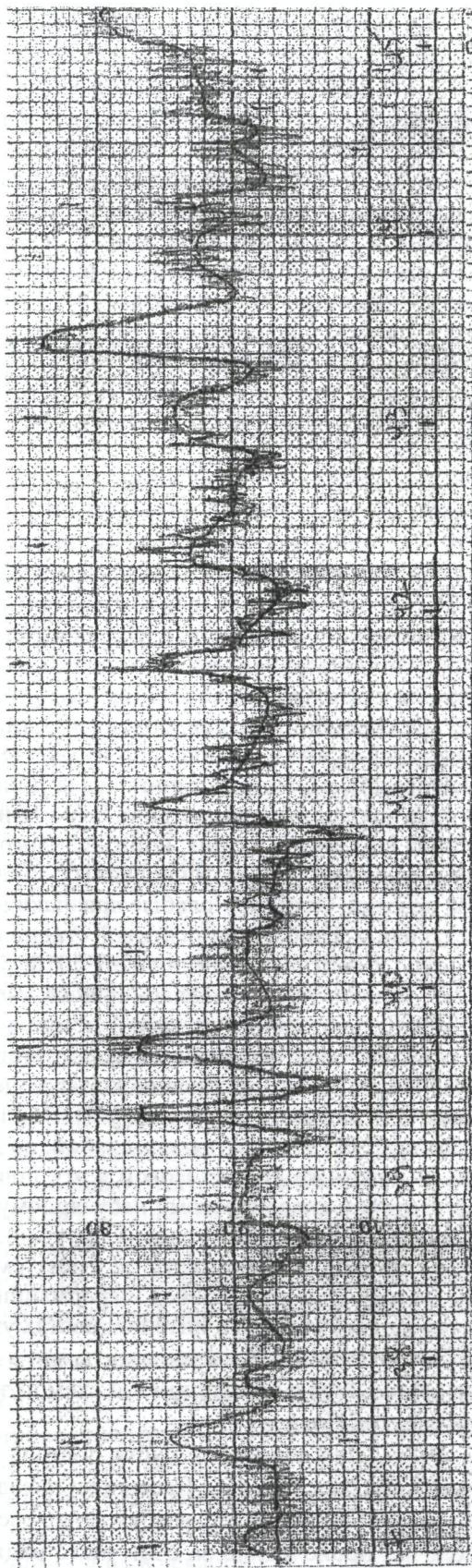


Рис. 1. Два участка регистрационной программы N Cas 1993, полученной 24 декабря 1993 г.

планетарных туманностей, но с более широкими линиями. В ночь 28-29 июня 1994 г. видимая звездная величина Новой была слабее 13^m. Ввиду слабости объекта выходная щель спектрометра была расширена до 30 А. Тем не менее на регистрациях континуум практически не прописывался, уверенно зафиксированы только запрещенные линии излучения, принадлежащие двукратно ионизованному кислороду [OIII]: линия 4363 и дублет 4959, 5007. Линия Нβ выглядела намного слабее линии 4959, а линия Нγ практически отсутствовала. Четко зафиксирована запрещенная линия ионизованного азота [NII] 5755. По-видимому, в бленду из линии Нα и запрещенных линий азота [NII] 6548, 6578 преобладающий вклад вносят последние. Данное предположение можно использовать для оценки электронных температур и плотностей оболочки Новой. На пределе видимости (отношение сигнал / шум порядка 1) угадываются линии OII 3444 и линия OI 5577. Затруднения в отождествлении вызывала деталь в районе 6100 А. Возможными кандидатами на нее являются запрещенные линии железа [FeVII] 6087 и калия [KIV] 6101.

Из выполненного отождествления деталей полученных нами спектров N Cas 1993 в диффузно-искровой, переходной и небулярной стадиях следует, что в целом она эволюционировала «классическим» путем. На его основании можно сделать следующие выводы и отметить некоторые особенности данной Новой.

1. По изменениям кривой блеска N Cas 1993 принадлежит к типу «медленных».

2. По виду спектра согласно классификации Вильямса она принадлежит к Fe-звездам, ее спектр богат линиями ионизованного железа, но беден линиями гелия и азота.

3. Наблюдавшуюся асимметрию контуров Бальмеровских линий Нα и Нβ мы интерпретируем асимметричностью оболочки, часть которой удаляется от нас с повышенной скоростью.

4. Нам не удалось однозначно отождествить линию или бленду в области длин волн 6100-6105А.

5. Даже в небулярной стадии в спектре Новой не наблюдались линии гелия.

б). Лучевые скорости

1. По сдвигу линий поглощения относительно линий излучения определены лучевые скорости оболочки в диффузно-искровой стадии (24 декабря 1993 г.). Ниже приводим численные значения лучевых скоростей, полученных по указанным линиям.

Линия	Нδ	Нβ	FeII 4924	NaI(D1,2)
Скорость (км/с)	1390	1540	1400	1350

2. По относительному сдвигу длинноволнового эмиссионного «пика» линии Нα, вызывающего асимметрию ее контура, скорость равна 1700 км/с.

3. По ширине эмиссионной линии Нα скорость расширения оболочки равна 570 км/с («истинная» скорость расширения оболочки).

Значения лучевых скоростей, измеренные по сдвигу линий поглощения, в пределах ошибок измерений ($\pm 50-100$ км/с) совпадают с данными работы [10], полученными в близкие даты по наблюдениям на 6-м телескопе.

Работа выполнена в рамках ПФИ, шифр Ф-0351.

ЛИТЕРАТУРА

1. К. де Ягер. Звезды наибольшей светимости. / М.: Мир. 1984. 493 с.
2. Дж. Бэт, Дж. Е. Прингл. Катализмические переменные: теоретический обзор. В книге «Взаимодействующие двойные звезды» / Под ред. Дж. Е. Прингла и Р. А. Уэйда. М.: Физматлит. 1993. 192 с.
3. Circ. IAU № 5902. 1993. с.3
4. Калиненков Н.Д., Харитонов А.В. Фотоэлектрический спектрометр с вогнутой решеткой // Труды АФИ. 1967. Т.8. С.128 -133
5. Терещенко В.М. Спектрофотометрическое исследование новой Лебедя 1975 = V 1500 Cyg // Астрон. журн. 1977. Т. 54. С. 566 - 574
6. Williams R. E. The Formation of Novae Spectra // Astron. Journal. 1992. Vol. 104. P.725 - 733
7. Д. Мак-Лафлин Спектры новых звезд / в кн. «Звездные атмосферы» под ред. Дж. Л. Гринстейна. М. Изд-во иностр. лит-ры. 1963. 706 с.
8. П.Меррил Линии химических элементов в астрономических спектрах./ М.: Физматгиз. 1959. 194 с.
9. Giovannelli F., Bartolini G., Guarnieri A., Piccioni A. An Optical Spectrum of Nova Cygni 1978 // Acta Astron. 1984. Vol. 34. P. 487 - 493.
10. Елькин В.Г. Спектроскопические и поляриметрические наблюдения Новой Кассиопеи 1993 // Письма в Астрон. журн.. 1995. том 21. №10. С. 750 – 755.

Резюме

N Cas 1993 спектрдің бөлшектерінің тенденстіруі жасалды және өр түрлі жарқ етудің сатыларында оның спектрдің эволюциясы бакыланды. Диффузды-ұшқын сатысында сөулелік жылдамдықтары анықталды.

Summary

The identification of the spectral features N Cas 1993 was fulfilled and evolution its spectrum on different stages of the outburst was traced. The radial velocities in diffuse-enhanced stage was determined.

Астрофизический институт
им. В.Г. Фесенкова МОН РК
г. Алматы

Поступила 21.04.08 г.