

СПЕКТРЫ КРАСНЫХ ПОЛУПРАВИЛЬНЫХ
ПЕРЕМЕННЫХ В БЛИЖНЕЙ ИНФРАКРАСНОЙ
ОБЛАСТИ *

Е.Б.Гусев, В.Ф.Карамыш

*Spectra of Red Semiregular Variable Stars
in the Near Infrared Region*

E.B. Gusev, V.F. Caramish

Эффективным средством для изучения красных звезд, спектры которых отягощены сильными и широкими молекулярными полосами, является низкодисперсная спектроскопия. Наиболее интересной в астрофизическом смысле областью спектра может считаться область около 1μ , которая имеет очевидные преимущества: 1) находится максимум излучения самых холодных звезд; 2) имеются хорошо выраженные полосы молекул TiO , VO , ZrO , H_2O , CN и других соединений; 3) здесь можно отыскивать участки, принадлежащие непрерывному спектру, и, таким образом, определять спектрофотометрическую температуру; 4) эта область доступна существующим фотоумножителям. Мешающим фактором в ближней инфракрасной области являются многочисленные теллурические полосы водяного пара и кислорода, но, к счастью, есть участки, где влияние этих полос незначительно, а также вполне возможен учёт их влияния на распределение энергии в спектре.

1. Наблюдения. В течение 1967-1968 гг. на электроспектрофотометре, установленном на 17" телескопе системы профессора П.П.Аргунова ОАО, проводились спектроскопические наблюдения ряда полуправильных переменных гигантов спектральных классов М и С. В настоящем обзоре кратко рассматриваются результаты наблюдений CH Cyg , W Cyg , AF Cyg , X Her , RX Boo , M Cep и UCVn . Регистрограммы CH Cyg за 1967 г. были любезно предоставлены Н.С.Комаровым и В.А.Позигуном. Наблюдения 1968 г. проведены авторами. Инструмент и его исследование описаны в работе [1]. Целью наблюдений было получение внеатмосферного распределения энергии в спектрах звезд.

* По материалам доклада на XVI пленуме Комиссии переменных звезд Астросовета АН СССР (Кишинев, июнь, 1969 г.)

Стандартными звездами служили α Lyr и η UMa. Был произведен учет теллурических полос поглощения. Методика обработки регистрограмм тождественна принятой на Одесской обсерватории. Для указанных звезд оказалось возможным обрабатывать записи спектров в интервале длин волн $6500 \div 10800 \text{ \AA}$, иногда коротковолновая граница сдвигалась до $7000 \text{ \AA}$. Вычисления были сделаны на ЭВМ "Проминь-М" ВЦ Одесской астрономической обсерватории.

II. Отождествление молекулярных полос. На рис.1 показано распределение энергии в спектре CN Cyg 20 мая 1968 г. Наиболее характерными особенностями в спектре являются полосы окиси титана. Они обнаруживаются в длинах волн $6700, 7100, 7700, 8400, 8800, 9900$ и $10200 \text{ \AA}$. В длине волны $10500 \text{ \AA}$ заметно поглощение от окиси ванадия. Весьма заметной является полоса водяного пара в интервале $9100 \div 9800 \text{ \AA}$. Поскольку это поглощение остается уже после учета влияния земного водяного пара, то оно указывает на присутствие в атмосфере CN Cyg собственного водяного пара. У остальных M-гигантов в основном имеются те же молекулярные полосы, что и у CN Cyg.

В спектре U CVn (рис.2а) обнаружены интенсивные полосы CN в длинах волн $7100, 8000, 9200 \text{ \AA}$ и в районе $1,1 \mu$. И, наконец, спектр μ Ser сильно отличается от спектров M и C-звезд (рис.2б).

На рис.2 распределение энергии дано в звездных величинах с произвольным нуль-пунктом. Спектр μ Ser характеризуется сильными полосами в $\lambda\lambda$ $7200, 7600 \div 8600, 9000 \div 10000 \text{ \AA}$.

Видимо, можно говорить о присутствии полос окиси титана и, может быть, окиси циркония. Однако, окисью циркония нельзя объяснить значительный провал в области $9300 \text{ \AA}$, поэтому другой причиной может быть звездный водяной пар. Значительные полосы H_2O обнаружены у μ Ser наблюдениями на Стратоскопе 11 в далекой ИК-области спектра [2]. Кроме этого в спектре μ Ser нами выявлены многочисленные абсорбционные особенности, совпадающие по длинам волн с полосами CN.

III. Определение температуры. Определение спектрофотометрической температуры у красных звезд встречает большие трудности из-за сильного молекулярного поглощения в спектре. В инфракрасной области это может быть успешным. По крайней мере два участка в исследуемой области имеют минимальное молекулярное поглощение. Один участок рекомендован в работе М.В.Долгидзе и Г.Н.Джимшейшвили [3] - это $8100 \div 8300 \text{ \AA}$ для звезд позднее M2. Р.Ф.Винг [4] предложил еще один участок - с длиной волны $10400 \text{ \AA}$, где влияние полос молекул пренебрежимо

даже для спектральных типов более поздних, чем М5. Последний участок удобен также тем, что поглощение водяным паром здесь минимально.

Мы пытались определить участки континуума эмпирически-путем подгонки кривых излучения абсолютно черного тела. На рис.3 показано распределение энергии в спектре $RX\text{Boo}$ вместе с кривой черного тела для $T=1380^\circ\text{K}$. Оказалось, что участок $8150 \div 8200 \text{ \AA}$ удовлетворяет условию наименьшего молекулярного поглощения для большинства спектров. В некоторых распределениях энергии точкой континуума является $\lambda 7450 \text{ \AA}$, а $\lambda 8150 \text{ \AA}$ имеет очень небольшое поглощение. Около 1μ относительно свободным участком оказался интервал $1,0 \div 1,05 \mu$ и лишь незначительное молекулярное поглощение имеется в $\lambda 9000 \text{ \AA}$. Для μSer участками континуума оказались $\lambda\lambda 7450, 8800, 10300 \div 10600 \text{ \AA}$. Для углеродной звезды $UCVn$ континуумом могут считаться участки спектра с длинами волн 7750 и $10300 \div 10500 \text{ \AA}$. Очень небольшое поглощение у длины волны $9000 \text{ \AA}$.

После определения точек континуума была вычислена спектрофотометрическая температура (таблица 1). Для большинства звезд эта температура близка к 2000 градусам, для $UCVn$ к 3000° и у $RX\text{Boo}$ к 1400° . Значения T_{sp} для $CH\text{ Cyg}$ в 1967 г. несколько отличаются ($\Delta T \leq 150^\circ$) от T_{sp} согласно работе [5]. Это связано с тем, что в [5] при определении температуры использовались стандартные точки в спектре: $0,815$ и $1,04 \mu$, тогда как здесь мы используем наиболее выступающие точки в спектре, не всегда совпадающие с указанными двумя длинами волн. Такое расхождение в значениях температур не является существенным.

Таблица 1

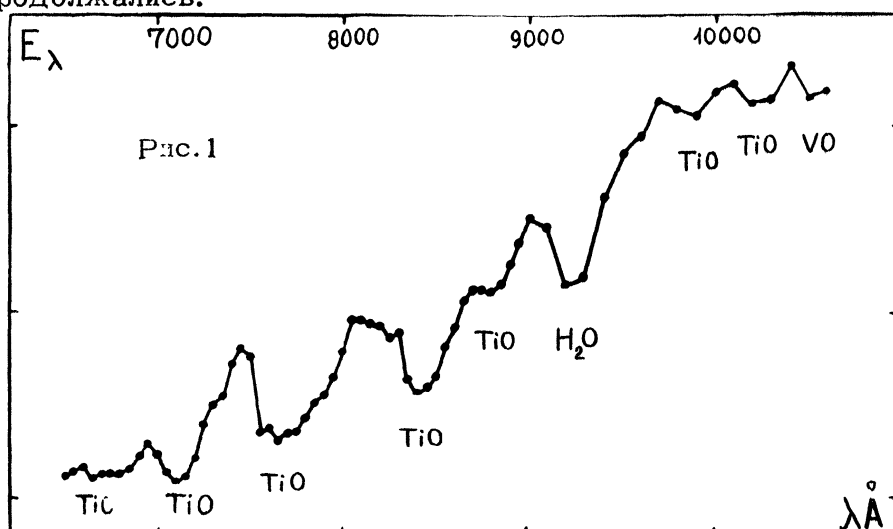
Звезда	Тип	Sp	Дата	T_{sp}
1	2	3	4	5
CH Cyg	SRa	M7 III	28.06.67	1990°
			7.08.67	2090
			10.08.67	1910
			14.08.67	1900
			25.08.67	1960
			22.04.68	2060
			20.05.68	1940
			29.05.68	2390
			17.06.68	2160
AF Cyg	SRb	M5e	24.04.68	2210
W Cyg	SRb	M4e-M6	22.04.68	2050
			20.05.68	1970

1	2	3	4	5
χ Her	SR6	M6e	23.04.68 20.05.68	1880 2050
RX Boo	SR6	M7e-M8e	23.04.68	1380
μ Cep	SRc	M2eIa	20.05.68	2060
γ CVn	SR6	C5 ₄	24.04.68 24.06.68	2840 2970

**IV. Зависимость интенсивностей полос TiO от температу-
ры.** Для всех M-звезд были построены графики зависимости
интенсивностей полос TiO 7650 Å (рис.4) и 8500 Å (рис.5) от
спектрофотометрической температуры. Также были привлече-
ны аналогичные данные для шести постоянных M-звезд [6]:
 β And (M0), γ Vir (M1), χ Peg (M2), 55 Peg (M2), α Cet (M2),
 δ Vir (M3). Для переменных звезд нанесены индивидуальные
значения. Из рисунков следует, что зависимости между ин-
тенсивностями полос TiO и температурой существуют. Эти
зависимости можно представить в виде двух параллельных
последовательностей, разграниченных на обоих рисунках штри-
ховой линией. Наличие двух ветвей было замечено по наблю-
дениям постоянных звезд поздних спектральных классов [6].
Как видно, переменные звезды поздних подклассов M также
подчиняются этому разделению. Однако, полученные последо-
вательности еще нельзя считать однородными. Так, в ниж-
нюю последовательность попадает μ Cep, у которой пони-
женная интенсивность объясняется ее принадлежностью к
сверхгигантам, и 55 Peg, для которой в работе [6] сделан
вывод о меньшем отношении $\frac{O}{C}$ по сравнению с χ Peg тако-
го же спектрального класса.

Более подробное рассмотрение зависимости $\Delta m(TiO) - T_{sp}$ и ее приложение к спектральной классификации будет
сделано по мере накопления наблюдательного материала. Изу-
чение особенностей инфракрасных спектров отдельных полу-
правильных переменных будет делаться в дальнейшем, час-
тично это рассмотрено в работах [5,7,8].

В 1969 г. ИК-наблюдения полуправильных переменных
продолжались.



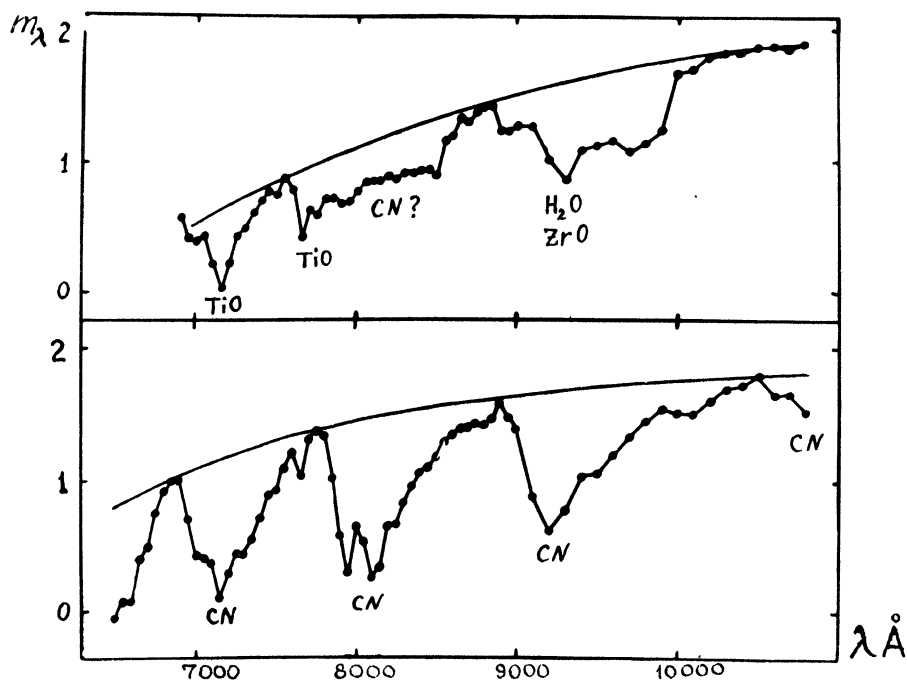


Рис.2

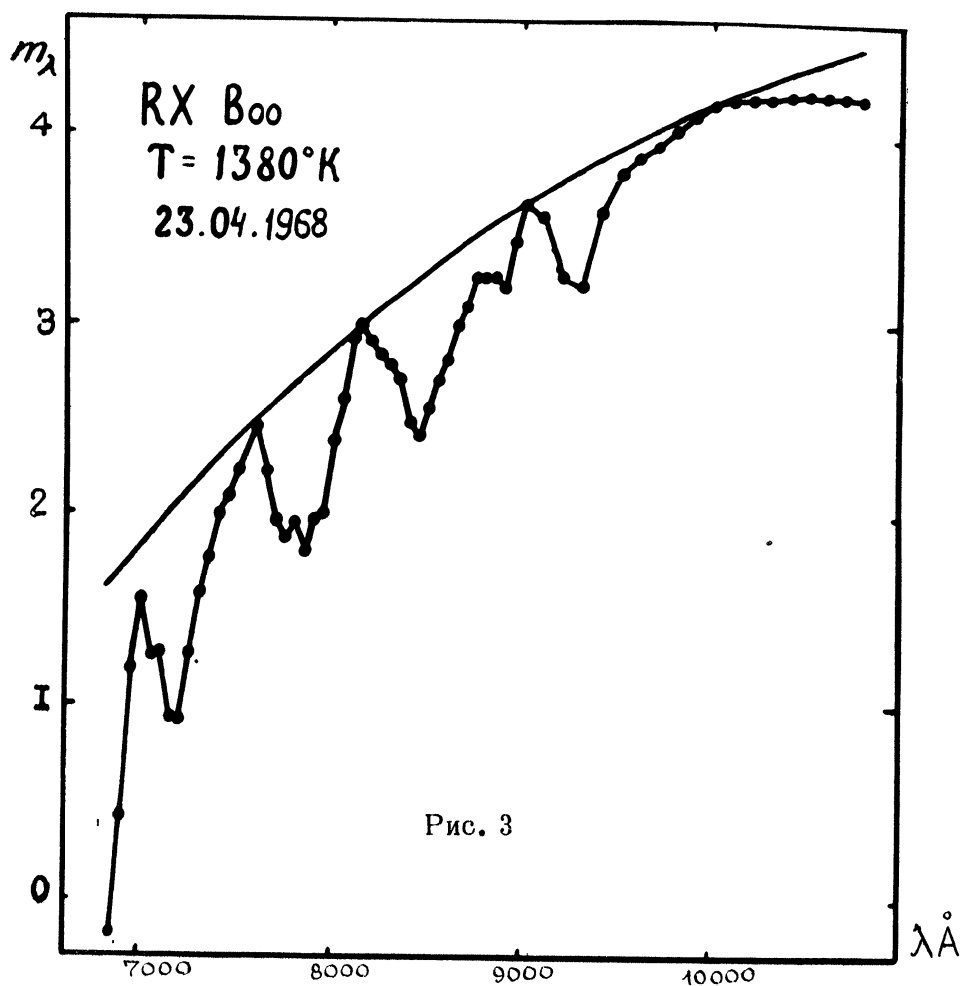


Рис. 3

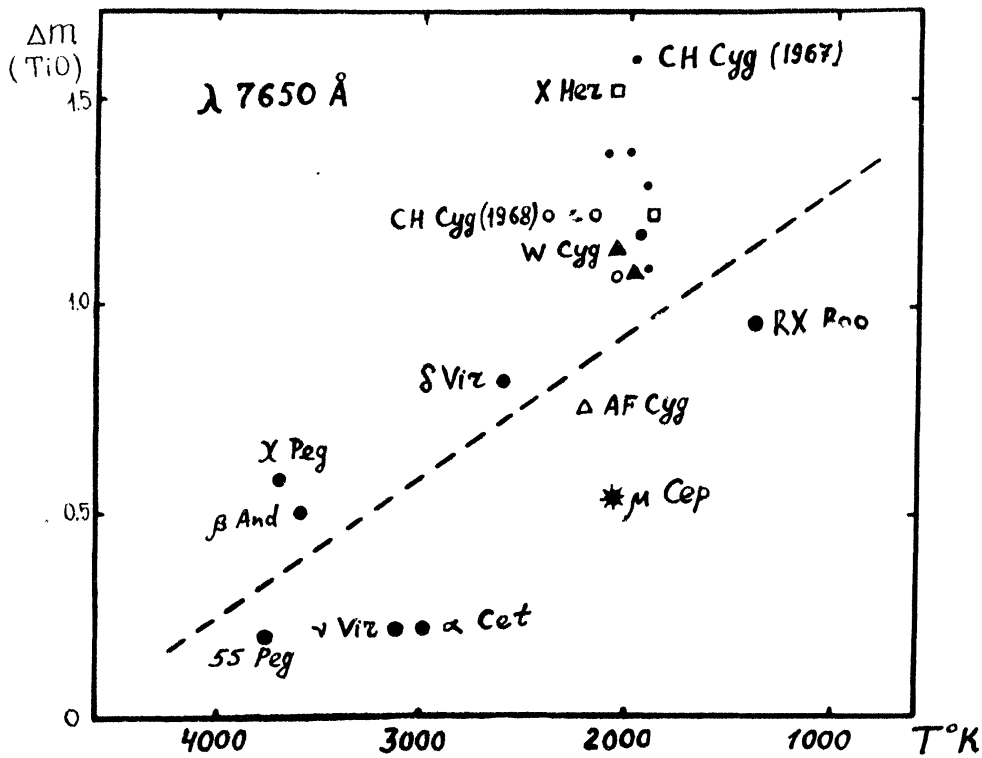


Рис. 4

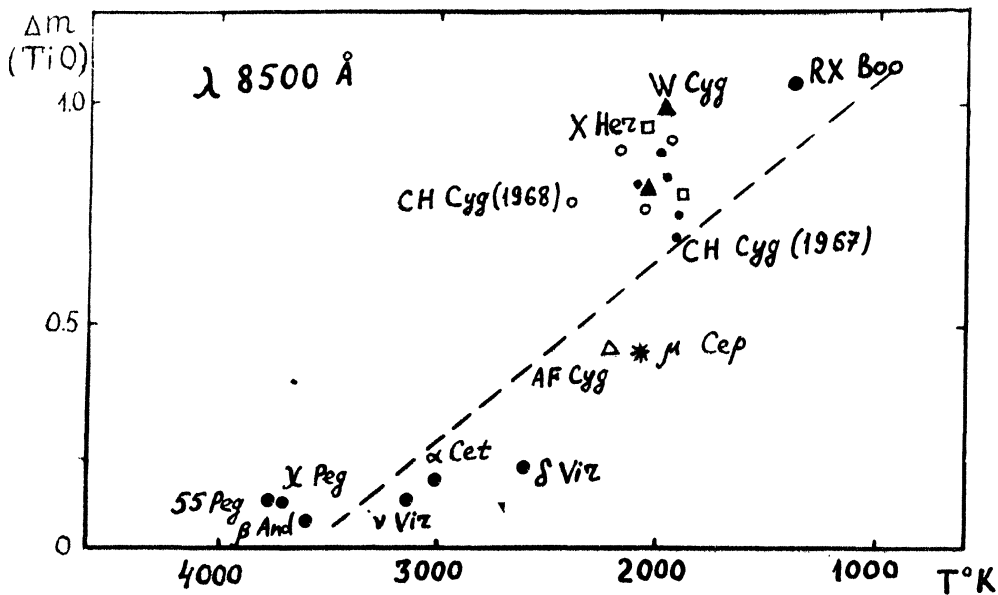


Рис.5

1. Н.С. Комаров, В.А. Позигун, АЖ 44, 133, 1968.
2. R.E. Danielson, Colloq. on Late-type Stars, Trieste, 186, 1966.
3. М.В. Долидзе, Г.Н. Джимшелейшвили, Бюлл. Абаст.Обс. 34, 27, 1966.
4. R.F. Wing, Colloq. on Late-type Stars, Trieste, 205, 1966.
5. Е.Б. Гусев, ПЗ 17, 312, 1970.
6. Н.С. Комаров, В.А. Позигун, А.В. Драгунова, АЦ №501, 1969.
7. Е.Б. Гусев, АЦ № 511, 1969.
8. Е.Б. Гусев, АЦ (в печати).

Одесская астрономическая
 обсерватория,
Шемахинская астрофизическая
 обсерватория,
 июль 1969 г.