АСТРОФИЗИКА

TOM 26.

АПРЕЛЬ, 1987

ВЫПУСК 2

УДК: 524.384—36

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ В АТМОСФЕРЕ ГЛАВНОГО КОМПОНЕНТА. ДВОЙНОЙ СИСТЕМЫ » SGR

В. В. ЛЕУШИН, Г. П. ТОПИЛЬСКАЯ Поступила 17 июля 1986 Принята к печати 20 декабря 1986

Методом синтетического спектра определен химический состав атмосферы главного компонента двойной системы "Sgt. Использовалась модель атмосферы с параметрами $T_e = 13500$ K, lg g = 1.5, $N(H)/\Sigma N = 5 \cdot 10^{-4}$, $N(H_0)/\Sigma N = 0.95$. Достигнуто хорошее согласие рассчитанных участков спектра с наблюдаемыми. Полученные содержания водорода, гелия, углерода, азота и кислорода свидетельствуют о том, что в ядре главного компонента произошло выгорание водорода в глий через CNO-цикл и преобразование гелия в утлерод.

1. Введение. Тесная двойная система "Sgr во многих отношениях является уникальной. В ее спектре наблюдаются сильные линии He I и Mg II, Si II, Ті II, Fe II, в то время как линии водорода аномально слабы. Анализ лучевых скорсстей показывает, что все эти линии поглощения образуются в атмосфере одного компонента, имеющего большую светимость. На основании этого в ряде работ [1-4] было сделано заключение об аномально низком содержании водорода в атмосфере главного компонента системы, что обусловлено тем, что он является проэволюционировавшей звездой. потерявшей водородную оболочку в ходе первого обмена массой. В работах [1, 4] методом коивых роста были оценены относительные содержания элементов в ^o Sgr и определсны значения температуры возбуждения. однако вопрос о параметрах Г. и Igg оставался открытым, поскольку из-за составного характера спектра главного компонента и различий в T_{ex} , полученных по линиям резных конов, невозможно было подобрать однозначную величину Т. Спектральный класс спутника по результатам фотсметрии оценивался как O9V [2, 3, 5] или ВЗ I [6, 7]. Спектроскопические параметры орбиты известны достаточно точно: $P = 137^d 16$, $f(\mathfrak{M}) = 1.582 \ \mathfrak{M}_{\odot}, \ m_{\text{max}} = 4^{m}26, \ m_{\text{min}} = 4^{m}41, \ m_{\text{min}} = 4^{m}36, \ K_{1} = 48.15,$ e = 0.087. Но поскольку спектр спутника не виден и расстояние до MV = ----звезды крайне неопределенно ($M_V = -4^m 5 - -8^m 0$, [5]), а спектральные классы компонентов известны плохо, то их массы и радиусы и эволюционный статус системы оцениваются с большой неуверенностью. В табл. 1 приведена сводка определений по разным источникам масс, радиусов компоиснтов, угла наклона и большой полуоси орбиты. В работах [1] и [8] массы компонентов найдены при разных предположениях об их отношении, оно указано в первом столбце табл. 1. В 8 столбце приведены значения T_e , на основе которых в работах [3] и [9] были получены параметры компонентов системы, в 9 столбце—логарифм ускорения силы тяжести на поверхности главного компонента, вычисленный по приведенным значениям \mathfrak{M}_e и \mathcal{R}_p .

Таблица 1

M./M.	M,	M.	R _µ	R _s	sin t	a sin t	Te	lg g	Антература
1.5	15	10	50	100	1	150	-	2.2	[1]
1.0	6.5	6.5			2.1			30.3	
0.5	4.8	9.6			0.73	130		1.8	[8]
1.0	17	17							-
	13	10	140	180	0.96	154	13 000	1.3	[3]
	1 ,	3	50	-	1	90	10 000	1.0	[9]

ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМЫ • Sgr

В работе [10] мы показали, что наблюдаемый непрерывный спектр ¹⁰ Sgr хорошо описывается одной моделью с $T_e = 13500$ K, lg g = 1.5 и относительным содержанием содорода 10^{-6} и гелия 0.95 по числу атомов. Сравнивая наше определение T_e и lg g с данными, приведенными в табл. 1, . можно видеть, что полученные нами параметры главного компонента ¹⁰ Sgr лучше всего согласуются с результатами работы [3]. В настоящей работе модель, посчитанная в [10], была уточнена и на основе сравненця наблюдаемых профилей линий поглощения с теоретически рассчитанными был определен химический состав атмосферы главного компонента ¹⁰ Sgr.

2. Наблюдательный материал. Для анализа использовались спектрограммы, полученные на ОЭСП БТА САО АН СССР с дисперсией 8 А/мм. Было получено пять спектрограмм в области л 3900—5000 А в фазах 0.197 и 0.406. Список отождествленных линий с измеренными эквивалентными ширинами, усредненными по пяти спектрам, и значениями сил осцилляторов и потенциалов возбуждения приведен в работе [4]. Сравнение контуров линий, измеренных нами и приведенных в работе [1] (рис. 1а), показало хорошее согласие контуров, полученных в близких фазах (в фазе 0.197 для наших измерений и 0.153 для данных в [1]), что свидетельствует о высокой точности пзмерений. В то же время, в фазе 0.406 все сильные

196

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

линии оказываются гораздо сильнее (глубже и шире), чем в фазе 0.197 (рис. 1b), хотя для слабых линий это не всегда так. Для сильных линий различия в двух фазах значительно больше ошибок измерений, следовательно, эти различия являются физически значимыми. Аналогичные изменения линий поглощения в фазах 0.153 и 0.400 найдены в работе [1].



A(Å)

Рис. 1. Сопоставление контуров линий Fe II 4178 и Si II 4128—4130 по нашим спектрограммам [4] (сплошная линия) и измерениям в [1] (штриховая линия) для близких фаз (0.197 и 0.153) — а. и для разных фаз (0.197 и 0.406) — b.

но наибольшие отличия от фазы 0.153 по измерениям в [1] обнаружены для фазы 0.813, в то время как по нашим измерениям профилп линий в фазе 0.780 оказываются практически идентичны с профилями в фазе 0.197 (спектрограмма в фазе 0.780 была получена на БТА 13.08.86 г. с дисперсией 1.8 А/мм). Фаза 0.197 соответствует моменту, когда главный компонент, спектр которого мы наблюдаем, находится за спутником, на кривой блеска втому соответствует менее глубокий, вторичный минимум, фаза 0.406 — ато момент максимума блеска, фаза 0.780 — первичного минимума. Поскольку система у Sgr долгопериодическая, присутствие спутника не должно изменять структуру атмосферы главного компонента настолько, чтобы это привело к наблюдаемым изменениям его спектра (то есть эффекты эллипсоидальности, отражения малы), и тот факт, что изменения спектральных линий с фазой не повторяются от цикла к циклу, свидетельствует скорее всего о том, что мы изблюдаем какие-то стохастические изменения в атмосфере главного компонента, общей оболочке системы или в потоке от главного компонента к спутнику.

Если считать, что атмосфера главного компонента химически однородна по поверхности, то для определения содержания элементов можно ограничиться одной фазой и не рассматривать изменения спектра со временем. Поэтому мы ограничились построением модели, которая наиболее адскватно описывала бы наблюдаемый кепрерывный и линейчатый спектр v Sgr в фиксированный момент времени и использовали эту модель для определения химического состава, оставляя открытым вопрос о возможных причинах спектральной переменности.

3. Содержание водорода в атмосфере о Sgr. Для модели, полученной в работе [10], с целью уточнения содержания водорода были посчитаны эквивалентные ширины бальмеровских линий. Расчеты проводились по программе BALMER [11] с использованием параметров уширения из работы [12], как в приближении ЛТР, так и с учетом отклонений от ЛТР, для нескольких значений содержания водорода. Результаты расчетов, а также измеренные W_{λ} по нашим наблюдениям и по данным [1] приведены в табл. 2.

Таблица 2

Линия	Наблюдения [1] [4]	$\begin{array}{c c} NLTE & LTE \\ 10^{-6} & 10^{-5} & 10^{-4} & 10^{-3} \\ \end{array} \begin{array}{c c} 10^{-4} & 5 \cdot 10^{-4} \end{array}$	10-3
Нз	0.38 0.49	0.092 0.163 0.382 0.697 0.351 0.550	0.666
HT	0.53 0.51	0.111 0.145 0.334 0.708 0.309 0.535	0.659
Ho	0.49 0.54	0.122 0.140 0.277 0.694 0.259 0.504	0.644

СРАВНЕНИЕ НАБЛЮДАЕМЫХ И РАССЧИТАННЫХ W. (A) ЛИНИЙ ВОДОРОДА

Наиболее близкие к наблюдаемым значения W_{λ} получаются при расчетах с содержанием водорода $5 \cdot 10^{-4}$ по числу атомов, причем этот результат не зависит от использования ΛTP или не- ΛTP приближения. Структура модели, рассчитанной с этим уточненным содержанием водорода, практически не отличается от структуры исходной модели, и распределение энергии в континууме для нее также хорошо согласуется с наблюдаемым.

4. Уточнение температурного распределения модели. Расчеты профилей и эквивалентных ширин линий проводились по программе KONTUR, разработанной на кафедре астрофизики РГУ [13]. При этом использовалось приближение ЛТР, профиль коэффициента поглощения описывался функцией Фойгта с учетом штарковского уширения линий. Большинство линий в спектре являются блендами нескольких линий, разделить которые не удается даже на спектрах с высокой дисперсией, поэтому для определения химического состава УSgr необходимо применять метод синтетического спектра. Для этого в исследуемой области были выбраны наиболее интересные участки спектра, которые были рассчитаны и уширены вращением, а затем сравнивались с наблюдаемыми (при этом использовались две регистрограммы, полученные в фазе 0.197). Скорость вращения, определенная по наиболее узким линиям Fe II, составляет 20 км/с. Для скорости микротурбуленции принималось значение 7.1 км/с, найденное в работе [4] по кривым роста.

Проведенные расчеты показали, что для согласования наблюдаемого и теоретического линейчатого спектра при использовании модели, рассчитанной по программе SAM1 [14] с параметрами $T_e = 13500$ K, $\lg g = 1.5$, $N(H)/\Sigma N = 5 \cdot 10^{-4}$ приходится допустить большие (примерно на 2 порядка) избытки практически всех элементов. Но даже такой ценой профили многих линий согласовать не удается, так как для этой модели в принципе невозможно получить глубины линий R > 0.6, увеличение содержания элементов приводит к уширению линий, но не увеличивает их центральные глубины. В то же время, в спектре v Sgr наблюдается множество узких глубоких линий с $R_{\lambda} \sim 0.8$.

С другой стороны, наблюдаемый составной спектр v Sgr B8 + F0 свидетельствует о том, что исследуются слож атмосферы, имеющие большую стратификацию по температуре, их доступность связана с аномально низким содержанием водорода [10]. В работе [4] по кривым роста были найдены температуры возбуждения $T_{ex} \sim 11200$ К для ионов N II, O II, S II и $T_{ex} \sim 8000$ К для ионов группы железа. Однако модель, рассчитанная по программе SAM1, нужной стратификации не имеет, температура в ней падает от 14500 К при $\tau_R = 1$ до 11000 К при $\tau_R = 0.03$ и затем остается практически постоянной.

В рассчитанной «точной» модели атмосферы USgr распределение температуры с глубиной почти такое же, как в «серой» модели, использованной в качестве начального приближения, несмотря на то, что при счете было проведено 10 итераций и на последней итерации точность сохранения потока с глубиной не хуже 1%. Малое изменение температурного распределения вызвано тем, что при выбранном химическом составе одним из основных источников непрозрачности является рассеяние на свободных алектронах, а при большом вкладе рассеяния в полное поглощение используемые в программе SAM1 методы температурной коррекции и вычисления функции источника оказываются неэффективными [13, 15]. Таким образом, модель, рассчитанная по программе SAM1 с параметрами $T_* = 13500$ K, lgg = 1.5, $N(H)/\Sigma N = 5 \cdot 10^{-4}$, хорошо описывая наблюдаемое распределение энергии в непрерывном спектре v Sgr, оказывается малопригодной для объяснения линейчатого спектра. Поэтому для анализа линейчатого спектра v Sgr, была построена полуэмпирическая модель: в исходной модели, рассчитанной по программе SAM1, был увеличея градиент температуры в верхних слоях, при этом поверхностная температура была задана равной 8000 K, а температура в слоях $0.01 \leq \cdot \leq 1.0$ была несколько увеличена таким образом, чтобы выполнялось условие сохранения выходящего интегрального потока, $H = aT_*$. Распределение температуры с оптической глубиной в «точной» и полуэмпирической моделях показано на рис. 2. С таким температурным распределением по программе SAM1 были



Рис. 2. Распределение T, P_g и р в полуэмпирической модели атмосферы $^{\circ}$ Sgr для фазы 0.197 в зависимости от оптической глубины. Штриховой линией показан ход температуры в исходной модели.

рассчитаны давление, концентрации атомов и ионов и коэффициенты поглощения, необходимые для расчетов линий, а также распределение энергил в континууме. Распределение энергии не изменилось по сравнению с исходной моделью, таким сбразом полуэмпирическая модель также хорошо описывает наблюдаемый непрерывный спектр vSgr и условие $H = T_{*}^{4}$ для

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

нее действительно выполняется. В то же время, расхождения в величине потока энергии на разных глубинах достигают 15%, то есть условие лучистого равновесия в такой модели не выполняется. Однако в спектре "Sgr наблюдаются эмиссионные линии, причем не все они изменяются с фазой, что свидетельствует о существовании оболочки, окружающей систему [5, 16]. Переменный с фазой орбитального периода сложный эмиссионноабсорбционный профиль наблюдается у На и указывает на существование газового потока от главного компонента к спутнику [5]. Эти факты свидетельствуют об истечении вещества из главного компонента. В работе [8] по линиям поглощения в ультрафиолетовой области спектра была найдена скорость потери массы главным компонентом, $\mathfrak{M} = 5.4 \cdot 10^{-7}$ MO/rog. Кроме того, в работах [5, 16] отмечено, что нерегулярная переменность абсорбционных профилей некоторых линий может быть вызвана макротурбулентными движениями в атмосфере главного компонента. Источниксм энергии макротурбулентных движений и звездного ветра может быть только лучистая энергия [15, 17]. Следовательно, нет никаких оснований тосбовать строгого выполнения лучистого равновесия в атмосфере USgr. В то же время, использование исправленной, полуэмпирической модели с уменьшенным значением поверхностной температуры и увеличенным температурным граднентом позволяет описать многие характерные особенности линейчатого спектра " Sgr.

Нужное распределение температуры с глубиной, вероятно, можно также получить, учитывая бланкетирование линиями при построении модели атмосферы. Как было отмечено в работе [10], учет бланкетирования должен, кроме того, улучшить согласие теоретического и наблюдаемого распределений внергии в ультрафиолете. Однако такой подход является более трудоемким, требует значительно большего машинного времени и большого количества параметров, часто неизвестных, многочисленных линий, включаемых в расчеты. Построение полувмпирической модели проводится сравнительно просто, и, как будет показано дальше, ее использование позволяет получить вполне удовлетворительные результаты.

Необходимо отметить, что выбор поверхностной температуры, T_{o} , не является произвольным. Значение $T_o = 8000$ К соответствует температуре возбуждения, определенной в работе [4] по кривым роста для линий Fe II и Ti II. Кроме того, была построена также полуэмпирическая модель с $T_o = 6500$ К, что основано на полученном в работе [1] значении $T_{ex} = 6500$ К для ионов группы железа, но расчеты линий показали, что это значение является слишком низким. При нормальном содержании элементов линии Si II, Fe II, рассчитанные для втой модели, оказываются счень глубокими ($R_\lambda \sim 0.9$) и одновременно узкими, лишенными крыльев, каблюдаемые профили менее глубокие, но более широкие, так что измене-

нием содержания элементов наблюдаемые и теоретические профили согласовать не удается. Поэтому мы остановились на модели с $T_o = 8000$ К. Распределения с оптической глубиной температуры, полного давления и плотности в этой модели поиведены на рис. 2.

5. Аналия линейчатого спектра. Для определения содержаний легких элементов в атмосфере главного компонента ² Sgr с использованием уточненной полуэмпирической модели по программе KONTUR было рассчитано несколько участков синтетического спектра в окрестностях линий He I, C II. N II и О II, данные о которых приведены в табл. 3. Для каждого участка спектра в таблице указано название иона, линии которого здесь присутствуют, длина волны линии, сила осциллятора, потенциал возбуждения нижнего уровня и содержание элемента, определенное сравнением с наблюдаемым контуром в фазе 0.197. Хотя в этой фазе главный компонент "Sgr находится в затмении, полный поток энергии от системы при этом всего на 0."1 меньше, чем в момент максимума блеска, то есть затмения в системе неглубокие, поэтому нет принципиальной разницы в том, в какой фазе исследование линейчатого спектра. При этом важно только проводить использовать модель, адекватно описывающую структуру атмосферы главного компонента » Sgr в исследуемый момент времени. Фаза 0.197 была выбрана потому, что для этой фазы можно было сравнить наши спектры с опубликованными в [1], и это сравнение подтвердило надежность нашего наблюдательного материала. Некоторые расчеты были проведены и для фазы 0.406. Оказалось, что для нее лучше подходит полуэмпирическая модель с $T_0 = 6500$ К (заметим, что в работах [1] и [4] T_{ex} находились по W₂, усредненным по всем фазам, и различия в результатах связаны просто с неодинаковым относительным вкладом разных фаз в средние значения ₩_λ). С помощью этой модели удается неплохо описать участки линейчатого спектра "Sgr в фазе 0.406, принимая те же содержания влементов, что были определены для фазы 0.197.

Расчет синтетического спектра был необходим прежде всего для того, чтобы исключить ошибки отождествления и выделить линии исследуемых влементов в сложном, заблендированном спектре Sgr. При этом, для определения содержаний легких элементов, углерода, азота и кислорода, приходилось делать предположения и о содержании других элементов, перечисленных в табл. 3. Первоначальные значения содержаний элементов, перечисленных в табл. 3. Первоначальные значения содержаний элементов, линии которых формируют рассчитанные участки спектра, брались по определениям, полученным в работе [4] по кривым роста. С втими значениями была посчитана и модель атмосферы. Сравнение теоретических расчетов с наблюдаемыми участками спектра показало необходимость изменения содержаний практически всех элементов. При втом изменялся и набор

CIEKTPA > Sgr						
Ион	ì., A	f,	в, вВ	Ig NoA, EN		
1	2	3	4	5		
		He I 4387	- 2.0	8 - 12		
Fel	4383.55	1.58	1.48	-3.8		
Mg II	4384.64	0.17 .	9.95	-4.0		
Fe II	4385.38	0.003	2.77	-3.6		
Ti II	4386.86	0.15	2.60	-6.0		
He I	4387.93	0.13	21.20	-0.02		
Mg II	4390.58	0.30	10.00	-4.00-		
SII	4391.84	0.50	15.83	-4.5		
Ti II	4394.06	0.01	1.22	-5.5		
Ti II	4395.03	0.22	1.08	-5.5		
Tī H	4395.85	0.30	1.24	-5.5		
· ·		He I 4438				
MgII	4436.55	2.10	11.52	1 -4.2		
He I	4437.66	0.01	21.22	-0.02		
Fell	4439.13	6·10 ⁻⁵	2.68	-3.3		
VII	4439.42	5-10-4	2.22	-8.1		
Zr II	4439.45	0.05	1.20	-9.6		
FeI	4439.48	0.03	3,60	-3.8		
Ti II	4441.79	3-10-3	1.18	-5.5		
NII	4442.02	2.04	23.42	-2.0-		
		He I 4471	1.4.5-1	1		
Fell	4461 42	2-10-4	2 57	1 28		
SII	4462 86	1 92	15 28	-2.0		
л. Т. П.	4403.00	0.02	1 16	-1.5		
C-W	4404.40	0.02	6.46	-5.0		
Fal	4465 62	0.005	0.40			
TUI	4468 51	0.10	1 12	-3.0		
H I	4400.31	0.10	20.06	-3.0		
He I	44/1.40	0.90	20.96	-0.02		
Fiel	44/1.01	6.10-4	20.96	-0.02.		
rell	4472.92	5.10	2.79	-3.8		
reli	4474.20	4.10	5.55	-4.3		

Таблица З РАССЧИТАННЫЕ УЧАСТКИ СИНТЕТИЧЕСКОГО СПЕКТРА у Sgr

В. В. ЛЕУШИН, Г. П. ТОПИЛЬСКАЯ

	-		Таблица .	3 (окончание)
1	2	3	4	5
	and a second	C II 4017	1.38	The
СІІ	4017.27	0.21	22.80	-1.9
Cr II	4017.96	0.46	5.31	-5.3
Zr II	4018.38	5 10 ⁻³	0.96	-7.7
		C II 4075		
CII	4074.56	1.59	24.27	-2.4
СІІ	4074.89	3.60	24.27	-2.4
Si II	4075.45	0.11	9.80	-4.0
Cr II	4075.63	0.02	3.09	-4.9
VII	4075.66	1-10-3	1.56	-8.1
O II	4075.87	4.96	25.66	-2.5
СІІ	4076.00	5.68	24.27	-2.4
		CH 4267		111
Mn I	4265.92	0.25	2.93	1 -7.2
Til	4266.23	0.05 -	2.29	-5.5
Ar II	4266.53	0.26	16.64	-3.8
Fel	4266.97	0.13	2.73	-3.8
СШ	4267.02	3.76	18.05	-2.4
CII	4267.20	0.27	18.05	-2.4
CII	4267.25	5.34	18.05	-2.4
Ar II	4267.47	0.04	19.51	-3.8
S II	4267.80	2.88	16.03	-4.8
Fel	4267.83	0.46	3.11	-3.8
		NI 4151		
Ne II	4150.67	1.63	34.50	- 2.9
Zr II	4150.97	0.08	0.80	- 7.6
Cr II	4151.00	6-10-3	5.31	- 5.2
NI	4150.46	0.02	10.34	- 1.9
Eu II	4150.52	0.01	1.27	-11.3
Ce II	4150.97	1.26	0.20	-10.4
	5 2 50	O II 4641		and the second
OII	4641.81	1.52	22.98	1 - 2.7
Sm II	4642.25	0.08	0.38	-11.0
NII	4643.09	0.45	18.47	- 1.7
11 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1				

СОДЕРЖАНИЕ ЛЕГКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

элементов (и соответствующих линий), включаемых в расчеты. После выявления линий, формирующих бленду, проводилось варьирование содержания только одного нужного элемента, для которого мы добивались возможно более, точного совпадения рассчитываемого и экспериментального профилей на всех исследуемых участках спектра. На рис. 3 показаны



Рис. 3. Сравнение наблюдаемых участков спектра (штрих-пунктирная линия) с теоретически рассчитанными при разных содержаниях элементов: а) в области линии He I 4388, сплошивя линия—lg $N(Mg)/\Sigma N = -4.0$, штриховая линия—lg $N(Mg)/\Sigma N = -3.0$; b) в области линии He I 4471, сплошивая линия—lg $N(Fe)/\Sigma N = -3.8$, lg $N(S)/(\Sigma N = -4.3, lg N(Ti)/\Sigma N = -5.8$, штриховая линия—lg $N(Fe)/\Sigma N = -3.8, lg N(S)/(\Sigma N = -3.3, lg N(Ti)/\Sigma N = -4.8$; с) в сбласти линии C II 4074, сплошивая линия—lg $N(Cr)/\Sigma N = -4.8$, штриховая – lg $N(Cr)/\Sigma N = -4.8$, штриховая линия C II 4074, сплошивая линия — lg $N(Cr)/\Sigma N = -4.8$, штриховая – lg $N(Cr)/\Sigma N = -4.8$, штриховая линия C II 4267, сплошивая линия — lg $N(C)/\Sigma N = -14$, lg $N(S)/\Sigma N = -4.3$; е) в области линия C II 4641 и N II 4643, сплошивая линия — lg $N(O)/\Sigma N = -14$, lg $N(S)/\Sigma N = -4.3$; е) в областия линия C II 4641 и N II 4643, сплошивая линия — lg $N(O)/\Sigma N = -2.5$, штриховая линия — lg $N(O)/\Sigma N = -3.0$. Содержания других элементов, включенных в расчеты, указаны в табл. 3.

сопоставления экспериментальных участков спектра с теоретическими приразных предположениях о содержании элементов. Содержание гелия при расчетах бралось 0.95% по числу атомов, хорошее согласие теоретических контуров линий He I с наблюдаемыми подтверждает эту цифру, полученную ранее по непрерывному спектоу.

Окончательные содержания легких элементов, определенные усредне-нием по всем рассчитанным линиям каждого элемента, приведены в табл. 4... В 3-м столбце указано количество рассчитанных линий, в 4-м столбце среднеквадратичная ошибка в содержании углерода и азота. Для определения содержания кислорода удалось выделить только одну линию,. О II 4641, поскольку, как было отмечено еще в работе [4], все остальныелинии кислорода заблендированы более сильными линиями других элементов. Линия О II 4641 является практически изолированной и позволяет достаточно уверенно определить содержание кислорода (см. рис. Зе). Во 2-м столбце табл. 4 приведены содержания элементов, посчитанные отно-сительно полного числа атомов, но для сравнения » Sgr с обычным стандартом — Солнцем такая нормировка не годится, так как в U Sgr водород почти полностью преобразован в гелий. Следовательно, для того, чтобы можно было судить об относительных избытках или недостатках всех других элементов, необходимо сравнивать их эклад в единицу массы вещества. В 5 и 6 столбцах табл. 4 приведены содержания элементов в атмосферах U Sgr и Солнца соответственно, выраженные в $lg(\mu, N_i / \Sigma \mu, N_i)$. Дефицит водорода, избыток гелия и избыток азота в "Sgr свидетельствуют о том, что произощло выгорание водорода в гелий через СОО-цикл. Но одновре-менно в USgr наблюдается избыток углерода на 0.8 dex, что может быть. отоажением поошедших в ядое реакций превращения гелия в углерод.

> Таблица 4 Содержание легких элементов в атмосфере

Элемонт	$\left \log \left(N_i / \Sigma N_i \right) \right $	n	σ, º/₀	Ig (H, N, /2H, N,)		
				o Sgr	0	
н	-3.30	3		-3.93	0.07	
He	-0.02	3		-0.04	-0.52	
С	-2.23	3	7	-1.75	-2.54	
N	-1.87	3	5	-1.35	-3.07	
0	-2.70	1	1.10	-2.13	-2.21	

6. Заключение. В заключение можно сделать следующие выводы:

делью с параметрами $T_e = 13500$ K, $\lg g = 1.5$, $N(H)/\Sigma N = 5 \cdot 10^{-4}$, $N(He)/\Sigma N = 0.95$, $T_0 = 8000$ K.

2) Значительный дефицит водорода, избытки гелия и азота позволяют утверждать, что водород в ядре главного компонента был полностью преобразован в гелий в реакциях CNO-цикла, а водородная оболочка была утеряна в ходе первого обмена массой. В настоящее время главный компонент снова заполняет свою полость Роша и происходит вторичное перетекание вещества на спутник. Наблюдаемый избыток содержания углерода свидетельствует о том, что это происходит в конце стадии выгорания гелия в углерод в ядре или слоевом источнике.

Ростовский государственный университет

THE ABUNDANCES OF THE LIGHT ELEMENTS IN THE ATMOSPHERE OF THE MAIN COMPONENT OF DOUBLE SYSTEM 9 SGR

V. V. LEUSHIN, G. P. TOPILSKAJA

The chemical composition of the atmosphere of the main component of the double system v Sgr has been determined by the method of synthetic spectrum. The model of the atmosphere with parameters $T_e = 13500$ K, $\lg g = 1.5$, $N(H)/\Sigma N = 5 \cdot 10^{-4}$, $N(He)/\Sigma N = 0.95$ has been used. A good agreement of the calculated spectrum with the observed has been obtained. The obtained abundances of hydrogen, helium, carbon, nitrogen and oxygen show evidence that the star has passed hydrogen burning via CNO-cycle and the transformation of helium in carbon in the nucleus of the main component.

ЛИТЕРАТУРА

- 1. M. Hack, E. Pasinetti, Contr. Merate Milano, 215, 3, 1962.
- M. Hack, Photometric and Spectroscopic Binary Systems, eds. E. B. Carling, Z. D. Kopal, Reidel Publ. Comp., 1981, p. 453.
- P. Hellings, C. de Loore, M. Burger, H. J. G. L. M. Lamers, Astron and Astrophys., 101, 161, 1981.
- 4. В. В. Кравцов, В. В. Леушин, Спектрофотометрический анализ атмосферы яркого компонента двойной системы Sgr. Деп. № 99-82, 1981.
- 5. В. И. Бурнашев, Изв. крым. астрофиз. обсерв., 63, 104, 1981.
- J. S. Drilling, D. Schönberner, Advances in Ultraviolet Astronomy, eds. Y. Kondo, M. J. Mead, R. D. Chapman, NASA, CP-2238, 1982, p. 546.
- 7. N. K. Rao, V. R. Venugopal, J. Astrophys. and Astron., 6, 101, 1985.

- 8. M. Hack, U. Flora, P. Santin, Close Binary Stars, eds. M. J. Plavec, 1980, p. 271.
- 9. D. Schönberner, J. S. Drilling, Astrophys. J., 268, 225, 1983.
- 10. В. В. Леушин, Г. П. Топильская, Астрофизика, 22, 121, 1985.
- 11. R. L. Kurucz, I. Fureulid, SAO Spec. Rept., 387, 142, 1980.
- 12. C. R. Vidal, J. Cooper. E. W. Smith, Astrophys. J. Suppl. Ser., 25, 37, 1973.,
- 13. В. В. Леушин, Г. П. Топильская, Астрофизика, 24, 560, 1986.
- 14. S. Wright, J. Arggros, Comm. Univ. London. Observ., 76, 1975.
- 15. Д. Михалас, Звездные атмосферы, Мяр, М., 1982.
- 16. M. Hack, Mem. Soc. Astron. Ital., 31, 43, 1960.
- 17. К. де Ягер, Звезды нанбольшей светимости, Мир, М., 1984.