

УДК 524.35-36

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕЛИЯ И КРЕМНИЯ В АТМОСФЕРАХ Вр-ЗВЕЗД HD168785 и HD21699

© 2011 В. В. Леушин<sup>1,2</sup>, Ю. В. Глаголевский<sup>1</sup>, Г. А. Чунтонов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

<sup>2</sup>Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону.

Поступила в редакцию 1 июля 2009 г.; принята в печать 10 апреля 2010 г.

Исследована стратификация гелия и кремния в атмосферах СР- звезд HD168785 (Her) и HD21699 (New). Показано, что распределение этих элементов с глубиной хорошо описывается механизмом диффузии под действием гравитации, лучевого давления и звездного ветра. Исследована стратификация этих элементов в разных участках поверхности звезды HD21699. Показано, что содержание He и Si при вращении звезды меняется в противофазе, а также в небольших пределах меняется положение максимума содержания по глубине.

Ключевые слова: *звезды — переменные и пекулярные, химический состав*

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Диффузионная гипотеза возникновения аномалий химического состава в пекулярных звездах [1] окончательно победила все предположения о происхождении наблюдаемых аномалий путем поверхностных ядерных реакций [2]. Произошло это в конце 70-х годов прошлого века. С тех пор продолжают попытки поиска и изучения стратификации элементов в атмосферах СР-звезд [3–8]. При этом считается, что аномальное усиление или ослабление интенсивностей линий в СР-звездах связано с поверхностными эффектами изменения концентрации элементов. Химические аномалии в атмосферах магнитных СР-звезд возникают вследствие действия на атомы двух сил — лучевого давления и гравитации [1]. Из этого следует, что в целом химический состав СР-звезд не должен отличаться от химического состава нормальных звезд. Повышение и понижение концентраций должно, прежде всего, относиться к определенным ионам, а не ко всему элементу в целом. Поэтому в СР-звездах наблюдаются как усиления, так и ослабления линий одного и того же элемента (например, у He-г и He-w звезд).

В 1978 г. была опубликована работа [9], в которой исследована возможность объяснения аномального содержания химических элементов по поверхности СР-звезд путем предположения об их стратификации по глубине в атмосфере. Для этого был проведен анализ химсостава звезды HD153882 методом моделей атмосфер. Расчеты контуров показали, что усиление линий пекулярных элементов можно объяснить, помещая весь

избыток элементов в верхние слои атмосферы на оптических толщах  $\tau < 0.1$ . Контуров линий при однородном распределении элемента и при концентрации его в верхних слоях атмосферы отличались мало.

Для исследования неоднородного по высоте распределения были выбраны линии элементов с наиболее аномальным содержанием. В этой работе содержание элементов в атмосфере задавалось в виде:

$$N_E(\tau) = N_E(\exp(-\tau/\Delta\tau) + 1/K),$$

где  $N_E$  — содержание элемента при  $\tau_0 = 0$ , параметр  $\Delta\tau$  задает скорость изменения содержания с глубиной, параметр  $1/K$  — содержание элемента в глубоких слоях атмосферы. Величина  $N_E$  соответствует измененному солнечному обилию:

$$\log N_E = \log N_E^\odot + [N_E].$$

Изменяя распределение элементов с высотой, т.е., изменяя толщину слоя и содержание элемента в нем, можно получить любые наблюдаемые в СР-звездах интенсивности спектральных линий. При этом достаточно предположить, что элемент концентрируется в поверхностном слое при  $\tau < 0.1$ .

### 2. УСИЛЕНИЕ ЛИНИЙ ГЕЛИЯ (He-г ЗВЕЗДЫ)

В работе [10] рассматривается проблема обогащения гелием верхних слоев атмосферы в звездах He-г. Гелий выносится в верхние слои атмосферы в процессе потери массы, сила, действующая на HeI

и направленная наружу, сравнима с гравитационной. Расчеты показали, что гелий накапливается в области  $\tau < 1$  образуя максимум, положение которого зависит от темпа потери массы. На  $\tau > 1$  содержание остается нормальным. В работе [8] тоже показано, что при расчетах самосогласованной модели атмосферы обычно применяемая двухслойная равномерная ступенчатая стратификация превращается в стратификацию с ярко выраженным максимумом в области  $\tau_{5000} \approx 1.0$ . В слоях, близких к тем, в которых происходит диффузия, содержание обедняется, в глубоких слоях оно остается практически без изменений. Учитывая сказанное, мы попытались рассмотреть обсуждаемое распределение как вариант на примере наших звезд.

В данной работе мы получили аналитическую формулу, описывающую распределение химических элементов с глубиной, с параметрами, от которых зависит усиление или ослабление линий соответствующего элемента по сравнению с линиями в спектрах нормальных звезд. При этом мы нашли, что изменение одних и тех же параметров может создать эффекты как He-г так и He-w звезд.

Поскольку линии HeI в спектрах звезд He-г усилены, то в области их образования количество атомов должно быть повышено по сравнению с нормальными непекулярными звездами. Этот избыток может быть создан смещением атомов HeI под действием гравитации из верхних слоев атмосферы к слою, где эффективно образуется линия ( $\tau_0$ ). Такое распределение атомов HeI в зависимости от оптической глубины  $\tau$  можно представить в виде следующего аналитического выражения

$$N(\tau) = \frac{N^0(\tau)}{b} (1 + b^2 e^{-(\tau-\tau_0)^2 c}), \quad (1)$$

где  $N(\tau)$  — число атомов в единице объема ( $\text{см}^3$ ) в слое с оптической глубиной  $\tau_{5000}$  для пекулярной атмосферы;

$N^0(\tau)$  — число атомов при нормальном, неискаженном химическом составе;

$\tau_0$  — оптическая глубина локального максимума распределения атомов — это глубина, на которой эффективно образуются линии;

$b$  — степень уменьшения числа атомов в верхних слоях атмосферы и увеличения при  $\tau = \tau_0$ ;

$c$  — ширина локального максимума распределения числа соответствующих атомов. Чем больше этот параметр, тем больше область (диапазон оптических толщин) вокруг  $\tau = \tau_0$ , где повышено содержание данного иона. Величина этого параметра определяется из условия равенства количества частиц, ушедших из верхних слоев и количества частиц, создающих избыток у  $\tau = \tau_0$ .

Поскольку механизм, создающий стратификацию, по нашим предположениям, практически не должен искажать внутренние слои звезды, то там

должно сохраняться неискаженное распределение атомов. Поэтому необходимо ввести ограничение на количество атомов для больших оптических глубин. Если при  $\tau > \tau_0$  вычисленная по формуле (1) величина  $N(\tau)$  становится меньше неискаженного (гомогенного) значения  $N^0(\tau)$ , то берётся  $N(\tau) = N^0(\tau)$ .

Для исследования явления усиления линий гелия использовалась CP-звезда типа He-г HD 168785 со следующими параметрами:  $T_{eff} = 21100$  К,  $\log g = 4.15$ ,  $V_t = 1$  км/с,  $v \sin i = 15$  км/с,  $[\text{He}] = +0.5$  [11]. Модели атмосфер рассчитывались по программе LLmod [12]. Использовались модели со стратификацией, рассчитанной по формуле (1). Различия в распределении  $T$  и давления в нормальной и стратифицированной атмосферах невелики. Для расчета синтетического спектра в области спектральных линий HeI 4009 и HeI 4026 использовалась программа KONTUR [13]. Параметры линий в соответствующих участках спектра приведены в работе [11].

**Таблица 1.** Параметры распределения частиц HeI по высоте для звезд He-г

n	$\tau_0$	b	c
1	0.02	50	25000
2	0.075	5	1500
3	0.075	10	2500

На Рис.1 представлены распределения количества атомов He в зависимости от оптической толщины для моделей атмосферы HD 168785.

На Рис. 2 дано сопоставление вычисленных (линии) и наблюдаемых (светлые кружки) профилей линий нейтрального гелия для HD 168785. Верхние профили (a, b) — линии HeI 4009, нижние профили (c, d) — линии HeI 4026. Левые профили — сравнение с теоретическими контурами, рассчитанными для моделей со стратифицированными распределениями HeI, соответственно, сверху вниз 1, 2 и 3 варианты из Табл.1. Правые профили — сравнение с теоретическими контурами для моделей с гомогенным, но измененным по всей атмосфере содержанием гелия. Содержания He для теоретических контуров правой части Рис. 2 (сплошные линии) взяты последовательно сверху вниз:  $[\text{He}] = -0.3$ ,  $[\text{He}] = 0$ ,  $[\text{He}] = +0.3$ ,  $[\text{He}] = +0.6$ . Хорошо видно, что в первом приближении усиленные линии HeI (Рис. 2) можно объяснить как общим значительным, до  $[\text{He}] = +0.5$ , повышением содержания гелия в верхней части атмосферы, так и возникшим из-за гравитационной диффузии избытком ионов HeI на глубине  $\tau_0 = 0.1$ .

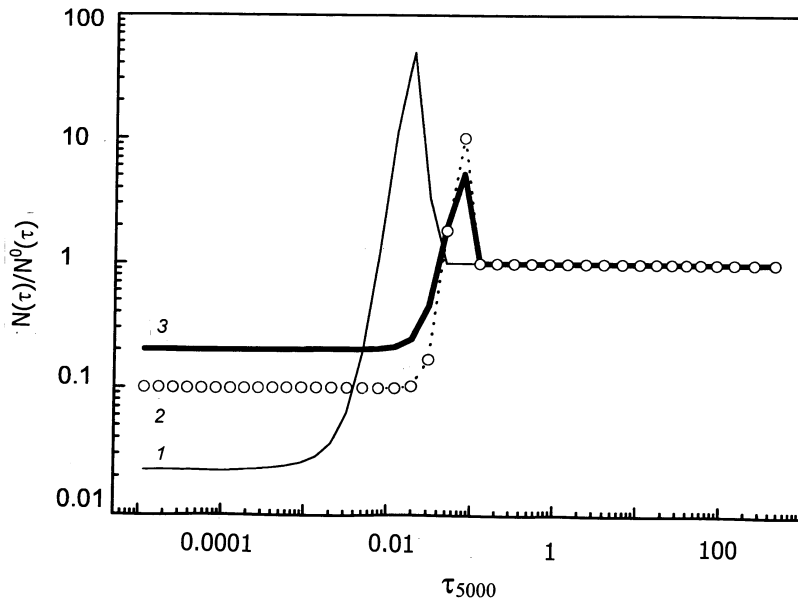


Рис. 1. Распределение He I с глубиной для моделей атмосферы звезды He-г HD 168785, полученное с параметрами Табл.1. Цифры соответствуют строкам в Табл.1, квадратами обозначена неискаженная диффузией атмосфера.

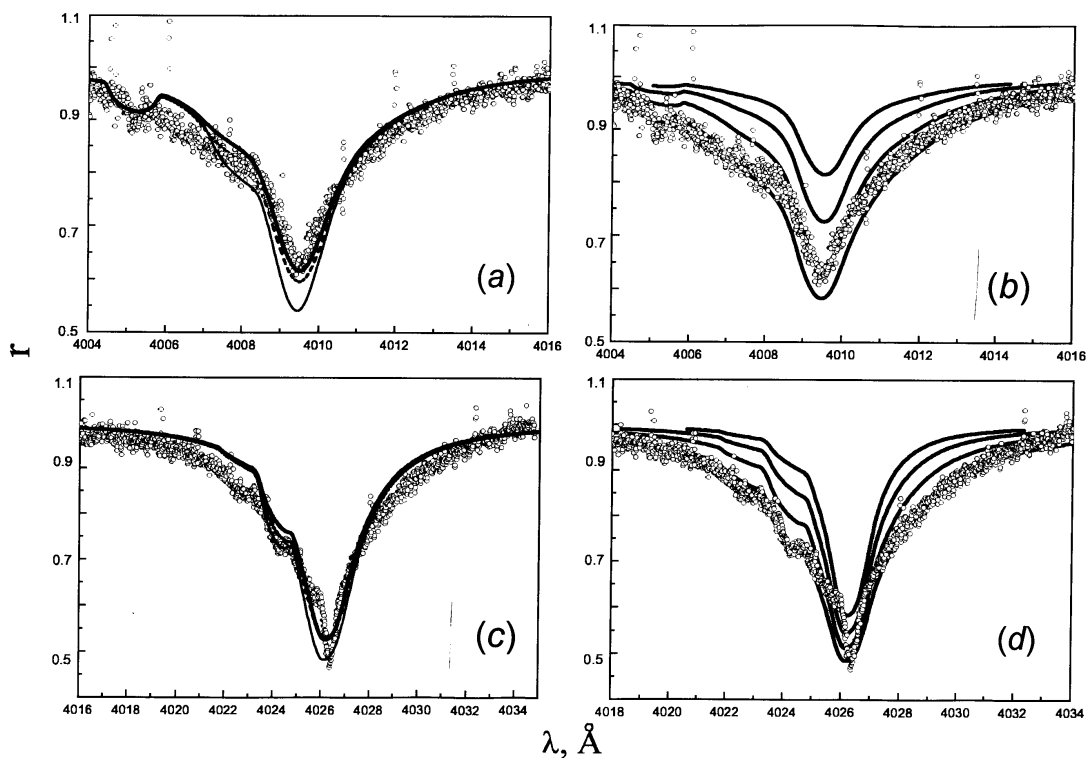


Рис. 2. Сравнение наблюдаемых профилей линии He I  $\lambda 4009$  для HD 168785 (светлые кружки) с вычисленными. Случаи “a” и “c” — расчет сделан для стратифицированного распределения He с параметрами из Табл.1 (варианты 1, 2, 3 сверху вниз). Случаи “b” и “d” — для однородного, но измененного по всей атмосфере содержания гелия: сверху вниз —  $[He] = -0.3, 0.0, +0.3, +0.6$ .

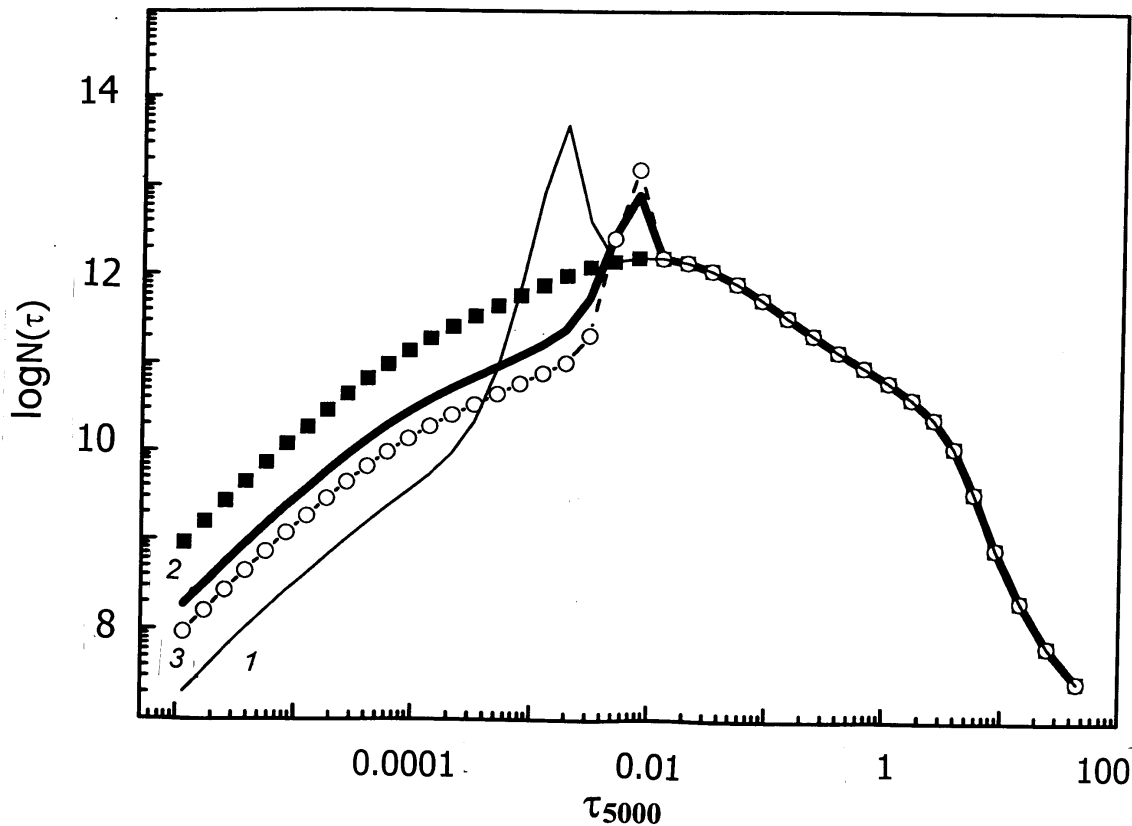


Рис. 3. Распределение He с глубиной для моделей атмосферы HD21699 в разных фазах: 1 — фаза 0.20; 2 — 0.22; 3 — 0.86.

### 3. ОСЛАБЛЕНИЕ ЛИНИЙ ГЕЛИЯ (ЗВЕЗДЫ He-w)

Исследование изменения линий гелия в звездах He-w проводилось на примере CP-звезды HD21699. Ее параметры:  $T_{eff} = 16000\text{K}$ ,  $\log g = 4.15$ ,  $V_t = 0.8 \text{ km/s}$ ,  $v \sin i = 15 \text{ km/s}$ ,  $[\text{He}] = -1.6$  [14]. В цитируемой работе было показано, что содержания гелия и кремния в атмосфере HD 21699 очень сильно отличаются от солнечного. К тому же интенсивности линий этих элементов меняются с фазой периода вращения. Когда интенсивность линий гелия при вращении звезды достигает минимума, дефицит гелия при гомогенном нестратифицированном распределении оказывается равным 1.60 dex. В этот момент линии кремния достигают максимума интенсивностей и его избыток составляет 0.74 dex. Этот результат получен в предположении постоянства химического состава по глубине для всей видимой в этот момент полусферы звезды.

Ниже мы пытаемся объяснить эти аномалии диффузионным искажением гомогенного распределения атомов гелия и кремния по оптической глубине и накоплением рассматриваемых ионов в

разных слоях атмосферы, то есть вводя стратификацию обсуждаемых ионов. Если в результате гравитационной диффузии атомы HeI опустятся в атмосфере глубже уровня образования линий, то линии HeI могут стать слабее, чем в спектрах нормальных звезд, что приведет к фиктивному дефициту гелия в атмосфере.

По методике, использованной выше для звезд He-g, первоначальное гомогенное распределение  $N^0(\tau)$  (на Рис. 3 — черные квадраты) для HeI было пересчитано в  $N(\tau)$ . Изменение относительного содержания элемента с оптической глубиной вычислено с параметрами, приведенными в Табл. 2, которые получены сравнением вычисленных и наблюдаемых профилей линий методом итераций. Там же указаны фазы получения спектров HD21699, с которыми сравниваются теоретические профили. Полученные распределения HeI представлены на Рис. 3.

В данном случае оптическая толщина слоя, где возникает максимум в распределении атомов HeI ( $\tau_0 = 4.0 \div 5.0$ ), гораздо больше, чем в случае звезд He-g ( $\tau_0 = 0.02 \div 0.075$ ).

**Таблица 2.** Параметры распределения частиц HeI по высоте для звезд He-w

n	$\tau_0$	b	c	Фаза
1	4.0	120	0.6	0.200
2	4.5	130	0.6	0.221
3	5.0	150	0.6	0.866

Зависимость содержания атомов HeI на разной оптической глубине для гомогенного нестратифицированного распределения гелия в атмосфере на Рис. 3 обозначена квадратами, а для искаженных диффузией распределений, в соответствии с формулой (1) и с параметрами, приведенными в Табл. 2, обозначены кривыми.

#### 4. УСИЛЕНИЕ ЛИНИЙ ИОНА КРЕМНИЯ

В спектре HD 21699 наблюдаются аномалии интенсивностей линий ионизованного кремния, Линии SiII 4128-31 Å изменяются противоположным образом по сравнению с линиями HeI, они усиливаются когда линии гелия ослабевают и наоборот. Это усиление линий связано с активной диффузией атомов SiI к поверхности звезды под действием лучевого давления [1], так как силы гравитации существенно меньше. Атомы SiI выталкиваются из глубоких слоёв и концентрируются в поверхностных слоях в области образования линий, затем ионизируются в соответствии с температурой и накапливаются там. Положение максимума может смещаться по оптической глубине в зависимости от интенсивности действия механизма диффузии и определяется из наблюдений. То есть, если рассматривать распределение ионов SiII в атмосфере в зависимости от оптической толщи атмосферы, то для слоя, где образуются линии SiII ( $\tau_{01}$ ), на кривой, соответствующей гомогенному распределению элементов, должен появиться максимум, форму которого можно задать экспоненциальной кривой и который будет давать избыток иона в этом месте атмосферы. Поскольку этот максимум создается атомами из соседних нижних слоев, то в этих слоях содержание данного иона будет уменьшено. Это уменьшение также можно описать экспонентой. Таким образом, аналитически распределение ионов, линии которых усиливаются из-за лучевой диффузии, может быть представлено в виде

$$N(\tau) = N^0(\tau)(1 + d_1 e^{-(\frac{\tau-\tau_{01}}{\tau})^2 k_1}). \quad (2)$$

Это выражение работает вблизи  $\tau_{01}$ , где создаётся избыток SiII и где  $N(\tau) \geq N^0(\tau)$ . В области возле  $\tau_{02}$ , откуда приходят атомы, создающие избыток, работает выражение

$$N(\tau) = N^0(\tau)(1 + d_2 e^{-(\tau-\tau_{02})^2 k_2})^{-1}. \quad (3)$$

**Таблица 3.** Параметры распределения ионов SiII по оптической толщине

N	$\tau_{01}$	$\tau_{02}$	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	Фаза
1	0.1	4.0	100	2.5	10.0	0.1	0.200
2	0.15	4.0	50	2.5	8.0	0.05	0.221
3	0.2	4.0	30	2.5	8.0	0.05	0.866

где  $N(\tau)$  — число ионов в единице объема ( $\text{см}^3$ ) в слое с оптической глубиной  $\tau_{5000}$  для пекулярной атмосферы;

$N^0(\tau)$  — число частиц при неискаженном распределении химических элементов;

$\tau_{01}$  — оптическая глубина максимума распределения SiII, возникающего вследствие работы механизма лучевой диффузии, искажающего первоначальное гомогенное нестратифицированное распределение SiII;

$\tau_{02}$  — оптическая глубина локального минимума распределения SiII при работе механизма лучевой диффузии, искажающего гомогенное нестратифицированное распределение SiII;

$d_1$  — степень увеличения числа частиц в верхних слоях атмосферы вблизи  $\tau = \tau_{01}$ ;

$d_2$  — степень уменьшения числа частиц в нижних слоях атмосферы вблизи  $\tau = \tau_{02}$ ;

$k_1$  и  $k_2$  — ширины локальных максимумов и минимумов распределения числа соответствующих атомов; чем они больше, тем шире области увеличения и уменьшения содержания данного атома. Величины  $k_1$  и  $k_2$  определяются из условия равенства количества атомов ушедших из нижних слоев и количества атомов, создающих избыток в более верхних слоях.

Распределение Si для модели атмосферы HD21699 были рассчитаны для разных фаз, которые даны в последнем столбце Табл. 3, по формулам (2–3) с параметрами, приведенными в Табл. 3, и которые также подобраны путем сравнения вычисленных профилей с наблюдаемыми

Распределение SiII с оптической глубиной для моделей атмосферы HD 21699 в разных фазах показано на Рис. 4. Квадратами обозначено неискаженное диффузией распределение. Для всех кривых минимум распределения приходится на  $\tau_{02} = 4.0$ .

На Рис. 5–6 дано сравнение наблюдаемого спектра HD 21699 (светлые кружки) с синтетическим спектром для солнечного распределения элементов (черные квадраты) и для модифицированного распределения (линия). Видно, что модель с модифицированным распределением описывает спектр лучше всего.

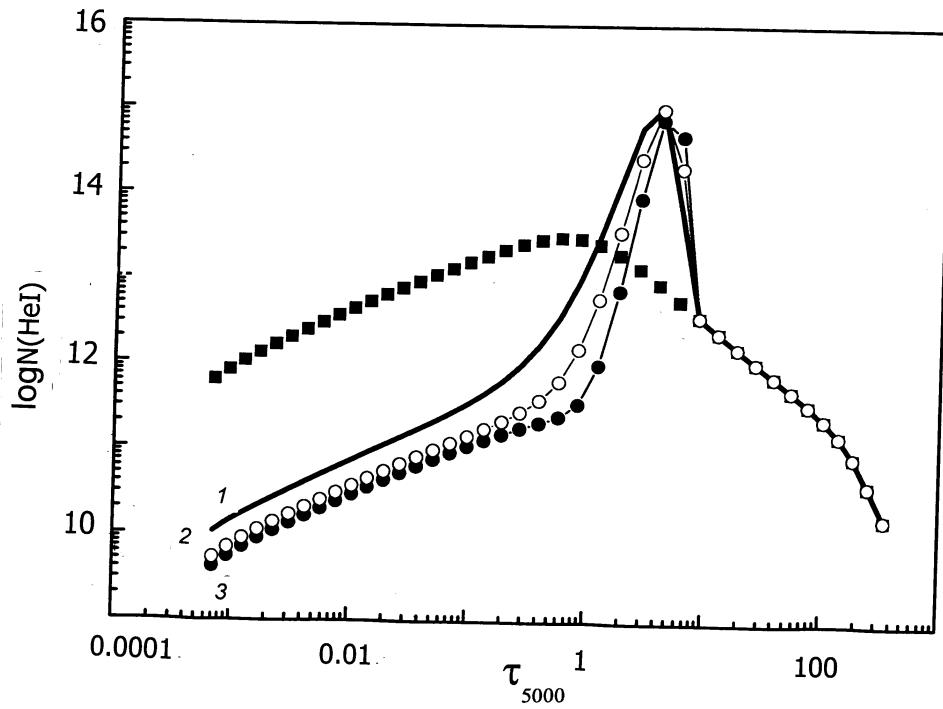


Рис. 4. Распределение Si с глубиной в разных фазах HD 21699. 1 — фаза 0.20; 2 — 0.22; 3 — 0.86. Параметры распределения даны в Табл. 2.

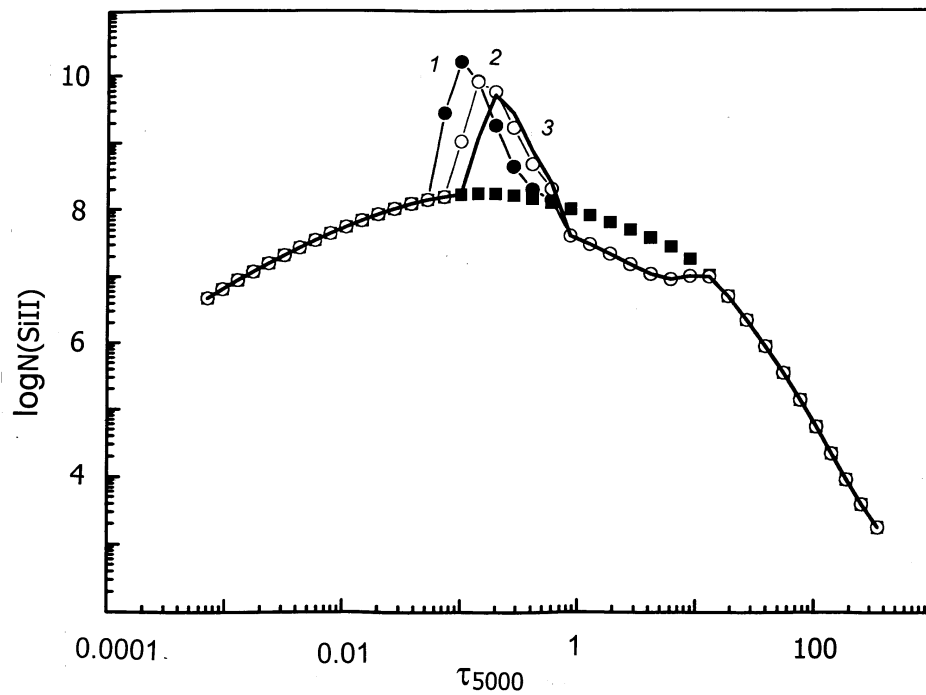


Рис. 5. Линии HeI 4121 и SiII 4128-31 в спектре HD 21699 для фазы  $\Phi=0.20$  (белые кружки) и теоретический спектр вычисленный со стратифицированным распределением HeI и SiII (сплошная линия). Квадратами обозначены профили для солнечного химического состава.

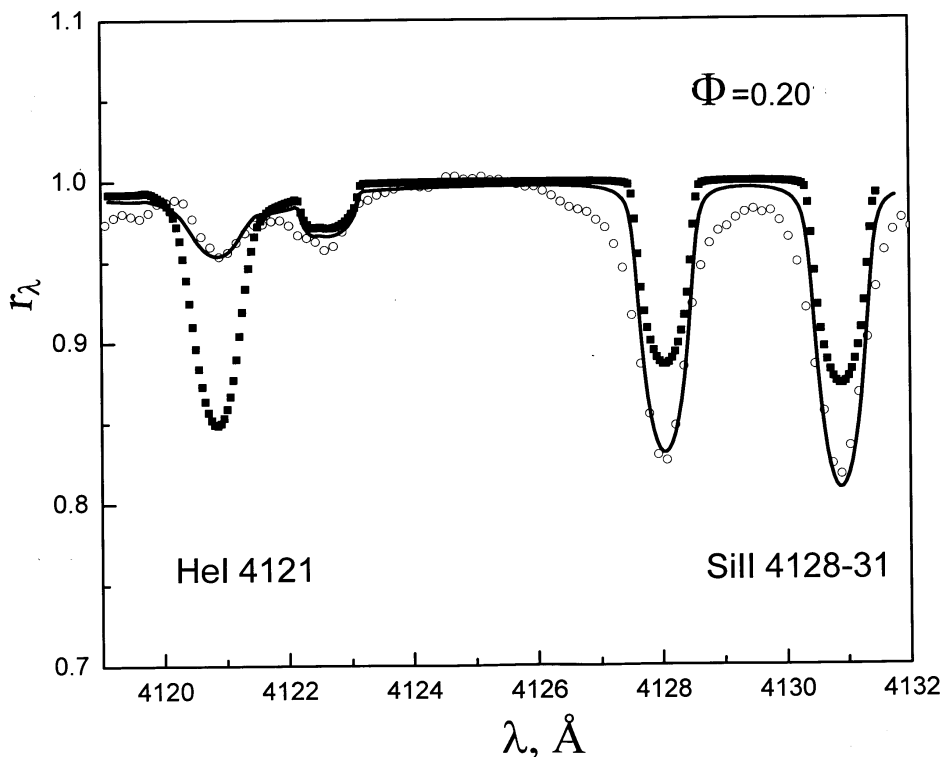


Рис. 6. Сравнение наблюдательного спектра HD21699 (белые кружки) с синтетическим спектром для солнечного химического состава (черные кружки) и для модифицированного распределения (сплошная линия) для фазы 0.20.

### 5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследования стратификации химических элементов в атмосферах горячих CP-звезд только начинаются. Особенно интересны исследования He и Si, потому что их поведение изучено теоретически. В этой работе рассмотрены процессы диффузии в областях аномального содержания изучаемых химических элементов, где механизмы диффузии наиболее эффективны.

Сравнение наблюдаемых профилей линий HeI и SiII с рассчитанными для разных распределений этих элементов с глубиной в атмосфере показывает, что они достаточно хорошо совпадают с расчетными. Таким образом, испытанное нами распределение можно принять как вариант. В дальнейшем планируется исследовать другие возможности, например, обсуждаемые в работе [14].

В расчетах мы не учитывали эффекты не-ЛТЕ, потому что наша цель была получить качественный результат.

В атмосфере звезды He-r HD 168785 усиленные линии HeI (Рис. 3) можно объяснить как общим значительным, до  $[He] = +0.5$ , повышением содержания гелия в верхней части атмосферы, так и возникшим из-за гравитационной диффузии избытком ионов HeI на глубине  $\tau_0 = 0.1$ . Предположение об

общем избытке гелия наталкивается на значительные трудности при поиске источника повышения его содержания. Внутренние причины, связанные с эволюцией химического состава в звезде, не могут создать такого избытка, так как звезда не прошла стадию эволюции на главной последовательности. Для создания избытка HeI на глубине  $\tau_0 = 0.1$  требуется переместить сравнительно небольшое количество гелия из верхних слоев атмосферы, если избыток гелия создается механизмом гравитационной диффузии и радиального потока вследствие ветра [10]. Накопление избытка и приводит к возникновению феномена звезд He-r.

Если наличие гравитационной диффузии является общим свойством CP-звезд, то в зависимости от интенсивности работы данного механизма могут возникнуть не только звезды He-r, но и He-w вследствие слабости ветра. В том случае, если глубина возникшего максимума распределения атомов HeI превосходит глубину возникновения линий, последние будут ослаблены, что мы и видим в наблюдениях звезд He-w и в большинстве CP-звезд спектральных классов В и А. Кроме того, считая, что глубина залегания максимума атомов HeI меняется по поверхности звезды, можно промоделировать изменение интенсивностей линий с фазой периода CP-звезд.

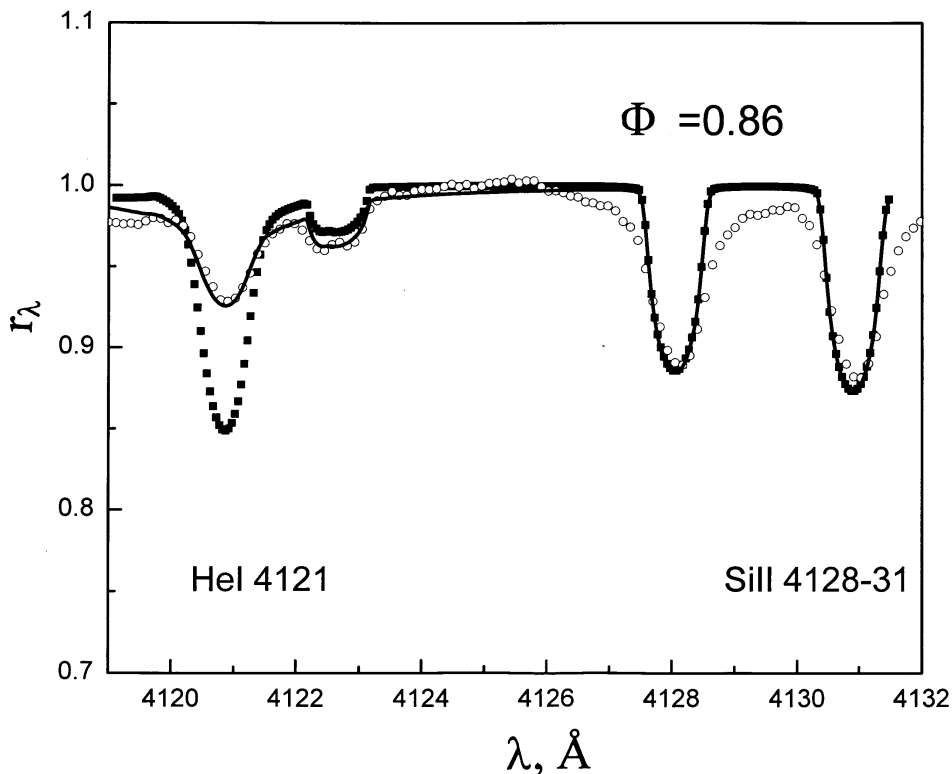


Рис. 7. То же, что и на Рис. 5, для фазы 0.86.

Наличие звездного ветра в атмосферах горячих СР-звезд может существенно изменить итоговое распределение химических элементов, сдвигая положение максимума по глубине. В любом случае контролем работы механизмов диффузии является вид профилей исследуемых линий.

Все вышесказанное при изменении параметров формул (1–3) применимо и к другим особенностям СР-звезд, а именно к усилению линий других металлов. В этом случае привлекается диффузия под действием лучевого давления, которая выталкивает часть атомов из глубины и создает максимум распределения атомов с усиленными линиями в области образования линий. То же самое предположение об изменении интенсивности действия механизма лучевой диффузии по поверхности звезды приводит к фазовым изменениям интенсивностей спектральных линий. Пример звезды He-w HD 21699 хорошо подтверждает сказанное выше. На Рис. 6 приведен участок спектра HD 21699 в области линий HeI 4121 и SiII 4128–31, полученный в фазе 0.200. Здесь же даны теоретические профили, рассчитанные для модели с параметрами  $T_{eff} = 16000$  К,  $\log g = 4.15$ ,  $V_t = 0.8$  км/с,  $v \sin i = 15$  км/с. Квадратами представлены профили для солнечного химического состава, в частности  $[He] = 0.0$ ,  $[Si] = 0.0$ . Из рисунка видно, что линия

HeI 4121 в спектре звезды существенно слабее, чем линия для солнечного содержания гелия. Для линий SiII 4128–31 ситуация обратная. В то же время, если в модели атмосферы задать распределение ионов HeI в соответствии с формулой (1) с параметрами Табл. 2 (строка 3), а распределение ионов кремния в соответствии с формулами (2, 3) с параметрами Табл. 3 (строка 1), то рассчитанные профили совпадают с наблюдаемыми.

В фазе 0.221 ситуация схожа с предыдущей, т.к. фазы практически одинаковы. Здесь наблюдаемый и теоретические профили совпадают при распределении ионов HeI в соответствии с формулой (1) с параметрами Табл. 2 (строка 2), а распределение ионов кремния в соответствии с формулами (2, 3) с параметрами Табл. 3 (строка 2).

В фазе 0.866 (Рис. 7) линия гелия слегка усилена по сравнению с предыдущими фазами, а линии кремния ослаблены практически до нормальных интенсивностей. Совпадающие профили рассчитаны при распределении ионов HeI в соответствии с формулой (1) с параметрами Табл. 2 (строка 1), а распределение ионов кремния в соответствии с формулами (2, 3) с параметрами Табл. 3 (строка 3).

Таким образом, принятая нами аналитическая форма описания стратификации, которая может



быть вызвана гравитационной и лучевой диффузией, может быть использована как вариант для объяснения наблюдаемых в горячих CP-звездах аномалий интенсивностей линий и их изменений с фазой периода вращения.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. Michaud, *Astrophys. J.* **160**, 641 (1970).
2. S.C. Wolff, *The A-stars: Problems and perspectives* (NASA SP-463. Washington, D.C. 1983).
3. G. Alecian and G. Michaud, *Astrophys. J.* **245**, 226 (1981).
4. G.A. Wade, T.A. Ryabchikova, S. Bagnulo, and N.E. Piskunov, *ASP Conf. Ser.* **248**, 341 (2001).
5. T.A. Ryabchikova, N.E. Piskunov, O.P. Kochukov, et al., *Astronom. and Astrophys.* **384**, 545 (2002).
6. Ю.В. Глаголевский, Т.А. Рябчикова и Г.А. Чунтонов, *Письма в АЖ* **31**, 361 (2005).
7. O.P. Kochukov, V. Tsymbal, T.A. Ryabchikova, et al., *Astronom. and Astrophys.* **460**, 831 (2006).
8. D. Monin and F. LeBlanc, In *Proceedings of the Internat. Conference "Physics of Magnetic Stars"*, (Nizhnij Arkhyz, Russia, 2006, Ed. by D.O. Kudryavtsev, I.I. Romanyuk, 2007), p. 360.
9. В.В. Леушин и Л.И. Снежко, *Циркуляр ШАО №64*, 3 (1978).
10. S. Vauclair, *Astronom. and Astrophys.* **45**, 233 (1975).
11. V.V. Leushin, Yu.V. Glagolevskij, and P. North, *Magnetic Fields of Chemically Peculiar and Related Stars. Proc. Int. Conf.* Ed. by Yu.V. Glagolevskij, I.I. Romanujk, (Moscow, RAS, 2000), p. 173.
12. D. Shulyak, V. Tsymbal, T.A. Ryabchikova, et al., *Astronom. and Astrophys.* **428**, 993 (2004).
13. В.В. Леушин и Г.П. Топильская, *Астрофизика* **22**, 121 (1985).
14. Ю.В. Глаголевский, В.В. Леушин, Г.А. Чунтонов и Д. Шуляк, *Письма в АЖ* **32**, 57 (2006).
15. F. LeBlanc, D. Monin, A. Hui-Bon-Hoa, and P.H. Hauschildt, *Astronom. and Astrophys.* **495**, 937 (2009).

## DISTRIBUTION OF HELIUM AND SILICON IN THE ATMOSPHERES OF BP STARS HD168785 AND HD21699

V.V. Leushin, Yu.V. Glagolevskij, G.A. Chountonov

We present a study of stratification of helium and silicon in the atmospheres of CP stars HD 168785 (He-r) and HD 21699 (He-w). The distribution of these elements with depth is well described by the mechanism of diffusion under the effect of gravity, radiation pressure and stellar wind. We studied the stratification of these elements in different regions of the surface of HD 21699. We demonstrate that as the star rotates the abundance of He and Si changes in the antiphase. The position of the abundance maximum varies within small limits with optical depth as well.

Key words: *stars: chemically peculiar — stars: individual: HD168785 — stars: individual: HD21699*