

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ АТМОСФЕР КОМПОНЕНТОВ КВАДРУПОЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ADS 11061. 40 DRACONIS

© 2005 г. Ю. Ю. Балега¹, В. В. Леушин¹, М. К. Кузнецов²

¹Специальная астрофизическая обсерватория, Н. Архыз, Россия

²Ростовский-на-Дону государственный университет, Ростов-на-Дону, Россия

Поступила в редакцию 22.11.2004 г.; принята в печать 17.02.2005 г.

В рамках исследования компонентов иерархической четверной системы ADS 11061 проведены спектральные наблюдения двойной звезды 40 Dra. Получены эшельные спектры с разделенными линиями компонентов в спектральной области 3700–9200 Å. На основе BV-фотометрии и контуров водородных линий определены значения эффективных температур и ускорений силы тяжести на поверхности компонентов. Параметры компонентов системы 40 Dra близки к следующим: $T_{eff}^a = 6420$ K, $\lg g_a = 4.17$, $T_{eff}^b = 6300$ K, $\lg g_b = 4.20$. Получено значение микротурбулентной скорости в атмосферах компонентов: $V_t = 2.6$ км/с. Определены содержания железа, углерода, азота и кислорода в атмосферах каждого из компонентов: $\lg N(\text{Fe})^a = 7.50$, $\lg N(\text{Fe})^b = 7.46$, $\lg N(\text{C})^a = 8.39$, $\lg N(\text{C})^b = 8.45$, $\lg N(\text{N})^a = 8.12$, $\lg N(\text{N})^b = 8.15$, $\lg N(\text{O})^a = 8.77$, $\lg N(\text{O})^b = 8.74$.

1. ВВЕДЕНИЕ

Спектрально-двойная 40 Dra, входящая в иерархическую четверную систему ADS 11061, имеет период около 10 дней и эксцентриситет орбиты $e = 0.3$ [1]. Расстояние между компонентами меняется в течение периода от 26.25×10^6 км в периастре до 48.75×10^6 км в апоастре (большая полуось орбиты равна 0.125 а.е. [2]). Поскольку диаметры компонентов примерно равны и составляют около 1.1×10^6 км, т.е. они сравнимы с расстоянием между компонентами, в системе существенную роль должны играть эффекты гравитационного воздействия компонентов на внутреннюю структуру и эволюционный статус каждой из звезд. Все члены системы ADS 11061 имеют близкие спектральные классы F5–F7 и фундаментальные параметры, образуя при этом пары с сильно различающимися параметрами орбит. Указанное обстоятельство может быть связано как с эволюционными изменениями системы в целом, так и с особенностями каждого из компонентов системы ADS 11061.

В предыдущей работе [3] мы провели анализ атмосфер компонентов двойной 41 Dra, в этой работе проделан анализ атмосфер компонентов 40 Dra. На основе эшельных спектров с большим разрешением рассчитаны модели атмосфер каждого из компонентов, определены эффективные температуры, ускорения силы тяжести на поверхности,

микротурбулентные скорости и содержания железа, углерода, азота и кислорода в атмосферах звезд пары.

2. НАБЛЮДЕНИЯ

В табл. 1 приведены даты получения спектров для двойной 40 Dra. Спектры vz4935, vz4936 и vz4937 получены на 1-м телескопе Цейсса (САО РАН) в фокусе куде с помощью эшельного спектрометра SEGGS [4]. Каждый спектр состоит из 41 порядка по 1242 пиксела. Спектральная область охватывает диапазон $\lambda\lambda 7120\text{--}9160$ Å, разрешение равно 40000, отношение сигнал/шум составляет 100. Остальные спектры получены на телескопе Цейсс-2000 Международного центра астрономических и медико-экологических исследований на пике Терскол [5].

На рис. 1 приведены фрагменты исследуемых спектров в области линии H α . Во всех фазах линии металлов хорошо разделяются, что видно на примере линии FeI $\lambda 6546.239$. Двойственность линии водорода на большинстве спектров проявляется асимметрией контура, а в фазах 0.822 и 0.920 — и разделением центральных частей линий. На спектрах, полученных в САО РАН, хорошо видны линии атмосферной воды (например, H₂O $\lambda 6552.629$), а в то же время на спектрах, полученных на пике Терскол, эти линии едва заметны (высота расположения телескопа в САО РАН — 2100 м, на

Таблица 1. Список спектров и лучевые скорости компонентов 40 Dra

| Спектр | Дата | JD | Фаза | V_r^a , км/с | V_r^b , км/с | V_a , км/с |
|--------|------------|-------------|-------|-----------------|-----------------|--------------|
| t05413 | 21.01.2001 | 2451930.503 | 0.342 | 29.6 ± 1.5 | -24.1 ± 1.8 | -3.5 |
| t05511 | 26.01.2001 | 2451935.578 | 0.822 | -31.4 ± 1.2 | 40.3 ± 1.4 | -4.1 |
| t05614 | 27.01.2001 | 2451936.610 | 0.920 | -36.3 ± 1.2 | 58.4 ± 1.6 | -4.2 |
| vz4935 | 8.06.2001 | 2452068.541 | 0.451 | 24.9 ± 1.5 | -1.5 ± 1.8 | -1.6 |
| vz4936 | 8.06.2001 | 2452068.551 | 0.452 | 23.7 ± 1.2 | -0.2 ± 1.5 | -1.6 |
| vz4937 | 8.06.2001 | 2452068.559 | 0.453 | 23.7 ± 1.3 | 1.1 ± 1.8 | -1.6 |
| t11404 | 19.11.2002 | 2452598.062 | 0.749 | -24.3 ± 1.5 | 20.4 ± 1.5 | 3.7 |

пике Терскол — 3100 м). Для обработки спектров мы использовали программу Галазутдинова [6] DECH20T. Для вычисления лучевых скоростей и редукации их значений к Солнцу также использова-

лась программа DECH20T. Результаты измерений лучевых скоростей компонентов относительно прибора (V_r^a и V_r^b) и поправка к Солнцу (V_a) приведены в табл. 1. Для вычисления фаз использовались следующие элементы: $T = \text{JD } 2452053.260$ и $P = 10.52785$ сут.

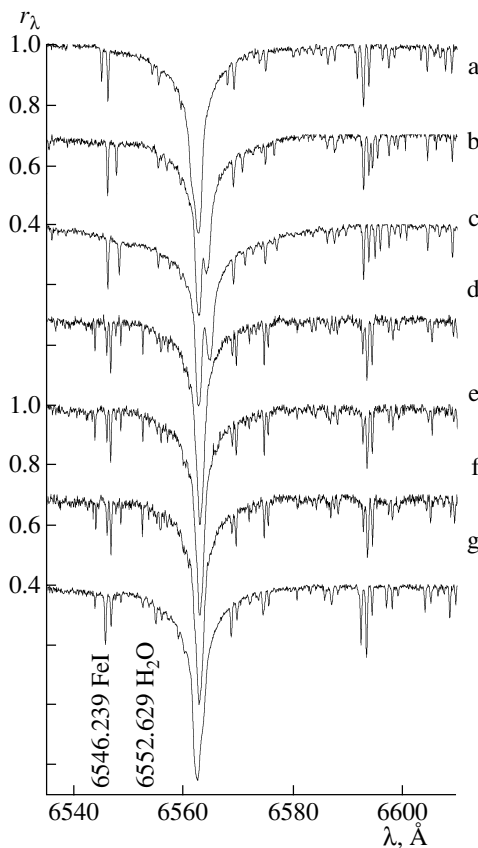


Рис. 1. Участки наблюдаемых спектров 40 Dra в районе линии $H\alpha$ для разных фаз: 0.342 (a), 0.822 (b), 0.920 (c), 0.451 (d), 0.452 (e), 0.453 (f), 0.749 (g). На всех спектрах отчетливо видно разделение линий металлов по компонентам (например, для линии FeI $\lambda 6546.239$). На спектрах, полученных в САО (d, e, f) видны линии атмосферной воды (H_2O $\lambda 6552.629$), практически незаметные на спектрах, полученных на пике Терскол (a, b, c, g).

3. ПАРАМЕТРЫ ОРБИТЫ И КОМПОНЕНТОВ 40 DRA

Впервые элементы орбиты для 40 Dra были опубликованы Бутройдом [1] в 1920 г., затем система подробно изучалась Токовининым [2] и другими исследователями [7, 8]. Данные из этих работ сведены в табл. 2. Примечательно то, что результаты этих наблюдений показывают наличие вращения линии апсид в системе, причем скорость этого вращения за период с 1918 г. (JD 2421764.648) до 1990 г. (JD 2448000.008), составляющий 2492 цикла, такая же, как и в период с 1990 г. по 2001 г. (385 циклов), и она равна 0.0044° за один оборот. Вращение линии апсид свидетельствует о том, что сферическая форма компонентов системы искажена гравитационным воздействием компонентов друг на друга. Последнее обстоятельство должно приводить к вариациям блеска 40 Dra, подозрения на которые отмечены в каталоге [9].

4. ЭФФЕКТИВНАЯ ТЕМПЕРАТУРА КОМПОНЕНТОВ 40 DRA

Спектрально-двойная 40 Dra является тесной двойной системой и не разделяется спекл-интерферометрически, поэтому анализ характеристик компонентов здесь возможно только на основе спектральных наблюдений с высоким разрешением. Имеющиеся в нашем распоряжении эшельные спектры, охватывающие спектральную область от 3500 до 9200 \AA , позволяют уверенно определить отношение блесков компонентов в зависимости от длины волны. С этой целью мы измерили глубины разделенных не блендирующихся линий от

Таблица 2. Параметры орбиты и компонентов 40 Dga

| Параметр | Бутройд [1] | Токовинин [2] | Аль Вардат [7] | Токовинин и др. [8] |
|---------------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|-------------------------|
| P , сут | 10.5217 | 10.52785 ± 0.00007 | | 10.52785 |
| T , JD | 2421764.648 ± 0.15 | 2448000.008 ± 0.011 | | 2452053.260 ± 0.040 |
| e | 0.310 ± 0.015 | 0.374 ± 0.003 | | 0.380 ± 0.008 |
| a , а.е. | 0.156 | 0.125 | | 0.125 |
| ω , град. | 256.8 | 246.2 ± 0.4 | | 244.35 ± 1.33 |
| i , град. | | 35 | | 35 |
| π , сек. дуги | | $0.028 - 0.025$ | 0.023 ± 0.002 | 0.0224 ± 0.0005 |
| Δm | | 0.79 | 0.51 ± 0.03 | 0.56 ± 0.03 |
| q | 0.897 | 0.912 | | 0.910 |
| $(M^a + M^b) \sin^3 i, M_\odot$ | 0.87 | 0.480 | | 0.480 |
| M^a/M_\odot | | | 1.315 | 1.32 |
| M^b/M_\odot | | | 1.229 | 1.20 |

каждого из компонентов. Отношение этих глубин для системы 40 Dga равно отношению блесков компонентов, поскольку спектральные классы их близки. На рис. 2 представлена зависимость упомянутых отношений $E^b/E^a = R^{b,obs}/R^{a,obs}$ от длины волны.

Линейная регрессия по нашим измерениям дается уравнением

$$E_\lambda^a/E_\lambda^b = 1.820 - 0.376 \times 10^{-5} \lambda[\text{Å}].$$

Таким образом, разность блеска в полосе B ($\lambda 4400 \text{ Å}$) получается равной $\Delta m^{B,obs} = 0.528^m$, а в полосе V ($\lambda 5500 \text{ Å}$) — $\Delta m^{V,obs} = 0.496^m$.

Среднее значение суммарного показателя цвета для системы $B - V = 0.510 \pm 0.001$ [10–12]. Следовательно, для компонента a имеем

$$(B - V)^a = B - V + 2.5 \lg \frac{1 + 10^{-0.4\Delta m^{B,obs}}}{1 + 10^{-0.4\Delta m^{V,obs}}} = 0.498$$

и для компонента b имеем

$$(B - V)^b = (B - V)^a + (\Delta m^{B,obs} - \Delta m^{V,obs}) = 0.530.$$

Оценки эффективной температуры, сделанные по расчетам Куруца [13] для моделей с нормальным химическим составом и турбулентной скоростью в атмосфере, равной 2 км/с, дают для 40 Dga:

$$T_{eff}^a = 6420 \text{ K}, \quad T_{eff}^b = 6300 \text{ K}.$$

Используя среднее значение $V = 6.043$ [10–12] для суммарного блеска 40 Dga, величину параллакса из [8] ($d = 44.6$ пк), значение болометрической поправки для звезд F7 (В.С. = -0.02) и найденное нами различие блеска компонентов, мы получили значения характеристик каждого из

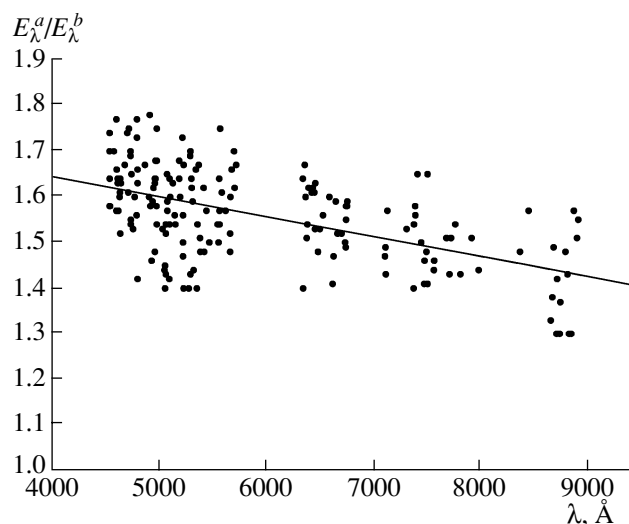


Рис. 2. Зависимость отношения блеска компонентов от длины волны $E^a/E^b = R^{a,obs}/R^{b,obs}$, полученная из измерений глубин линий для каждого из компонентов 40 Dga в спектрах с разделяющимися спектральными линиями металлов. Прямая соответствует линейной регрессии $E_\lambda^a/E_\lambda^b = 1.820 - 4.376 \times 10^{-5} \lambda[\text{Å}]$.

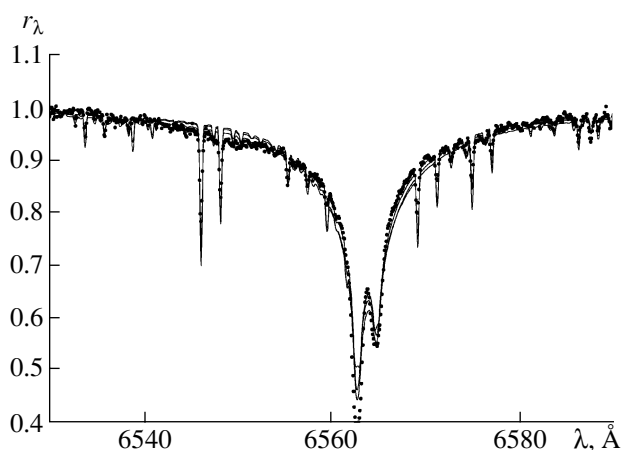


Рис. 3. Сопоставление наблюдаемого спектра системы 40 Dra в фазе 0.920 (точки) с теоретическими синтетическими спектрами (сплошные линии). Верхний спектр рассчитан для моделей атмосфер компонентов с параметрами $T_{eff}^a = 6500$ К, $\lg g^a = 4.00$ и $T_{eff}^b = 6500$ К, $\lg g^b = 4.50$, средний — $T_{eff}^a = 6420$ К, $\lg g^a = 4.17$ и $T_{eff}^b = 6300$ К, $\lg g^b = 4.29$, нижний — $T_{eff}^a = 6250$ К, $\lg g^a = 4.00$ и $T_{eff}^b = 6250$ К, $\lg g^b = 4.50$.

компонентов отдельно:

компонент *a*

$$\begin{aligned} V^a &= V + 2.5 \lg(1 + 10^{-0.4\Delta m^{V,obs}}) = 6.576^m, \\ M_{bol}^a &= 5 + V^a - 5 \lg d + \text{B.C.} = 3.309^m, \\ \lg(L/L_\odot)^a &= (4.72 - M_{bol}^a)/2.5 = 0.564, \\ \lg(R^a/R_\odot) &= [\lg(L/L_\odot)^a - 4 \lg(T/T_\odot)]/2 = 0.191; \end{aligned}$$

компонент *b*

$$\begin{aligned} V^b &= V^a + \Delta m^{V,obs} = 7.072^m, \\ M_{bol}^b &= 3.825^m, \\ \lg(L/L_\odot)^b &= 0.366, \\ \lg(R^b/R_\odot) &= 0.108. \end{aligned}$$

Полученные значения радиусов компонентов и оценки их масс из [8] позволили определить и значения ускорений силы тяжести на поверхности компонентов:

$$\lg g^a = 4.17 \quad \lg g^b = 4.29.$$

5. КОНТУРЫ ВОДОРОДНЫХ ЛИНИЙ

Для проверки правильности определения параметров атмосферы компонентов 40 Dra мы рассчитали суммарный синтетический спектр системы в области линии H α . С этой целью теоретические контуры, полученные по программе SintVa, разработанной Цимбалом [14], суммировались с учетом

сдвига по лучевым скоростям. Значения радиальных скоростей компонентов для наших спектров приведены в табл. 1. Теоретические контуры получались для нескольких наборов эффективных температур и ускорений силы тяжести моделей атмосфер компонентов. Величины микротурбулентных скоростей и скоростей вращения были получены из анализа линий металлов. Скорости вращения и микротурбулентные скорости близки в обоих компонентах и равны: $V \sin i = 6.5$ км/с и $V_t^a = V_t^b = 2.60$ км/с. На рис. 3 представлено сопоставление рассчитанных теоретических контуров с наблюдаемым для фазы 0.920. Теоретические синтетические спектры получены для трех наборов моделей:

- 1) компонент *a*: $T_{eff} = 6500$ К и $\lg g = 4.00$, компонент *b*: $T_{eff} = 6500$ К и $\lg g = 4.50$;
- 2) компонент *a*: $T_{eff} = 6420$ К и $\lg g = 4.17$, компонент *b*: $T_{eff} = 6300$ К и $\lg g = 4.29$;
- 3) компонент *a*: $T_{eff} = 6250$ К и $\lg g = 4.00$, компонент *b*: $T_{eff} = 6250$ К и $\lg g = 4.50$.

Соотношение светимостей компонентов при суммировании спектров, в соответствии с полученной нами разностью блеска, бралось равным $L^b/L^a = 0.64$. В целом совпадение теоретических и наблюдаемых контуров достаточно хорошее и не противоречит полученным нами оценкам эффективных температур и ускорений силы тяжести на поверхностях компонентов. К сожалению, в области температур, к которой относятся наши звезды, чувствительность контуров линий к изменению параметров слаба и не позволяет сделать однозначное заключение о температуре в пределах ± 250 К и о величине $\lg g$ в пределах ± 0.25 для наших спектров. К тому же необходимо отметить, что имеющиеся расхождения между наблюдениями и теоретическими контурами в пределах нескольких сотых по величине r_λ могут быть связаны с неадекватностью сферически-симметричных моделей реальным звездам, формы которых искажены влиянием спутника. Тем не менее, в пределах точности наших спектров выбранные параметры удовлетворительно представляют наблюдения.

6. СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА И МИКРОТУРБУЛЕНТНЫЕ СКОРОСТИ В АТМОСФЕРАХ КОМПОНЕНТОВ 40 Dra

Для определения содержания железа мы измерили эквивалентные ширины 76 линий FeI и 16 линий FeII. Для измерений использовались линии с $\lambda > 5260$ Å, где линии блендируются сравнительно несильно. Линии компонентов *a* и *b* разделяются достаточно хорошо. Эквивалентные ширины в спектре каждого из компонентов определяются через отношение блесков компонентов $l = E_\lambda^b/E_\lambda^a$ и

Таблица 3. Параметры линий и эквивалентные ширины FeI и содержание железа, найденное по каждой линии, в атмосферах компонентов *a* и *b* 40 Drg

| $\lambda, \text{Å}$ | $\epsilon_i, \text{эВ}$ | $\lg gf$ | $W_{\lambda}^a, \text{мÅ}$ | $\lg N(\text{Fe})^a$ | $W_{\lambda}^b, \text{мÅ}$ | $\lg N(\text{Fe})^b$ | $\lambda, \text{Å}$ | $\epsilon_i, \text{эВ}$ | $\lg gf$ | $W_{\lambda}^a, \text{мÅ}$ | $\lg N(\text{Fe})^a$ | $W_{\lambda}^b, \text{мÅ}$ | $\lg N(\text{Fe})^b$ |
|---------------------|-------------------------|----------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|---------------------|-------------------------|----------|----------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------|
| 5263.31 | 3.27 | -0.88 | 114.5 | 7.27 | 173.3 | 7.90 | 5266.56 | 3.00 | -0.39 | 190.4 | 7.57 | - | - |
| 5269.54 | 0.86 | -1.62 | 363.7 | 7.98 | 365.4 | 7.80 | 5273.16 | 3.29 | -0.99 | 93.8 | 7.09 | - | - |
| 5273.37 | 2.48 | -2.16 | 100.8 | 7.63 | - | - | 5281.79 | 3.04 | -0.83 | 135.4 | 7.34 | 133.4 | 7.19 |
| 5283.62 | 3.24 | -0.43 | 175.9 | 7.61 | 154.3 | 7.25 | 5285.13 | 4.44 | -1.64 | 42.1 | 7.89 | 50.2 | 7.97 |
| 5288.53 | 3.70 | -1.51 | 49.0 | 7.25 | 60.4 | 7.37 | 5321.11 | 4.34 | -0.95 | 61.5 | 7.47 | - | - |
| 5322.04 | 2.28 | -2.80 | 49.2 | 7.31 | - | - | 5324.18 | 3.21 | -0.10 | 182.8 | 7.38 | 201.1 | 7.43 |
| 5328.04 | 0.92 | -1.47 | 287.0 | 7.63 | 239.2 | 7.15 | 5328.53 | 1.56 | -1.85 | 168.8 | 7.56 | 156.6 | 7.24 |
| 5339.93 | 3.27 | -0.65 | 129.6 | 7.26 | 136.7 | 7.25 | 5341.02 | 1.61 | -1.95 | 154.3 | 7.50 | - | - |
| 5349.74 | 4.39 | -1.30 | 44.1 | 7.61 | 30.3 | 7.23 | 5353.37 | 4.10 | -0.84 | 97.7 | 7.67 | 85.4 | 7.41 |
| 5379.57 | 3.70 | -1.51 | 78.0 | 7.73 | 70.4 | 7.54 | 5383.377 | 4.31 | 0.64 | 156.6 | 7.13 | 178.3 | 7.25 |
| 5389.48 | 4.42 | -0.41 | 89.2 | 7.38 | 82.6 | 7.22 | 5391.46 | 4.15 | -0.82 | 84.2 | 7.50 | 117.6 | 7.88 |
| 5393.17 | 3.24 | -0.72 | 122.4 | 7.19 | 126.0 | 7.14 | 5394.68 | 4.19 | -1.62 | 30.8 | 7.54 | - | - |
| 5397.13 | 0.92 | -1.99 | 220.5 | 7.73 | 202.4 | 7.42 | 5397.19 | 4.45 | -2.34 | 5.5 | 7.56 | - | - |
| 5398.28 | 4.45 | -0.67 | 95.9 | 7.76 | - | - | 5400.50 | 4.37 | -0.16 | 131.4 | 7.66 | 151.7 | 7.78 |
| 5403.82 | 4.08 | -1.03 | 70.2 | 7.44 | 72.2 | 7.40 | 5404.11 | 4.31 | 0.22 | 200.3 | 7.92 | 163.2 | 7.54 |
| 5405.35 | 4.39 | -1.39 | 48.2 | 7.75 | - | - | 5405.77 | 0.99 | -1.84 | 187.7 | 7.30 | 221.6 | 7.52 |
| 6355.04 | 2.84 | -2.35 | 59.1 | 7.51 | 51.0 | 7.24 | 6358.69 | 4.14 | -1.66 | 55.1 | 7.87 | 61.7 | 7.91 |
| 6364.37 | 4.79 | -1.43 | 37.5 | 7.87 | - | - | 6380.75 | 4.19 | -1.34 | 54.5 | 7.61 | 48.2 | 7.45 |
| 6393.61 | 2.43 | -1.43 | 127.0 | 7.18 | 145.8 | 7.34 | 6400.01 | 3.60 | -0.29 | 176.0 | 7.66 | 157.3 | 7.38 |
| 6408.03 | 3.69 | -1.02 | 96.7 | 7.43 | 89.2 | 7.25 | 6411.66 | 3.65 | -0.60 | 108.9 | 7.17 | 123.8 | 7.29 |
| 6419.96 | 4.73 | -0.24 | 77.0 | 7.27 | 110.3 | 7.65 | 6421.36 | 2.28 | -2.03 | 108.6 | 7.36 | 124.5 | 7.48 |
| 6430.86 | 2.18 | -2.01 | 98.4 | 7.12 | 100.9 | 7.05 | 6469.19 | 4.84 | -0.77 | 43.7 | 7.42 | 68.2 | 7.73 |
| 6475.63 | 2.56 | -2.94 | 57.4 | 7.80 | 49.0 | 7.61 | 6481.88 | 2.28 | -2.98 | 47.7 | 7.47 | 51.8 | 7.41 |
| 6494.99 | 2.40 | -1.27 | 175.1 | 7.63 | - | - | 6495.74 | 4.84 | -0.94 | 24.0 | 7.11 | - | - |
| 6496.47 | 4.80 | -0.57 | 50.2 | 7.24 | - | - | 6498.95 | 0.96 | -4.70 | 21.2 | 7.54 | 19.1 | 7.29 |
| 6533.94 | 4.56 | -1.46 | 21.4 | 7.46 | - | - | 6546.24 | 2.76 | -1.54 | 88.5 | 7.03 | 98.8 | 7.07 |
| 6569.22 | 4.73 | -0.42 | 88.5 | 7.62 | 109.9 | 7.82 | 6575.04 | 2.59 | -2.71 | 53.0 | 7.55 | 55.3 | 7.49 |
| 6593.88 | 2.43 | -2.42 | 79.8 | 7.46 | - | - | 6597.57 | 4.80 | -1.07 | 50.5 | 7.78 | - | - |
| 6609.12 | 2.56 | -2.69 | 49.4 | 7.43 | - | - | 6625.04 | 1.01 | -5.35 | 10.5 | 7.72 | - | - |
| 6627.56 | 4.55 | -1.68 | 21.6 | 7.62 | 26.3 | 7.67 | 6633.43 | 4.84 | -1.49 | 24.2 | 7.70 | 16.3 | 7.53 |
| 6633.43 | 4.56 | -0.80 | 71.4 | 7.62 | - | - | 6639.72 | 4.61 | -1.72 | 32.2 | 7.88 | - | - |
| 6653.91 | 4.15 | -2.52 | 9.4 | 7.64 | - | - | 6663.25 | 4.56 | -1.13 | 45.5 | 7.58 | 36.5 | 7.32 |
| 6663.44 | 2.42 | -2.48 | 52.2 | 7.08 | - | - | 6678.00 | 2.69 | -1.42 | 118.9 | 7.26 | - | - |
| 6705.11 | 4.61 | -1.50 | 31.4 | 7.70 | - | - | 6713.75 | 4.80 | -1.60 | - | - | 13.3 | 7.52 |
| 6715.39 | 4.61 | -1.64 | 31.9 | 7.81 | 18.6 | 7.54 | 6726.67 | 4.10 | -0.83 | 68.9 | 7.18 | 69.5 | 7.12 |
| 6737.98 | 4.56 | -1.75 | 25.3 | 7.74 | 28.1 | 7.75 | 6739.52 | 1.56 | -4.79 | 4.4 | 7.38 | - | - |
| 6750.16 | 2.42 | -2.62 | 66.8 | 7.48 | - | - | 6752.72 | 4.64 | -1.20 | 27.0 | 7.33 | 26.8 | 7.24 |
| 6786.86 | 4.19 | -2.07 | 17.9 | 7.60 | 16.3 | 7.54 | 6806.86 | 2.75 | -3.21 | 37.0 | 7.85 | 28.1 | 7.64 |
| 6810.27 | 4.61 | -0.97 | 49.4 | 7.52 | 48.7 | 7.43 | | | | | | | |

Таблица 4. Коэффициенты зависимости относительного содержания железа от эквивалентной ширины линии при разных значениях турбулентной скорости, а также соответствующие средние величины $\lg N(\text{Fe})$ и среднеквадратичные ошибки этого среднего $\Delta(\lg N)$ для компонентов 40 Dga

| V_t , км/с | Компонент a | | | | Компонент b | | | |
|--------------|---------------|----------------------|--------------------|--------------------|---------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| | k | $\lg N(\text{Fe})_0$ | $\lg N(\text{Fe})$ | $\pm\Delta(\lg N)$ | k | $\lg N(\text{Fe})_0$ | $\lg N(\text{Fe})$ | $\pm\Delta(\lg N)$ |
| 2.30 | +0.00038 | 7.537 | 7.569 | 0.047 | +0.00116 | 7.487 | 7.509 | 0.064 |
| 2.50 | +0.00011 | 7.536 | 7.546 | 0.044 | +0.00011 | 7.466 | 7.478 | 0.055 |
| 2.60 | +0.00009 | 7.503 | 7.505 | 0.044 | -0.00032 | 7.456 | 7.453 | 0.033 |
| 2.70 | -0.00002 | 7.503 | 7.504 | 0.045 | -0.00049 | 7.448 | 7.431 | 0.035 |

Таблица 5. Параметры линий и эквивалентные ширины FeII и содержание железа, найденное по каждой линии, в атмосферах компонентов a и b 40 Dga

| λ , Å | ϵ_i , эВ | $\lg gf$ | W_λ^a , мÅ | $\lg N(\text{Fe})^a$ | W_λ^b , мÅ | $\lg N(\text{Fe})^b$ | λ , Å | ϵ_i , эВ | $\lg gf$ | W_λ^a , мÅ | $\lg N(\text{Fe})^a$ | W_λ^b , мÅ | $\lg N(\text{Fe})^b$ |
|---------------|-------------------|----------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|---------------|-------------------|----------|--------------------|----------------------|--------------------|----------------------|
| 4583.83 | 2.79 | -1.87 | 228.7 | 7.65 | 248.1 | 7.71 | 4620.52 | 2.83 | -3.29 | 75.0 | 7.15 | 103.3 | 7.60 |
| 5234.63 | 3.22 | -2.27 | 147.2 | 7.52 | 120.4 | 7.16 | 5264.79 | 3.25 | -3.23 | 89.8 | 7.64 | - | - |
| 5316.62 | 3.15 | -1.85 | 216.3 | 7.73 | 204.5 | 7.63 | 5325.55 | 3.22 | -3.32 | 62.5 | 7.28 | 49.2 | 7.11 |
| 5337.73 | 3.23 | -3.89 | 57.1 | 7.81 | - | - | 5525.13 | 3.27 | -3.94 | 30.6 | 7.49 | - | - |
| 5529.93 | 6.73 | -1.88 | 14.3 | 7.74 | - | - | 5534.85 | 3.24 | -2.73 | 91.6 | 7.15 | 127.4 | 7.69 |
| 5567.84 | 6.73 | -1.89 | 12.0 | 7.68 | 11.0 | 7.70 | 6369.46 | 2.89 | -4.16 | 40.0 | 7.52 | 31.6 | 7.37 |
| 6383.72 | 5.55 | -2.27 | 26.2 | 7.61 | 14.5 | 7.35 | 6416.93 | 3.89 | -2.85 | 60.2 | 7.33 | 52.5 | 7.27 |
| 6456.39 | 3.90 | -2.10 | 102.8 | 7.22 | 110.7 | 7.38 | 6516.08 | 2.89 | -3.32 | 90.8 | 7.35 | 128.9 | 7.92 |

наблюдаемые значения в суммарном спектре соотношениями: $W_\lambda^a = W_{\lambda,obs}^a(1+l) = 1.64W_{\lambda,obs}^a$ для компонента a и $W_\lambda^b = W_{\lambda,obs}^b(1+l)/l = 2.56W_{\lambda,obs}^b$ для компонента b . Эквивалентные ширины линий FeI с атомными параметрами и значениями $\ln N(\text{Fe})$, полученными при $V_t = 2.6$ км/с, для каждой из них приведены в табл. 3.

Расчеты проводились по программе KONTUR [15] для моделей с $T_{eff} = 6420$ К и $\lg g = 4.17$ для компонента a и $T_{eff} = 6300$ К и $\lg g = 4.29$ для компонента b при разных значениях

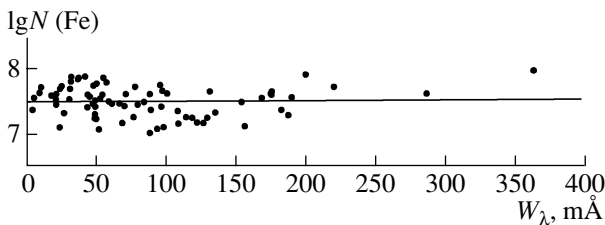


Рис. 4. Зависимость величины $\lg N(\text{Fe})$ от эквивалентной ширины линий при $V_t = 2.6$ км/с. Прямая представляет линейную регрессию с коэффициентами из табл. 4.

микротурбулентной скорости. По результатам определения $\lg N(\text{Fe})$ для различных значений V_t строились линейные регрессии

$$\lg N(\text{Fe}) = \lg N(\text{Fe})_0 + kW_\lambda,$$

которые дают возможность выбрать реальное значение V_t в атмосфере исследуемой звезды. Соответствующие величины приведены в табл. 4, из которой следует, что микротурбулентные скорости в атмосферах компонентов примерно одинаковы и близки к 2.6 км/с.

На рис. 4 приведен пример зависимости величины $\lg N(\text{Fe})$ от эквивалентной ширины линий при $V_t = 2.6$ км/с; прямая линия представляет линейную регрессию с практически отсутствующим изменением величины $\lg N(\text{Fe})$.

Линии нейтрального железа FeI дают следующие величины содержаний в атмосферах компонентов:

$$\begin{aligned} \text{компонент } a & \quad \lg N(\text{Fe}) = 7.505 \pm 0.044, \\ \text{компонент } b & \quad \lg N(\text{Fe}) = 7.456 \pm 0.033. \end{aligned}$$

В табл. 5 представлены эквивалентные ширины линий ионизованного железа FeII и соответствующие величины $\lg N(\text{Fe})$.

Таблица 6. Параметры линий и эквивалентные ширины CI и содержание железа, найденное по каждой линии, в атмосферах компонентов *a* и *b* 40 Dra

| $\lambda, \text{Å}$ | $\epsilon_i, \text{эВ}$ | $\lg gf$ | $W_{\lambda}^a, \text{мÅ}$ | $\lg N(C)^a$ | $W_{\lambda}^b, \text{мÅ}$ | $\lg N(C)^b$ | $\lambda, \text{Å}$ | $\epsilon_i, \text{эВ}$ | $\lg gf$ | $W_{\lambda}^a, \text{мÅ}$ | $\lg N(C)^a$ | $W_{\lambda}^b, \text{мÅ}$ | $\lg N(C)^b$ |
|---------------------|-------------------------|----------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------------|-------------------------|----------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| 4762.31 | 7.48 | -2.46 | 24.7 | 8.53 | — | — | 4762.53 | 7.48 | -2.34 | 30.2 | 8.53 | — | — |
| 4792.66 | 7.95 | -2.79 | 8.7 | 8.60 | 6.1 | 8.56 | 4817.37 | 7.48 | -3.04 | 8.1 | 8.53 | 7.1 | 8.53 |
| 4932.05 | 7.68 | -1.88 | 35.5 | 8.28 | 34.2 | 8.37 | 5039.05 | 7.95 | -1.79 | 29.6 | 8.30 | — | — |
| 5039.10 | 7.95 | -2.29 | 14.8 | 8.50 | — | — | 5052.17 | 7.68 | -1.65 | 57.7 | 8.48 | 41.1 | 8.24 |
| 5380.34 | 7.68 | -1.84 | 35.9 | 8.28 | — | — | 5515.55 | 8.85 | -2.34 | 2.0 | 8.59 | — | — |
| 5793.12 | 7.95 | -2.06 | 18.9 | 8.42 | 14.8 | 8.36 | 5800.60 | 7.95 | -2.34 | 10.9 | 8.44 | — | — |
| 6586.27 | 9.00 | -1.89 | 8.2 | 8.61 | 10.2 | 8.76 | 6587.61 | 8.54 | -1.60 | 18.6 | 8.47 | 35.2 | 8.84 |
| 6588.64 | 9.17 | -2.20 | 1.9 | 8.62 | — | — | 6595.24 | 8.85 | -2.41 | 1.2 | 8.50 | — | — |
| 6602.41 | 8.85 | -1.38 | 12.0 | 8.12 | 10.1 | 8.18 | 6605.78 | 8.85 | -2.31 | 1.5 | 8.44 | — | — |
| 7116.99 | 8.65 | -0.91 | 45.6 | 8.40 | 35.5 | 8.31 | 7119.66 | 8.64 | -1.15 | 27.0 | 8.22 | 27.0 | 8.41 |
| 9061.43 | 7.48 | -0.35 | 157.4 | 8.02 | 160.3 | 8.15 | 9062.49 | 7.48 | -0.46 | 155.4 | 8.11 | 152.4 | 8.19 |
| 9078.29 | 7.48 | -0.58 | 150.8 | 8.19 | 200.8 | 8.70 | 9088.52 | 7.48 | -0.43 | 164.9 | 8.17 | 178.9 | 8.42 |
| 9094.83 | 7.49 | 0.15 | 257.6 | 8.36 | 220.8 | 8.14 | | | | | | | |

Таблица 7. Параметры линий и эквивалентные ширины NI и содержание железа, найденное по каждой линии, в атмосферах компонентов *a* и *b* 40 Dra

| $\lambda, \text{Å}$ | $\epsilon_i, \text{эВ}$ | $\lg gf$ | $W_{\lambda}^a, \text{мÅ}$ | $\lg N(N)^a$ | $W_{\lambda}^b, \text{мÅ}$ | $\lg N(N)^b$ | $\lambda, \text{Å}$ | $\epsilon_i, \text{эВ}$ | $\lg gf$ | $W_{\lambda}^a, \text{мÅ}$ | $\lg N(N)^a$ | $W_{\lambda}^b, \text{мÅ}$ | $\lg N(N)^b$ |
|---------------------|-------------------------|----------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|---------------------|-------------------------|----------|----------------------------|--------------|----------------------------|--------------|
| 7468.31 | 10.34 | -0.19 | 21.4 | 8.11 | 18.4 | 8.14 | 8210.71 | 10.33 | -0.71 | 9.9 | 8.07 | 9.2 | 8.13 |
| 8216.33 | 10.34 | 0.13 | 25.7 | 7.90 | 16.6 | 7.71 | 8223.13 | 10.33 | -0.27 | 16.4 | 7.98 | 15.1 | 8.03 |
| 8242.39 | 10.34 | -0.26 | 22.3 | 8.12 | 20.6 | 8.18 | 8680.28 | 10.34 | -0.46 | 17.6 | 8.13 | 16.4 | 8.21 |
| 8683.40 | 10.33 | 0.09 | 47.2 | 8.30 | 38.2 | 8.27 | 8686.15 | 10.33 | -0.30 | 27.0 | 8.24 | 28.4 | 8.42 |
| 8703.25 | 10.33 | -0.32 | 24.6 | 8.20 | 19.1 | 8.18 | 8711.71 | 10.33 | -0.23 | 28.3 | 8.21 | 23.4 | 8.21 |
| 8718.83 | 10.34 | -0.33 | 16.5 | 8.02 | 19.0 | 8.19 | | | | | | | |

Средние значения содержания железа, полученные по линиям FeII, для каждого из компонентов равны:

компонент *a* $\lg N(\text{Fe}) = 7.492 \pm 0.035$,
 компонент *b* $\lg N(\text{Fe}) = 7.503 \pm 0.078$.

Среднеквадратичные ошибки среднего характеризуют внутреннюю точность полученных величин и показывают совпадение чисел в пределах ошибок. Таким образом, содержание железа в атмосферах компонентов 40 Dra практически совпадает с солнечным содержанием ($\lg N(\text{Fe})_{\odot} = 7.50$) [16].

7. СОДЕРЖАНИЕ УГЛЕРОДА, АЗОТА И КИСЛОРОДА В АТМОСФЕРАХ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ

Содержания углерода, азота и кислорода в атмосферах компонентов спектрально-двойной 40 Dra определялось по линиям, измеренным, в

основном, в красной области спектра. Методика определения описана в работе по анализу компонентов 41 Dra [3].

В табл. 6, 7 и 8 приведены параметры линий CI, NI и OI, измеренных в спектре системы 40 Dra. Здесь же даны значения эквивалентных ширин W_{λ} в мÅ и значения содержания углерода ($\lg N(C)$), азота ($\lg N(N)$) и кислорода ($\lg N(O)$) для каждого из компонентов. Значения W_{λ} для компонент определялись по измеренным величинам разделяющихся линий так же, как и для линий железа.

Модели атмосфер и методика определения содержания элемента здесь те же, что использовались и для анализа линий железа. Величины $\lg gf$ выбирались, в основном, из списка VALD [17].

Средние величины содержания углерода, определенные из сравнении наблюдаемых и рассчитан-

Таблица 8. Параметры линий и эквивалентные ширины ОI и содержание железа, найденное по каждой линии, в атмосферах компонентов *a* и *b* 40 Dra

| $\lambda, \text{\AA}$ | $\varepsilon_i, \text{эВ}$ | $\lg gf$ | $W_{\lambda}^a, \text{м\AA}$ | $\lg N(\text{O})^a$ | $W_{\lambda}^b, \text{м\AA}$ | $\lg N(\text{O})^b$ | $\lambda, \text{\AA}$ | $\varepsilon_i, \text{эВ}$ | $\lg gf$ | $W_{\lambda}^a, \text{м\AA}$ | $\lg N(\text{O})^a$ | $W_{\lambda}^b, \text{м\AA}$ | $\lg N(\text{O})^b$ |
|-----------------------|----------------------------|----------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|-----------------------|----------------------------|----------|------------------------------|---------------------|------------------------------|---------------------|
| 6155.96 | 10.74 | -1.36 | 2.1 | 8.84 | — | — | 6155.97 | 10.74 | -1.01 | 3.9 | 8.79 | — | — |
| 6155.98 | 10.74 | -1.12 | 3.2 | 8.81 | — | — | 6158.18 | 10.74 | -1.00 | 3.0 | 8.53 | — | — |
| 6158.19 | 10.74 | -0.41 | 14.8 | 8.82 | — | — | 7771.94 | 9.15 | 0.37 | 143.4 | 8.92 | 119.9 | 8.80 |
| 7774.16 | 9.15 | 0.22 | 111.7 | 8.71 | 108.1 | 8.81 | 7775.39 | 9.15 | 0.00 | 105.6 | 8.85 | 102.3 | 8.73 |
| 8446.25 | 9.52 | -0.46 | 50.0 | 8.73 | 41.5 | 8.72 | 8446.36 | 9.52 | 0.24 | 100.0 | 8.75 | 82.9 | 8.66 |
| 8446.76 | 9.52 | 0.01 | 80.0 | 8.70 | 66.3 | 8.65 | | | | | | | |

Таблица 9. Содержания легких элементов и железа $\lg N(\text{Elem})$ в атмосферах компонентов ADS 11061 и звезд сравнения

| Элемент | Солнце | Процион А | 40 Dra | | 41 Dra | |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | | | компонент | | | |
| | | | <i>a</i> | <i>b</i> | <i>a</i> | <i>b</i> |
| C | 8.69 ± 0.05 | 8.73 ± 0.05 | 8.39 ± 0.04 | 8.45 ± 0.03 | 8.52 ± 0.04 | 8.58 ± 0.03 |
| N | 8.08 ± 0.03 | 8.18 ± 0.06 | 8.12 ± 0.05 | 8.15 ± 0.08 | 8.05 ± 0.07 | 7.99 ± 0.03 |
| O | 8.81 ± 0.04 | 8.86 ± 0.14 | 8.77 ± 0.03 | 8.74 ± 0.03 | 8.73 ± 0.07 | 8.76 ± 0.06 |
| Fe | 7.50 ± 0.05 | 7.43 ± 0.04 | 7.50 ± 0.05 | 7.46 ± 0.05 | 7.55 ± 0.04 | 7.60 ± 0.04 |

ных значений эквивалентных ширин, для атмосфер компонентов *a* и *b* 40 Dra составляют:

$$\begin{aligned} \text{компонент } a & \quad \lg N(\text{C}) = 8.388 \pm 0.036, \\ \text{компонент } b & \quad \lg N(\text{C}) = 8.448 \pm 0.031. \end{aligned}$$

Средние величины содержаний азота в атмосферах компонентов *a* и *b* 40 Dra составляют:

$$\begin{aligned} \text{компонент } a & \quad \lg N(\text{N}) = 8.116 \pm 0.054, \\ \text{компонент } b & \quad \lg N(\text{N}) = 8.152 \pm 0.077. \end{aligned}$$

Содержание кислорода в атмосферах компонентов 40 Dra определялось по линиям четырех триплетов в красной области с $\lambda > 6100 \text{\AA}$. Эти линии достаточно сильны и практически не блендированы, поэтому содержание кислорода определяется довольно уверенно. Для атмосферы каждого из компонентов эта величины равна:

$$\begin{aligned} \text{компонент } a & \quad \lg N(\text{O}) = 8.768 \pm 0.031, \\ \text{компонент } b & \quad \lg N(\text{O}) = 8.735 \pm 0.028. \end{aligned}$$

8. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Для анализа точности наших данных и выявления особенностей атмосфер компонентов системы ADS 11061 мы провели сравнение полученных величин содержаний элементов с химическим составом атмосфер Солнца и Проциона А. Для этого, используя нашу методику, мы определили содержание железа, углерода, азота и кислорода

в атмосфере Солнца. Модель атмосферы бралась с параметрами $T_{eff} = 5770 \text{ K}$, $\lg g = 4.44$, $V_t = 0.85 \text{ км/с}$. Эквивалентные ширины линий FeI, FeII, CI, NI и OII выбирались из [18]. Полученные величины приведены в табл. 9, они совпадают с общепринятыми данными по химическому составу Солнца и метеоритов [16].

Такой же анализ содержаний этих элементов мы проделали для атмосферы Проциона А, используя наши измерения эквивалентных ширин линий по эшельным спектрам, полученным на телескопе Цейсс-2000 (МЦАМЭИ, пик Терскол) Ф.А. Мусавым [5]. Список спектральных линий такой же, как и для компонентов системы ADS 11061. Модель атмосферы для Проциона А выбиралась интерполяцией из моделей Куруца [13] с параметрами $T_{eff} = 6530 \text{ K}$, $\lg g = 3.96$, $V_t = 2.40 \text{ км/с}$, взятыми из работы [19]. Полученные данные вместе с определениями для компонентов ADS 11061 представлены в табл. 9.

Данные для всех звезд по каждому элементу в пределах ошибок практически совпадают, тем не менее можно выделить некоторые тенденции, свидетельствующие о различиях эволюционных изменений химического состава атмосфер рассматриваемых звезд. Небольшой дефицит углерода и

небольшой избыток азота в атмосферах компонентов 40 Dra по сравнению с Солнцем могут свидетельствовать о наличии слабого перемешивания между ядром и атмосферой в этих звездах. Такое перемешивание на стадии горения водорода в ядре при работе равновесного CN-цикла приводит к увеличению содержания азота и уменьшению содержания углерода в атмосфере, поскольку в ядре практически весь углерод при выходе к равновесному CN-циклу превращается в азот.

В то же время отсутствие таких различий в химическом составе атмосфер компонентов 41 Dra показывает, что в этих звездах перемешивание отсутствует. Скорее всего указанные различия в компонентах системы ADS 11061 связаны с существенной разницей в величинах периодов систем 40 Dra и 41 Dra. В первом случае период близок к 10 сут, а расстояние между компонентами составляет около 0.1 а.е. и воздействие компонентов друг на друга постоянно, в то же время для 41 Dra период равен 1246.7 сут, а расстояние между компонентами большую часть времени превышает 3 а.е. и только в момент прохождения периастра приближается к величине меньше 0.1 а.е. на очень короткий промежуток времени. Вероятно, для 40 Dra постоянное и более сильное по сравнению с тем, что имеется в 41 Dra, взаимодействие приводит к возникновению перемешивания. В то же время для 41 Dra “ударные” гравитационные нагрузки при прохождении периастра и сближении компонентов на расстояние в несколько радиусов звезд не способны вызвать заметное перемешивание.

Содержание железа в атмосферах компонентов ADS 11061 в среднем равно солнечному. Таким образом, в компонентах системы ADS 11061 не видно следов гравитационного разделения элементов, в отличие от Проциона А [19]. И поскольку параметры всех компонентов системы ADS 11061 и Проциона А близки друг другу, а возрасты примерно одинаковы (около 2.5 млрд. лет), можно утверждать, что это различие связано с разницей в параметрах орбит спектрально-двойных пар. В ADS 11061 компоненты равных масс близки, а в системе Проциона спутник—белый карлик достаточно далек от главной звезды и не может оказывать на нее такого воздействия, которое ведет к возникновению перемешивания.

Обсуждаемые выше эффекты находятся на грани обнаружения, и поэтому вопрос о точности полученных данных является определяющим. Совпадение наших величин содержаний элементов, полученных для Солнца и Проциона А, с данными в [19, 20], свидетельствует о достаточной уверенности данных, приведенных в табл. 9, и, следовательно, о корректности сделанных выводов. Необходимо отметить, что здесь основные ошибки связаны с неуверенностями в параметрах моделей

атмосфер исследуемых звезд, однако достаточно точное представление наблюдаемых величин подтверждает реальность используемых параметров. Переход к расчетам с 3D-моделями [21] меняет величины содержаний элементов по сравнению с используемыми нами 1D-моделями. Для железа эти поправки сравнительно малы: $\lg N(\text{Fe})_{\odot} = 7.45 \pm 0.05$, $\lg N(\text{Fe})_{Proc} = 7.36 \pm 0.03$; в то же время для С, N и O эти поправки более существенны и достигают $-0.2 \dots -0.3$ dex. Однако введение таких поправок не изменяет дифференциальных отличий между звездами, на основе которых сделаны вышеприведенные выводы.

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Спектральные наблюдения двойной системы 40 Dra, входящей в иерархическую кратную систему ADS 11061, проведенные на 1-м телескопе САО РАН и 2-м телескопе МЦАМЭИ, позволили проделать раздельный анализ атмосфер каждого из компонентов 40 Dra. Все наблюдательные данные в пределах точности измерений указывают на то, что величины эффективных температур компонентов системы составляют 6420 и 6300 К соответственно для главного и вторичного компонента.

Содержание железа в атмосферах компонентов практически совпадают с солнечным. Примерно такие же соотношения наблюдаются и в содержаниях углерода, азота и кислорода. Тем не менее, небольшие различия в содержаниях элементов компонентов 40 Dra и 41 Dra можно объяснить наличием небольшого перемешивания в атмосферах компонентов 40 Dra и отсутствием его в компонентах 41 Dra. Перемешивание в первой системе стимулируется постоянным гравитационным воздействием компонентов, это же воздействие в системе 41 Dra из-за кратковременности (только в моменты прохождения периастра) не способно привести к наблюдаемым эффектам.

Авторы благодарят Ф.А. Мусаева за получение спектров 40 Dra.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (код проекта 04-02-17563).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. S. L. Boothroyd, Publ. Domin. Astrophys. Observ. **1**, 246 (1920).
2. А. А. Токовинин, Письма в “Астрон. журн.” **21**, 286 (1995).
3. Ю. Ю. Балегга, В. В. Леушин, Г. Вайгельт, Астрон. журн. (2004).
4. Ф. А. Мусаев, Письма в “Астрон. журн.” **19**, 776 (1993).

5. Ф. А. Мусаев, Г. А. Галазутдинов, А. В. Сергеев и др., Кинем. и физ. небесн. тел **15**, 282 (1999).
6. Г. А. Галазутдинов, ftp.sao.ru (2002).
7. M. A. Al-Wardat, Bull. Special Astrophys. Observ. **53**, 51 (2002).
8. A. Tokovinin, Yu. Yu. Balega, E. A. Pluzhnik, *et al.*, Astron. and Astrophys. **409**, 245 (2003).
9. A. H. Batten, J. M. Fletcher, and D. G. MacCarthy, *Eight catalogue of the orbital elements of spectroscopic binary systems*, Publ. Domin. Astrophys. Observ. **17** (1989).
10. H. L. Johnson and W. W. Morgan, Astrophys. J. **117**, 313 (1953).
11. В. Г. Корнилов, И. М. Волков, А. И. Захаров и др., *Каталог UBV R ярких звезд северного неба*, Тр. Гос. астрон. ин-та им. П.К. Штернберга **63** (1991).
12. *The Hipparcos and Tycho Catalogues*, ESA SP-1200 (ESA, 1997).
13. R. Kurucz, <http://kurucz.harvard.edu>.
14. В. В. Цимбал, *Магнитные звезды* (Нижний Архыз: САО РАН, 2004, в печати).
15. В. В. Леушин, Г. П. Топильская, *Астрофизика* **22**, 121 (1985).
16. N. Grevesse and A. J. Sauval, Astron. and Astrophys. **347**, 348 (1999).
17. F. Kupka, N. E. Piskunov, T. A. Ryabchikova, *et al.*, Astron. and Astrophys. Suppl. Ser. **138**, 119 (1999).
18. Ch. E. Moore, M. G. J. Minnaert, and J. Houtgast, *The Solar Spectrum 2935 Å to 8770 Å*, NBS Monograph 61 (Washington, 1966).
19. P. Kervella, F. Thevenin, P. Morel, *et al.*, arXiv: astro-ph/0309148 (2003).
20. C. A. Prieto, M. Asplund, R. J. G. Lopez, and D. L. Lambert, Astrophys. J. **576**, 544 (2002).
21. M. Asplund, astro-ph/0302409 (2003).

CHEMICAL COMPOSITION OF THE ATMOSPHERES OF THE COMPONENTS OF THE QUADRUPLE SYSTEM ADS 11061. 40 DRACONIS

Y. Y. Balega, V. V. Leushin, and M. K. Kuznetsov

Spectroscopic observation of the system 40 Dra were performed in the course of the study of the quadruple hierarchical system ADS 11061. The echelle spectra were obtained in the spectral region 3700–9200 Å with resolved lines of the components. Effective temperatures and surface gravities were defined using the B–V photometry and the contours of hydrogen lines. The parameters of 40 Dra are close to the following: $T_{eff}^a = 6420$ K, $\lg g^a = 4.17$, $T_{eff}^b = 6300$ K, $\lg g^b = 4.20$. The obtained microturbulent velocity in atmospheres is $V_t = 2.6$ km/s. We have found the iron, carbon, nitrogen and oxygen abundances in the atmospheres of the components: $\lg N(\text{Fe})^a = 7.50$, $\lg N(\text{Fe})^b = 7.46$, $\lg N(\text{C})^a = 8.39$, $\lg N(\text{C})^b = 8.45$, $\lg N(\text{N})^a = 8.12$, $\lg N(\text{N})^b = 8.15$, $\lg N(\text{O})^a = 8.77$, $\lg N(\text{O})^b = 8.74$.