

УДК 524.316.7.022–56

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОСТИ АТМОСФЕРЫ κ CAS. II. ПЕРЕМЕННОСТЬ ПРОФИЛЕЙ ВЕТРОВЫХ ЛИНИЙ $H\gamma$, $H\beta$ и $H\alpha$

© 2017 А. Х. Рзаев^{1,2*}¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Нижний Архыз, 369167 Россия²Шамахинская астрофизическая обсерватория НАН Азербайджана, Шамахи, AZ 5626 Азербайджан

Поступила в редакцию 31 июля 2017 года; принята в печать 26 сентября 2017 года

Исследована переменность профилей линий $H\gamma$, $H\beta$ и $H\alpha$ в спектре сверхгиганта κ Cas. Характер переменности оказался одинаковым для всех указанных линий: на их профили накладываются синесмещенная, центральная и красносмещенная эмиссии. Для линий $H\gamma$ позиции эмиссий совпадают с таковыми для линий $He I \lambda 5876$, 6678 \AA и составляют около $-135 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$, $-20 \pm 20 \text{ км с}^{-1}$, $135 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$, а на профиле линий $H\beta$ они зафиксированы на позициях около $-170.0 \pm 70.0 \text{ км с}^{-1}$, $20 \pm 30 \text{ км с}^{-1}$ и $170.0 \pm 70.0 \text{ км с}^{-1}$. Для линий $H\alpha$ положения синесмещенной и центральной эмиссий такие же, как у линий $H\beta$, и дополнительно появляется синесмещенная эмиссия на позиции $-135.0 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$, а на красном крыле следы эмиссий не видны. Более явно эти эмиссии наблюдаются на ветровых линиях, но следы их заметны на всех фотосферных линиях. При переходе от ветровых линий к фотосферным уменьшается интенсивность накладывающихся эмиссионных компонент, а также абсолютные значения их позиций в лучевых скоростях на крыльях линий. Обнаруженные V/R -переменности исследованных линий в спектре κ Cas и переменность эмиссионной линии $H\alpha$ свидетельствуют о том, что эта звезда — сверхгигант с Ве-феноменом.

Ключевые слова: *сверхгиганты — звезды: индивидуальные: κ Cas*

1. ВВЕДЕНИЕ

В работе [1] нами было начато изучение нестационарности атмосферы сверхгиганта κ Cas, который, несмотря на большую яркость, $V = 4^m 17$ [2], спектроскопически исследован очень мало. Мы рассмотрели изменения со временем лучевых скоростей и профилей линий $Si III$, $O II$, $He I$, H_{10} – $H\delta$ и $He I \lambda 5876$, 6678 \AA . Для изучения стратификации лучевой скорости в атмосфере κ Cas были рассчитаны росселландовские глубины формирования линий. По полученным величинам $\lg \tau_\lambda$ линии условно были разделены на три категории: фотосферные (слабые линии $He I$, линии $O II$ и $Si III$), сильные фотосферные (сильные линии $He I$ и линии от H_{10} до $H\delta$) и ветровые линии ($He I \lambda 6678$, 5876 \AA , линии $H\gamma$, $H\beta$ и $H\alpha$), формирующиеся соответственно в нижних, промежуточных и верхних слоях атмосферы.

Также в работе [1] было показано, что переменность лучевых скоростей всех исследуемых линий в основном обусловлена нерадиальными пульсациями. В случае фотосферных линий переменность

лучевой скорости носит квазипериодический характер. Для ветровых линий $He I \lambda 5876$, 6678 \AA картины переменности лучевой скорости со временем отличаются друг от друга и от фотосферных линий. Было установлено, что на профили линий накладываются эмиссионные компоненты соответственно на позициях около $-135 \pm 10.0 \text{ км с}^{-1}$, $-20 \pm 20 \text{ км с}^{-1}$ и $135 \pm 10.0 \text{ км с}^{-1}$. Эти эмиссии более явно видны на ветровых линиях $He I \lambda 5876$, 6678 \AA , но их следы заметны на всех фотосферных линиях. В данной работе рассматривается переменность профилей линий $H\gamma$, $H\beta$ и $H\alpha$.

2. НАБЛЮДЕНИЯ И ИЗМЕРЕНИЯ

Для исследования нестационарности атмосферы κ Cas мы используем спектры, полученные на кудэ-спектрографе 2-м телескопа на пике Терскол в течение 36 ночей с 31 августа по 07 октября 1999 г. (JD 2451422–2451458). Далее для единообразия и простоты в тексте и на рисунках даты получения спектров отмечены аналогичным образом, как в таблице из работы [1], т.е. приводятся две последние целые цифры юлианской даты $NN = JD - JD_0$, где $JD_0 = 2451400$. Наблюдательный материал, детали обработки и сведения

*E-mail: abid@sao.ru

о точности измерений спектрофотометрических и позиционных параметров линий представлены в работе [1]. Здесь отметим, что за время наблюдений были получены 29 кудэ-эшелле спектров со спектральным разрешением $R = 45\,000$ и отношением S/N 80–600, из них 25 спектров — в течение одиннадцати последовательных ночей ($JD_0 + 48–58$). Для исследования быстрой переменности профилей линий со временем использованы данные ночей $JD_0 + 52$ (четыре спектра), 54 (четыре спектра) и 58 (пять спектров). В остальные даты наблюдений было получено по два спектра, которые для каждой ночи были усреднены.

Для измерения позиционных и спектрофотометрических параметров линий (W_λ и центральная глубина $R_0 = 1 - r_0$) применялся пакет программ DECH20¹. Нуль-пункт шкалы лучевой скорости устанавливался по теллурическим линиям H_2O и O_2 . По 80 теллурическим линиям ошибки измерения составили не более $|0.1| \pm 0.1 \text{ км с}^{-1}$. Ошибки измерения лучевой скорости звездных линий не превышают величин $\pm 0.7 \text{ км с}^{-1}$ и $\pm 1.2 \text{ км с}^{-1}$ для групп и отдельных линий соответственно [1]. Для накладывающихся эмиссионных компонент они приведены в Подразделе 3.1. Ошибки измерения спектрофотометрических параметров контролировались по межзвездным (IS) линиям и диффузным межзвездным полосам (DIBs). Среднеквадратическое отклонение от среднего для эквивалентных ширин и остаточных интенсивностей не превышает значений $\pm 0.007 \text{ \AA}$ и 0.003 соответственно.

3. ПЕРЕМЕННОСТЬ ПРОФИЛЕЙ ЛИНИЙ $H\gamma$, $H\beta$, $H\alpha$

Явная быстрая переменность профилей линий не наблюдалась, и спектры, полученные в течение одной ночи, мы усредняли. Для изучения переменности профилей линий $H\gamma$, $H\beta$, $H\alpha$ на длительных временных масштабах использованы данные в промежутке времени $JD_0 + 48–58$, когда были проведены непрерывные наблюдения. Профили линий $H\gamma$ и $H\beta$ для всех 29 полученных спектров представлены на рис. 1. Как видно на рис. 1а, линия $H\gamma$ блендирована (в основном линиями $O\text{ II}$), и ее переменность исследовалась в интервале интенсивностей $r_0 \leq r \leq 0.9$.

3.1. Линии $H\gamma$, $H\beta$

Для выявления особенностей переменности были сопоставлены профили линий, полученные в последовательные ночи. Эти профили для линий

$H\gamma$ и $H\beta$ представлены на рис. 1с, 1д. Для наглядности мы объединили их в четыре группы, и в каждую следующую группу включен последний по дате профиль из предыдущей группы. Даты получения спектров указаны числами в принятых обозначениях ($NN = JD - JD_0$).

Сопоставление профилей линий показало, что их спектрофотометрическая переменность вызвана появлением и исчезновением эмиссий, которые накладываются на профиль в трех позициях: синесмещенная, центральная и красносмещенная эмиссии. Отметим, что только для линий $H\beta$, когда наблюдались сильные эмиссионные компоненты (красносмещенная в ночь $JD_0 + 52$, синесмещенная — $JD_0 + 53$), можно прямым образом с точностью $\pm 60.0 \text{ км с}^{-1}$ измерить лучевую скорость эмиссионных пиков. В остальных случаях для выявления картины переменности и позиций эмиссионных компонент из каждого профиля был вычтен профиль, полученный в предыдущую дату. Разницы профилей Δr представлены на рис. 1е, 1f соответственно для линии $H\gamma$ и $H\beta$. Числа указывают юлианские даты (NN) получения профилей, для которых определена разница.

Для линии $H\gamma$ картины разницы профилей Δr (рис. 1е) оказались схожими с найденными ранее для линии $He\text{ I } \lambda 5876 \text{ \AA}$ [1]. Сопоставление профилей, полученных в ночи $JD_0 + 48$ и 49 (соответственно жирная и тонкая сплошные линии на рис. 1с,), показывает, что во вторую ночь наблюдения примерно на позиции $-20.0 \pm 40.0 \text{ км с}^{-1}$ (рис. 1е, центр горба кривой 49–48) появляется центральная эмиссия. В третью ночь ($JD_0 + 50$) интенсивность центральной эмиссии (здесь и далее относительно предыдущей даты) увеличивается (рис. 1с, снизу первая группа профилей, 50 — пунктирная линия), происходит ее сдвиг в красную часть спектра на позицию около 40.0 км с^{-1} (рис. 1е, центр горба кривой 50–49). Красносмещенная эмиссия наблюдается в ночь $JD_0 + 52$ (рис. 1с, снизу вторая группа профилей, 52 — тонкая линия) на позиции $135 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$ (рис. 1е, кривая 52–50). Через сутки ($JD_0 + 53$) она почти исчезает, а на синем крыле появляется синесмещенная эмиссия (рис. 1с, снизу вторая группа профилей, 53 — жирная линия) на позиции около $-135 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$ (рис. 1е, центр горба кривой 53–52). Таким образом, переменность профиля линии $H\gamma$ в основном обусловлена появлением, усилением и исчезновением этих эмиссионных компонент.

Характер переменности и картины разницы профилей Δr (рис. 1f) в случае линии $H\beta$ такие же, как у линии $H\gamma$, но изменения формы профилей

¹<http://www.gazinur.com>

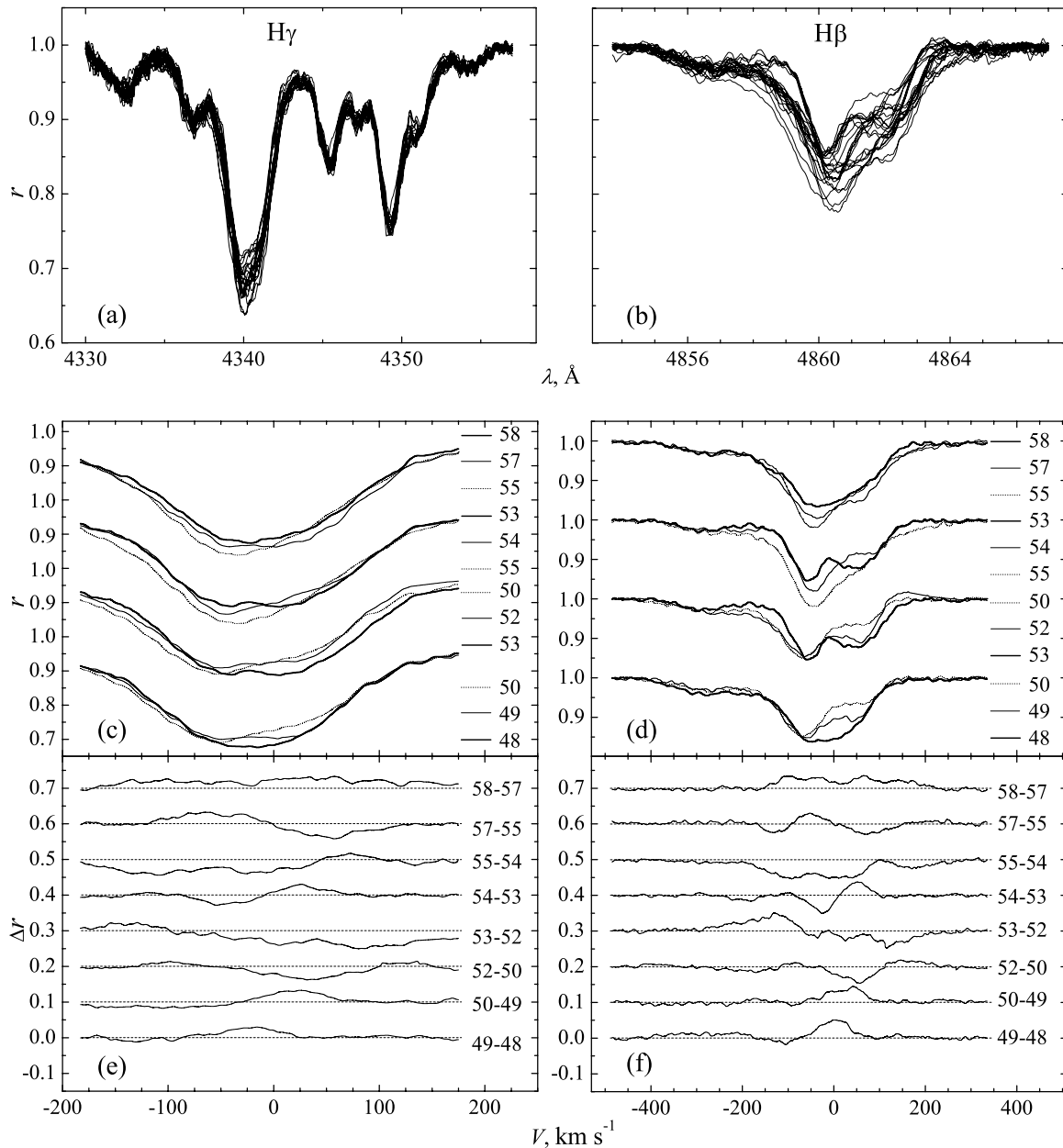


Рис. 1. Профили линий H γ (a) и H β (b) в спектре κ Cas по результатам наших наблюдений. Вертикальный масштаб на обоих рисунках одинаков. (c), (d) — то же, что (a), (b), но в сопоставлении по группам с последовательными датами, профили по данным одной ночи усреднены. Числами NN отмечены даты получения спектров, где NN = JD - 2451400. (e), (f) — разницы профилей, полученных в последовательные ночи NN $_j$ и NN $_i$.

сильнее выражены. Можно отметить, что наблюдаемые детали: максимально сине- и красномещенные профили, появление и исчезновение эмиссии на синем и красном крыльях линий, одинаковы для обеих линий. Поэтому особенности переменности, выявленные при анализе профилей линии H β , также характерны для H γ .

Во вторую ночь наблюдения (JD $_0$ + 49) примерно на позиции -5.0 ± 40.0 км с $^{-1}$ появляется центральная эмиссия (рис. 1d, тонкая линия 49 и

рис. 1f, кривая 49—48). В третью ночь (JD $_0$ + 50) интенсивность центральной эмиссии увеличивается (рис. 1d, первая группа профилей снизу, 50 — пунктирная и 49 — тонкая линия), эмиссия незначительно сдвигается в красную часть спектра на позицию около 20.0 ± 60.0 км с $^{-1}$ (рис. 1f, центр горба кривой 50—49). В течение этих трех суток существенные изменения на крыльях линии не наблюдаются. Для четвертой ночи данных нет, а в пятую (JD $_0$ + 52) зафиксировано уменьшение ин-

тенсивности центральной эмиссии (рис. 1d, вторая снизу группа профилей, 52 — тонкая и 50 — пунктирная), которая почти не изменила своего положения (рис. 1f, центр абсорбционной детали кривой 52–50). Уменьшение интенсивности центральной эмиссии продолжается до $JD_0 + 53$ включительно.

В ночь $JD_0 + 54$ опять возрастает интенсивность центральной эмиссии (рис. 1d, снизу третья группа профилей, 54 — тонкая и 53 — жирная линия), которая остается на той же позиции (рис. 1f, центр горба кривой 54–53). При этом также происходит усиление интенсивности абсорбции на позиции около -60.0 км с^{-1} . Через сутки, в ночь $JD_0 + 55$, центральная эмиссия исчезает, интенсивность абсорбции становится максимальной, и мы наблюдаем самую сильную и синесмещенную абсорбционную линию (рис. 1d, профили 54 — тонкая и 55 — пунктирная линия). Разница профилей (рис. 1d, кривая 55–54) выглядит как выемка. Через двое суток, в ночь $JD_0 + 57$, центральная эмиссия вновь появляется и усиливается ($JD_0 + 58$), следовательно, уменьшается интенсивность абсорбционного ядра.

На профиле линии $H\beta$ красносмещенная эмиссия в явном виде наблюдается в ночь $JD_0 + 52$ (рис. 1d, профиль 52 — тонкая линия), на позиции около $170 \pm 70.0 \text{ км с}^{-1}$ (рис. 1f, кривая 52–50). Через сутки ($JD_0 + 53$) она почти незаметна, а на синем крыле появляется синесмещенная эмиссия (рис. 1d, профиль 53 — жирная линия) на позиции около $-170.0 \pm 70.0 \text{ км с}^{-1}$ (рис. 1f, кривая 53–52).

В ночь $JD_0 + 54$, по сравнению с предыдущей ночью, на крыльях заметные изменения не происходят. Далее ($JD_0 + 55$) следы сине- и красносмещенных эмиссий продолжают слабеть, и профиль линии становится широким, а крылья пологими (рис. 1d, профили 53, 54 и 55). В ночь $JD_0 + 57$ мы наблюдаем самый широкий профиль. В последнюю ночь наблюдений ($JD_0 + 58$) переменность профилей линий $H\gamma$ и $H\beta$ можно описать таким образом: на профиль, аналогичный полученному в ночь $JD_0 + 57$, накладывается широкая эмиссия. Выпуклый вид кривых на рис. 1c и 1d (кривые 58–57) также свидетельствует об этом.

3.2. Линия $H\alpha$

В период наших наблюдений линия $H\alpha$ наблюдается только в эмиссии. Устранение теллурических линий, искажающих ее профиль, осуществлено по методике, описанной в работе [3]. Профили линии $H\alpha$ для всех 29 полученных спектров представлены на рис. 2a, а их сопоставление — на рис. 2b, где профили, полученные в течение одной ночи, усреднены. В первые три ночи ($JD_0 + 48$, 49, 50) регистрируется увеличение интенсивности

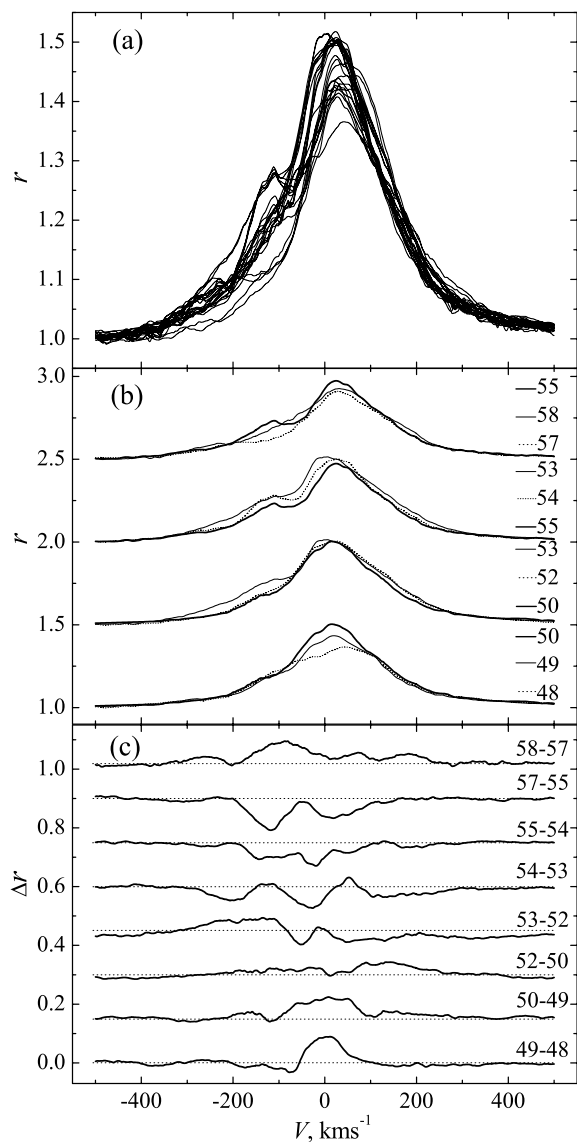


Рис. 2. То же, что и на рис. 1a, 1c и 1e, но для линии $H\alpha$.

центральной эмиссии (рис. 2b, первая группа линий снизу) на позиции около 20.0 км с^{-1} (рис. 2c, кривые 49–58 и 50–49). Оно продолжается около четырех дней, до $JD_0 + 53$. Увеличивается также ширина ($FWHM$) линии, которая максимальна в ночи $JD_0 + 52$ и 53 (рис. 2b, вторая группа линий снизу, 52 и 53). Наблюдаемые «выпуклости» на позициях -100 км с^{-1} и 170.0 км с^{-1} — отражение этого (рис. 2c, центры горбов кривой 52–50). Далее в течение четырех суток, с $JD_0 + 54$ по $JD_0 + 57$, происходит уменьшение интенсивности и ширины ($FWHM$) линии. В последнюю ночь ($JD_0 + 58$) интенсивность линии вновь возрастает.

В период наших наблюдений на красном крыле следы дополнительных эмиссий не обнаружены. В ночь $JD_0 + 53$ на синем крыле появляется широкая

эмиссионная деталь (рис. 2b, вторая группа профилей снизу, 53) на позиции $-170.0 \pm 130.0 \text{ км с}^{-1}$ (рис. 2с, центр горба кривой 53–52), интенсивность центральной эмиссии и красного крыла не меняется. Возможно, это широкомасштабный выброс, так как через сутки ($\text{JD}_0 + 54$) он незаметен. Вместо этого в ночь $\text{JD}_0 + 54$ наблюдается эмиссионная компонента (рис. 2b, третья группа профилей снизу: 54 — пунктирная линия) на позиции $-135.0 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$ (рис. 2с, центр левого горба кривой 54–53). В следующую ночь ($\text{JD}_0 + 55$) с уменьшением интенсивности самой линии она слабеет, не меняя свою позицию (рис. 2b, 55 — жирная линия). В последние ночи ($\text{JD}_0 + 57$ и 58) на крыльях линий эмиссионные компоненты не регистрируются (рис. 2b, профили 57 и 58).

Другие наблюдаемые детали (кроме отмеченных выше) на кривых разницы профилей Δr (рис. 2b) — результат изменения интенсивности и ширины линии, а также ее асимметрии. Слабые горбы, напоминающие эмиссии (рис. 2b, профиль 49, на позиции -120 км с^{-1} ; более выраженные: 50, 52 — на позиции -135 км с^{-1} ; 57 — -175 км с^{-1} ; 58 — -230 км с^{-1}), мы не рассматриваем. Они могут быть артефактами (от удаления следов космических частиц и теллурических линий). Таким образом, переменность профиля эмиссионной линии $\text{H}\alpha$ в основном вызвана усилением и уменьшением интенсивности центральной эмиссии, а также появлением и исчезновением эмиссионных компонент на ее синем крыле.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, в спектре κ Cas картина переменности всех исследуемых линий — от фотосферных [1] до ветровых линий $\text{H}\gamma$ и $\text{H}\beta$ — оказалась одинаковой. Переменность вызвана тем, что на профили линий накладываются синесмещенная, центральная и красносмещенная эмиссии. В случае линии $\text{H}\gamma$ позиции эмиссий совпадают с таковыми для линий $\text{He I } \lambda 5876, 6678 \text{ \AA}$ [1] и составляют $-135 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$, $-20 \pm 20 \text{ км с}^{-1}$, $135 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$. Для линии $\text{H}\beta$ позиции эмиссий соответствуют $-170.0 \pm 70.0 \text{ км с}^{-1}$, $20 \pm 30 \text{ км с}^{-1}$ и $170.0 \pm 70.0 \text{ км с}^{-1}$. В случае линии $\text{H}\alpha$ положения синесмещенной и центральной эмиссий такие же, как у линий $\text{H}\beta$. Дополнительно наблюдается синесмещенная эмиссия около $-135.0 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$, а на красном крыле следы эмиссий незаметны. В более явном виде обнаруженные эмиссии проявляются на ветровых линиях. При переходе к фотосферным линиям, к которым мы отнесли H_{10} – $\text{H}\delta$ и сильные линии

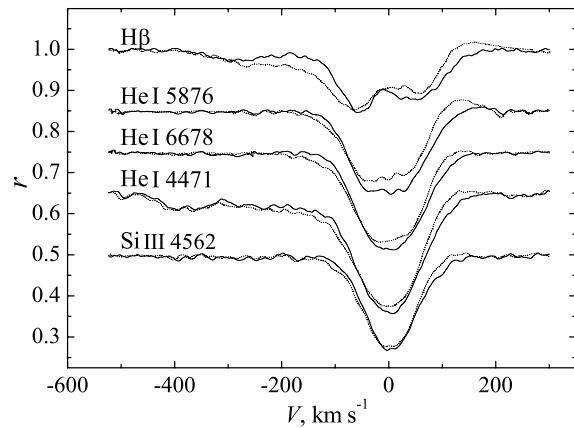


Рис. 3. Сопоставление профилей ветровых и фотосферных линий для двух дат наблюдений, $\text{JD}_0 + 52$ и 53 (тонкая пунктирная и жирная линии соответственно). Подробности в тексте.

$\text{He I } \lambda 3819, 4026, 4471, 4921 \text{ \AA}$, их интенсивность уменьшается. Однако следы этих эмиссий видны на всех фотосферных линиях, включая $\text{Si III} + \text{O II}$ и слабые линии $\text{He I } \lambda 3964, 4387, 4713, 5015 \text{ \AA}$.

Возникает вопрос: действительно ли происходит наложение эмиссий на трех позициях, или наблюдаемые изменения вызваны вращением звезды, т.е. связаны с ее пятнистой структурой? В последнем случае, как это было зафиксировано в спектрах других звезд (например, [4]), на рис. 1e и 1f мы должны видеть квазисинусоидальную волну, движущуюся с синего крыла на красное или обратно, в зависимости от направления вращения звезды. В спектре звезды 55 Cyg B2.5Ia мы обнаружили эмиссионную компоненту [5], которая перемещается по профилям линий $\text{H}\beta$ и $\text{H}\alpha$ от их синего крыла к красному. Однако в спектре κ Cas движение эмиссионных компонент не наблюдается, они появляются и исчезают на одних и тех же позициях. Возможно, мы видим выбросы отдельных «сгустков» («blobs»).

Исследование ВА-сверхгигантов показало, что переменность профиля $\text{H}\alpha$ обусловлена наложением переменных сине- и красносмещенных эмиссий на фотосферный профиль [6]. V/R -переменность проявляется одновременно и симметрично относительно лучевой скорости центра массы звезды. В видимой области спектра у ОВА-сверхгигантов эмиссионные компоненты в основном наблюдаются в линии $\text{H}\alpha$. С увеличением светимости они регистрируются также в линиях более высоких порядков серии Бальмера. В нашем случае в спектрах κ Cas эмиссионные компоненты, изменяющиеся со временем, регистрируются на всех ветровых и фотосферных линиях. На примере ветровых линий $\text{H}\beta$, $\text{He I } \lambda 5876, 6678 \text{ \AA}$ и фотосферных линий $\text{He I } \lambda 4471 \text{ \AA}$ и $\text{Si III } \lambda 4552 \text{ \AA}$ это показано на

рис. 3. Представлены профили линий для двух дат наблюдений: $\text{JD}_0 + 52$ и 53 . Вначале эмиссия возникает на красном крыле. Через день красносмещенная эмиссия почти незаметна, а на синем крыле появляется синесмещенная эмиссия. На рис. 3 видно, что при переходе от ветровых линий к фотосферным интенсивность эмиссионных компонент уменьшается. Также происходит их смещение к ядру линии: абсолютные значения позиций в лучевых скоростях этих компонент на крыльях линий уменьшаются от $\pm 170 \text{ км с}^{-1}$ в случае линий $\text{H}\beta$ до $\pm 100 \text{ км с}^{-1}$ для $\text{Si III } \lambda 4552 \text{ \AA}$ [1].

Хатчингс [7] еще в 70-е годы прошлого века по одному профилю линии $\text{H}\beta$, в котором регистрировалась острая центральная эмиссия, пришел к заключению, что $\kappa \text{ Cas}$ является Ве-звездой, видимой с полюса («pole-on»). Возможно, по этой причине мы не наблюдаем движение эмиссионных компонент по профилям линий. Известно, что у В- и А-сверхгигантов ([8] и [9] соответственно) найдена переменность, подобная Ве-феномену («Be phenomenon»). Обнаруженные V/R -вариации линий в спектре $\kappa \text{ Cas}$ напоминают переменности, наблюдаемые в спектрах Ве-звезд, в частности, у $\mu \text{ Cen}$ [10]. Одногорбый вид эмиссионного профиля линии $\text{H}\alpha$, усиление и уменьшение ее интенсивности также свидетельствуют о том, что $\kappa \text{ Cas}$ — сверхгигант с Ве-феноменом [11]. Определение эволюционных параметров звезды, ее эволюцион-

ного статуса и картирование пятнистой структуры поверхности $\kappa \text{ Cas}$ могут прояснить картину.

БЛАГОДАРНОСТИ

Автор благодарит Российский научный фонд за финансовую поддержку работы (проект 14-50-00043, направление «Экзопланеты»).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. A. K. Rzaev, *Astrophysical Bulletin* **72**, 35 (2017).
2. C. Koen and L. Eyer, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **331**, 45 (2002).
3. A. K. Rzaev, *Astrophysical Bulletin* **63**, 264 (2008).
4. A. Kaufer, O. Stahl, B. Wolf, et al., *Astron. and Astrophys.* **320**, 273 (1997).
5. A. K. Rzaev, *Astrophysical Bulletin* **67**, 282 (2012).
6. A. Kaufer, O. Stahl, B. Wolf, et al., *Astron. and Astrophys.* **305**, 887 (1996).
7. J. B. Hutchings, *Monthly Notices Royal Astron. Soc.* **147**, 161 (1970).
8. A. Kaufer, *ASP Conf. Ser.* **214**, 37 (2000).
9. E. Verdugo, A. Talavera, and A. I. Gómez de Castro, *ASP Conf. Ser.* **214**, 91 (2000).
10. T. Rivinius, D. Baade, S. Stell, et al., *Astron. and Astrophys.* **333**, 125 (1998).
11. J. Silaj, C. E. Jones, C. Tycner, et al., *Astrophys. J. Suppl.* **187**, 228 (2010).

Research of Non-Stationarity of Atmosphere of $\kappa \text{ Cas}$. II. Variability of the $\text{H}\gamma$, $\text{H}\beta$, and $\text{H}\alpha$ Wind-Line Profiles

A. Kh. Rzaev

We study the variability of the $\text{H}\gamma$, $\text{H}\beta$, and $\text{H}\alpha$ line profiles in the spectrum of the supergiant $\kappa \text{ Cas}$. The variability behavior proved to be the same for all the lines considered: their profiles are superimposed by blueshifted, central, and redshifted emission. For $\text{H}\gamma$ the positions of the emissions coincide with the positions of the corresponding emissions for $\text{He I } \lambda\lambda 5876, 6678 \text{ \AA}$ lines, and are equal to about $-135 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$, $-20 \pm 20 \text{ км с}^{-1}$, and $135 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$, respectively, whereas the three emissions in the $\text{H}\beta$ profiles are fixed at about $-170.0 \pm 70.0 \text{ км с}^{-1}$, $20 \pm 30 \text{ км с}^{-1}$, and $170.0 \pm 70.0 \text{ км с}^{-1}$, respectively. The positions of the blueshifted and central emissions for $\text{H}\alpha$ are the same as for $\text{H}\beta$, with additional blueshifted emission at $-135.0 \pm 30.0 \text{ км с}^{-1}$, whereas no traces of emission can be seen in the red wing of the line. These emissions show up more conspicuously in wind lines, however, their traces can be seen in all photospheric lines. When passing from wind lines to photospheric lines the intensity of superimposed emission components decreases and the same is true for the absolute values of their positions in line wings expressed in terms of radial velocities. The V/R variations of the lines studied found in the spectrum of $\kappa \text{ Cas}$ and the variability of the $\text{H}\alpha$ emission indicate that the star is a supergiant showing Be phenomenon.

Keywords: *supergiants—stars: individual: $\kappa \text{ Cas}$*