



АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

АСТРОФИЗИКА

ТОМ 14

АВГУСТ, 1978

ВЫПУСК 3

УДК 523.87

Р ЛЕБЕДЯ В ДАЛЕКОМ УЛЬТРАФИОЛЕТЕ*

В. А. АМБАРЦУМЯН, Л. В. МИРЗОЯН, Т. П. СНОУ

Поступила 16 мая 1978

Описаны новые ультрафиолетовые наблюдения пекулярной звезды с потерей массы Р Лебеда, полученные с помощью спутника *Коперник*. Они свидетельствуют, что ветер от Р Лебеда показывает небольшую конечную скорость и низкую степень ионизации и совершенно непохож на ветер других сверхгигантов ранних спектральных подклассов. Это различие связано с большой протяженностью ее фотосферы и с тем фактом, что ускорение истечения материи начинается ниже ее фотосферы. Существование вокруг Р Лебеда протяженной фотосферы доказывается аномальным распределением энергии в ее спектре. Из профиля линии $L\alpha$ и интенсивностей диффузных полос выведена величина межзвездного поглощения: $E(B-V) \simeq 0.35$. Это приводит к выводу, что Р Лебеда имеет внутреннее покраснение. Величина избытка цвета $E(B-V)$ приводит к расстоянию Р Лебеда от 0.6 до 1.8 кпс. Для визуальной абсолютной величины это соответствует значению $-7.6 \leq M_v \leq -5.2$.

1. *Введение.* Звезда Р Лебеда (HD 193273) впервые наблюдалась в 1600 г. как объект около 3^m . До этого, из-за слабости, она не была доступна наблюдению невооруженным глазом. С тех пор блеск звезды мало изменился, и она оставалась ярче 5^m . В последнее время звезда имела почти постоянный блеск, равный $m_v = 4.8$ (см., например, [1]). Наблюдались только небольшие, по-видимому, периодические, колебания блеска [2]. Присутствие в спектре Р Лебеда эмиссионных линий с абсорбционными компонентами с коротковолновой стороны дало основание допустить, что вокруг звезды имеется расширяющаяся газовая оболочка, которая непрерывно заполняется за счет постоянно истекающей с поверхности звезды материи.

* Работа выполнена в рамках программы "Guest Investigator" с телескопом Принстонского университета, установленным на спутнике *Коперник*, субсидированном и действующем с помощью Национального управления по авиации и исследованию космического пространства (США).

Например, еще в 1929 г. Мак Кри [3], обсуждая явление Новых, и Билс [4], рассматривая спектры звезд типа Вольф—Райе, а также Р Лебеда, поняли, что наблюдаемые в спектрах этих объектов своеобразные профили линий свидетельствуют об истечении вещества с поверхностей этих звезд. Они показали, что в этом случае эмиссионные линии возникают во всей расширяющейся сферической околосредней оболочке, а абсорбционные компоненты, смещенные в коротковолновую сторону, в той части оболочки, которая прямо направлена к наблюдателю.

Спектр Р Лебеда в видимой части содержит более сотни линий с характерными для нее профилями. Смещения абсорбционных компонент спектральных линий соответствуют доплеровским скоростям истечения материи до ~ 300 км/сек [5—7]. Этот спектр характеризуется как В1 (см., например, [8]), хотя в нем имеются некоторые признаки, соответствующие более поздним спектральным подразделениям (см., например, [5]).

Работы Струве [5], Билса [9] и Струве и Роча [6], посвященные изучению Р Лебеда, показали, что истекающая материя ускоряется во всей наблюдаемой области, так как линии низкого возбуждения, которые, надо полагать, формируются на самых высоких уровнях, систематически имеют более высокие скорости истечения. Более подробный анализ соотношений скорость — возбуждение был выполнен де Грутом [10] и Хатчингсом [11]. Предполагая, что возбуждение эмиссионных линий вызывается ультрафиолетовым непрерывным излучением фотосферы звезды и используя интенсивности этих линий, Струве и Роча [6] заключили, что наблюдаемая материя находится внутри сферы с радиусом $2.5 R$, где R — радиус звезды.

Вопрос о зависимости скорости истечения материи от высоты в последнее время был пересмотрен Куаном и Кухи [12]. В попытке согласовать вычисленные профили линии H_{α} с наблюдаемым профилем они вынуждены были заключить, что ветер от Р Лебеда имеет зону торможения. В противном случае вычисленные профили эмиссионных линий все оказываются чрезмерно широкими. Однако представление о ветре, имеющем отрицательное ускорение, очень трудно примирить с наблюдаемым соотношением возбуждение — скорость и в особенности с инфракрасным спектральным индексом [13, 14], который совместим только с ускоряющимся истечением. Совсем недавно ван Блеркомом [15] удалось согласовать вычисленные профили бальмеровских эмиссионных линий с их наблюдаемыми профилями при ускоряющемся потоке. Он получил хорошее согласие, принимая более медленное ускорение, чем ускорение, вытекающее из исследования Кастора, Абботта и Клайна [16], чей закон изменения скорости с высотой был использован Куаном и Кухи. При законе изменения скорости с высотой, принятом ван Блеркомом [15], представляющим собой простую линейную зависимость от высоты (что, вероятно, не яв-

ляется единственной возможностью), максимальная скорость истечения ~ 300 км/сек достигается на высоте $10 R$.

Светимость Р Лебеда очень высокая. Копылов [17] и Хатчингс [11, 18], используя эмпирические корреляции между светимостью и эквивалентными ширинами абсорбционных компонентов спектральных линий, для визуальной абсолютной величины Р Лебеда получили $M_v = -8.4$, а для ее болометрической абсолютной величины: $M_{bol} = -10.8$. Отсюда следует, что Р Лебеда по светимости превышает другие сверхгиганты класса В1 более, чем на 2^m .

Необходимо подчеркнуть, однако, что эквивалентные ширины абсорбционных линий в спектре Р Лебеда сильно искажены в результате их блендирования с эмиссионными компонентами. Вследствие этого применение в этом случае существующих калибровок абсолютных звездных величин, основанных на эквивалентных ширинах абсорбционных линий нормальных, не имеющих эмиссионных линий звезд, едва ли обосновано, в особенности, если учесть, что речь идет о применении соотношения, полученного из наблюдений обычных звезд к столь пекулярному объекту. По-видимому, оценки Копылова и Хатчингса светимости Р Лебеда следует считать завышенными.

Темпы потери массы Р Лебеда были определены Хатчингсом [18] на основе градиента соотношения скорость — возбуждение. Полученная им оценка потери массы в $3.5 \cdot 10^{-4} M_{\odot}/год$ несколько меньше более ранней оценки $5 \cdot 10^{-4} M_{\odot}/год$ [11], основанной на согласовании наблюдаемых профилей линий. Недавно Хатчингс [19], используя ультрафиолетовые наблюдения линии $\lambda 1175$ СИИ, выполненные с помощью спутника *Коперник*, подкрепил свой вывод о высоких темпах потери массы Р Лебеда, предполагая, что отсутствие эмиссионных линий СИИ обусловлено высокой плотностью материи в ветре, вследствие чего снятие возбуждения атомов в результате столкновений преобладает над снятием возбуждения под влиянием излучения из верхнего уровня перехода. Основываясь на этом допущении, он получил для потери массы Р Лебеда оценку в $5 \cdot 10^{-4} M_{\odot}/год$.

Хотя нет никаких сомнений в том, что плотность ветра в случае Р Лебеда столь значительна, что формируется большое число профилей типа Р Лебеда в видимой области спектра, кажется маловероятным, чтобы она была настолько высока, как предполагает Хатчингс [19]. Дело в том, что в недавней работе Барлоу и Коэна [14], основанной на инфракрасных радиоизмерениях, дающих информацию об излучении истекающей из Р Лебеда материи, приводится значительно меньшая оценка потери массы: $1.5 \cdot 10^{-5} M_{\odot}/год$. А данные радионаблюдений, позволяющих непосред-

ственно измерять количество материи, находящейся за зоной ускорения, обеспечивают более точную оценку потери массы.

Резкое поярчание на долгое время, а также профили типа Р Лебедя, как выяснилось недавно, характерны для несомненно молодых объектов типа FU Ориона—фуоров (см., например, [20]). Хотя в настоящее время нам известны только два типичных представителя этого класса, однако их исследование уже показало огромное значение этих объектов для эволюции звезд.

Кривая блеска Р Лебедя за весь период после 1600 г. весьма напоминает кривые блеска фуоров. При этом на нынешней фазе интенсивность излучения все еще находится на значительно более высоком уровне, чем до поярчания [20]. Очевидно, мы имеем дело со своеобразным сверхфуором. В связи с этим, значительный интерес представляют наблюдения Р Лебедя в далеком ультрафиолете.

Вследствие такой особой эволюционной истории, Р Лебедя представляет первостепенный научный интерес. Эта звезда отличается от других сверхгигантов ранних подразделений спектрального класса В и, насколько можно судить, имеет «протяженную фотосферу». Присутствие протяженной фотосферы уже означает, что существенная часть ускорения материи имеет место ниже слоя с оптической глубиной $\tau = 1$ в непрерывном спектре. Между тем, у более нормальных звезд того же спектрального класса основная часть ускорения материи происходит в значительно более высоких слоях. Поэтому в случае Р Лебедя вся спектральная картина должна быть иной.

Настоящая статья посвящена результатам ультрафиолетовых наблюдений Р Лебедя, выполненных с помощью спутника *Коперник*. В ней представлены новые данные об ультрафиолетовом спектре звезды.

2. Наблюдения. На снимке, полученном объективной призмой спутником *Скайлеб*, ультрафиолетовый спектр Р Лебедя очень слаб, и вначале казалось, что наблюдения этой звезды с помощью спутника *Коперник* полностью безнадежны. В последующем, однако, удалось получить несколько десятков записей отдельных узких участков ультрафиолетового спектра Р Лебедя. Тем не менее, спектр Р Лебедя в далеком ультрафиолете весьма слаб, и для исключения шумов многократные записи одних и тех же спектральных участков были усреднены. Это привело к уменьшению числа наблюдаемых спектральных участков.

Все записи, использованные в этой работе, были получены фотоумножителем U2, номинальное разрешение которого составляет 0.2 Å [21].

Записи, охватывающие линию $\lambda 1175$ СIII, которые уже были описаны Хатчингсом [19], получены 5 июня 1975 г. Последующие записи, описанные в этой статье, были получены 10 июля 1975 г. и 12 ноября 1976 г.

Фон частиц был устранен с помощью стандартных процедур, разработанных в Принстоне [22], а рассеянный свет, почти непрерывный в области спектра 1155—1270 Å, — посредством алгоритма Болина [23]. Для некоторых изолированных участков спектра вблизи 1300 Å, для которых эта процедура не может быть применена, рассеянный свет был принят равным 35% от общего сигнала (после устранения фона). Поскольку в этой работе не сделаны фотометрические измерения, то эта оценка рассеянного света вполне приемлема.

3. *Результаты.* На рис. 1 представлена запись области λ , 1155—1270 в спектре Р Лебедя. Кроме L_{α} она охватывает и линии λ 1175.7 CIII и λ 1238.821 и 1242.804 NV. Как уже было сообщено Хатчингсом [19], линия CIII не показывает никаких признаков эмиссии. Однако линия поглощения смещена, и центр линии соответствует скорости около — 190 км/сек в системе покоя звезды, а коротковолновый край линии — скорости — 610 км/сек. Нет никакого свидетельства наличия поглощения ионом NV в дублете 1240 Å, хотя возможно, что слабые линии NV могли быть скрыты в шумах. Несомненно, однако, что никакой сильной эмиссии в этом месте нет.

На приведенной записи около длин волн 1260 Å и 1264 Å наблюдаются сильные линии поглощения, которые отождествляются с линиями ионизованного силиция (SiII): резонансной линией 1260.418 Å и сверхтонко-возбужденной линией 1264.730 Å. Центры этих линий поглощения SiII смещены и имеют скорости около — 200 км/сек. Коротковолновый край линии 1264 Å соответствует скорости — 510 км/сек, а линия 1260 Å так сильно блендирована с этой стороны, что полностью исключается оценка скорости ее края. Возможно, на красной стороне линии 1264 Å имеется эмиссия, однако сильные шумы не позволяют быть уверенным в этом.

У длины волны 1188 Å наблюдается, возможно, реальная особенность, похожая на эмиссию, шириной около 4 Å. Это падает на область спектра, которая наблюдалась лишь один раз и для которой шум соответственно больше, чем в примыкающих областях. Не получается никакого очевидного отождествления для указанной особенности, если она действительно реальная. Резонансная линия 1190.206 Å SIII может быть возможным кандидатом для такого отождествления, однако в этом случае эмиссионная линия должна быть существенно смещенной в сторону коротких волн, чтобы она была бы ответственна за пик, наблюдаемый вблизи 1188 Å. Имеется сильная линия поглощения у 1190.2 Å, которая может быть линией SIII в поглощении, с небольшим смещением или, возможно, без смещения.

Вблизи 1164 Å имеется линия с профилем типа Р Лебедя, эмиссия которой значительно выше, чем фон соседних участков. Эта область хорошо сканирована, и имеется большая вероятность, что линия реальная, так как

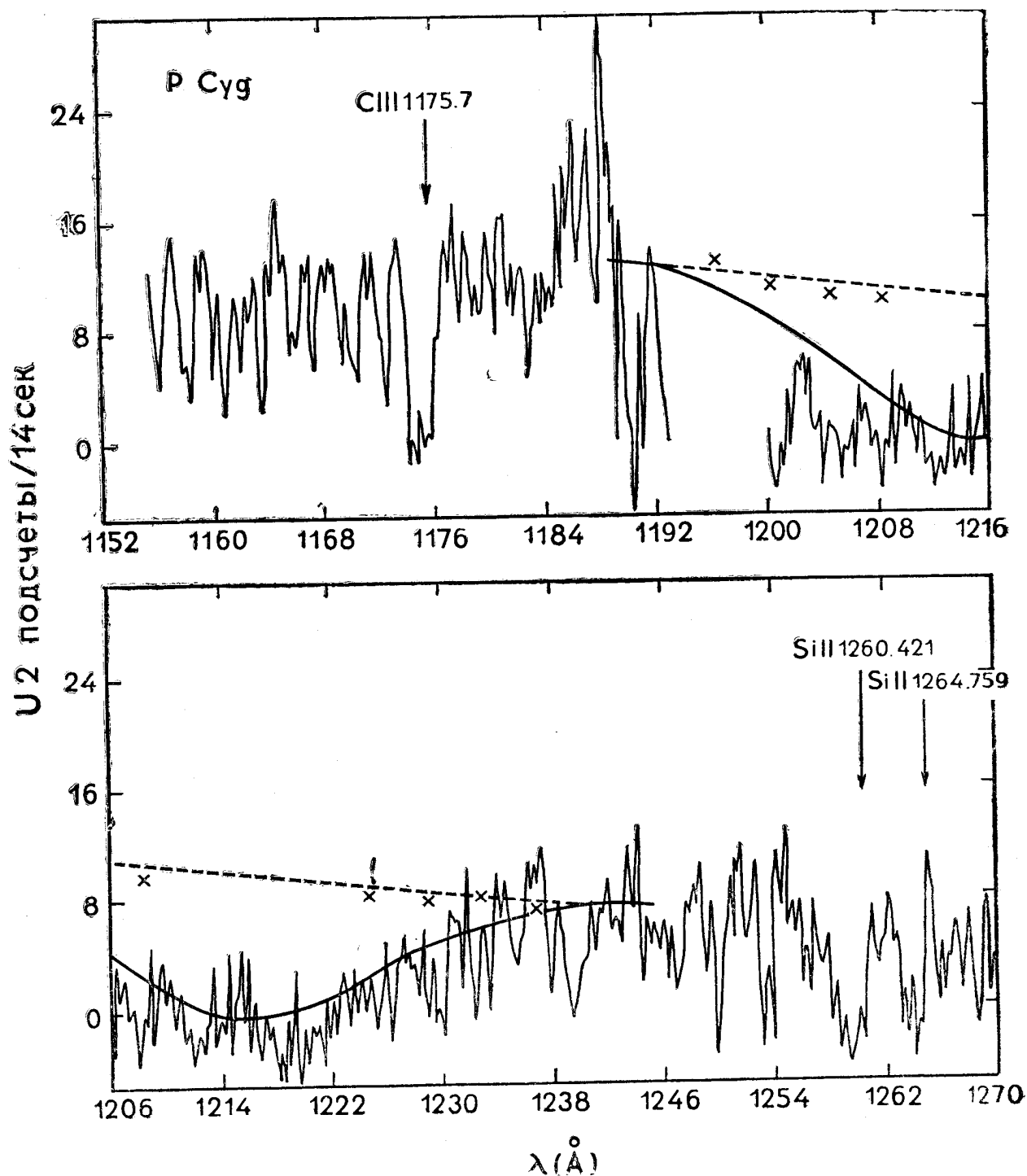


Рис. 1. Область вокруг линии L_{α} в спектре Р Лебедя. Интервал от 1155 до 1184 Å был сканирован 11 раз, интервал от 1256 до 1268 Å — 16 раз. Остальная часть была сканирована от 6 до 8 раз. Вертикальные стрелки указывают на длины волн покоя для сильных линий, которые наблюдаются на смещенных положениях из-за истечения. Отмечены принятый сглаженный профиль линии L_{α} и предполагаемый континуум, а также точки, наилучшим образом представляющие этот континуум, полученные методом, изложенным в тексте.

ее высота над непрерывным спектром почти в четыре раза превышает фон, обусловленный статистикой фотонов. Маловероятно отождествление этой линии с субординатной линией λ 1164. 545 OIV.

Если это действительно линия OIV, то скорость абсорбционного компонента равна — 200 км/сек, а эмиссионный компонент находится в положении покоя. Профиль типа Р Лебеда, аналогично расположенный, иногда наблюдается в спектрах звезд типа Вольф—Райе [24].

После того, как стало известно, что линии SiII у 1260 А и 1264 А в спектре Р Лебеда показывают смещения, обусловленные движением, в то время как линии высокого возбуждения, например, NV в нем отсутствуют, были выполнены наблюдения на длинах волн других резонансных линий низкого возбуждения, включая линии λ 1334. 531 CII и λ 1304. 369 SiII (рис. 2). В обоих случаях были обнаружены линии поглощения, центры которых смещены приблизительно на — 80 км/сек для CII и — 270 км/сек для SiII. Правда, последнее значение довольно неопределенное вследствие блендов с коротковолновой стороны. Для линии CII коротковолновый край имеет скорость, равную — 420 км/сек. Резкий пик, похожий на эмиссионную линию, наблюдается с длинноволновой стороны линии CII, высота которой находится выше локального континуума, превышающего фон почти в три раза. Если эта реальная эмиссионная линия CII, то она имеет скорость, равную + 350 км/сек.

Наблюдение линии L_{α} в спектре звезды нами было использовано для оценки количества водорода в межзвездном пространстве между Р Лебеда и наблюдателем. Как видно из рис. 1, линия L_{α} широкая и имеет затухающие крылья, что характерно для межзвездного поглощения. Плотность HI в столбце с основанием в 1 см^2 на пути луча мы определили, следуя Болину [23], следующим образом. Принимая пробные значения $N(\text{HI})$ и умножая наблюдаемый профиль на e^{τ} , где $\tau(\lambda) = N\alpha(\lambda) = 4.26 \cdot 10^{-20} \times N(\text{HI}) / [6.04 \cdot 10^{-10} + (\lambda - \lambda_0)^2]$, мы пригоняли эти значения до тех пор, пока результат не соответствовал ожидаемому уровню непрерывного спектра. На рис. 1 показан принятый уровень вместе со сглаженным профилем L_{α} , использованным для согласования. Вследствие высокого уровня шумов имеется некоторая неопределенность в положении этого сглаженного профиля, которая приводит к большей неопределенности в оценке плотности. В результате мы получили значение $N(\text{HI}) = 1.9 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-2}$, с неопределенностью в 50%.

4. *Обсуждение.* Как уже нами было отмечено, в недавней работе Барлоу и Коэна [14] скорость потери массы звездой Р Лебеда определена на основе инфракрасных и радионаблюдений. Полученная ими оценка нам представляется правдоподобной и поэтому вероятнее считать, что скорость потери массы у Р Лебеда не такая большая, как это вытекает из работ

Хатчингса [11, 18]. Если использовать выведенный Барлоу и Коэном [14] закон изменения скорости истечения с высотой, а также скорость потери массы, то можно определить плотность в области, где образуются ультрафиолетовые резонансные линии, если известна высота этой области в ветре.

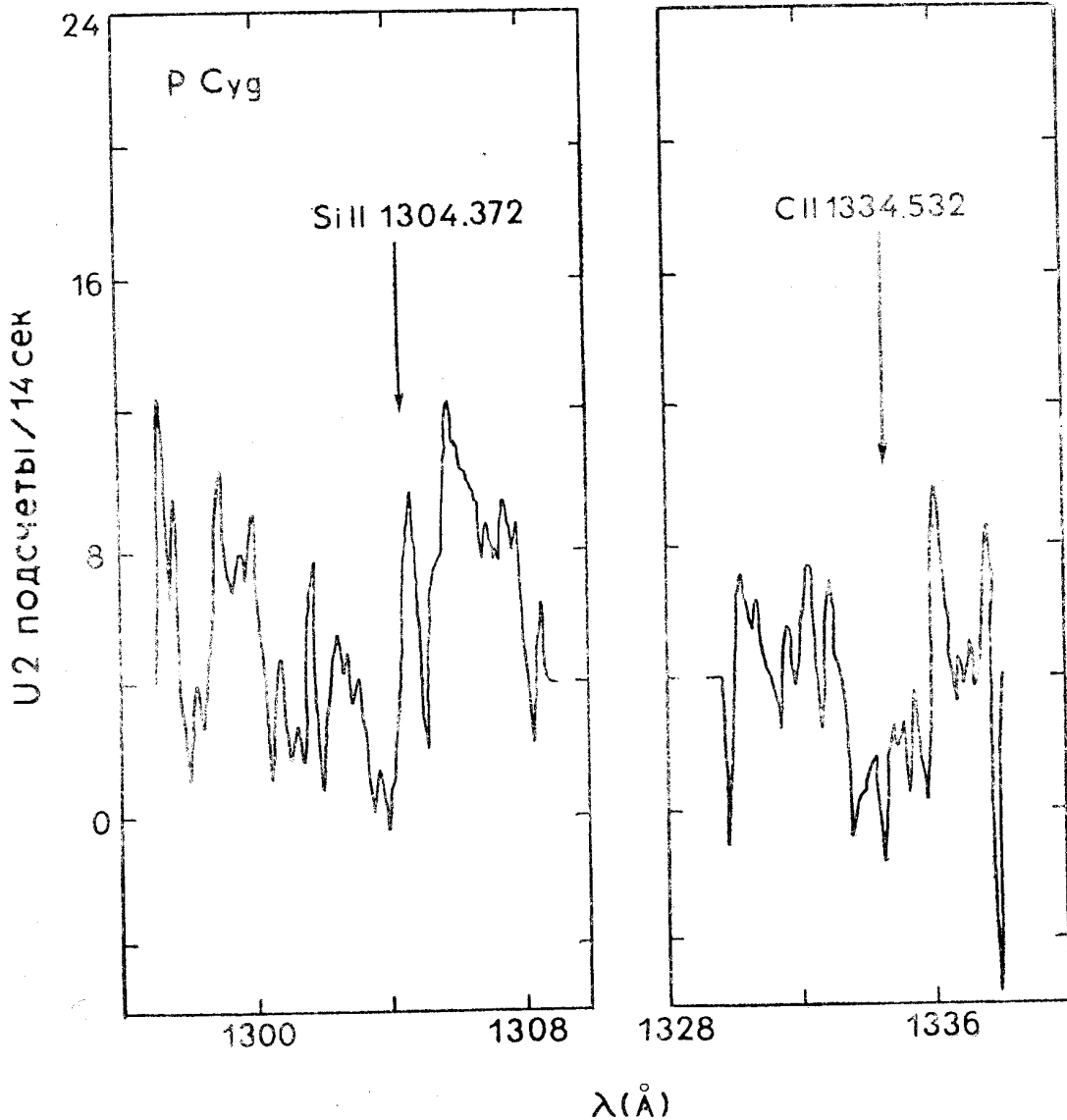


Рис. 2. Линии Si II λ 1304 и C II λ 1334. Линия Si II показывает небольшое смещение в сторону коротких волн, в то время как линия C II находится в положении покоя.

Имея в виду, что смещения центров соответствуют скоростям около 300 км/сек, следует считать, что они формируются на высоте более $1R$ над поверхностью. На этой высоте плотность частиц составляет $\leq 10^{10} \text{ см}^{-3}$, что по крайней мере в 10^5 раз меньше плотности, требуемой в случае снятия возбуждения высоких уровней наблюдаемых ультрафиолетовых переходов. Следовательно, как было отмечено ранее, отсутствие эмиссии не является результатом очень большой плотности ветра, как предполагал Хатчингс [19].

Кроме того, представленные нами данные показывают, что отсутствие сильной эмиссии не ограничивается только переходом $\lambda 1175$ SiII, наблюдаемым Хатчингсом [19], но видно также в случае смещенных линий SiII и SiI.

Существуют и другие возможные объяснения отсутствия сильных эмиссионных резонансных линий в спектре Р Лебеда. Эти возможности будут подробно обсуждены Кассинелли и Сноу [25].

Очевидно, однако, что ветер от Р Лебеда плотнее, чем от других горячих сверхгигантов. Все смещенные линии поглощения в далеком ультрафиолете соответствуют, как свидетельствуют их глубокие ядра, большим оптическим толщинам. По этой причине мы не считаем, что коротковолновые края этих линий представляют максимальную скорость истечения. Более вероятно допустить, что линии расширены вследствие эффекта насыщения, что подтверждается их симметричными профилями. Если коротковолновые края линий действительно представляли бы наибольшие скорости истечения, то следовало бы ожидать асимметричности с крыльями, протянутыми с коротковолновой стороны. Этот факт находится в полном согласии с картиной, характерной для протяженных фотосфер.

Имея в виду, что ветер от Р Лебеда значительно плотнее, а ускорение истекающей материи происходит в глубоких фотосферических слоях, приходится допустить, что механизм, ответственный за истечение материи от Р Лебеда, совершенно отличен от механизмов, действующих у других звезд с потерей массы.

Другая интересная аномалия, наблюдаемая у Р Лебеда, относится к ионизационному состоянию истекающей материи. В отличие от других В-звезд ранних спектральных подклассов с истечением материи, исследованных до сих пор, в этом случае не имеется никаких свидетельств присутствия в ветре атомов высокой ионизации, таких, как, например, NV. Во всех других случаях в ветре были обнаружены ионы, которые не имеются в фотосфере [26]. Присутствие этих ионов, вероятно, связано с образованием ветра и его ускорением.

Другие сверхгиганты ранних спектральных подклассов В неизменно показывают профили типа Р Лебеда у линий, например, NV, в то время, как сама Р Лебеда вообще не показывает свидетельств присутствия этого иона. В то же время Р Лебеда имеет смещенные линии ионов SiII и SiI, которые не присутствуют в ветрах нормальных сверхгигантов ранних подклассов В. Эти ионы обычно начинают появляться как индикаторы ветра у звезд спектральных классов В8 и более поздних. Таким образом, состояние ионизации истекающей материи от Р Лебеда крайне аномально, имея в некоторых отношениях сходство с состоянием звезды более холодной. Внешним слоям, очевидно, соответствует более низкая температура.

Закон изменения скорости истечения с высотой, который лучше всего согласуется с ветром от Р Лебеда [14, 15], характеризуется более медленным ускорением, чем закон, который, очевидно, управляет истечением материи от других звезд (см., например, [16, 27, 28]). Может быть, более медленное ускорение в случае Р Лебеда и обуславливает отсутствие высокоионизованных атомов в ветре. В нормальных случаях, вероятно, такие ионы, как OVI, в наиболее горячих звездах, и NV, Si IV или CIV, в более поздних типах, обеспечивают ускорение с большими скоростями, благодаря сильным ультрафиолетовым резонансным линиям, которые не формируются на более низких уровнях [26, 29]. В случае Р Лебеда, однако, где ветер во внешних частях, очевидно, холодный, не существуют такие переходы и ускорение медленное.

Во всяком случае, ясно, что истечение материи из Р Лебеда совершенно непохоже на истечение из любых других, до сих пор изученных звезд ранних спектральных классов.

С этой точки зрения кажется вполне вероятным, что механизм, приводящий к потере массы в звезде Р Лебеда, также различен. Плотность ветра исключительно высока и ответственна за большое богатство эмиссионных линий в видимой области спектра, так же, как и оптически толстых, смещенных ультрафиолетовых линий поглощения. Нет никаких свидетельств нагревания не излучательной природы, которое присутствует в любой другой звезде раннего спектрального класса с потерей массы [26]. Ускорение медленнее, чем в других звездах, вследствие чего достигается относительно низкая конечная скорость.

Наблюдаемые аномалии в линейчатом спектре Р Лебеда, так же, как и отличие наблюдаемого распределения энергии в ее спектре от распределения, наблюдаемого у нормальных звезд сверхгигантов спектрального подкласса В1, имеют, по-видимому, общую причину и она заключается в характере строения фотосферы и в высокой плотности окружающей оболочки. Оказывается, что это различие в непрерывном спектре не обусловлено межзвездным или околозвездным поглощением света звезды.

Полученная выше оценка плотности H I в направлении Р Лебеда может быть использована для определения межзвездного поглощения для нее. Корреляция между N(H I) и избытком цвета, опубликованная Болингом, Дрейком и Саведж [30], приводит к значению в интервале 0.30—0.60, с учетом неопределенности в величине N(H I).

В частности, для полученного нами значения $N(\text{H I}) = 1.9 \cdot 10^{21} \text{ см}^{-2}$ избыток цвета $E(\text{B—V}) = 0.40$. Это существенно меньше значения $E(\text{B—V}) = 0.67$ для межзвездного поглощения, вытекающего непосредственно из наблюдений показателя цвета Р Лебеда B—V при допущении, что распределение энергии в спектре Р Лебеда совпадает с этим распределением для нормального сверхгиганта спектрального подкласса В1.

В пользу малого значения межзвездного поглощения свидетельствуют и интенсивности диффузных межзвездных полос в направлении Р Лебедя. Интенсивности полос λ 4430 и 5780 в спектре Р Лебедя с помощью корреляции, установленной Сноу, Йорком и Уелти [31], между интенсивностью межзвездных полос и избытком цвета (обусловленным межзвездным покраснением) приводят к величине $E(B-V) = 0.30$. Хотя имеются известные случаи звезд, имеющих в спектрах слабые диффузные полосы, отклоняющиеся от указанной корреляции, однако такие отклонения у звезд, расположенных в окрестностях Р Лебедя, неизвестны.

Трудно допустить, что в случае Р Лебедя существует околос звездное покраснение, вызванное пылью, которое не сопровождается формированием H_I, либо поглощением диффузных полос, вследствие чего ее избыток цвета, вызванный межзвездным покраснением, действительно соответствует $E(B-V) = 0.67$. Это допущение кажется невероятным в свете результатов инфракрасных наблюдений Барлоу и Коэна [14], хорошо согласующихся с представлением о том, что инфракрасный спектр Р Лебедя образуется свсбодно-свободными переходами и не связан с силикатным излучением. Кроме того, в случае присутствия вокруг звезды заметного количества пыли, вызывающей экстинкцию, напоминающую межзвездную, Р Лебедя не могла бы наблюдаться с помощью спутника *Коперник*.

Если допустить, что Р Лебедя излучает как абсолютно черное тело, то для межзвездного покраснения следует принять значение $E(B-V) = 0.35$. И тогда возможное объяснение противоречия между этим значением избытка цвета ($E(B-V)$) и значением, полученным из непосредственно наблюдаемого показателя цвета $B-V$, заключается в том, что Р Лебедя имеет протяженную фотосферу. А распределение энергии в спектрах звезд, обладающих протяженными фотосферами, согласно теории Козырева [32], должно сильно отклоняться от спектрального распределения чернотельного излучения. Это и является причиной тому, что еще в 1935 г. Струве [5], на основе исследования спектра Р Лебедя, отметил, что она холоднее своего спектрального класса В1.

Веским свидетельством в пользу наличия протяженной фотосферы у Р Лебедя являются результаты ее спектрофотометрических измерений, выполненных Шалонжем и Диван [33].

Принимая абсолютную величину Р Лебедя равной $M_v = -8.4$, для ее расстояния имеем $r = 2.7$ кпс в случае $E(B-V) = 0.35$, в то время, как при $E(B-V) = 0.67$ это расстояние составляет только $r = 1.7$ кпс.

Просмотр корреляции между межзвездным покраснением и расстоянием для нормальных звезд в окрестностях Р Лебедя из UB_v-каталога Бланко и др. [34] показывает, однако, что все звезды, расположенные дальше 2.0 кпс, имеют избытки цвета $E(B-V) \geq 1.0$.

Между тем, аргументы, приведенные выше, свидетельствуют, что межзвездное покраснение для Р Лебеда определяется избытком цвета $E(B-V) \simeq 0.35$. Это дает основание считать, что звезда находится ближе 2.0 кпс. В этом случае эмпирическая корреляция межзвездное покраснение — расстояние в данном направлении для расстояния Р Лебеда указывает предельные значения 0.6 кпс и 1.8 кпс. Это, в свою очередь, соответствует абсолютной визуальной величине Р Лебеда в интервале значений — 5.2 и — 7.6, что несколько ниже значения, полученного Копыловым [17] и Хатчингсом [18]. Причина этого различия, как уже было отмечено, вероятно заключается в том, что для определения абсолютной величины Р Лебеда не обосновано применение калибровок, основанных на эквивалентных ширинах линий поглощения нормальных звезд.

Для понимания наблюдаемой у Р Лебеда картины, по-видимому, следует привлечь процессы внутренней динамической неустойчивости. При этом необходимо учесть ее сходство с фуорами [20]. Может быть, истечение материи от Р Лебеда является результатом первоначальной «вспышки». Может быть, звезда, подобно фуорам, находится в поворотной стадии развития, когда вследствие быстрых изменений начался выброс материи, продолжающийся в настоящее время в виде спокойного истечения.

Наблюдения спектра Р Лебеда в далеком ультрафиолете приводят к следующим основным выводам:

1. Ветер от Р Лебеда имеет аномально медленное ускорение и низкую ионизацию во внешних частях, как следует из факта отсутствия сильных эмиссионных линий в ультрафиолете, чем она более напоминает сверхгиганты поздних, чем ранних спектральных классов В.

2. Истинный избыток цвета Р Лебеда $E(B-V)$, обусловленный межзвездным покраснением, выведенный из наблюдаемой плотности H β и из интенсивностей диффузных межзвездных полос, значительно (около 0^m3) меньше, чем дают непосредственные наблюдения показателя цвета В—V. Это различие, по-видимому, обусловлено особой структурой ее протяженной фотосферы.

3. Расстояние Р Лебеда, полученное с помощью наблюдаемой корреляции между величиной межзвездного покраснения и расстоянием для нормальных звезд в направлении Р Лебеда и выведенного для межзвездного покраснения этой звезды избытка цвета $E(B-V) \simeq 0.35$, ограничено снизу и сверху значениями 0.6 и 1.8 кпс, соответственно. Это приводит для абсолютной визуальной величины звезды к значениям, заключенным в интервале $M_v = -5.2 \div -7.6$, что несколько меньше принятого до сих пор значения M_v .

4. Р Лебеда показывает аномальные особенности во многих отношениях. Вполне вероятно, что в случае Р Лебеда ветер по природе совершенно отличен, чем в других звездах с потерей массы. Прежде всего это выражается в более высокой плотности ветра.

Первые два автора выражают благодарность проф. Л. Спитцеру и д-ру Д. Г. Йорку, которые сделали настоящее сотрудничество возможным. Авторы признательны также д-рам Д. ван Блеркому, Дж. Кассинелли и Х. Ламерсу за полезные обсуждения.

Часть работы, выполненная в обсерватории Принстонского университета, поддерживалась НАСА, по контракту NAS5—23576.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория
Обсерватория Принстонского университета
Лаборатория атмосферной и
космической физики университета
Колорадо

P CYGNI IN FAR ULTRAVIOLET

V. A. AMBARTSUMIAN, L. V. MIRZOYAN, T. P. SNOW

New *copernicus* ultraviolet scans of the peculiar mass-losing star P Cygni are described. They show that the wind from P Cygni is quite unlike that of other early B type supergiants, displaying a low terminal velocity and low ionization. This difference is connected with the fact that the acceleration of the flow begins below the photosphere. The existence of an extended photosphere around P Cygni is proved by the abnormal energy distribution in its spectrum. From the Lyman- α profile and diffuse band strengths a value of interstellar reddening $E(B-V) \simeq 0.35$ is derived. This leads to the conclusion that P Cygni is intrinsically reddened. The value of colour excess $E(B-V) \simeq 0.35$ corresponds to a distance for P Cygni of 0.6 to 1.8 *kpc*, revising its visual absolute magnitude to a value $-7.6 \leq M_v \leq -5.2$.

ЛИТЕРАТУРА

1. J. D. Fernie, P. A. S. P., 81, 168, 1961.
2. E. K. Kharadze, N. L. Magalashvili, Observatory, 87, 295, 1967.
3. W. S. McCrea, Z. Phys., 57, 367, 1929.
4. C. S. Beals, M. N., 90, 202, 1929.
5. O. Struve, Ap. J., 81, 66, 1935.

6. *O. Struve, F. E. Roach*, *Ap. J.*, 90, 727, 1939.
7. *C. S. Beals*, *Publ. Dom. Ap. Obs.*, 9, 1, 1959.
8. *J. R. Lesh*, *Ap. J. Suppl. ser.*, 17, 371, 1968.
9. *C. S. Beals*, *M. N.*, 95, 580, 1935.
10. *M. de Groot*, *Bull. Astron. Inst. Netherlands*, 20, 225, 1969.
11. *J. B. Hutchings*, *M. N.*, 144, 235, 1969.
12. *P. Kuan, L. Kuhl*, *Ap. J.*, 199, 148, 1975.
13. *A. E. Wright, M. J. Barlow*, *M. N.*, 170, 41, 1975.
14. *M. J. Barlow, M. Cohen*, *Ap. J.*, 213, 737, 1977.
15. *D. van Blerkom*, 1978, preprint.
16. *J. I. Castor, D. C. Abbott, R. I. Klein*, *Ap. J.*, 195, 157, 1975.
17. *И. М. Копылов*, *Изв. Крымской обс.*, 20, 156, 1958.
18. *J. B. Hutchings*, *Ap. J.*, 203, 438, 1976.
19. *J. B. Hutchings*, *Ap. J.*, 204, L 99, 1976.
20. *В. А. Амбарцумян*, *Астрофизика*, 7, 557, 1971.
21. *J. B. Rogerson, L. Spitzer, J. F. Drake, K. Dressler, E. B. Jenkins, D. C. Morton, D. G. York*, *Ap. J.*, 181, L 97, 1973.
22. *D. G. York, A. E. Miller*, *Memo to Users of Copernicus Data*, Princeton, 4 December, 1974.
23. *R. C. Bohlin*, *Ap. J.*, 200, 402, 1975.
24. *H. M. Johnson*, 1977, preprint.
25. *J. P. Cassinelli, T. P. Snow*, 1978, in press.
26. *H. J. G. L. M. Lamers, T. P. Snow*, *Ap. J.*, in press.
27. *H. J. G. L. M. Lamers, D. C. Morton*, *Ap. J. Suppl. ser.*, 32, 715, 1976.
28. *H. J. G. L. M. Lamers, J. B. Rogerson*, *Astron. Astrophys.*, 1978, in press.
29. *J. B. Rogerson, H. J. L. M. Lamers*, *Nature*, 256, 190, 1975.
30. *R. C. Bohlin, J. F. Drake, B. D. Savage*, 1978, preprint.
31. *T. P. Snow, D. G. York, D. E. Welty, A. J.*, 82, 113, 1977.
32. *N. A. Kosirev*, *M. N.*, 94, 430, 1933.
33. *D. Chalonge, L. Divan*, *Ann. Astrophys.*, 15, 201, 1952.
34. *V. M. Blanco, S. Demers, G. G. Douglas, M. P. Fitzgerald*, *Publ. U. S. Naval Obs.*, 21, 1, 1968.