

УДК 524.358

Спектральная переменность звезд Вольфа — Райе.

III. Предполагаемые одиночные звезды HD 192 103, HD 192 641
и затменная двойная HD 193 576

С. В. Марченко

Приведены результаты наблюдений в 1984—1985 гг. предполагаемых одиночных звезд HD 192 103, HD 192 641 и затменной двойной HD 193 576. У HD 192 641 переменность эквивалентных ширин линий обнаружена лишь в одну из десяти ночей наблюдений. У HD 192 103 наибольшая активность отмечена в линиях He I. Анализ наших спектральных наблюдений в совокупности с данными [4, 8, 22] показывает, что в системе HD 193 576 существует крупномасштабная анизотропия газовых потоков, стабильная на протяжении десятков лет.

SPECTRAL VARIABILITY OF THE WOLF—RAYET STARS. III. SUPPOSED SINGLE STARS HD 192 103, HD 192 641 AND ECLIPSING BINARY HD 193 576, by Marchenko S. V.—The results of the two-year observations of single Wolf—Rayet stars HD 192 103, and HD 192 641 and eclipsing binary HD 193 576 are given. Variations of equivalent widths of spectral lines in HD 192641 were found only on one of nine nights. In HD 192 103 He I lines are the most active. The analysis of our spectral and published photometric observations of eclipsing binary HD 193 576 [4, 8, 22] shows that there exists the large-scale anisotropy of gas flows which is stable for several decades.

HD 193 576 относится к числу наиболее изученных систем типа WR+O [3, 4, 8, 9, 12, 22]. Для предположительно одиночных звезд HD 192 103 и HD 192 641 практически нет данных о поведении спектра при наблюдениях с достаточно высоким временным разрешением. Для них проведен поиск периодических изменений лучевых скоростей. Узко- и широкополосные фотометрические наблюдения свидетельствуют о невысоком уровне активности. Однако это не может быть доказательством отсутствия маломасштабных изменений спектра. Цель нашей статьи: выявление переменности спектра у предполагаемых одиночных звезд HD 192 641 и HD 192 103; сопоставление их с картиной переменности спектра систем WR+c (HD 191 765, HD 193 077, HD 192 163) и затменной двойной типа WR+O (HD 193 576).

Основные характеристики аппаратуры, с помощью которой проведены наблюдения, представлены в [6]. Рассмотрим лишь те случаи переменности, которые удовлетворяют схеме отбора [7, Приложение 1].

HD 192 103. Звезда наблюдалась 22/23, 25/26, 27/28, 29/30, 30/31 августа и 5/6 октября 1984 г., 26/27 июня, 1/2, 3/4, 6/7 августа 1985 г. Основные результаты наблюдений приведены в [5].

Данные фотометрии свидетельствуют о том, что блеск HD 192 103 (WC8) в течение ночи и от ночи к ночи изменялся незначительно, $\Delta m \leq 0.01 - 0.05^m$ [10, 14, 25, 27], или изменения отсутствовали [1, 21]. Поиск переменности спектра ранее не проводился.

Нами обнаружены вариации эквивалентных ширин W_λ blends (C II + C IV + He I) λ 444.1 нм, He I λ 492.2 нм, (O III + O V) λ 559.4 нм от ночи к ночи. Изменения в первой бленде коррелируют с изменениями в линиях He I λ 492.2 нм ($r=0.61$, вероятность $p=89\%$), He II λ 486.0 нм ($r=0.65$, $p=92\%$) и антикоррелируют с изменениями в бленде λ 559.4 нм ($r=-0.78$, $p=97\%$). Напомним, что коэффициент кор-

реляции определяется по формуле

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}},$$

где \bar{x} , \bar{y} — средние значения (в нашем случае — средние за ночь либо за сезон значения эквивалентных ширин двух линий); p — вероятность, с которой значим данный коэффициент r_{xy} . В течение ночи вариации зарегистрированы лишь 27/28 августа 1984 г. (*J. D.* 2 445 940). Переменная линия He I λ 587.6 нм. Ее изменения коррелируют с вариациями He I λ 501.6 нм ($r=0.83$, $p=83\%$) и C IV λ 581.0 нм ($r=0.99$, $p=99\%$). Вероятно, в последнем случае корреляция существует вследствие блендирования C IV λ 581.0 нм с He I λ 587.6 нм. Периодические изменения W_λ в диапазоне 0.01—10^d не обнаружены.

Таким образом, у HD 192 103 большую активность показывают эмиссионные детали, в состав которых входит He I, причем преобладает переменность со временем порядка 1 сут. Амплитуды изменений достаточно велики — до 30% средних значений W_λ . Действительно, ошибка σ_W (от ночи к ночи) у эмиссионных деталей, включающих He I, приблизительно в два раза выше, чем у деталей без He I [5, табл. 5]. Эта величина вычислялась по стандартной схеме:

$$\sigma_W = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{W}_\lambda - \bar{W}_{\lambda i})^2}{(n-1)}},$$

где $\bar{W}_{\lambda i}$ — средняя за ночь эквивалентная ширина; \bar{W}_λ — средняя за сезон W_λ . Высокая активность в линиях He I наблюдалась у HD 151 932 [26], HD 164 270 [18]; характерное время наблюдаемых вариаций — порядка 1 сут. Для объяснения изменений W_λ у HD 192 103 примем точку зрения [26]: малые (около 5%) изменения плотности внутренних частей оболочки вызывают значительные изменения размеров зоны формирования линий He I (до 80%). Очевидно, что в силу протяженности оболочки и эффектов стратификации излучения вариации линий ионов низких и высоких стадий ионизации не будут непосредственно связаны между собой. Изменения у последних из-за малой амплитуды могут не наблюдаться. Остается неясным, что может вызывать первичные возмущения плотности у предположительно одиночной звезды HD 192 103.

HD 192 641. Наблюдалась одновременно с HD 192 103. Результаты измерений эквивалентных ширин приведены в [5]. В спектре HD 192 641 (WC7+abs) видны абсорбционные линии. Поиск периодических изменений лучевых скоростей не дал результатов [20]. По данным широкополосной фотометрии изменения блеска отсутствуют [14, 21, 25]. Наблюдения в узкополосной системе ($\Delta\lambda \approx 6.0$ нм) в диапазоне $\lambda\lambda$ 465—480 нм также свидетельствуют о низкой активности звезды [11]. В то же время отмечено значительное уменьшение блеска в диапазоне $\lambda\lambda$ 2.3—12.6 мкм за пять лет наблюдений [15]. В УФ-диапазоне ($\lambda\lambda$ 150—300 нм) обнаружены небольшие (2%) изменения блеска; периодичность отсутствует [13]. Поиск спектральной переменности не проводился.

HD 192 641 — наименее активная из исследованных нами шести звезд Вольфа—Райе. От ночи к ночи W_λ не изменяется. В одну из ночей, 22/23 августа 1984 г. (*J. D.* 2 445 935), у бленды (O III+O V) λ 559.0 нм зарегистрировано быстрое увеличение W_λ в два раза ($\Delta W_\lambda \approx 1.0$ нм за время $t \leq 5$ мин с последующим постепенным уменьшением на протяжении 1 ч). Через 15—20 мин после вспышки в λ 559.0 нм начинается плавное увеличение W_λ у линий ионов более низких стадий ионизации, что может свидетельствовать о распространении возмущения к внешним слоям оболочки (рис. 1).

Можно приближенно оценить энергию вспышки в λ 559.0 нм, используя средние для звезд WC 7—8 болометрические поправки [16] и светимости. Она составляет около 10^{30} Дж за 5 мин вспышки.

Необходимость подвода энергии порядка 10^{30} Дж за несколько минут ограничивает число возможных механизмов вспышки. Эффективным переносчиком энергии порядка 10^{29} Дж может быть магнитогидродинамический солитонный газ. Причем характерная особенность развития вспышек у звезд-карликов — распространение возмущения наружу [2]. Подобный эффект наблюдается и у HD 192 641. Вспышки с

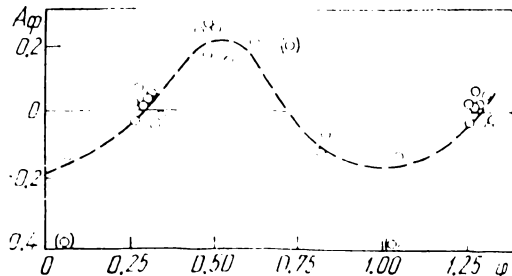
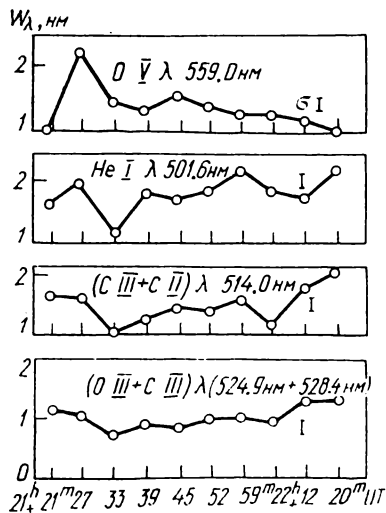


Рис. 2. HD 193 576. Зависимость асимметрии линии He II λ 468.6 нм от фазы кривой блеска

Рис. 1. HD 192 641. Изменения эквивалентных ширин линий 22/23 августа 1984 г.

характерным временем около 1 ч обнаружены у HD 193 576 [12], CQ Сер [17]. Вспышка в λ 559.0 нм отмечена лишь один раз за десять ночей наблюдений, что может свидетельствовать об относительной редкости вспышек большой амплитуды. Непосредственное обнаружение магнитных полей у звезд Вольфа—Райе связано со значительными техническими трудностями. В то же время вспышечная активность может быть косвенным, но достаточно убедительным аргументом в пользу наличия магнитного поля. Поэтому представляется весьма перспективной программа патрулирования блеска и спектра звезд Вольфа—Райе, считающихся одиночными.

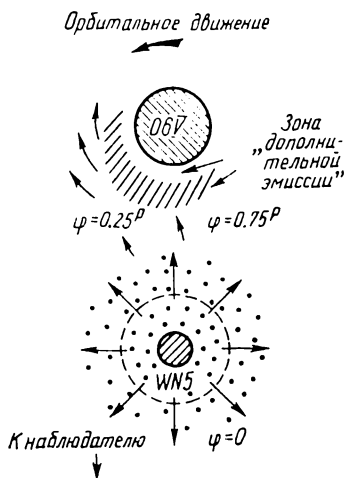
HD 193 576 = V 444 Cyg. Наблюдалась одновременно с HD 192 103 и HD 192 641. Результаты наблюдений приведены в [5]. HD 193 576 (WN5+O6 V) — затменная двойная система с периодом $P=4.21^d$. В [22] обнаружена зависимость интенсивности линий от фазы кривой блеска. На изменения, связанные с эффектами затмения, налагаются быстрые флюктуации интенсивности линий He II λ 468.6 нм со временем порядка 1 ч и амплитудой 10 % полной интенсивности линии. Изменения в линиях не коррелируют с переменностью континуума [8, 9]. В континууме отклонения от средней кривой блеска коррелированы и достигают максимума в фазе $\phi=0.25^P$. Это свидетельствует о том, что флюктуации обусловлены веществом, находящимся между компонентами системы [12].

Мы обнаружили переменность эмиссионной детали (N III λ 451.8 нм + He II λ 454.3 нм) от ночи к ночи, что подтверждает данные [22]. Эмиссионная бланда N V λ 460.4 нм + (N III + N V) λ 463.5 нм также изменяется от ночи к ночи. Ее эквивалентная ширина зависит от фазы кривой блеска. Для наших наблюдений HD 193 576 фазы взяты из [24]. В течение ночи переменность эквивалентных ширин не обнаружена.

Поведение асимметрии A_ϕ линии He II λ 468.6 нм у HD 193 576 и HD 193 077 [7] радикально различно (определение асимметрии см. в

[7, Приложение 2]). Асимметрия переменна как в течение ночи, так и от ночи к ночи и зависит от фазы φ кривой блеска. Зависимость A_φ от φ впервые количественно исследована в [4], однако выбрана неустойчивая к шумам оценка A_φ . Тем не менее наши наблюдения полностью подтверждают ранее найденную зависимость: в фазе $\varphi \approx 0$ (фаза главного минимума, звезда WR затмевает компонент Об) асимметрия $A_\varphi < 0$, т. е. максимум излучения смещен в длинноволновую сторону; в фазе $\varphi \approx 0.5^P$ (вторичный минимум, компонент Об затмевает звезду WR) асимметрия $A_\varphi > 0$, т. е. максимум излучения смещается по профилю в коротковолновую сторону; при $\varphi \approx 0.25^P$ и $\varphi \approx 0.75^P$ контур приблизительно симметричен (рис. 2). Отсюда можно заключить, что в системе WN5+Об существует дополнительный поток массы от WR к Об, стационарный, по крайней мере, на протяжении 20 лет. Отметим, что зависимость профилей линий от фазы кривой блеска — достаточно общее явление для двойных систем с компонентом типа Вольфа—Райе. Она обнаружена у ряда систем WR+Об и WR+c: HD 211 853, CQ Сер, HD 50 896, 209 ВАС.

Рис. 3. HD 193 576. Проекция на плоскость орбитального движения



Наблюдательные проявления пространственной анизотропии газовых потоков в системе HD 193 576. Об отклонении оболочки от сферически-симметричной формы свидетельствует изменение профиля линии He II λ 468.6 нм в зависимости от фазы кривой блеска (рис. 2). Условно разделим профиль этой линии на две составляющие: симметричный профиль + перемещающаяся по нему дополнительная эмиссионная деталь («дополнительная эмиссия»). Вклад дополнительной эмиссии в общий поток в линии составляет, по нашим оценкам, не более 5%. Из зависимости $A_\varphi(\lambda$ 468.6 нм) = $f(\varphi)$ ясно, что дополнительная эмиссия формируется в потоке, движущемся от WN5 к Об. Возможно, она обусловлена излучением звезды Об [9].

Проведенная в [9] узкополосная фотометрия показывает, что блеск системы в фазе $\varphi \approx 0.25^P$ (звезда WR удаляется от наблюдателя) на несколько процентов больше, чем в фазе $\varphi \approx 0.75^P$. При выходе из вторичного минимума (звезда Об затмевает компонент WR) блеск системы в линии He II λ 468.6 нм на 4% больше, чем в фазе $\varphi \approx 0.8^P$ (звезда Об удаляется от наблюдателя) [19]. Эти факты свидетельствуют о том, что дополнительная эмиссия формируется перед звездой Об (относительно ее орбитального движения) (рис. 3). Значит, зона дополнительной эмиссии частично затмевается в фазе $\varphi \approx 0.75^P$, что ведет к уменьшению блеска (относительно $\varphi \approx 0.25^P$). Очевидно, что в связи с действием силы Кориолиса следует ожидать преимущественного смещения потока за компонент Об. Если обращение вокруг центра масс системы и собственное вращение компонентов синхронизированы вследствие действия приливных эффектов, то необходим дополнительный механизм, смещающий поток вперед относительно движения звезды Об. О том, что перед компонентом Об существует достаточно протяженное облако газа, может свидетельствовать следующее. Минимум блеска в фазе $\varphi \approx 0.5^P$ (затмевается компонент WN5) для ряда линий наступает и заканчивается раньше, чем по данным широкополосной фотометрии [19]. Возможно, изменение плотности облака газа перед Об вызывает небольшие вариации времени наступления вторичного минимума [8].

В заключение отметим некоторые интересные особенности.

1. Если частичный вклад в поток излучения эмиссионной детали спектра вносит водород, то при наблюдении системы HD 193 576 в подобных линиях соответствующая кривая блеска в фазах $\varphi \approx 0.25^P$ и $\varphi \approx 0.75^P$ должна быть еще более асимметричной, чем кривая блеска для линии He II λ 468.6 нм. Атом водорода легче атома гелия, и механизм сноса потока массы должен действовать на водород более эффективно, что приведет к большей асимметрии кривой блеска. Это подтверждается при анализе наблюдений [8] системы HD 193 576 в линии (He II + H I) λ 656.3 нм.

2. Из-за существования зоны дополнительной эмиссии могут появляться эмиссионные обращения в центре абсорбционного профиля He I λ 388.9 нм в фазе $\varphi \approx 0.5^P$, что и подтверждается наблюдениями [22]. В фазе $\varphi \approx 0.75^P$ (WN5 приближается к наблюдателю) эта зона частично экранирована и, следовательно, интенсивность центрального эмиссионного обращения в профиле абсорбции He I λ 388.9 нм меньше. Отсюда профиль поглощения должен быть более четким, т. е. его центральная остаточная интенсивность больше, чем в фазах $\varphi \approx 0.25 - 0.30^P$, когда вклад от зоны дополнительной эмиссии относительно велик. Действительно, появление эмиссионных обращений в линии λ 388.9 нм отмечено в [22].

3. В системе HD 193 576 обнаружены [12] хаотические флюктуации блеска при узкополосных наблюдениях в континууме. Максимальная амплитуда отклонений от средней кривой блеска отмечается в фазе $\varphi \approx 0.25^P$, т. е. тогда, когда для наблюдателя полностью открыта зона формирования дополнительной эмиссии.

4. Вернемся к зависимости асимметрии He II λ 468.6 нм от фазы кривой блеска. Ранее проведенные измерения A_φ [4] и наши наблюдения (в менее явной форме) показывают, что дополнительная эмиссия в фазе $\varphi \approx 0.5^P$ смещается в коротковолновую сторону меньше, чем в длинноволновую ($\varphi \approx 0$). При $\varphi \approx 0.5^P$ значительная часть зоны дополнительной эмиссии экранирована компонентом Об. Поэтому можно ожидать, что наблюдаемый градиент скоростей и, как следствие, полуширина детали, соответствующей этой зоне, будет меньше, чем в фазе $\varphi \approx 0$. Следовательно, видимое перемещение дополнительной эмиссии по профилю He II λ 468.6 нм будет больше в фазе $\varphi \approx 0.5^P$, а зависимость асимметрии линии от фазы кривой блеска — более чувствительной к изменению φ . Действительно, наблюдения [4] показывают, что зависимость $A_\varphi = f(\varphi)$ — более крутая в области $\varphi \approx 0.5^P$, чем при $\varphi \approx 0$.

Можно предложить несколько механизмов формирования зоны дополнительной эмиссии:

1. Существование крупномасштабного анизотропного магнитного поля. Однако в настоящее время полностью отсутствуют сведения о магнитных полях в системах типа WR+Об.

2. Быстрое осевое вращение звезды WR в совокупности с взаимодействием звездных ветров от Об и WN5. В системе HD 193 576 скорость вращения компонента WR должна быть на порядок больше значения скорости v_s в случае синхронизации осевого вращения и орбитального обращения.

3. Формирование ударной волны в звездном ветре вблизи компонента Об вследствие орбитального движения этого компонента. В этом случае скорость «натекания» (в направлении орбитального движения Об) звездного ветра на Об приблизительно на порядок выше скорости звука. Однако ситуация значительно усложняется вследствие необходимости учета взаимодействия звездного ветра от WN5 с полем излучения и звездным ветром от Об. Оба механизма могут существенно снизить скорость «натекания» в направлении орбитального движения Об.

4. Существование общей газовой оболочки, угловая скорость обращения которой отличается от скорости орбитального обращения звезд в системе HD 193 576. Подробно этот механизм сноса звездного ветра рассмотрен в [5]. Подобная оболочка может быть достаточно разреженной, плотность порядка 10^3 — 10^4 см $^{-3}$.

Выводы. Измерения эквивалентных ширин линий у предполагаемых одиночных звезд Вольфа—Райе HD 192 103 и HD 192 641, а также у тесной двойной системы HD 193 576 позволяют сделать следующие выводы.

У HD 192 641 переменность обнаружена лишь в одну из десяти ночей наблюдений. Характерные особенности изменений эквивалентных ширин показывают возможную связь вспышки 22/23 августа 1984 г. с проявлением магнитного поля.

У HD 192 103 наибольшая активность обнаружена в линиях, в состав которых входит He I. Время изменений — от ночи к ночи. Возможно, в этом случае действует следующий механизм: малые изменения плотности внутренних областей протяженной атмосферы — большие изменения радиуса зоны формирования He I. Не ясно, что вызывает первичные флюктуации плотности.

У HD 193 576 подтверждена зависимость изменений эквивалентных ширин линий от фазы кривой блеска ϕ . Измерения асимметрии линий He II λ 468.6 нм в 1984—1985 гг. позволяют построить зависимость $A_\phi = f(\phi)$, хорошо совпадающую с ранее найденной [4]. Таким образом, в системе HD 193 576 наблюдается крупномасштабная анизотропия газовых потоков, стабильная на протяжении десятков лет. Предложена интерпретация спектральных и узкополосных фотометрических наблюдений HD 194 576 при условии существования зоны дополнительной эмиссии вблизи компонента Об. Возможно, что область дополнительной эмиссии влияет на периодические изменения формы профиля линии He II λ 468.6 нм.

Если сравнивать переменность спектров HD 192 103 и HD 192 641 — предположительно одиночных звезд и HD 191 765 — наиболее вероятного кандидата в системы WR+c (см. [7]), то можно выделить некоторые отличия. Во-первых, периодические изменения эквивалентных ширин нескольких линий у HD 191 765 и отсутствие таковых у HD 192 103 и HD 192 641; во-вторых, существенно более высокий уровень активности у HD 191 765 на временном интервале от нескольких минут до нескольких дней.

В целом, картина изменений спектров каждой из шести исследованных звезд достаточно индивидуальна, ее трудно свести к действию единого для всех механизма переменности. По-видимому, мы наблюдаем совокупное действие нескольких механизмов, разделить которые в настоящее время нельзя.

1. Бродская Э. С. Электрофотометрические наблюдения четырех звезд сверхгигантов и двух звезд Вольф—Райс // Изв. Крым. астрофиз. обсерватории.— 1951.— 6.— С. 84—104.
2. Герцберг Р. Е., Могилевский Э. И., Обридко В. Н. Энергетика активности вспыхающих звезд и Солнца: синергетический подход.— Тронцк, 1986.— 26 с.— (Препр. / АН СССР. Ин-т зем. магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн; № 41).
3. Гусейнзаде А. А. Электроспектрофотометрия эмиссионных линий $\lambda\lambda$ 4686, 5411 He II затменно-двойной звезды Вольфа—Райе V444 Лебеда=HD 193 576 // Астрофизика.— 1966.— 2, вып. 3.— С. 325—337.
4. Гусейнзаде А. А. Асимметрия эмиссионной линии λ 4686 He II затменной переменной звезды типа Вольфа—Райе V444 Лебеда // Перемен. звезды.— 1968.— 16, № 5.— С. 500—506.
5. Марченко С. В. Спектральная переменность звезд типа Вольфа—Райе.— Киев, 1987.— 26 с.— (Препр. / АН УССР. Ин-т теорет. физики; ИТФ-87-55Р).
6. Марченко С. В. Спектральная переменность звезд Вольфа—Райе. I. Исследование аппаратного комплекса // Кинематика и физика небес. тел.— 1988.— 4, № 1.— С. 47—50.
7. Марченко С. В. Спектральная переменность звезд Вольфа—Райе. II. Предполагаемые двойные HD 191 765, HD 193 077, HD 192 163 // Там же.— 4, № 5.— С. 25—32.

8. Халиуллин Х. Ф., Черепашук А. М. Затменная система V444 Cyg (WN5+O6) в свете эмиссионных линий He II 4686, (He II+H α) 6563, N IV 7112 // *Астрофизика*.— 1975.— 11, вып. 4.— С. 593—607.
9. Черепашук А. М. Узкополосная электрофотометрия затменно-двойной звезды Вольфа—Райе V444 Лебедя // *Перемен. звезды*.— 1967.— 16, № 2.— С. 226—242.
10. Черепашук А. М. Переменность одиночных звезд типа Вольфа—Райе в континууме и эмиссионных линиях // *Астрофизика*.— 1974.— 10, вып. 3.— С. 347—356.
11. Черепашук А. М. Узкополосные фотоэлектрические наблюдения трех спектрально-двойных звезд типа Вольфа—Райе: HD 211 853, HD 190 918, HD 192 641 // *Астрон. журн.*— 1975.— 52, вып. 2.— С. 255—259.
12. Черепашук А. М., Халиуллин Х. Ф. Узкополосные фотоэлектрические наблюдения затменно-двойной звезды типа Вольфа—Райе V444 Cyg в континууме ($\lambda\lambda$ 4244—7512 Å) // Там же.— 1973.— 50, вып. 3.— С. 516—525.
13. Burton W. M., Evans R. G., Patchett B. New observations of ultraviolet variability in Wolf—Rayet stars // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*— 1978.— 183, N 3.— 605—615.
14. Demers S., Fernie J. D. Photometry of Wolf—Rayet stars // *Publs Astron. Soc. Pacif.*— 1964.— 76, N 452.— P. 350—351.
15. Hackwell J. A., Gehrz R. D., Smith J. R., Strecker D. W. Infrared light variations of Wolf—Rayet stars // *Astrophys. J.*— 1976.— 210, N 1.— P. 137—142.
16. Hellings P. Bolometric corrections and magnitudes of WR+O stars // *Luminous Stars and Associations in Galaxies*.— Dordrecht: Reidel, 1986.— P. 221—222.— (IAU Symp. N 116).
17. Hiltner W. A. Photometric investigation of the Wolf—Rayet binary CQ Cephei // *Astrophys. J.*— 1950.— 112, N 3.— P. 477—503.
18. Isserstedt J., Moffat A. F. J. The variable, single-line WC9 Wolf—Rayet star HD 164 270 with a low-mass companion // *Astron. and Astrophys.*— 1981.— 96, N 1/2.— P. 133—137.
19. Kuhl L. V. Wolf—Rayet stars. III. The eclipsing system V444 Cygni // *Astrophys. J.*— 1968.— 152, N 1.— P. 89—108.
20. Massey P., Conti P. S. Spectroscopic studies of Wolf—Rayet stars with absorption lines. VII. HD 156 372 and HD 192 641 and the question of WR duplicity // *Ibid.*— 1981.— 246, N 1.— P. 145—152.
21. Moffat A. F. J., Shara M. M. Photometric variability of a complete sample of northern Wolf—Rayet stars // *Space Telesc. Sci. Inst. Prepr. Ser.*— 1986.— N 115.— P. 1—96.
22. Münch G. A spectroscopic study of HD 193 576 // *Astrophys. J.*— 1950.— 112, N 2.— P. 265—288.
23. Pypser D. M. The effective temperatures of Wolf—Rayet stars as derived from their *UBV* color indices corrected for emission // *Ibid.*— 1966.— 144, N 1.— P. 13—24.
24. *Rocznik Astronomiczny obserwatorium Krakowskiego*.— Krakov: Nakładem Uniwersytetu Jagiellońskiego, 1983, 1984.— N 55.— 135 s.; N 56.— 138 s.
25. Ross L. W. Variability in Wolf—Rayet stars // *Publs Astron. Soc. Pacif.*— 1961.— 73, N 434.— P. 354—357.
26. Seggewiss W., Moffat A. F. J. The intrinsically bright Wolf—Rayet stars of type WN7. III. The probable single Sco OB 1 star HD 151 932 with variable He I envelope // *Astron. and Astrophys.*— 1979.— 72, N 3.— P. 332—338.
27. Wallerstein G. A. Search for rapid light variations in Wolf—Rayet stars // *Publs Astron. Soc. Pacif.*— 1968.— 80, N 457.— P. 482—483.

Глав. астрон. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию 09.07.87,
после доработки 25.12.87

РЕФЕРАТ ДЕПОНИРОВАННОЙ РУКОПИСИ

УДК 523.37

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ АЛЬБЕДО УРАНА / Атан А. А., Мургузов И. М., Шестопа-
лов Д. И.

(Рукопись деп. в ВИНТИ; № 8241-В87)

Определено геометрическое альbedo Урана в области $\lambda\lambda$ 0.33—0.75 мкм со спектраль-
ным разрешением $\Delta\lambda=0.0025$ мкм в период 18—21.V.1986 г.