

УДК: 524.3—355—36

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ УРАНА В Ар-ЗВЕЗДЕ 73 Dga ПО ЛИНИИ U II λ 3859.58

И. Х. ИЛИЕВ, Л. С. ЛЮБИМКОВ, И. С. САВАНОВ

Поступила 13 февраля 1986

Принята к печати 15 мая 1986

Методом синтетических спектров по четырем спектрограммам в интервале 3858.5—3860.5 А, содержащем линию U II λ 3859.58, определено содержание урана в атмосфере Ар-звезды 73 Dga. Предварительно по спектру Проциона проверены силы осцилляторов линий в указанном интервале; отмечено расхождение теории с наблюдаемой центральной глубиной сильной линии Fe I λ 3859.91, которое не исчезает даже после дополнения модели атмосферы Проциона моделью хромосферы и учета повышенной ионизации атомов Fe I, обусловленной отклонениями от ЛТР. Анализ линии U II λ 3859.58 подтвердил высокое содержание урана, которое было найдено для 73 Dga по ультрафиолетовому спектру, полученному на станции «Астрола». В среднем по четырем спектрам, соответствующим фазам $\varphi = 0.375, 0.88, 0.19$ и 0.77 определено содержание урана $\lg \epsilon(U) = 4.1$, что на четыре порядка превышает значение $\lg \epsilon(U) = 0.1-0.2$, найденное по метеоритам.

1. *Метод анализа.* Звезда 73 Dga является магнитной Ар-звездой (тип пекулярности Sr—Sr—Eu), у которой магнитное поле, блеск и спектр меняются с периодом $P = 20.275$ дня. Настоящее исследование 73 Dga было стимулировано наблюдениями ультрафиолетовых спектров 73 Dga на станции «Астрон». Как указано в [1], среди 11 исследованных Ар-звезд только у 73 Dga была обнаружена явная депрессия на месте линии U II λ 2556.19, причем звезда наблюдалась дважды в одной и той же фазе $\varphi = 0.77$, и депрессия отчетливо видна на обоих спектрах. Ей соответствует содержание урана $\lg \epsilon(U) = 4.4$, что более чем на три порядка превышает солнечное значение. Анализ ультрафиолетовых спектров 73 Dga показал аналогичный избыток и в обилии других тяжелых элементов — Pb, W и, возможно, Th (см. [1]). Здесь и далее мы даем содержание в обычной логарифмической шкале, где для водорода принято $\lg \epsilon(H) = 12.0$.

Высокое содержание урана в атмосфере 73 Dga, обнаруженное в [1] по ультрафиолетовым данным, интересно проверить по линии U II λ 3859.58, расположенной в видимой части спектра. Эта линия отчетливо

видна на двух спектрограммах 73 Dga, опубликованных Каули и др. [2]. Применяя метод синтетических спектров, мы можем найти отсюда $\lg \varepsilon (U)$. Кроме того, в нашем распоряжении имеются еще два высококачественных спектра 73 Dga, полученных в Болгарской Национальной астрономической обсерватории (БНАО). Отметим, что найденные в настоящей работе значения $\lg \varepsilon (U)$ частично уже были приведены в [1].

В основу расчета синтетических спектров 73 Dga были положены данные, полученные в [3]: эффективная температура $T_{\text{эфф}} = 8150 \text{ K}$, ускорение силы тяжести $\lg g = 3.6$, скорость микротурбулентности $\xi_t = 1 \text{ км/с}$, проекция скорости вращения на луч зрения $v \cdot \sin i = 9 \text{ км/с}$. Вычисления выполнялись по программе SYNTHEL [4] на ЭВМ ЕС-1033 Крымской астрофизической обсерватории.

Синтетические спектры рассчитывались нами в интервале 3858.5—3860.5 Å, включающем линию U II λ 3859.58. Кроме нее в вычислениях участвовало около 40 линий других элементов из списка Куруца и Пейтреманна [5]. Для подавляющего большинства этих линий таблицы [5] являются единственным источником сил осцилляторов gf . Лишь для трех относительно сильных линий, включая U II λ 3859.58, имеются более надежные определения gf -величин. Список сравнительно сильных линий, их потенциалы возбуждения нижнего уровня χ и значения gf приведены в табл. 1.

Таблица 1

СПИСОК НАИБОЛЕЕ СИЛЬНЫХ ЛИНИЙ

Линия	Элемент	χ , эВ	$\lg gf$	Литература
3858.860	Mg I	4.34	-1.52	[5]
3858.877	Cr I	3.01	-0.37	[5]
3859.214	Fe I	2.40	-0.78	[6]
3859.580	U II	0.03	-0.62	[7]
3859.588	Cr I	3.39	-1.48	[5]
3859.680	Cr I	2.54	-2.40	[5]
3859.913	Fe I	0.00	-0.71	[6]

2. *Анализ спектра Проциона.* Чтобы проверить принятые значения сил осцилляторов, мы рассчитали сначала синтетический спектр для такой хорошо изученной нормальной звезды, как Процион (α CMi, F 5 IV—V). Ранее подобная методика была применена в [8] при определении содержания тория в Ap-звездах. Запись наблюдаемого спектра Проциона в рассматриваемом участке была взята из атласа [9], а параметры модели атмосферы и химический состав — из работы [10]. Выполнена свертка

синтетического спектра с вращением и с инструментальным профилем. Для скорости вращения лучше всего подходит величина $v \cdot \sin i = 7$ км/с, а для полуширины инструментального профиля мы приняли $\Delta\lambda_I = 27$ мА в соответствии с [9].

Сравнение полученного теоретического спектра с наблюдаемым приведено на рис. 1. В целом согласие между синтетическим и наблюдаемым спектрами достаточно хорошее, исключением является лишь центральная часть резонансной линии Fe I λ 3859.91. Сила осциллятора для нее известна достаточно уверенно (см. [6]). Известна также радиационная постоянная затухания γ_{rad} : по времени жизни $\tau = 89 \cdot 10^{-9}$ с [11] верхнего уровня $2^5D^0_4$ находим $\gamma_{\text{rad}} = 1/\tau = 1.12 \cdot 10^7$ с⁻¹, что существенно меньше „классического“ значения $\gamma_{\text{cl}} = 1.49 \cdot 10^8$ с⁻¹ для этой линии. Важный вклад в полную величину затухания γ в случае F-карликов вносит параметр затухания γ_{vdW} , обусловленный силами Ван-дер-Ваальса; мы определили его по известной приближенной формуле Унзольда, однако ввели поправочный множитель 1.3, найденный для Fe I по солнечному спектру [12].

Кроме правильного выбора силы осциллятора gf и величины затухания γ , на вычисление такой сильной линии как Fe I λ 3859.91 могут повлиять два эффекта: наличие хромосферы и повышение ионизации атомов Fe I вследствие отклонений от ЛТР (локальное термодинамическое равновесие). Оба эти эффекта уже учтены при построении рис. 1. Во-первых, принятая модель атмосферы Прориона была дополнена моделью хромосферы [13]. При этом, как оказалось, распределение температуры T , газового давления P_g и электронной концентрации N_e в хромосферной модели [13] отлично стыкуется на оптической глубине $\lg \tau_{5000} = -1.8$ с нашей моделью фотосферы (см. рис. 2). Во-вторых, в соответствии с расчетами [14], мы учли понижение плотности атомов Fe I в верхних слоях атмосферы, связанное с повышением степени ионизации вследствие отклонений от ЛТР. При этом зависимость, полученная в [14] для Прориона, была распространена на область хромосферы. В результате вычислений нами было установлено, что оба названных эффекта, то есть повышение температуры в верхних слоях атмосферы за счет хромосферы, а также понижение концентрации атомов Fe I вследствие отклонений от ЛТР, несколько ослабляют линию Fe I λ 3859.91, однако теоретический профиль все-таки остается глубже наблюдаемого (рис. 1). Отметим, что расчеты профиля λ 3859.91 были выполнены при предположении о когерентном рассеянии.

Мы так подробно остановились на расхождении между теорией и наблюдениями в центре линии Fe I λ 3859.91, потому что аналогичное рас-

хождение, как будет видно из дальнейшего, имеет место и в спектрах Ар-звезды 73 Dra. Его причина пока остается невыясненной.

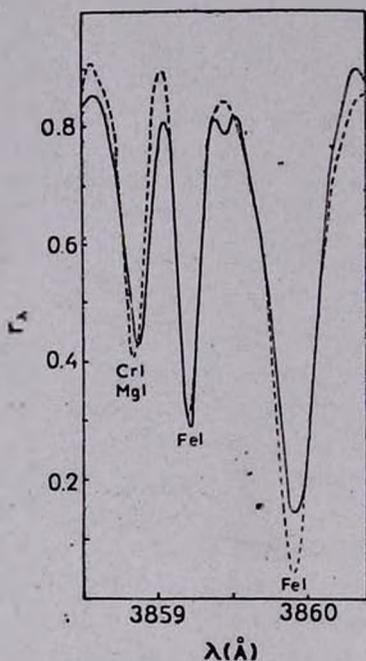


Рис. 1. Сравнение наблюдаемого спектра Прокциона (сплошная линия) с синтетическим спектром (штриховая линия) в интервале 3858.5—3860.5 Å. Указано, каким элементам принадлежат наиболее сильные линии.

Линия $U II \lambda 3859.58$ в спектре Прокциона совсем не видна; при нормальном содержании урана она оказывается столь слабой, что совершенно теряется на фоне сильной линии $Fe I \lambda 3859.91$. Однако при переходе от Прокциона к Ар-звезде 73 Dra ситуация меняется: из-за повышения эффективной температуры линия $Fe I \lambda 3859.91$ ослабевает, а из-за большого избытка в содержании урана линия $U II \lambda 3859.58$ усиливается.

3. Анализ двух спектров 73 Dra, полученных в БНАО. Две спектрограммы, использованные нами, были получены в октябре 1984 г. на 2-метровом телескопе Болгарской Национальной астрономической обсерватории (БНАО). Обратная дисперсия составляла 4.2 Å/мм, разрешение (полуширина инструментального профиля) — 0.08 Å, тип эмульсии фотоластинки — II а-О. Уровень непрерывного спектра проводился по пикам на участке спектра длиной около 500 Å. Каждая спектрограмма измерялась несколько раз, затем результаты усреднялись. В получении и обработке спектрограмм участвовали сотрудники БНАО В. Добричев, Л. Илиев. И. Илиев и И. Барзова.

Все исследованные нами спектры 73 Dgr относятся к разным фазам φ изменения магнитного поля, причем величину φ мы определяли согласно Престону [15]. На рис. 3 и 4 представлены результаты анализа двух указанных спектров БНАО, соответствующих фазам $\varphi = 0.375$ и $\varphi = 0.88$. Прежде всего отметим, что у 73 Dgr, как и у Проциона, теоретический профиль резонансной линии Fe I λ 3859.91 получается глубже, чем наблюдае-

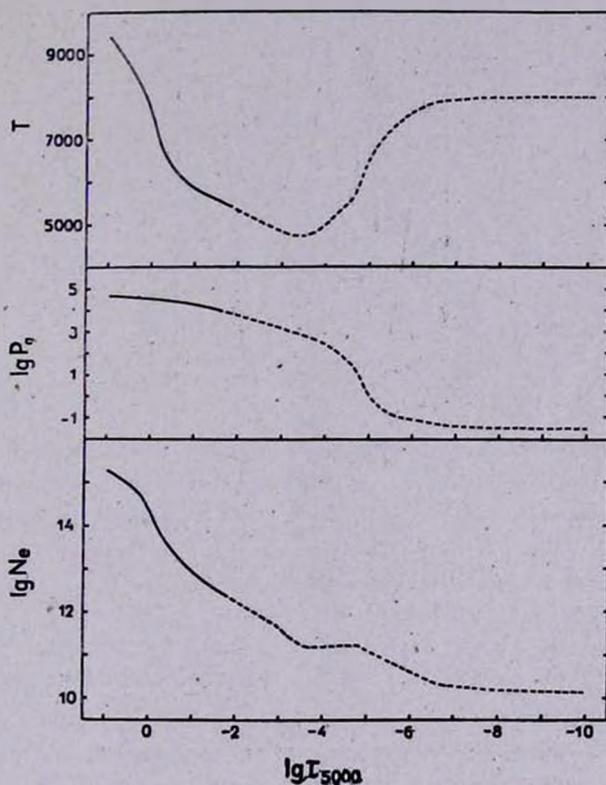


Рис. 2. Распределение температуры T , газового давления P_g и концентрации электронов N_e в принятой модели атмосферы Проциона (τ_{5000} — оптическая глубина в длине волны 5000 Å). Модель фотосферы [3] (сплошная линия) и модель хромосферы [13] (штриховая линия) хорошо стыкуются на глубине $\lg \tau_{5000} = -1.8$.

мый, хотя в расчетах мы учли повышение ионизации атомов Fe I вследствие отклонений от ЛТР. Последнее было сделано с помощью результатов вычислений [16], выполненных для очень близкой по значениям $T_{\text{эфф}}$ и $\lg g$ Ап-звезды 15 Vul. Как уже отмечалось, причина такого расхождения остается невыясненной.

Рассмотрим теперь линию $U II \lambda 3859.58$. Она отчетливо видна на обеих спектрограммах БНАО (рис. 3 и 4). Как известно, содержание урана в солнечной системе характеризуется следующими величинами: $I_{\lambda}^e(U) < 0.6$ для атмосферы Солнца, $I_{\lambda}^e(U) = 0.1-0.2$ для метеоритов (см. [17]). Если в расчетах принять, например, $I_{\lambda}^e(U) = 0.6$, тогда на месте $\lambda 3859.58$ синтетический спектр показывает лишь очень слабую де-

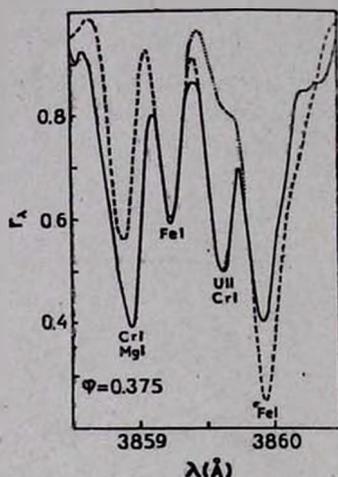


Рис. 3. Сравнение наблюдаемого спектра 73 Дга (сплошная линия), полученного в БНАО для фазы $\varphi = 0.375$, с синтетическим спектром (штриховая линия). Пунктирная линия соответствует нормальному содержанию урана $I_{\lambda}^e(U) = 0.6$. Указано, каким элементам принадлежат наиболее сильные линии.

прессию (пунктирная линия на рис. 3 и 4), совершенно не соответствующую наблюдаемой здесь линии. Увеличивая содержание $I_{\lambda}^e(U)$ и подгоняя теоретический профиль линии урана к наблюдаемому, мы получаем наилучшее согласие с наблюдениями при $I_{\lambda}^e(U) = 4.6$ для фазы $\varphi = 0.375$ и при $I_{\lambda}^e(U) = 3.9$ для фазы $\varphi = 0.88$. Эти значения находятся в полном согласии с оценкой $I_{\lambda}^e(U) = 4.4$, которую дал анализ линии $U II \lambda 2556.19$, выполненный в [1] по ультрафиолетовым спектрам станции «Астрон». Подчеркнем, что для обеих линий $U II$ использована одна система сил осцилляторов.

Итак, подтверждено высокое содержание урана в атмосфере Ag -звезды 73 Дга. Значения $I_{\lambda}^e(U)$, найденные для фаз $\varphi = 0.375$ и $\varphi = 0.88$, отличаются на 0.7. На основе только двух спектрограмм нельзя сказать, связано ли это различие с реальными вариациями линии $U II \lambda 3859.58$ в течение периода $P = 20.275$ дня. Однако можно напомнить, что аналогич-

ное изменение $\lg \epsilon$ с фазой было найдено в [3] для европия. Как известно, периодические вариации некоторых линий в спектрах Ap-звезд связывают с пятнами химического состава на поверхности вращающейся звезды. Не исключено, что в случае 73 Dra уран также концентрируется в пятнах.

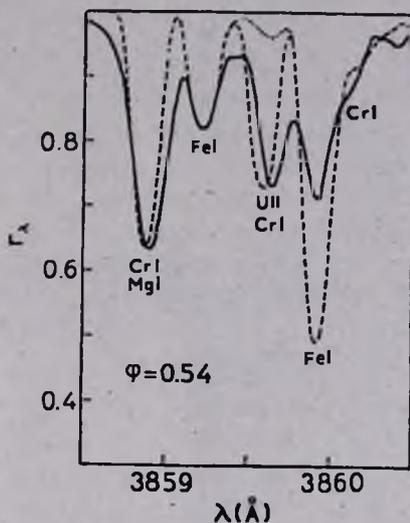


Рис. 4. Сравнение наблюдаемого спектра 73 Dra (сплошная линия), полученного в БНАО для фазы $\varphi = 0.88$, с синтетическим спектром (штриховая линия).

В табл. 2 наряду с содержанием урана указано также полученное нами содержание хрома и железа — двух элементов, дающих наиболее силь-

Таблица 2
СОДЕРЖАНИЕ ХРОМА, ЖЕЛЕЗА И
УРАНА В АТМОСФЕРЕ 73 Dra, НАЙ-
ДЕННОЕ ПО РАЗЛИЧНЫМ СПЕК-
ТРАЛЬНЫМ ДАННЫМ

Обсерватория	Фаза	$\lg \epsilon$		
		Cr	Fe	U
БНАО	0.375	7.9	8.2	4.6
	0.88	7.7	7.8	3.9
ДАО	0.19	7.9	7.7	3.6
	0.54*	7.5	7.0	3.2
„Астрон“ [1]	0.77	7.4	7.9	4.4

* Согласно [2] в этом спектре линии Fe I аномально слабые.

ные линии в рассматриваемом спектральном участке (при определении содержания Cr и Fe мы опирались в основном на линии Cr I λ 3858.877 и

Fe I λ 3859.214). Видим, что разница в значениях $\lg \epsilon$ между двумя фазами для Cr и Fe существенно меньше, чем для U. В среднем содержания Cr и Fe хорошо согласуются с данными [3].

Для фазы $\varphi = 0.375$ (рис. 3) обращает на себя внимание аномально сильная бленда около $\lambda = 3858.9$ А. Основной вклад в нее вносит линия Cr I λ 3858.877 (см. табл. 1). Для фазы $\varphi = 0.88$ она показывает хорошее согласие с наблюдаемым профилем при $\lg \epsilon(\text{Cr}) = 7.7$ (рис. 4). Чтобы добиться такого же согласия для $\varphi = 0.375$, потребовалось бы сильно увеличить содержание хрома, однако в таком случае в правом крыле линии Fe I λ 3859.91 появилась бы заметная депрессия, обусловленная линиями Cr I λ 3860.13 и λ 3860.26. Это привело бы к значительному расхождению с наблюдаемым спектром. Мы проанализировали вклад других, более слабых линий в бленду на 3859.9 А. Согласно списку [5] здесь находятся следующие линии:

3858.83 Fe I
58.86 Mg I
58.88 Ti I
58.95 Nb I
59.07 Co I.

Наши вычисления показали, что для указанных линий Fe I и Mg I необходимо увеличить силу осциллятора примерно на два порядка, а для остальных трех линий еще больше, чтобы получить бленду той глубины, которая наблюдается в фазе $\varphi = 0.375$. Однако тогда в фазе $\varphi = 0.88$ рассматриваемая бленда оказалась бы заметно глубже наблюдаемой. По нашему мнению, видимое усиление бленды на 3858.9 А в фазе $\varphi = 0.375$ может быть либо связано с каким-то дефектом фотопластинки, либо с существованием наряду с линией Cr I λ 3858.877 какой-то неизвестной, близкой по λ линии, испытывающей значительные вариации с фазой.

4. *Применение моделей Стемпеня—Мутсама.* Описанные выше расчеты синтетических спектров основывались на модели атмосферы 73 Dга с параметрами $T_{\text{эфф}} = 8150$ К и $\lg g = 3.6$. Эта модель была получена в [3], причем в качестве исходных были использованы модели атмосфер Куруца [18] с нормальным содержанием металлов. В [3] было отмечено, что хотя химический состав 73 Dга в целом является пекулярным, однако его особенности таковы, что для данной звезды они мало скажутся на модели атмосферы. Сейчас мы можем проверить это утверждение, повторив расчеты синтетических спектров с двумя неопубликованными моделями атмосферы 73 Dга, любезно предоставленными в наше распоряжение К. Стемпенем. Они соответствуют двум разным фазам φ с несколько различающимся химическим составом, взятым из работы Садакане [19]. Методика вы-

числений описана Мутсамом [20]. Важно, что при расчете этих моделей учтены особенности химического состава 73 Dga.

Эффективная температура двух моделей Стемпеня—Мутсама весьма близка к нашей: $T_{эфф} = 8000$ К и 8300 К (наше значение $T_{эфф} = 8150$ К [3]). Ускорение силы тяжести в обоих случаях составляет $lg g = 3.9$. Так как эти модели не соответствуют в точности фазам $\varphi = 0.375$ и $\varphi = 0.88$, мы проанализировали каждый из двух спектров БНАО с обеими моделями. Полученные таким путем четыре значения $lg \epsilon(U)$ представлены в табл. 3.

Таблица 3
ОПРЕДЕЛЕНИЕ $lg \epsilon(U)$ С ПОМОЩЬЮ ДВУХ НЕОПУБЛИКОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ СТЕМПЕНЯ—МУТСАМА

Фаза	Модель атмосферы ($T_{эфф}/lg g$)	
	8000/3.9	8300/3.9
0.375	4.35	4.70
0.88	3.80	4.00

Из табл. 3 видно, что для каждой фазы φ при переходе от одной модели к другой величина $lg \epsilon(U)$ меняется лишь на 0.2—0.3. Но самый важный вывод заключается в том, что прежние значения $lg \epsilon(U)$, полученные с нашей моделью атмосферы [3], лежат между значениями, найденными с помощью двух моделей Стемпеня—Мутсама (см. табл. 2 и 3). Таким образом, применение моделей атмосфер незванных авторов подтвердило наши первоначальные оценки содержания урана на основе модели атмосферы [3].

5. Анализ двух спектров, полученных Каули и др. Мы проанализировали также две спектрограммы 73 Dga, полученные Каули и др. [2] в Доминианской астрофизической обсерватории (ДАО). Дисперсия составляла 2.4 А/мм, спектры относятся к фазам $\varphi = 0.19$ и $\varphi = 0.54$. Сравнение наблюдаемых спектров с синтетическими представлено на рис. 5 и 6, а найденные значения $lg \epsilon(U)$ — в табл. 2.

Содержание урана по данным ДАО получилось несколько ниже, чем по данным БНАО: $lg \epsilon(U) = 3.6$ для $\varphi = 0.19$ и $lg \epsilon(U) = 3.2$ для $\varphi = 0.54$. Спектрограмма, соответствующая фазе $\varphi = 0.54$, примечательна тем, что на ней, как указано в [2], линии Fe I оказались аномально слабыми. По нашей оценке им соответствует содержание железа $lg \epsilon(Fe) = 7.0$, что существенно ниже, чем для всех других спектрограмм (см. 2—798

табл. 2). Интересно, что аномальная слабость линий Fe I вблизи фазы $\varphi = 0.54$ не подтверждается данными Полосухинской и Додонова [21], получивших спектры 73 Dга в нескольких фазах. В этом можно убедиться, сравнив измерения эквивалентных ширин W_λ линий Fe I в [21] для фаз $\varphi = 0.48$ и $\varphi = 0.67$ со значениями W_λ для остальных фаз. По нашему мнению, необходимы дополнительные спектральные наблюдения 73 Dга, чтобы подтвердить сильное ослабление линий Fe I вблизи фазы $\varphi = 0.54$.

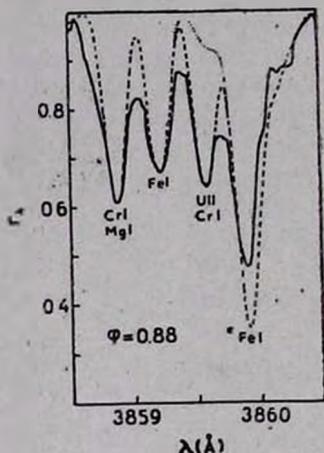


Рис. 5. Сравнение наблюдаемого спектра 73 Dга (сплошная линия), полученного в ДАО [2] для фазы $\varphi = 0.19$, с синтетическим спектром (штриховая линия).

Обращает на себя внимание еще одна особенность спектров ДАО: как видно из рис. 5 и 6, на обеих спектрограммах наблюдаемый профиль линии U II λ 3859.58 смещен вправо относительно теоретического профиля, причем сдвиг по центральной длине волны составляет около 0.05 Å. На спектрах БНАО такого смещения не наблюдается (рис. 3 и 4).

6. *Обсуждение результатов.* Если исключить из рассмотрения фазу $\varphi = 0.54$, отличающуюся особенно низким содержанием железа и урана, то, как видно из табл. 2, остальные результаты хорошо согласуются между собой, включая данные анализа ультрафиолетовых спектров 73 Dга из [1]. В частности, содержание хрома $lg \epsilon$ (Cr) варьируется от 7.4 до 7.9, а содержание железа $lg \epsilon$ (Fe) — от 7.7 до 8.2, то есть величина $lg \epsilon$ для этих двух элементов меняется на 0.5. Для урана разброс в значениях $lg \epsilon$ (U) оказался больше: от 3.6 до 4.6 (без учета фазы $\varphi = 0.54$). Возможно, он связан с реальной переменностью линий U II в течение периода

$P = 20.275$ дня, однако представленный в табл. 2 материал слишком мал и неоднороден, чтобы судить о такой переменности.

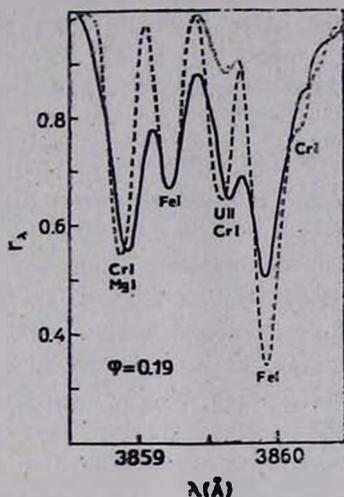
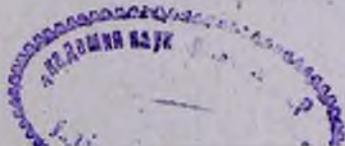


Рис. 6. Сравнение наблюдаемого спектра 73 Dga (сплошная линия), полученного в ДАО [2] для фазы $\varphi = 0.54$, с синтетическим спектром (штриховая линия).

По 4 спектрам (2 спектра БНАО, 1 спектр ДАО и 1 ультрафиолетовый спектр «Астрона») в среднем для 73 Dga получаем содержание урана $\lg \epsilon(U) = 4.1$. Это на четыре порядка превышает содержание урана в солнечной системе $\lg \epsilon(U) = 0.1-0.2$, найденное по метеоритам (см. [17]). Важно, что такой результат получается независимо по двум разным линиям урана — $\lambda 3859.58$ и $\lambda 2556.19$.

Каули и Арнольд [22] высказали предположение, что линия, наблюдаемая на месте $\lambda 3859.58$ в спектрах ряда Ар-звезд, в значительной мере обусловлена хромом. Конкретно речь идет о линиях Cr I $\lambda 3859.588$ и $\lambda 3859.680$, приведенных в табл. 1. Однако высказанное в [22] предположение было основано на допущении о слишком высоком содержании хрома $\lg \epsilon(\text{Cr}) = 8.5-8.8$, которое существенно превышает значения $7.4-7.9$, найденные для 73 Dga. Если принять для 73 Dga реальную величину $\lg \epsilon(\text{Cr})$, тогда, как показали наши расчеты, вклад двух указанных линий Cr I становится очень малым. Пришлось бы увеличить силы осцилляторов gf обеих линий Cr I в 10 раз, чтобы получить для 73 Dga соответствие с наблюдаемым профилем $\lambda 3859.58$ при нормальном содержании урана. По нашему мнению, линия $\lambda 3859.58$ в спектре 73 Dga действительно принадлежит урану. На это указывают: 1) хорошее согласие с величиной $\lg \epsilon(U)$,



полученной в [1] по ультрафиолетовому спектру 73 Dra; 2) обнаруженные в [1] аналогичные избытки в содержании других очень тяжелых элементов — свинца, вольфрама и, возможно, тория.

Таким образом, можно сделать вывод, что детальное исследование спектров 73 Dra в области линии U II λ 3859.58 привело к подтверждению высокого содержания урана, найденного в [1] по спектру 73 Dra в ультрафиолетовой области.

Интересно отметить, что для Ap-звезды β CrB, которая по своей температуре $T_{\text{эфф}}$ близка к 73 Dra и которая также наблюдалась на «Астро-не» [1], депрессия на месте линии U II λ 2556.19 не обнаружена. Нет в спектре этой звезды и явно выраженной линии U II λ 3859.58; на высокодисперсионных спектрограммах Каули и др. [2] в этом месте видна лишь слабая депрессия в крыле резонансной линии Fe I λ 3859.91.

Авторы выражают искреннюю благодарность академику А. Б. Северному за неоднократные обсуждения, К. Стемпеню за предоставление двух неопубликованных моделей атмосферы 73 Dra, сотрудникам БНАО И. Баровой, В. Добричеву и Л. Илиеву за помощь в получении и обработке спектрограмм.

Болгарская Национальная
астрономическая обсерватория
Крымская астрофизическая
обсерватория

URANIUM ABUNDANCE IN Ap-STAR 73 Dra DETERMINED FROM U II λ 3859.58 LINE

I. C. ILIEV, L. S. LYUBIMKOV, I. S. SAVANOV

The uranium abundance in the atmosphere of Ap-star 73 Dra is found by the method of synthetic spectra using four spectrograms in the 3858.5—3860.5 Å region containing U II λ 3859.58 line. Beforehand the gf-values in the spectral section in question were examined with the help of Procyon spectrum; the difference between observations and calculations of the depth of strong Fe I line λ 3859.91 was found which didn't disappear even after including the chromospheric model and the iron over-ionization caused by departures from LTE. The analysis of U II λ 3859.58 line confirmed high abundance of uranium which had been discovered for 73 Dra by UV spectra obtained with space station „Astron“. The mean uranium abundance $\log \epsilon(U) = 4.1$ was found for four spectra corresponding to the phases $\varphi = 0.375, 0.88, 0.19$ and 0.77 . It exceeds the meteoritic abundance $\log \epsilon(U) = 0.1-0.2$ by four orders of magnitude.

ЛИТЕРАТУРА

1. A. B. *Severny*, L. S. *Lyubimkov*, Proc. IAU Colloq. No. 90 (in press).
2. C. R. *Cowley*, G. C. L. *Atkman*, W. A. *Fisher*, Publ. Dominion Astrophys. Obs., 15, 37, 1977.
3. Л. С. *Любимков*, Изв. Крым. астрофиз. обсерв., 75, 155, 1986.
4. Л. С. *Любимков*, Изв. Крым. астрофиз. обсерв., 74, 3, 1986.
5. R. L. *Kurucz*, E. *Peytremann*, Smithsonian Astrophys. Observ. Report, No. 352, 401, 1975.
6. А. А. *Боярчук*, И. С. *Саванов*, Изв. Крым. астрофиз. обсерв., 70, 57, 1985.
7. P. A. *Voigt*, Phys. Rev. A, 11, 1845, 1975.
8. Л. С. *Любимков*, И. С. *Саванов*, Астрофизика, 22, 63, 1985.
9. R. *Griffith*, R. *Griffith*, A Photometric Atlas of the Spectrum of Procyon, Cambridge, England, 1979.
10. K. *Kato*, K. *Sadakane*, Astron. and Astrophys., 113, 135, 1982.
11. H. *Figger*, K. *Stomos*, H. *Walter*, Z. Phys., 270, 371, 1974.
12. R. I. *Kostik*, Solar Phys., 78, 39, 1982.
13. T. R. *Ayres*, J. L. *Linsky*, R. A. *Shine*, Astrophys. J., 192, 93, 1974.
14. А. А. *Боярчук*, Л. С. *Любимков*, Н. А. *Сахибуллин*, Астрофизика, 22, 339, 1985.
15. G. W. *Preston*, Astrophys. J., 150, 871, 1967.
16. Y. *Takeda*, Ann. Tokyo Astron. Observ., 2-nd Ser., 19, 553, 1984.
17. J. E. *Ross*, L. H. *Aller*, Science 191, 1223, 1976.
18. R. L. *Kurucz*, Astrophys. J. Suppl. Ser., 40, 1, 1979.
19. K. *Sadakane*, Publ. Astron. Soc. Jap., 23, 469, 1976.
20. H. *Muthsam*, Astron. and Astrophys., 73, 159, 1979.
21. Н. С. *Полосухина*, С. Н. *Додонов*, Изв. Крым. астрофиз. обсерв., 57, 19, 1977.
22. C. R. *Cowley*, C. N. *Arnold*, Astrophys. J., 226, 420, 1978.