

КАТАЛОГ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ ШИРИН ЛИНИЙ В СПЕКТРАХ А- И F-ЗВЕЗД

В. Г. Ключкова, В. Е. Панчук, О. В. Федорова

В работе описан каталог на магнитной ленте эквивалентных ширин линий металлов W в спектрах 289 звезд (в том числе 115 химически пекулярных звезд в рассеянных скоплениях). Для половины звезд каталога наблюдения выполнены на ОЗСП БТА, что позволило перевести в однородную систему W большую часть списков W , опубликованных другими авторами. Приведены библиография использованных работ и коэффициенты редуциционных соотношений между системами эквивалентных ширин. Аргументом в пользу составления каталога является выполненный авторами анализ каталога металличности $[Fe/H]$ (Керель и др.). Показано, что основным источником ошибок определения металличности в диске Галактики является не способ теоретического анализа, а характеристики наблюдательного материала: спектральное разрешение, диапазон длин волн, фотометрическая точность. Планируются пополнение каталога W и его анализ.

A magnetic tape catalogue of metallic line equivalent widths W in the spectra of 289 stars (including 115 chemically peculiar stars in open clusters) is described. Observations for half of the catalogue stars were made using MSS of the BTA, which allowed to reduce a large number of W lists published by other authors into a homogeneous W -system. Bibliography of the works used and coefficients of reducing relations between the systems of equivalent widths are presented. Fulfilled by the authors analysis of catalogue of metallicity $[Fe/H]$ (Cayrel et al.) is an argument for catalogue W compiling. Main error source of metallicity determination in disk of Galaxy is shown to be not the theoretic analysis method, but observation data characteristics: spectral resolution, wavelength band, photometric accuracy. W catalogue with its analysis is planned to be extended.

Ряд новых задач, решаемых методом звездной спектроскопии, для обеспечения статистической значимости результатов требует использования данных для обширных выборок звезд. Например, для изучения химической эволюции Галактики необходим такой объем высокодисперсионного однородного наблюдательного материала, который заведомо невозможно получить на одном спектрографе за срок жизни прибора. Это заставляет привлекать для решения такого ряда задач наблюдательные данные, полученные разными авторами на различных инструментах. Для нас очевидна необходимость составления однородного каталога эквивалентных ширин W линий металлов в спектрах звезд разных типов. Опыт составления и анализа каталога W линий нейтрального гелия в спектрах 500 В-звезд [1, 2] показывает, что редуция спектроскопических наблюдений разных авторов в единую систему возможна и целесообразна. К примеру, в работе [1] показано, что после сведения оригинальных определений W в однородную систему ошибка средних значений W для каждой линии уменьшилась в 1.6 раза.

Составление каталога W линий металлов в спектрах А- и F-звезд мы провели, основываясь в значительной степени на каталоге определений металличности $[Fe/H]$ [3].

1. Некоторые характеристики каталога $[Fe/H]$. Каталог $[Fe/H]$ [3] очень широко используется для калибровки фотометрических способов определения металличности, для разработки и проверки моделей химической эволюции Галактики, для оценки вариаций металличности в звездных группировках. Однако до сих пор не рассмотрен вопрос о соотношении возможных ошибок каталога. Ниже мы рассмотрим проявления в каталоге [3] следующих основных факторов, влияющих на точность определения $[Fe/H]$:

- 1) ошибок определения эффективной температуры T_e (или $\theta_e = 5040/T_e$);
- 2) ошибок, связанных с использованием различного спектрального разрешения;

3) ошибок, вызываемых различной степенью перекрытия профилей линий в разных интервалах длин волн;

4) ошибок определения микротурбулентной скорости ξ_t ;

5) ошибок вследствие неадекватного описания простыми моделями реальных звездных атмосфер, имеющих спектральные проявления хромосферной активности, пятнистости и др.

Для рассмотрения этих факторов мы изучили все опубликованные работы, перечисленные в каталоге [3], обращая особое внимание на характеристики спектров, спектральной аппаратуры и использованных телескопов. Подавляющее большинство определений металличности, собранных в [3], выполнено по спектрам, полученным в кудэ-спектрографах фотографическим путем, поэтому приводимые ниже оценки можно рассматривать как итоговые для всей совокупности таких наблюдений.

ТАБЛИЦА 1

Интервал θ_e	Число звезд n	$\bar{\theta}_e$	$\Delta\theta_e$
0.4—0.6	6	0.490	0.0109
0.6—0.8	6	0.727	0.0136
0.8—1.0	30	0.878	0.0123
1.0—1.3	20	1.096	0.0202

1.1. Ошибки определения эффективной температуры θ_e . Ошибку $\Delta\theta_e$ определения эффективной температуры оценим, отобразив из каталога [3] те звезды, для которых указано не менее четырех независимых определений $[\text{Fe}/\text{H}]$ и θ_e . В табл. 1 для каждого из интервалов θ_e мы приводим число попадающих в данный интервал звезд n , для которых по $N \geq 4$ определениям θ_e вычислены средние значения $\bar{\theta}_e$ и ошибки определения $\Delta\theta_e$ эффективной температуры для отдельной звезды из данного температурного интервала. Эта ошибка иллюстрирует величину разброса при определении θ_e по различным работам (учтены также те работы, которые основаны на использовании одного и того же спектрального материала, но различаются в особенностях анализа). На основании табл. 1 примем в качестве средней ошибки $\overline{\Delta\theta_e}$ для звезд спектральных классов F, G, K $\overline{\Delta\theta_e} = 0.015$.

Для этой же выборки звезд с числом определений металличности $N \geq 4$ вычислим средние значения $[\overline{\text{Fe}/\text{H}}]$ и дисперсию $\sigma[\text{Fe}/\text{H}]$. На рис. 1 приведена связь этих величин. Видно, что для F, G, K-звезд диска ($[\text{Fe}/\text{H}] \geq -0.5$) величину $\sigma[\text{Fe}/\text{H}]$ можно считать не зависящей от $[\overline{\text{Fe}/\text{H}}]$ и равной $\sigma[\text{Fe}/\text{H}] = 0.07 \pm 0.01$. Анализ зависимости $\sigma[\text{Fe}/\text{H}]$ от числа определений N величины металличности $[\overline{\text{Fe}/\text{H}}]$ показал, что при $N = 6-9$ значение $\sigma[\text{Fe}/\text{H}]$ не становится меньше чем 0.044.

Ввиду независимости $\sigma[\text{Fe}/\text{H}]$ от $[\overline{\text{Fe}/\text{H}}]$ и слабой зависимости от N построим связь ошибок определения эффективной температуры и ошибок определения металличности (рис. 2). Из рис. 2 следует, что для каталога [3] в целом точность определения эффективной температуры не является основным фактором, определяющим дисперсию металличности.

1.2. Влияние спектрального разрешения. Для оценки влияния спектрального разрешения на результат определения металличности следует сформировать выборку, однородную по другим параметрам (интервал эффективных температур, спектральный диапазон). Выберем из каталога [3] все определения $[\text{Fe}/\text{H}]$, полученные для F, G, K-звезд по спектрограммам кудэ-спектрографа 100-дюймового телескопа обсерватории Маунт-Вилсон, причем ограничимся спектрами в красном ($\lambda > 5000 \text{ \AA}$) диапазоне длин волн. Разобьем всю выборку на две группы звезд, наблюдавшихся с обратной линейной дисперсией $D < 10 \text{ \AA/мм}$ (52 звезды) и $D > 10 \text{ \AA/мм}$ (50 звезд). Среднее зна-

чение металличности у звезд первой группы $[\overline{\text{Fe}/\text{H}}] = -0.11 \pm 0.03$, у второй группы $[\overline{\text{Fe}/\text{H}}] = -0.01 \pm 0.03$. Несмотря на то что другие методические ошибки, а также реальная дисперсия металличности звезд диска должны увеличивать ошибку определения средней металличности для каждой группы, мы получили статистически значимое различие средних, что дает возможность говорить о существенном влиянии спектрального разрешения на индивидуальные определения металличности.

Хорошей иллюстрацией влияния спектрального разрешения на величину $[\text{Fe}/\text{H}]$ являются результаты определения металличности звезд в составе рассеянных скоплений [4]. Эти наблюдения выполнены на 200-дюймовом телескопе в синем диапазоне длин волн с $D=10 \text{ \AA}/\text{мм}$, причем в программу исследований были включены звезды, существенно различные по блеску (от 6^m до 10^m в цвете V). Результаты работы [4] отмечены на рис. 3 кружками 2. Здесь важно подчеркнуть, что зависимость $[\text{Fe}/\text{H}]$ от θ_e для этих звезд отсутствует, а сама величина θ_e для них меняется в очень узких пределах, т. е. интерпрети-

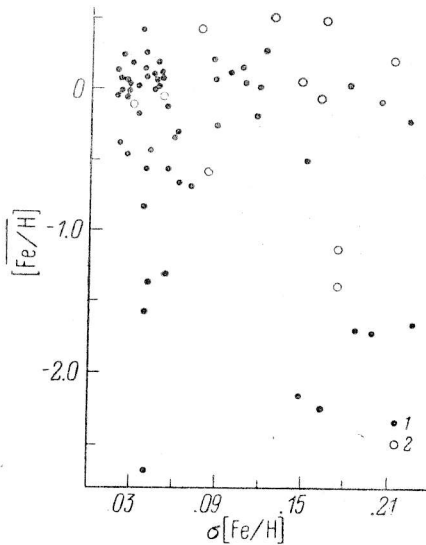


Рис. 1. Соотношение между средними значениями металличности $[\text{Fe}/\text{H}]$ и дисперсиями металличности $\sigma[\text{Fe}/\text{H}]$.

Использованы звезды, для которых число независимых определений металличности $N \geq 4$; 1 — звезды с $\theta_e \geq 0.7$; 2 — звезды с $\theta_e < 0.7$.

Рис. 2. Связь ошибок определения эффективной температуры $\Delta\theta_e$ с дисперсией металличности.

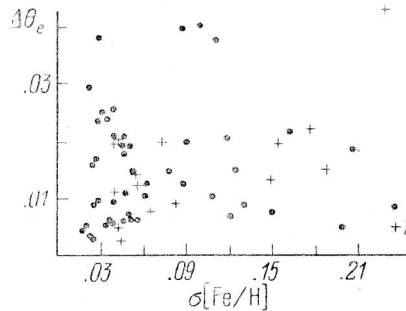


Рис. 2. Связь ошибок определения эффективной температуры $\Delta\theta_e$ с дисперсией металличности.

Использованы звезды, для которых число независимых определений температуры и металличности $N \geq 4$; 1 — звезды с $[\text{Fe}/\text{H}] > -0.5$; 2 — звезды с $[\text{Fe}/\text{H}] \leq -0.5$.

ровать зависимость $[\text{Fe}/\text{H}]$ от m_V как отражение зависимости металличности от спектрального подкласса, определяющего степень перекрытия отдельных линий, не следует. Кружками 1 на рис. 3 даны средние значения металличности, полученные для групп, составленных из более ярких звезд. Эти средние, полученные по всем F, G, K-звездам диска ($[\text{Fe}/\text{H}] > -0.5$), приведены в табл. 2 (использованы наблюдения как 200-дюймового телескопа, так и ряда других телескопов, оснащенных кудэ-спектрографами).

Таким образом, мы приходим к выводу, что для ярких звезд диска, сосредоточенных в окосолнечной окрестности, зависимость металличность—звездная величина отсутствует. Это, по-видимому, является отражением того обстоятельства, что основная масса этих звезд наблюдалась с одинаковым спектральным разрешением, достаточным для измерения отдельных линий. Опыт спектральных наблюдений на ОЗСП БТА [5], в том числе и звезд — членов рассеянных скоплений, показывает, что $m_V=9^m$ является предельной звездной величиной, для которой возможна массовая фотографическая спектрофотометрия с $D=9 \text{ \AA}/\text{мм}$ (спектральное разрешение 0.25 \AA) с хорошей фотометрической точностью (высота спектра не ниже 0.6 мм , без очувствления фотоэмульсии). Если учесть, что из-за схемы кудэ и применения в спектрографе 200-дюймового телескопа коррекционной пластины двойного прохождения общие потери света выше, чем в случае ОЗСП БТА, и общий выигрыш (при равных значениях линейной дисперсии и времени экспозиции) ОЗСП БТА составляет 0^m8-0^m9 .

ТАБЛИЦА 2

Зависимость металличности — звездная величина, полученная для F, G, K-звезд диска

Интервал m_V	Число звезд n	$[\text{Fe}/\text{H}]$	$\sigma[\text{Fe}/\text{H}]$
$< 2^m$ ($\bar{m}_V=0.87$)	8	-0.125	0.065
2^m-3^m	25	0.044	0.037
3^m-4^m	71	-0.043	0.026
4^m-5^m	91	-0.073	0.019
5^m-6^m	96	-0.053	0.021
6^m-7^m	43	-0.069	0.031

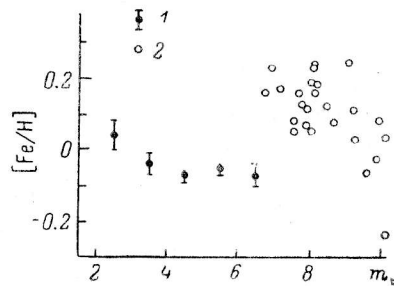
(оценка, выполненная Е. Л. Ченцовым в 1977 г.), то приходим к выводу, что спектры F-карликов в скоплениях для значений $m_V=9^m-10^m$ могли быть получены на 200-дюймовом телескопе только при условии пониженного спектрального разрешения. Можно также предположить, что спектры этих слабых звезд получены с пониженным уширением поперек дисперсии, что повышает роль шумов фотоэмульсии и затрудняет выделение отдельных линий (ситуация, адекватная понижению спектрального разрешения). В любом случае неучет систематического эффекта, подобного отраженному на рис. 3, может привести к серьезным заблуждениям в задаче, где требуется исследовать существенно различающиеся по яркости объекты (например, в задаче исследования градиента металличности в диске Галактики).

1.3. Ошибки, связанные с использованием различных диапазонов длин волн. Ошибки, обусловленные применением различного спектрального разрешения, и ошибки, связанные с использованием разных диапазонов длин волн, можно объединить общим параметром — степенью блендирования линий, поэтому, строго говоря, эти ошибки следует рассматривать как взаимосвязанные. Но вследствие того что как в каталоге [3], так и в цитированной в нем литературе нет численной информации, характеризующей степень блендирования линий, рассмотрим ошибки диапазона длин волн отдельно.

В качестве примера систематической ошибки определения металличности, возникающей из-за использования разных диапазонов длин волн, приведем результаты определения $[\text{Fe}/\text{H}]$ по спектрам, полученным в синем диапазоне (3900—4600 Å) с обратной дисперсией 12 Å/мм на 74-дюймовом телескопе обсерватории Дэвид Дэнлап [6]. По спектрам 19 звезд, исследованных в этой работе, средняя величина $[\text{Fe}/\text{H}]=-0.17 \pm 0.04$, этот результат следует сравнить с упомянутым выше результатом определения средней металличности по спектрам, полученным на 100-дюймовом телескопе в красном ($\lambda > 5000$ Å) диапазоне с $D > 10$ Å/мм: $[\text{Fe}/\text{H}]=-0.01 \pm 0.03$.

Наглядной иллюстрацией влияния используемого диапазона длин волн на величину металличности являются наши результаты спектроскопического исследования F-карликов в рассеянных скоплениях [7, 8].

1.4. Ошибки, связанные с процедурой определения микротурбулентной скорости ξ_t . Отметим здесь два основных момента. Величина микротурбулентной скорости ξ_t связана с точностью определения эквивалентных ширин W . Этот эффект подробно исследован в [9], где показано, что случайные ошибки ΔW приводят к появлению систематической ошибки в величине ξ_t . Кроме того, даже при высокой точности

Рис. 3. Соотношение металличности и звездной величины m_V .

1 — средние значения $[\text{Fe}/\text{H}] \pm \sigma$ для групп ярких звезд из табл. 2; 2 — индивидуальные определения металличности для звезд в рассеянных скоплениях (см. текст).

определения W на точность вычисления ξ_t существенно влияет недостаток слабых линий, что опять-таки связано с используемым диапазоном длин волн, спектральным разрешением и, естественно, со спектральным классом и металличностью звезды.

1.5. Влияние неадекватного описания звездных атмосфер теоретическими моделями. Совокупность объектов из каталога [3] можно разделить еще по одному признаку — исследован ли данный объект одной из разновидностей дифференциальной методики (метод кривых роста, метод моделей атмосфер) относительно атмосферы Солнца или дифференциальная методика не использована. Стандартной звездой могут являться также Процион, Арктур, ϵ Vir и др., общим условием здесь является относительная близость объектов и стандартов по эффективной температуре. Именно по причине широкого распространения дифференциальной методики ранние версии каталога [3] без изменений вошли в цитируемую версию каталога, несмотря на то что около десяти лет тому

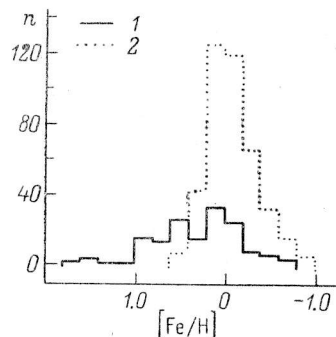


Рис. 4. Распределение значений металличности для двух групп звезд с $[\text{Fe}/\text{H}] \geq -1.0$.

1 — горячие звезды с $\theta_e < 0.7$;
2 — холодные звезды с $\theta_e \geq 0.7$.

назад сделана существенная ревизия шкалы сил осцилляторов атомов нейтрального железа, что неизбежно отразилось на определениях металличности, выполненных недифференциальной методикой.

Итак, большинство использованных выше определений металличности F, G, K-звезд слабо отражают факт неадекватности теории и наблюдений, поскольку один и тот же теоретический уровень описания используется как при исследовании звезд программы, так и при исследовании стандартных звезд.

Для относительно горячих звезд ($\theta_e < 0.7$) ситуация принципиально изменяется — эффективные температуры атмосфер этих звезд существенно отличаются от θ_e солнечной атмосферы, существенно перераспределяются вклады

атомов и ионов в непрозрачность, появляются неучитываемые теорией особенности звездных атмосфер, существенно отличные от неучитываемых теорией деталей строения атмосферы Солнца. (Под уровнем теоретического описания мы подразумеваем здесь не отдельные новые достижения теории, а уровень, характерный для каталога [3] в целом). Кроме того, для звезд с $\theta_e < 0.7$ перечисленные в разд. 1.2—1.4 эффекты отступают на второй план: степень блендирования линий железа становится незначительной как в синем, так и в красном диапазонах, микротурбулентное уширение линий становится сравнимым с тепловым и ниже теплового уширения, а количество линий средней интенсивности резко уменьшается. Поэтому вопрос влияния неадекватности теоретического описания звездных спектров удобно рассматривать в случае В- и А-звезд.

Вначале для всех звезд каталога [3] с $\theta_e < 0.7$ мы построили зависимость $[\text{Fe}/\text{H}]$ от θ_e , такая зависимость не найдена, коэффициент корреляции между этими величинами мал ($\rho = 0.18$). Поэтому можно считать, что, как и в случае F, G, K-звезд диска, ошибки определения эффективной температуры не вносят систематических ошибок в металличность. Затем мы построили распределение металличности для горячих ($\theta_e < 0.7$) и холодных ($\theta_e \geq 0.7$) звезд диска (рис. 4). Видно, что совокупность горячих звезд можно разделить на две группы, одна из которых характеризуется средней величиной металличности, близкой к таковой для F, G, K-звезд диска ($[\text{Fe}/\text{H}] \approx 0$), а другую группу отличает избыток металлов в среднем ($[\text{Fe}/\text{H}] \approx 0.6$), причем количество объектов в этих группах практически равно. Число звезд, отмеченных в каталоге индексами пекулярности и металличности (Vp, Ap, Am), составляет половину от общего числа В- и А-звезд, и «сверхметалличная» группа состоит в основном из звезд указанных типов.

Практически все химически пекулярные звезды, для которых определена металличность, анализировались с применением однородных приближений,

т. е. либо методом кривых роста, либо методом моделей атмосфер, построенных в предположении однородного химического состава как по поверхности звезды, так и с глубиной в атмосфере. Однако хорошо известно, что только избранные типы химически пекулярных звезд можно анализировать в таком приближении. Очевидно, что пренебрежение указанным обстоятельством вносит дополнительную дисперсию металличности для всей совокупности звезд каталога [3] с $\theta_0 < 0.7$. Наличие провала между двумя указанными выше значениями металличности мы склонны объяснять селективными эффектами — при отборе звезд для детального спектроскопического анализа применяется предварительное выделение пекулярных звезд по спектрам со спектральным разрешением, характерным для задач звездной классификации. Такой подход приводит к неизбежной потере звезд со слабо выраженными эффектами химической пекулярности.

Пока невозможно определить, какая доля избыточной металличности отражает несовершенство применяемой методики анализа спектров, но известно, что детальный анализ некоторых пекулярных звезд не дает избытка элементов железного пика [10]. Поэтому основной вывод данного раздела следующий: присутствие в каталоге [3] пекулярных звезд, анализ которых выполнен с применением химически однородных моделей, приводит к тому, что в районе $\theta_0 \approx 0.7$ металличность звезд диска Галактики скачкообразно изменяется от $[\text{Fe}/\text{H}] = -0.05 \pm 0.03$ (F, G, K-звезды) до $[\text{Fe}/\text{H}] = +0.27 \pm 0.04$ (B- и A-звезды).

Итак, рассмотрев совокупность перечисленных выше примеров, можем сделать предположение, что дисперсия металличности звезд диска, оцениваемая по каталогу [3], в значительной мере обусловлена причинами методического характера, среди которых первое место занимают свойства наблюдательного материала. Ясно, что прямое использование этой дисперсии как физической характеристики, отражающей эволюцию галактического диска, является некорректной процедурой. Для того чтобы выполненные разными авторами спектроскопические наблюдения можно было подвергать совокупной интерпретации, необходимо составить сводный каталог определений эквивалентных ширин линий и попытаться редуцировать большую часть списков W в одну систему.

2. Описание каталога эквивалентных ширин.

2.1. Источники сведений об эквивалентных ширинах. Для поиска опубликованных списков W мы прежде всего использовали библиографию каталога металличностей [3]. Кроме того, привлечены дополнительные работы, где опубликованы списки W , но химический состав не определялся. Не стремясь к полноте каталога W по какому-либо типу объектов, мы прежде всего учитывали те из работ, в которых достигнуто хорошее спектральное разрешение и ожидалась хорошая фотометрическая точность. Сравнение по этим параметрам удобно проводить, имея спектры аналогичных объектов, полученные на ОЗСП БТА, поэтому в целом первая версия нашего каталога отражает тематику наших исследований на 6-м телескопе: спектроскопия химически пекулярных звезд, изучение химического состава нормальных A- и F-карликов в рассеянных скоплениях диска Галактики, спектроскопическое исследование F-сверхгигантов на высоких галактических широтах, химический состав звезд на стадии горизонтальной ветви. В дальнейшем каталог будет пополняться за счет привлечения результатов исследования других типов звезд диска и гало (соответствующие программы сейчас выполняются).

В табл. 3 мы приводим список звезд, включенных в первую версию каталога. Звезды, исследованные в нескольких работах, могут быть использованы для перехода из одной системы W в другую. Поэтому основной структурной единицей каталога мы рассматриваем запись, т. е. конкретный список W линий, определенных для данной звезды в данной работе. В табл. 3 указаны номер звезды по каталогам HD или BD или иное обозначение; тип звезды; номер записи и соответствующая этой записи литературная ссылка. Для нескольких звезд нашей программы W ранее не публиковались, эти случаи отмечены знаком (**). Те случаи, когда мы не публиковали списки W , но опубликованы

Сведения о звездах, вошедших в каталог

HD (BD)	Тип	№	Литература
358	Bp	215	**
1909	Bp	301	Buscombe W. et al., 1968, MNRAS, 140, 369
2421	A	36	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 154, 975
2628	Am	170	Рачковская Т. М., Любимков Л. С., 1985, Изв. КрАО, 73, 82
2628	Am	312	Smith M. A., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
2857	HB	48	Danford S. C., Lea S. M., 1981, A. J., 86, 1909
2857	HB	111	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
2857	HB	152	Kodaira K., Philip A. G. D., 1984, Ap. J., 278, 208
3883	Am	342	Coupry M. F. et al., 1986, A. & A. Suppl., 64, 477
7583	AI	55	Wolf B., 1973, A. & A., 28, 335
7927	FI	147	**
7927	FI	175	Abt H. A., 1960, Ap. J., 131, 99
10494	FI	148	**
11415	Bp	252	**
11503	Ap	214	**
11529	Bp	255	**
11636	A	141	Baschek B., Searle L., 1969, Ap. J., 155, 537
14392	Bp	202	**
14433	AI	59	**
14535	AI	58	**
14829	HB	153	Kodaira K., Philip A. G. D., 1984, Ap. J., 278, 208
15144	Ap	234	**
15798	F	116	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
16605	Bp	257	**
16693	Bp	241	**
16705	Bp	256	**
16719	B	240	**
16728	Bp	239	**
16861	A	85	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
18778	Am	313	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
19445	F	7	Chamberlain J., Aller L. H., 1951, Ap. J., 114, 52
19805	Bp	188	**
20135	Ap	190	**
20808	A	80	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
20842	A	81	* То же
20902	FI	142	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Письма в АЖ, 14, 77
20961	B	90	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
21046	A	89	* То же
21699	Bp	184	**
21943	B	249	**
22114	Bp	247	**
22136	Bp	189	**
22327	B	77	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
22401	Bp	186	**
22615	Am	24	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 152, 483
22961	Bp	242	**
23194	A	23	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 152, 483
23194	A	121	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1986, Sov. Astron. Lett., 12, 186
23326	F	123	*То же
23387	A	28	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 152, 483
23387	A	78	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
23489	A	93	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
23607	A	21	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 152, 483
23607	A	122	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1986, Sov. Astron. Lett., 12, 186
23631	A	26	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 152, 483
23642	A	263	**
23754	F	117	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14

HD (BD)	Тип	№	Литература
23763	A	79	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
23840	A	248	**
23934	A	22	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 152, 483
23950	Bp	251	**
23964	A	29	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 152, 483
23964	Bp	262	**
24368	A	25	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 152, 483
24736	A	96	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
25102	F	119	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1986, Sov. Astron. Lett., 12, 186
25309	B	250	**
25823	Bp	205	**
26322	F	168	Рачковская Т. М., Любимков Л. С., 1985, Изв. КрАО, 72, 89
26462	F	133	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
26462	F	308	Gunn J. E., Kraft R. P., 1963, Ap. J., 137, 301
26756	G	13	Conti P. S. et al., 1965, Ap. J., 142, 999
27295	Ap	298	Aller L. H., Bidelman W. P., 1964, Ap. J., 139, 171
27295	Ap	299	Auer L. H. et al., 1966, Ap. J., 145, 153
27309	Bp	292	**
27534	F	118	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1986, Sov. Astron. Lett., 12, 186
27561	F	17	Conti P. S. et al., 1965, Ap. J., 142, 999
27561	F	132	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
27561	F	309	Gunn J. E., Kraft R. P., 1963, Ap. J., 137, 301
27628	Am	321	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
27749	Am	62	Provost J., Van't Veer-Menneret C., 1969, A. & A. 2, 218
27749	Am	63	Hundt E., 1972, A. & A., 21, 413
27749	Am	322	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
27808	F	15	Conti P. S. et al., 1965, Ap. J., 142, 999
27819	A	18	То же
27962	A	3	Wright K. O. et al., 1964, Publ. DAO Victoria, 12, 173
27962	A	9	Саванов И. С., 1983, Изв. КрАО, 66, 139
27962	A	19	Conti P. S. et al., 1965, Ap. J., 142, 999
27962	A	323	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
27962	A	347	**
27991	F	127	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
28344	G	14	Conti P. S. et al., 1965, Ap. J., 142, 999
28406	F	128	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
28483	F	16	Conti P. S. et al., 1965, Ap. J., 142, 999
28546	Am	324	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
28568	F	120	*Klochkova, V. G., Panchuk V. E., 1986, Sov. Astron. Lett., 12, 186
28736	F	129	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
28978	A	88	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
29140	Am	325	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
30210	Am	326	То же
30652	F	115	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
31278	A	86	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
31295	Ap	137	Bashek B., Searle L., 1969, Ap. J., 155, 537
31647	A	84	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
32537	F	61	Provost J., Van't Veer-Menneret C., 1969, A. & A., 2, 218
32549	Bp	254	**
33254	Am	164	Любимков Л. С., Саванов И. С., 1983, Изв. КрАО, 68, 121
33254	Am	327	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
33579	AI	54	Wolf B., 1972, A. & A., 20, 275
33904	Bp	253	**
34452	Bp	303	Tomley L. J. et al., 1970, A. & A., 9, 380
34719	Bp	204	**
35298	Bp	270	**
35456	Bp	290	**
35502	Bp	271	**
35548	Bp	265	**

HD (BD)	Тип	№	Литература
36313	Вр	264	**
36429	Вр	267	**
36526	Вр	288	**
36540	Вр	266	**
36549	Вр	268	**
36629	В	286	**
36668	Вр	269	**
36673	FI	332	Castley J. C., Watson R. D., 1980, A. & A. Suppl., 41, 397
36916	Вр	282	**
37058	Вр	294	**
37060	А	289	**
37129	Вр	296	**
37140	Вр	285	**
37151	Вр	283	**
37210	Вр	291	**
37470	Вр	295	**
37633	Вр	287	**
37642	Вр	284	**
37687	Вр	293	**
38104	Ар	233	**
40136	F	181	Adelman S. J., 1987, A. & A. Suppl., 67, 353
40136	F	314	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
40183/1	А	39	Toy L. G. S., 1969, Ap. J., 158, 1099
40183/2	А	40	То же
43042	F	114	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
43386	F	113	То же
44691	Am	328	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
45348	FI	333	Castley J. C., Watson R. D., 1980 A. & A. Suppl., 41, 397
47105	А	1	Wright K. O. et al., 1964, Publ. DAO Victoria, 12, 173
47105	А	35	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 154, 975
47105	А	51	Buscombe W., 1951, Ap. J., 114, 73
47105	А	162	Саванов И. С., Халилов А. М., 1985, Изв. КрАО, 72, 106
48915	А	56	Latham D. W., 1970, SAO Spec. Rep. No. 321
48915	А	65	Wallerstein G., Stone et al., 1962, Ap. J., 135, 459
54605	FI	334	Castley J. C., Watson R. D., 1980, A. & A. Suppl. 41, 397
60178	Am	34	Smith M. A., 1974, Ap. J., 189, 101
60179	А	33	То же
60778	НВ	49	Danford S. C., Lea S. M., 1981, A. J., 86, 1909
60778	НВ	103	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
61421	F	150	То же, 26, 14
64488	А	108	То же, 26, 27
73666	А	20	Conti P. S. et al., 1965, Ap. J., 142, 999
73666	А	27	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 152, 483
74180	FI	339	Castley J. C., Watson R. D., 1980, A. & A. Suppl., 41, 397
74521	Вр	216	**
74721	НВ	100	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26
75333	Вр	203	**
77350	Ар	211	**
78316	Ар	297	Aller M. H., 1970, A. & A., 6, 67
79469	Вр	138	Bashek B., Searle L., 1969, Ap. J., 155, 537
80404	FI	335	Castley J. C., Watson R. D., 1980, A. & A., Suppl. 41, 397
85123	А	340	То же
85504	НВ	64	Wallerstein G. et al., 1962, Ap. J., 135, 459
85504	НВ	112	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
86986	НВ	44	Kodaira K. et al., 1969, Ap. J., 155, 525
86986	НВ	50	Danford S. C., Lea S. M., 1981, A. J., 86, 1909
86986	НВ	102	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
87737	AI	53	Wolf B., 1971, A. & A., 10, 383
89822	Ар	135	Добричев В. М. и др., 1988, Изв. САО, 27, 3
89822	Ар	171	Dworetzky M. M., 1971, Dissertation, Univ. of California
89822	Ар	173	Добричев В. М., частное сообщение, 1986
90772	AI	341	Castley J. C., Watson R. D., 1980, A. & A. Suppl., 41, 397
93329	НВ	105	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
95418	А	57	Latham D. W., 1970, SAO Spec. Rep. No. 321
95418	А	87	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
97534	FI	346	Castley J. C., Watson R. D., 1980, A. & A. Suppl., 41, 397
97633	А	2	Wright K. O. et al., 1964, Publ. DAO Victoria, 12, 173

HD (BD)	Тип	№	Литература
97633	A	5	Kriz S., 1966, Bull. Astron. Inst. Czech., 17, 175
97633	A	32	Smith M. A., 1974, Ap. J., 189, 101
100363	HB	104	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
103578	A	6	Chamberlain J., Aller L. H., 1951, Ap. J., 114, 52
105262	HB	101	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
106103	F	131	То же, 26, 14
107168	Am	66	Miczaika G. R., et al., 1956, Ap. J., 124, 134
107168	Am	130	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
107213	F	151	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 14
107369	AI	157	Kodaira K., Philip A. G. D., 1984, Ap. J., 278, 208
107611	F	125	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1986, Sov. Astron. Lett., 12, 186
107612	Ap	219	**
107685	F	124	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1986, Sov. Astron. Lett., 12, 186
107966	A	91	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
108382	A	92	То же
108486	Am	317	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
108642	Am	318	То же
108651	Am	208	**
108651	Am	319	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
108662	Ap	206	**
108945	Ap	207	**
109030	Ap	209	**
109307	A	320	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
109995	HB	30	Wallerstein G., Hunziger W., 1964, Ap. J., 140, 214
109995	HB	43	Kodaira K. et al., 1969, Ap. J., 155, 525
109995	HB	99	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
110379	F	315	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
111397	A	316	То же
112185	Ap	238	**
112374	FI	179	Sasselov D. D., Kolev D. Z., 1986, Ap. Space Sci., 123, 363
114330	A	37	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 154, 975
115604	F	166	Рачковская Т. М., Любимков Л. С., 1985, Изв. КрАО, 71, 127
116657	Am	329	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
116706	A	82	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
118022	Ap	232	**
118054	Ap	201	**
123299	A	71	Zverko J., 1970, Bull. Astron. Inst. Czech., 21, 56
125162	A	70	Baschek B., Searle L., 1969, Ap. J., 155, 537
129174	Ap	300	Strom K. M., 1969, A. & A., 2, 182
130095	HB	154	Kodaira K., Philip A. G. D., 1984, Ap. J., 278, 208
130156	A	106	**
130158	Bp	195	**
130557	Bp	279	**
130559/1	Ap	199	**
130559/2	Ap	228	**
133652	Bp	200	**
134759	Bp	278	**
138764	Bp	222	**
139160	B	223	**
140232	Am	60	Provost J., Van't Veer-Menneret C., 1969, A. & A., 2, 218
140283	F	8	Chamberlain J., Aller L. H., 1951, Ap. J., 114, 52
141556	Ap	172	Dworetzky M. M., 1971, Dissertation, Univ. of California
141795	Am	10	Саванов И. М., 1983, Изв. КрАО, 66, 139
142096	B	281	**
142250	Bp	193	**
142301	Bp	197	**
142378	B	280	**
142884	Bp	276	**
142990	Bp	224	**
143807	Bp	191	**
144334	Bp	196	**
144661	Bp	274	**
144844	Bp	273	**

HD (BD)	Тип	№	Литература
145102	Вр	198	**
145792	Вр	225	**
146001	Вр	226	**
147010	Вр	192	**
147550	Ар	229	**
147890	Вр	231	**
148112	Ар	236	**
148199	Вр	227	**
148330	Ар	174	Ziznovsky J., 1980, Bull. Astron. Inst. Czech., 31, 26
148605	В	230	**
150035	Ар	182	**
151199	Ар	75	Burbidge G. R., Burbidge E. K., 1956, Ap. J., 124, 130
151346	Вр	275	**
152107	Ар	235	**
155125	А	163	Саванов И. С., 1985, Изв. КрАО, 73, 92
158704	Вр	272	**
159376	Вр	194	**
159532	FI	336	Castley J. C., Watson R. D., 1980, A. & A. Suppl., 41, 397
159834	А	180	Adelman S. J., 1987, A. & A. Suppl. 67, 353
161471	FI	176	Abt H. A., 1960, Ap. J., 131, 99
161471	FI	337	Castley J. C., Watson R. D., 1980, A. & A. Suppl., 41, 397
161701	Вр	277	**
161796	FI	134	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Письма в АЖ, 14, 77
161796	FI	178	Abt H. A., 1960, Ap. J., 131, 99
161817	HB	41	Aller L. H., Greenstein J. L., 1960, Ap. J. Suppl., 5, 139
161817	HB	42	Kodaira K. et al., 1969, Ap. J., 155, 525
161817	HB	45	Kodaira K., 1973, A. & A., 22, 273
161817	HB	98	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
161817	HB	155	Kodaira K., Philip A. G. D., 1984, Ap. J., 278, 208
163506	FI	146	**
163506	FI	177	Abt H. A., 1960, Ap. J., 131, 99
172167	А	34	Smith M. A., 1974, Ap. J., 189, 101
172167	А	69	Gehlich U. K., 1969, A. & A., 3, 169
172167	А	161	Саванов И. С., Халилов А. М., 1985, Изв. КрАО, 72, 106
172365	FI	149	**
172748	F	307	Рачковская Т. М., 1986, Изв. КрАО, 75, 149
173524/1	Вр	220	**
173524/1	Вр	304	Conti P. S., 1970, A. & A., 7, 213
173524/2	Вр	221	**
173524/2	Вр	305	Conti P. S., 1970, A. & A., 7, 213
173880	А	76	Luud K., Kuusk T., 1970, Publ. Tartu Astr. Obs., 38, 115
173920	HB	144	Клочкова В. Г., Таугвайшене Г. Ю., Изв. САО, 1989, 28, 103
174933	Вр	217	**
174974	р	74	Леушин В. В., Топильская Г. И., 1987, Деп. УкрНИИНТИ, № 1230-Ук87
175744	Вр	259	**
175869	Вр	260	**
178524	F	338	Castley J. C., Watson R. D., 1980, A. & A. Suppl., 41, 397
181470	А	345	Sadakane K., 1981, PASP, 93, 587
183339	Вр	258	**
184961	Вр	218	**
185732	FI	143	**
189849	Am	4	Wright K. O. et al., 1964, Publ. DAO Victoria, 12, 173
189849	Am	67	Miczaika G. R. et al., 1956, Ap. J., 124, 134
190229	Вр	261	**
192640	А	136	Baschek B., Searle L., 1969, Ap. J., 155, 537
192907	В	83	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
193432	В	72	Adelman S. J., 1973, Ap. J., 182, 531
193432	В	306	Conti P. S., 1970, A. & A., 7, 213
195725	Am	330	Smith M. S., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
197345	AI	52	Buscombe W., 1951, Ap. J., 114, 73
197461	А	68	Reimers D., 1969, A. & A., 3, 94
197461	А	167	Любимков Л. С., Рачковская Т. М., 1985, Изв. КрАО, 71, 127
204131	Вр	183	**
204411	Ар	126	**
205073	А	187	**

HD (BD)	Тип	№	Литература
205116	Вр	212	**
205117	А	185	**
205171	А	94	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
205198	А	110	**
205331	А	97	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
209459	В	344	Sadakane K., 1981, PASP, 93, 587
209515	Ар	210	**
209625	Am	331	Smith M. A., 1972, A. & A. Suppl., 5, 81
209625	Am	343	Kocer D. et al., 1987, A. & A. Suppl., 70, 49
210873	Ар	237	**
212061	В	139	Baschek B., Searle L., 1969, Ap. J., 155, 537
214994	А	38	Conti P. S., Strom S. E., 1968, Ap. J., 154, 975
214994	А	165	Саванов И. С., 1985, Изв. КраО, 71, 144
216735	А	140	Baschek B., Searle L., 1969, Ap. J., 155, 537
220825	Ар	213	**
224342	НВ	145	Клочкова В. Г., Таутвайшене Г. Ю., 1989, Изв. САО, 28, 103
224801	Ар	302	Castelli F. et al., 1976, A. & A., 46, 99
281679	НВ	109	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
+19°708	К	11	Conti P. S. et al., 1965, Ap. J., 142, 999
+17°734	К	12	То же
+20°5009	А	107	Клочкова В. Г., Панчук В. Е., 1988, Изв. САО, 26, 27
+31°646	Ар	243	**
+32°698	Ар	244	**
+34°755	Вр	246	**
+35°751	Вр	245	**
+37°431	F	310	Gunn J. E., Kraft R. P., 1963, Ap. J., 137, 301
+37°448	К	311	То же
+39°4926	НВ	46	Kodaira K., 1973, A. & A., 22, 273
+39°4926	НВ	47	Kodaira K. et al., 1970, Ap. J., 159, 485
+47°3454	А	95	*Klochkova V. G., Panchuk V. E., 1985, Bull. Spec. Astroph. Obs. USSR, 20, 12
PS 53—II	НВ	156	Kodaira K., Philip A. G. D., 1984, Ap. J., 278, 208
M4—206	НВ	158	Kodaira K., Philip A. G. D., 1984, Ap. J., 278, 201
M4—553	НВ	159	То же
NGC 6397—48	НВ	160	» »
V644 Her	F	169	Любимков Л. С., Рачковская Т. М., 1985, Изв. КраО, 72, 89
TX LeO	А	73	Леушин В. В., Топильская Г. И., 1987, Деп. УкрНИИТИ, № 1230-Ук87

Примечание. Вр, Ар — химически пекулярные звезды диска Галактики; Am — металлические А-звезды; AI — сверхгиганты класса А; НВ — звезды голубой и красной частей горизонтальной ветви; FI — сверхгиганты класса F; В, А, F, G, К — другие звезды спектральных классов В—К.

результаты исследования химического состава, отмечены знаком (*) и соответствующей ссылкой.

2.2. Список линий металлов в каталоге W. Список линий формировался и расширялся по мере включения в каталог новых записей и насчитывает сейчас 2992 линии. Разные авторы для одной и той же линии зачастую указывают длины волн, различающиеся на 0.01—0.02 Å, изредка эти различия превосходят 0.03 Å. При составлении общего списка мы учли эти различия, составив единую шкалу длин волн, но эту шкалу нельзя рассматривать как позиционно обоснованную систему λ. Мы не стремились также построить систему эффективных длин волн для спектров звезд разных температур и светимостей и не учитывали известные списки такого рода, считая основной задачей построение фотометрически однородной системы.

На рис. 5 приведена частота встречаемости линий в каталоге, т. е. зависимость числа линий N от числа записей n . Наличие большого числа редко встречающихся в каталоге линий ($n=1\div 10$) обусловлено следующими обстоятельствами: во-первых, очень малая доля объектов каталога наблюдалась

в ультрафиолетовом диапазоне, где число измеряемых линий велико, во-вторых, в спектрах химически пекулярных звезд наблюдаются линии, отсутствующие в спектрах нормальных звезд и, в-третьих, иногда встречаются противоречивые отождествления одной и той же линии в работах разных авторов, причем это чаще всего относится опять-таки к спектрам пекулярных звезд. В то же время из гистограммы (рис. 5) следует, что в нашем каталоге имеется набор линий, приведенный в большом числе записей (100 и более). Это обстоятельство представляет интерес, поскольку появляется возможность применения количественных методов анализа атмосфер у большой совокупности звезд. Обычное, классическое применение метода моделей атмосфер предполагает использование значительного числа линий для анализа спектра каждой звезды.

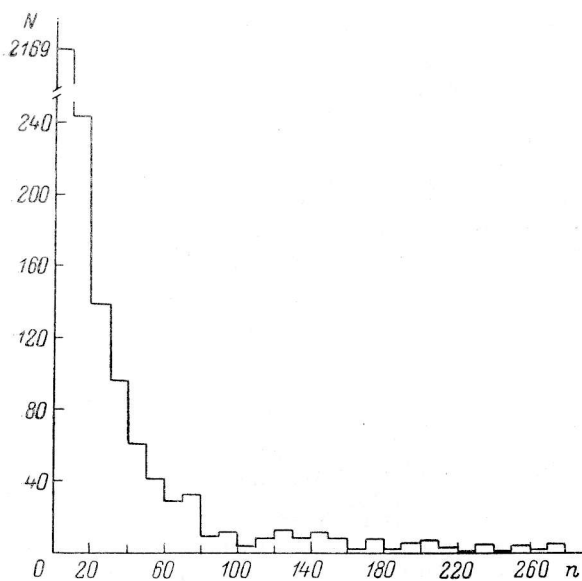


Рис. 5. Число списков (записей) линий n в каталоге W , для которых число линий в каждом списке равно N .

элементов в атмосферах большой совокупности звезд), то естественным представляется иной вариант анализа. Можно отобрать спектральные линии, хорошо измеряемые в спектрах звезд данного интервала температур, причем для этих линий должны иметься надежные определения сечений переходов, а теория звездных атмосфер должна хорошо описывать интенсивности именно этих линий. В этом случае есть надежда на снижение роли методических эффектов типа 1.5 (влияние эффектов уширения линий (см. разд. 1.4) можно также понизить, отбирая для анализа слабые линии).

2.3. Построение системы эквивалентных ширин. Первая версия каталога содержит 347 записей (списков W) для 289 звезд, т. е. в каталоге имеются звезды, изученные в двух и более работах, что позволяет редуцировать большинство данных в единую систему W . За основу взята система $W_{\text{САО}}$, причины такого выбора следующие. Во-первых, большую часть каталога составляют наблюдения на ОЗСП БТА, причем параметры спектрограмм и методика наблюдений неизменны. Во-вторых, наши определения W характеризуются достаточно высокой точностью, поскольку все спектры расширены до 0.6—0.7 мм, ощущение фотоэмульсий не проводилось, каждая звезда наблюдалась не менее 2—3 раз и, что очень важно, вся обработка выполнена по единой методике одним из авторов (К. В. Г.). В-третьих, сравнение результатов этих наблюдений с современными наблюдениями, имеющими высокое отношение сигнал/шум и более высокое спектральное разрешение, чем реализуемое на камере № 2 ОЗСП БТА, не обнаружило существенных

В силу трудоемкости такого подхода каждый из авторов может исследовать ограниченные выборки звезд (порядка 10). При этом в анализ включаются как линии, которые хорошо описываются применяемыми модельными приближениями, так и линии, на формирование которых оказывают неучтенные теорией факторы (сверхтонкая структура переходов, влияние хромосферы, пятнистость). В качестве примера неудовлетворительного описания теорией интенсивностей линий в спектрах даже нормальных звезд главной последовательности укажем аномальное усиление линий металлов в спектрах F-карликов Гиад [7, 8].

Если же нас интересуют задачи статистического характера (например, дисперсия металличности или дисперсия содержания избранных химических

систематических ошибок W (рис. 3 в [1], рис. 1 в [10], рис. 1 в [11]). В четвертых, в наши программы наблюдений входит определенная доля слабых звезд, труднодоступных для наблюдений на телескопах средних диаметров.

Из табл. 3 следует, что в каталоге имеются работы, не содержащие объектов, общих с нашей программой, или с работами, которые, в свою очередь, имеют общие с нашей программой объекты. В этом случае редукция W в нашу систему невозможна. Оценим вносимую этим обстоятельством ошибку W , для чего у звезды — стандарта эквивалентных ширин 68 Тау определим средние значения W избранных линий железа, используя записи № 3, 9, 19, 323, 347 (см. ссылки в табл. 3), причем редукцию W в единую систему специально не проводим. Для линии с $W \approx 150 \text{ \AA}$ ошибка определения W составляет в среднем 5%. Такая высокая точность нетипична и, по-видимому, завышена

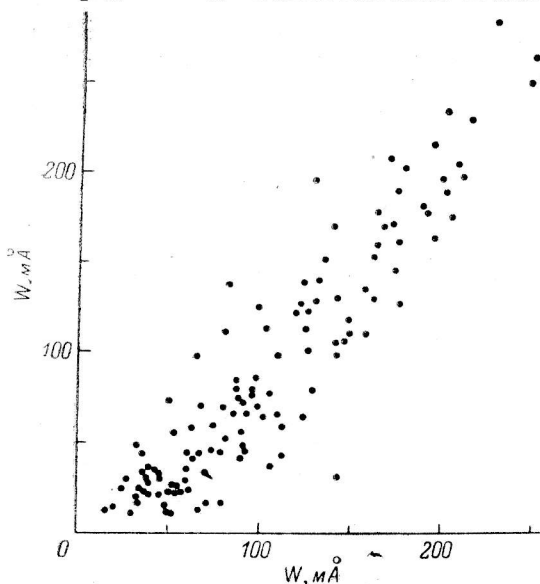


Рис. 6. Пример сравнения наших определений W в спектре HD 27561 (ось абсцисс) с определениями W из [12].

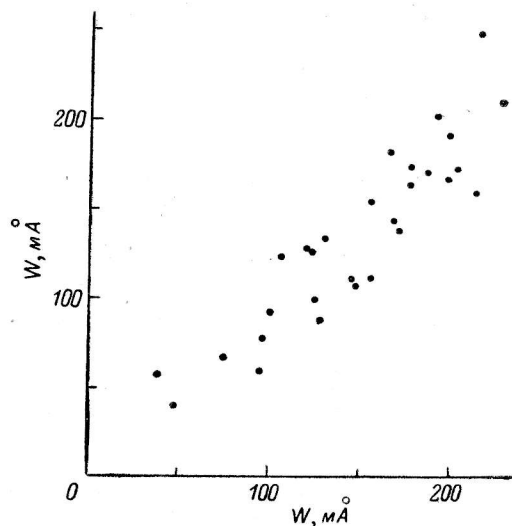


Рис. 7. То же, что и на рис. 6, но по оси ординат — данные из [13].

тем обстоятельством, что спектры ярких стандартов обычно получают с большим отношением сигнал/шум, главным образом за счет дополнительного увеличения высоты спектра. Для более слабых объектов ошибки W , которые могут возникать вследствие игнорирования процедуры редукции в единую систему W , существенно превышают 5%. В качестве примеров на рис. 6—9 результаты наших наблюдений (отложенные всюду по оси абсцисс) сравниваем с наблюдениями других авторов. F-карлик Гиад (HD 27561, $V=6^m6$) исследован в работе [12] в синем ($D=10.5 \text{ \AA/мм}$) и красном ($D=16 \text{ \AA/мм}$) диапазонах длин волн. На рис. 6 результаты этой работы сравниваются с нашими наблюдениями (9 и 14 \AA/мм в синем и красном диапазонах соответственно), различие W слабых линий около 50%. Этот же объект исследован в работе [13] с $D=9 \text{ \AA/мм}$ в синей области спектра (сравнение с нашими наблюдениями в синей области с $D=9 \text{ \AA/мм}$ приведено на рис. 7). Видно, что систематическое различие W практически отсутствует, этот вывод можно усилить, если рис. 7 дополнить сведениями о спектре F-карлика Гиад HD 26462, для которого есть как измерения W в [13], так и наши определения W .

Синий диапазон спектров F-карликов и звезд типа Am богат линиями, и разброс точек на зависимости $W-W$ в значительной мере можно объяснить различной степенью бледнения большинства линий в спектрах, зарегистрированных с различающимся спектральным разрешением. Этот эффект трудно отделить от влияния различного уровня шумов и различий в способах разделения бледн в процессе измерения линий. Поэтому нам не удалось найти

связь между характеристиками зависимостей $W-W$ и спектральным разрешением. Разделить указанные эффекты можно, анализируя бедные линиями спектры, где отношение «сигнал/шум» и спектральное разрешение «не взаимодействуют» через блендирование и в первом приближении могут рассматриваться как независимые факторы. На рис. 8 наши наблюдения А-звезды гало HD 2857 ($V=10^m0$), выполненные в синем диапазоне с $D=9 \text{ \AA/мм}$, уширение спектров 0.6 мм, сравниваются с результатами работы [14] (кудэ-спектрограф 2-м телескопа обсерватории Китт Пик, $D=17 \text{ \AA/мм}$). Систематическое различие эквивалентных ширин обусловлено недостаточным спектральным разрешением в [14]. Звезда HD 2857 исследована также в работе [15] (4-м телескоп, кассегреновский спектрограф с усилителем яркости, $D=12.5 \text{ \AA/мм}$ в синем диапазоне), причем наблюдения этой звезды, систематически отличающиеся от наших определений W (рис. 9), авторы [15] используют в качестве стандартных в задаче определения металличности шаровых скоплений. Систе-

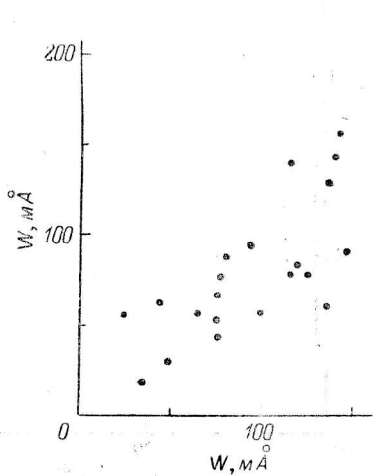


Рис. 8. Сравнение наших определений W для HD 2857 (ось абсцисс) с определениями из [14].

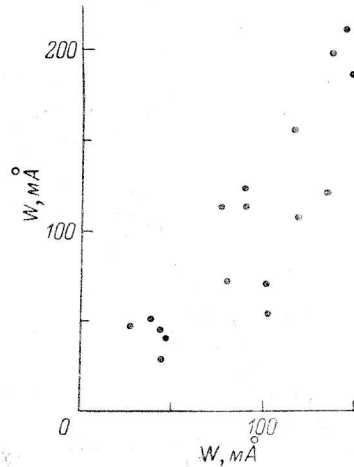


Рис. 9. То же, что и на рис. 8, но по оси ординат — данные из [15].

матические различия W на рис. 9 проявляются для сильных линий, что приводит к существенному различию в величине микротурбулентной скорости, что, в свою очередь, резко изменяет металличность. В работе [16] мы подробно рассматриваем этот случай и снимаем противоречие в величине металличности шарового скопления M4, определяемой по спектрам звезд горизонтальной ветви и по спектрам звезд ветви гигантов. Выполняя программу исследования химического состава звезд горизонтальной ветви, находящихся вне шаровых скоплений [17, 18], мы обратили внимание, что встречаются случаи как систематического завышения, так и занижения опубликованных W относительно наших определений (рис. 3 в [17]). Это привело к тому, что дисперсия металличности исследований совокупности А-звезд гало по нашим определениям W существенно ниже дисперсии металличности этой же популяции по сводке определений, опубликованных другими авторами (см. [3, 16, 17]).

Перечисленные примеры позволяют предположить, что для ярких звезд точность наших определений W не уступает точности опубликованных списков, в случае же слабых звезд точность наших определений W , как правило, выше.

В табл. 4 мы приводим коэффициенты редуцированного соотношения $W_{\text{CAO}} = A + BW$. Там даны номер звезды по каталогу HD; номер записи, из которой взяты величины W , измеренные другими авторами; номер записи, где приведены результаты наших наблюдений; значения коэффициента A , мÅ; коэффициент B ; количество точек N , по которым методом наименьших квадратов вычислены коэффициенты A и B .

Перечисленных редуцированных соотношений недостаточно для перевода всех записей в систему эквивалентных ширин W_{CAO} . Положение можно исправить,

ТАБЛИЦА 4

HD	n_1	n_2	A	B	N
2857	48	111	34.5	0.76	23
2857	152	111	30.5	0.58	17
23194	23	121	37.6	0.79	73
23387	28	78	3.2	1.11	52
23607	21	122	36.9	0.82	78
23964	29	262	23.2	0.87	11
26462	308	133	-11.3	0.99	33
27561	17	132	30.7	0.81	120
27561	309	132	27.1	0.91	29
27962	323	347	63.4	0.62	10
27962	19	347	34.6	0.79	13
27962	9	347	50.9	0.69	15
27962	3	347	-5.2	1.13	13
60778	49	103	-13.4	0.87	22
85504	64	112	6.2	0.68	57
86986	50	102	-25.9	1.14	34
86986	44	102	-6.5	0.77	39
89822	171	135	5.0	0.98	139
95418	57	87	10.4	1.06	32
107168	66	130	-10.0	0.97	79
108651	319	208	92.4	0.75	10
109995	43	99	2.7	0.91	37
109995	30	99	8.4	1.50	40
161817	45	98	43.1	0.87	9
161817	42	98	30.1	0.92	37
161817	41	98	26.8	0.93	38
161817	155	98	27.7	0.70	14
161796	178	134	-20.6	1.09	44
173524A	304	220	1.4	0.52	10
173524B	305	221	-6.9	0.46	10

если воспользоваться данными табл. 5, где приведены редуцированные соотношения между результатами других авторов. В этом случае редукция в систему W_{CAO} проводится в два этапа, с использованием данных табл. 4 и 5.

Авторы планируют продолжить работу по составлению каталога эквивалентных ширин линий в спектрах звезд различных типов. К сожалению, часть наблюдений, в том числе и высококачественных, остается неопубликованной.

ТАБЛИЦА 5

HD, BD	n_1	n_2	A	B	N	HD, BD	n_1	n_2	A	B	N
2628	170	312	0.5	0.80	99	73666	20	27	9.0	0.97	93
27295	298	299	-0.7	1.02	165	86986	44	50	15.3	0.70	66
27561	17	309	41.5	0.63	31	97633	2	5	-1.0	0.98	186
27749	62	63	0.0	0.79	109	97633	2	32	2.9	1.08	102
27749	62	322	-5.1	0.77	150	97633	5	32	5.3	1.08	103
27749	63	322	-9.7	0.88	54	109995	30	43	18.2	1.26	50
27962	3	9	-13.1	1.13	103	161471	176	337	26.3	1.14	21
27962	3	19	-28.0	1.28	77	161817	41	42	4.7	0.95	50
27962	19	9	5.6	0.98	131	161817	42	45	1.5	0.98	18
27962	3	323	-3.2	1.13	134	161817	41	45	4.8	0.97	19
27962	9	323	11.2	0.93	137	161817	41	155	74.9	0.62	25
27962	19	323	16.4	0.92	96	161817	42	155	43.1	0.86	28
33254	164	327	16.9	0.75	133	161817	45	155	72.1	0.73	10
40136	181	314	-7.4	1.01	93	172167	31	69	-1.3	1.21	59
47105	1	35	-10.6	0.90	81	172167	31	161	-1.1	1.04	79
47105	1	51	1.6	1.04	130	172167	69	161	1.1	0.88	72
47105	35	51	19.2	1.07	151	189849	4	67	-1.3	1.01	193
47105	1	162	-8.4	1.03	135	193432	72	306	29.6	0.74	44
47105	35	162	5.8	1.11	111	197461	68	167	44.1	0.77	50
47105	51	162	-7.2	0.97	142	209625	331	343	3.6	0.74	146
48915	56	65	-13.2	0.88	63	214994	38	165	6.7	1.16	98
						+39°4926	46	47	0.0	1.00	40

Это практически исключает возможность повторного анализа таких наблюдений с применением новых данных о силах осцилляторов и с использованием обширных сеток моделей атмосфер. Мы будем признательны тем спектроскопистам, которые позволят нам включить неопубликованные списки эквивалентных ширин в последующие версии каталога.

Литература

1. Клочкова В. Г., Панчук В. Е. Линии нейтрального гелия в спектрах В-звезд. I: Каталог // Сообщ. САО. 1987. 54. С. 5—72.
2. Клочкова В. Г., Панчук В. Е. Линии нейтрального гелия в атмосферах В-звезд. II: Анализ каталога // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1989. 27. С. 25—33.
3. Cayrel de Strobel G., Bentolila C., Hauck B., Duquennoy A. A catalogue of [Fe/H] determinations // Astron. Astrophys., Suppl. Ser. 1985. 59. P. 145—186.
4. Chaffee F. H., Carbon D. F., Strom S. E. Abundances in open clusters: Model atmosphere abundance analysis of stars in the Pleiades and Hyades clusters // Astrophys. J. 1971. 166. P. 593—603.
5. Бикмаев И. Ф., Клочкова В. Г., Панчук В. Е. Фотометрические характеристики Основного звездного спектрографа 6-м телескопа (БТА) // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1986. 23. С. 117—125.
6. Vakkos G. A. Abundance of heavy elements in late-type stars // J. Roy. Soc. Canada. 1971. 65. P. 222—238.
7. Клочкова В. Г., Панчук В. Е. К вопросу о металличности Гиад // Письма в Астрон. журн. 1985. 11. С. 692—695.
8. Клочкова В. Г., Панчук В. Е. Спектроскопическое определение металличности F-карликов в рассеянных скоплениях // Письма в Астрон. журн. 1986. 12. С. 446—451.
9. Magain P. A comment on systematic errors in determinations of microturbulent velocities // Astron. Astrophys. 1984. 134. P. 189—192.
10. Добричев В. М., Клочкова В. Г., Панчук В. Е., Райкова Д. В. Анализ спектра Hg—Mn звезды HR 4072 // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1989. 27. С. 3—12.
11. Клочкова В. Г., Панчук В. Е. Спектроскопическое исследование аномального F-сверхгиганта HD 161796 // Письма в Астрон. журн. 1988. 14. С. 77—84.
12. Conti P. S., Wallerstein G., Wing R. F. The composition of main-sequence stars of types A—K in the Hyades cluster // Astrophys. J. 1965. 142. P. 999—1023.
13. Gunn J. E., Kraft R. P. An abundance analysis of two F-type stars in the galactic cluster NGC 752 // Astrophys. J. 1963. 137. P. 301—315.
14. Danford S. C., Lea S. M. Abundance determinations of field horizontal-branch stars // Astron. J. 1981. 86. P. 1909—1915.
15. Kodaira K., Philip A. G. D. High-dispersion spectroscopic investigation of field horizontal-branch, high-luminosity and main-sequence stars // Astrophys. J. 1984. 278. P. 208—214.
16. Клочкова В. Г., Панчук В. Е. Химический состав атмосфер А-звезд гало // Астрофиз. исслед. (Изв. САО). 1988. 26. С. 27—37.
17. Клочкова В. Г., Панчук В. Е. Химический состав звезд горизонтальной ветви шаровых скоплений в галактическом поле // Астрон. журн. 1985. 62. С. 552—557.
18. Клочкова В. Г., Панчук В. Е. Химический состав звезд горизонтальной ветви шаровых скоплений в галактическом поле. II // Астрон. журн. 1987. 64. С. 74—78.

Поступила в редакцию 9 февраля 1988 г.