

УДК 524.3-85

С. И. Белик, А. В. Драгунова, Н. С. Комаров

Научно-исследовательский институт «Астрономическая обсерватория»  
Одесского национального университета им. И. И. Мечникова  
65014 Одесса, парк Шевченко

**Определение фундаментальных характеристик  
звезд спектральных классов F, G, K.  
Ускорения свободного падения и металличности**

*Даны результаты определения ускорений свободного падения на поверхности звезд и параметров металличности, полученные методом сравнения наблюдаемых и синтетических спектров. Кроме одесского каталога, использованы также данные крымского и пулковского каталогов.*

*ВИЗНАЧЕННЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗІРОК СПЕКТРАЛЬНИХ КЛАСІВ F, G, K. ПРИСКОРЕННЯ ВІЛЬНОГО ПАДІННЯ І МЕТАЛІЧНОСТІ, Бєлік С. І., Драгунова А. В., Комаров М. С. — Надаються результати визначення прискорень вільного падіння на поверхні зірок і параметрів металічності, отримані за методом порівняння спостережних і синтетичних спектрів. Крім одеського каталогу розподілів енергії у видимій області спектру зірок, використані також дані кримського та пулковського каталогів.*

*DETERMINATION OF FUNDAMENTAL CHARACTERISTICS FOR STARS OF THE F, G, AND K SPECTRAL TYPES. THE SURFACE GRAVITIES AND METALLICITY PARAMETERS, by Belik S. I., Dragunova A. V., Komarov N. S. — We give some results of determination of the surface gravities and metallicity parameters derived by the method of comparison of energy distributions in observed stellar spectra with calculated theoretical ones. Data of the Crimean, Pulkovo and Odesa catalogues are used.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Накопленный в астрономических обсерваториях в течение трех десятилетий материал о распределениях энергии в спектрах излучения звезд позволяет получать фундаментальные характеристики звездных атмосфер. Как мы показали в работе [4], метод сравнения наблюдаемых распределений  $E_\lambda$  с теоретическими (синтетическими) спектрами дает возможность определить

эффективные температуры звезд с точностью, достаточной для получения содержаний химических элементов. Однако, как известно, значения  $E_\lambda$  в разных оригинальных каталогах могут существенно различаться (до 20 %) при удовлетворительной внутренней точности каталога (2—5 %). Поэтому представляет интерес сравнить данные о фундаментальных характеристиках звезд, полученные с использованием разных каталогов  $E_\lambda$ . Этим косвенно проверяется целесообразность создания нами компилятивного каталога ( $E_{555}$ ) распределений энергии в спектрах звезд [16], который использовался в наших работах [1, 4, 11].

### ЭФФЕКТИВНЫЕ ТЕМПЕРАТУРЫ

Идея метода получения фундаментальных характеристик звезд (эффективной температуры  $T_{\text{эф}}$ , логарифма ускорения свободного падения  $\lg g$ , параметра металличности  $[\text{Fe}/\text{H}]$ ) состоит в подгонке наиболее подходящего теоретического спектра к наблюдаемому распределению энергии в спектре реальной звезды [1, 4]. При определении температуры критерием совпадения является достижение минимального значения суммы отклонений по всем точкам спектрального диапазона  $\lambda\lambda = 320\text{...}830$  нм. Для определения значений  $\lg g$  и  $[\text{Fe}/\text{H}]$  сравнивались участки  $\lambda\lambda = 365\text{—}415$  нм и  $480\text{—}530$  нм соответственно. Полученные значения  $\lg g$  и  $[\text{Fe}/\text{H}]$  затем использовались для дальнейшего итерационного уточнения параметров. Исследовались участки спектра:  $\lambda\lambda = 320\text{—}830$  нм в пулковском и одесском каталогах и  $\lambda\lambda = 510\text{—}710$  нм в крымском каталоге.

В работе [4] мы использовали метод сравнения данных о распределении энергии из нашего каталога  $E_{555}$  и теоретические спектры, рассчитанные Куруцем [17, 18]. Однако позже в этих работах обнаружены ошибки для моделей атмосфер с малыми турбулентными скоростями [12]. Поэтому мы провели повторные вычисления с использованием уже исправленного массива теоретических спектров Куруца [19]. В таблице приведены скорректированные данные. Вычисленные вновь значения эффективной температуры  $T_{\text{эф}}$  оказались в среднем на 50 К ниже. В качестве сравнения можно привести данные [10] определений эффективных температур холодных гигантов на основании измерений угловых диаметров и болометрических потоков. Для трех общих звезд эти данные таковы: BS 5340 —  $T_{\text{эф}} = 4297$  К (наша оценка 4300 К); BS 7949 —  $T_{\text{эф}} = 4743$  К (4900 К); BS 4863 —  $T_{\text{эф}} = 4863$  К (4850 К).

Аналогичные расчеты выполнены для каталогов, полученных в ГАО РАН (Пулково) [9] и в Крымской астрофизической обсерватории (КрАО) [13]. Вычисления проводились как по оригинальным данным из каталогов [9, 13], так и по спектральным распределениям энергии из этих каталогов, приведенным в систему одесского каталога [5], поскольку все три каталога созданы в разных системах спектрофотометрического стандарта  $\alpha$  Лун (пулковский — по стандартам [20], а крымский — [15]).

На рис. 1 сравниваются значения эффективных температур для общих звезд, полученные на основе фотометрических данных [6] (65 звезд), компилятивного обзора [14] (63 звезды), а также по оригинальным пулковским (40 звезд) и крымским (35 звезд) каталогам. Рис. 1, а показывает, что фотометрические методы дают более низкие результаты, а спектроскопические (рис. 1, б) — более высокие (в среднем на 100 К).

## Результаты определения параметров звездных атмосфер

| BS   | HD     | Sp       | T <sub>эф</sub> | lgg | [Fe/H] | BS   | HD     | Sp       | T <sub>эф</sub> | lgg  | [Fe/H] |
|------|--------|----------|-----------------|-----|--------|------|--------|----------|-----------------|------|--------|
| 74   | 1522   | K2III    | 4550            | 1   | -0.5   | 5681 | 135722 | G8III    | 4900            | 0    | -1     |
| 163  | 3546   | G5III    | 5050            | 2.5 | -0.5   | 5787 | 138749 | G8-IV    | 4600            | 1.5  | -1     |
| 188  | 4128   | K0III    | 4800            | 2   | -0.5   | 5868 | 141004 | G0V      | 5850            | 4    | 0      |
| 219  | 4614   | G0V      | 5650            | 3.5 | -0.5   | 5889 | 141714 | G5-IV    | 5450            | 3    | -0.5   |
| 265  | 5395   | G8-IV    | 4700            | 2.5 | -0.5   | 5968 | 143761 | G2V      | 5400            | 3.5  | -1     |
| 285  | 5848   | K2III    | 4500            | 1   | -1     | 6075 | 146791 | G8III    | 4850            | 2    | -1     |
| 456  | 9774   | G8II-III | 4800            | 1   | -1     | 6148 | 148856 | G8III    | 5000            | 0    | -1     |
| 489  | 10380  | K3III    | 4350            | 0.5 | -1     | 6212 | 150680 | G0IV     | 5700            | 4    | 0      |
| 509  | 10700  | G8V      | 5400            | 3   | -0.5   | 6526 | 158899 | K4III    | 4200            | 1.5  | -1     |
| 510  | 10761  | K0III    | 4900            | 2   | -0.5   | 6623 | 161797 | G5IV     | 5400            | 3    | -0.5   |
| 660  | 13974  | G0V      | 5650            | 5   | -1     | 6695 | 163770 | K1III    | 4600            | 0    | -1     |
| 788  | 16739  | F9V      | 5900            | 5   | -0.5   | 6698 | 163917 | K0III    | 4800            | 2.5  | -0.5   |
| 937  | 19373  | G4V      | 5600            | 3   | -0.5   | 6703 | 163993 | K0III    | 5050            | 1.25 | -1     |
| 941  | 19476  | K0III    | 5000            | 2.5 | -0.5   | 6752 | 165341 | K0V      | 4900            | 4    | -0.5   |
| 1017 | 20902  | F5Ia     | 6000            | 1   | -0.5   | 6770 | 165760 | G8-IV    | 5050            | 0    | -1     |
| 1030 | 21120  | G8III    | 5050            | 2.5 | -0.5   | 6895 | 169414 | K2III    | 4500            | 2.5  | -1     |
| 1052 | 21552  | K3III    | 4300            | 1   | -1     | 7063 | 173764 | G5II     | 4600            | 0    | -1     |
| 1136 | 23249  | K0IV     | 5050            | 3.5 | -0.5   | 7150 | 175775 | K1III    | 4600            | 2    | -1     |
| 1311 | 26722  | G5III    | 5150            | 2   | -0.5   | 7176 | 176411 | K2III    | 4750            | 2.5  | -0.5   |
| 1325 | 26965  | K0V      | 5200            | 4   | -0.5   | 7193 | 176678 | K1III    | 4650            | 2    | -1     |
| 1346 | 27371  | K0III    | 4800            | 2.5 | -0.5   | 7310 | 180711 | G9III    | 4800            | 1    | -1     |
| 1373 | 27697  | K0III    | 5100            | 2.5 | -0.5   | 7314 | 180809 | K0II     | 4400            | 1.5  | -1     |
| 1409 | 28305  | G9III    | 4950            | 3   | -0.5   | 7352 | 181984 | K3III    | 4450            | 3    | -1     |
| 1454 | 29094  | G8II     | 4400            | 1   | -1     | 7417 | 183912 | K3II     | 4400            | 2.5  | -1     |
| 1580 | 31421  | K2III    | 4600            | 2.5 | -0.5   | 7478 | 185734 | G8III    | 4950            | 0    | -1     |
| 1601 | 31767  | K2II     | 4500            | 1   | -1     | 7479 | 185758 | G0II     | 5250            | 2.5  | -0.5   |
| 1729 | 34411  | G0V      | 5850            | 4   | 0      | 7488 | 185958 | G8II     | 4850            | 2    | -1     |
| 1995 | 38656  | G8III    | 5100            | 0   | -1     | 7576 | 188056 | K3III    | 4400            | 2.5  | -1     |
| 2012 | 39003  | K0III    | 4600            | 2.5 | -1     | 7602 | 188512 | G8IV     | 5050            | 2.25 | -0.5   |
| 2035 | 39364  | G8III    | 4800            | 2   | -0.5   | 7660 | 190147 | K1Ib     | 4600            | 1.25 | -1     |
| 2047 | 39587  | G0V      | 5750            | 3   | -1     | 7685 | 190940 | K3III    | 4450            | 2.5  | -1     |
| 2134 | 41116  | G5III    | 5000            | 2.5 | -1     | 7744 | 192806 | K3III    | 4050            | 1    | -1     |
| 2473 | 48329  | G8Ib     | 4350            | 0.5 | -1     | 7747 | 192876 | G3Ib     | 4700            | 1    | -1     |
| 2693 | 54605  | F8Ia     | 5650            | 0   | -1     | 7754 | 192947 | G9III    | 5000            | 3    | -0.5   |
| 2985 | 62345  | G8III    | 4950            | 1   | -0.5   | 7796 | 194093 | F8Ib     | 5700            | 1    | -0.5   |
| 2990 | 62509  | K0III    | 4850            | 1   | -0.5   | 7806 | 194317 | K3III    | 4150            | 1    | -1     |
| 3323 | 71369  | G5III    | 5250            | 2   | -0.5   | 7896 | 196755 | G5IV     | 5450            | 3    | -0.5   |
| 3547 | 76294  | K0III    | 4900            | 2.5 | -0.5   | 7949 | 197989 | K0III    | 4900            | 0    | -0.5   |
| 3748 | 81797  | K3III    | 4250            | 1.5 | -1     | 8008 | 199169 | K4III    | 4100            | 0.5  | -1     |
| 3771 | 82210  | G2IV     | 5250            | 3.5 | -0.5   | 8115 | 202109 | G8II     | 5050            | 0    | -1     |
| 3873 | 84441  | G0II     | 5200            | 0   | -1     | 8167 | 203387 | G8III    | 5050            | 1    | -1     |
| 3905 | 85503  | K2III    | 4350            | 2   | -0.5   | 8232 | 204867 | G0Ib     | 5350            | 0    | -1     |
| 4166 | 92125  | G2II     | 5200            | 1.5 | -0.5   | 8308 | 206778 | K2Ib     | 4200            | 0.5  | -1     |
| 4301 | 95689  | K0III    | 4700            | 1   | -1     | 8321 | 207089 | K0Ib     | 4450            | 0.5  | -1     |
| 4418 | 99648  | G8II-III | 4900            | 1   | -0.5   | 8414 | 209750 | G2Ib     | 5150            | 0    | -0.5   |
| 4471 | 100920 | G9III    | 5000            | 0   | -0.5   | 8465 | 210745 | K1Ib     | 4150            | 1    | -1     |
| 4518 | 102224 | K0III    | 4500            | 2   | -1     | 8538 | 212496 | G9III    | 4650            | 1.5  | -1     |
| 4527 | 102509 | G5III-IV | 5550            | 0   | -1     | 8667 | 215665 | G8II-III | 4850            | 0.25 | -1     |
| 4785 | 109358 | G0V      | 5700            | 2.5 | -0.5   | 8684 | 216131 | K0III    | 4900            | 3    | -1     |
| 4932 | 113226 | G9III    | 5200            | 3   | 0      | 8694 | 216228 | K1III    | 4750            | 2    | -1     |
| 4983 | 114710 | G0V      | 5900            | 2   | 0      | 8796 | 218356 | K0II     | 4500            | 2    | -1     |
| 5235 | 121370 | G0IV     | 5925            | 3.5 | 0      | 8812 | 218594 | K0III    | 4500            | 2    | -1     |
| 5315 | 124294 | K3III    | 4150            | 1   | -1     | 8852 | 219615 | G7III    | 4800            | 1.5  | -1     |
| 5340 | 124897 | K2III    | 4300            | 2   | -1     | 8916 | 220954 | K1III    | 4800            | 3.5  | -1     |
| 5544 | 131156 | G8V      | 5200            | 4   | -0.5   | 8923 | 221115 | G8III    | 4900            | 2.5  | -1     |
| 5601 | 133165 | K0III    | 4700            | 0.5 | -1     | 8974 | 222404 | K1IV     | 4800            | 3.5  | -0.5   |
| 5602 | 133208 | G8III    | 4950            | 2.5 | -1     | 9003 | 223047 | G5Ib     | 4600            | 2    | -1     |
| 5616 | 133582 | K2III    | 4450            | 2   | -1     |      |        |          |                 |      |        |

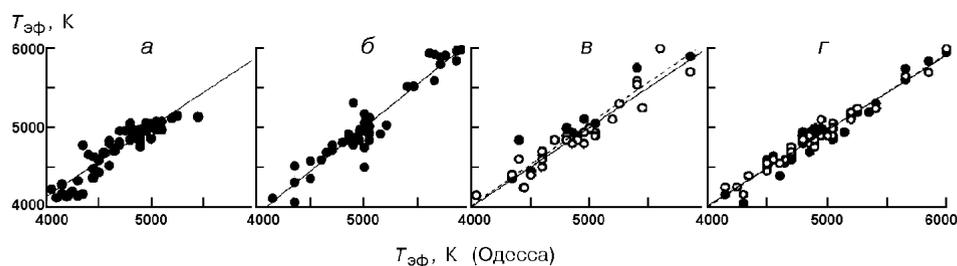


Рис. 1. Корреляции значений эффективных температур  $T_{эф}$ , полученных на базе разных каталогов: *a* — [6], *б* — [14], *в* — [13], *г* — [9] (темные кружки и штриховая линия — по оригинальным данным крымского и пулковского каталогов, светлые кружки — по приведенным в систему одесского стандарта)

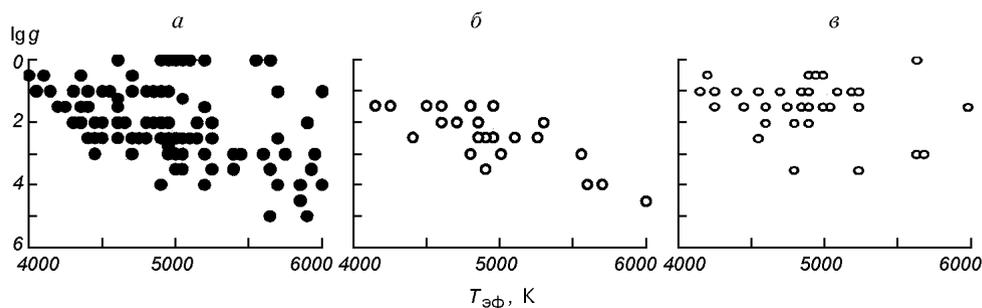


Рис. 2. Корреляции значений  $T_{эф}$  и  $\lg g$ : *a* — по одесскому каталогу  $E_{555}$ , *б*, *в* — по крымскому и пулковскому каталогам, приведенным в систему одесского стандарта

### ЗНАЧЕНИЯ ЛОГАРИФМОВ УСКОРЕНИЯ СВОБОДНОГО ПАДЕНИЯ И ПАРАМЕТРОВ МЕТАЛЛИЧНОСТИ

При определении  $\lg g$  использовалась сетка теоретических спектров Куруца с шагом 0.5 dex для значений  $\lg g$  от 0 до 5.0. Для нахождения параметров металличности выбирались теоретические спектры с тремя значениями  $[\text{Fe}/\text{H}]$ : 0, -0.5, -1.0. Следует отметить, что при расчетах мы использовали теоретические спектры, вычисленные по моделям со значением микротурбулентной скорости  $\xi_t = 2$  км/с. Для К-гигантов Н. С. Комаровым [3] ранее были получены значения  $\xi_t = 1.8...2.2$  км/с с ошибкой  $\pm 0.5$  км/с по спектрам высокого разрешения (0.03 нм). Как правило, при моделировании атмосфер звезд классов G и K также принимается значение 2 км/с. Мы не проводили исследование зависимости полученных нами параметров звезд от принимаемого значения микротурбулентной скорости, полагаясь на то, что поправки не превысят погрешности наших определений. Согласно независимым оценкам при вариациях микротурбулентной скорости 1...2 км/с глубина сильной линии Ca  $\lambda$  671.768 нм изменяется на 7 % [7], а содержание железа, определенное по линиям Fe I, изменяется на 0.03 dex при изменении  $\xi_t$  на 0.2 км/с [8]. Исходя из этого, можно предположить, что суммарное влияние микротурбулентной скорости не превысит погрешности наших определений  $[\text{Fe}/\text{H}]$ , составляющей 0.5 dex.

Как видно из рис. 2, *a*, для большого количества звезд, а среди них почти все гиганты, наиболее подходящими теоретическими спектрами оказались спектры с  $\lg g = 0$ , т. е. оценки оказались слишком заниженными, о чем свидетельствует и сравнение результатов для общих звезд с данными

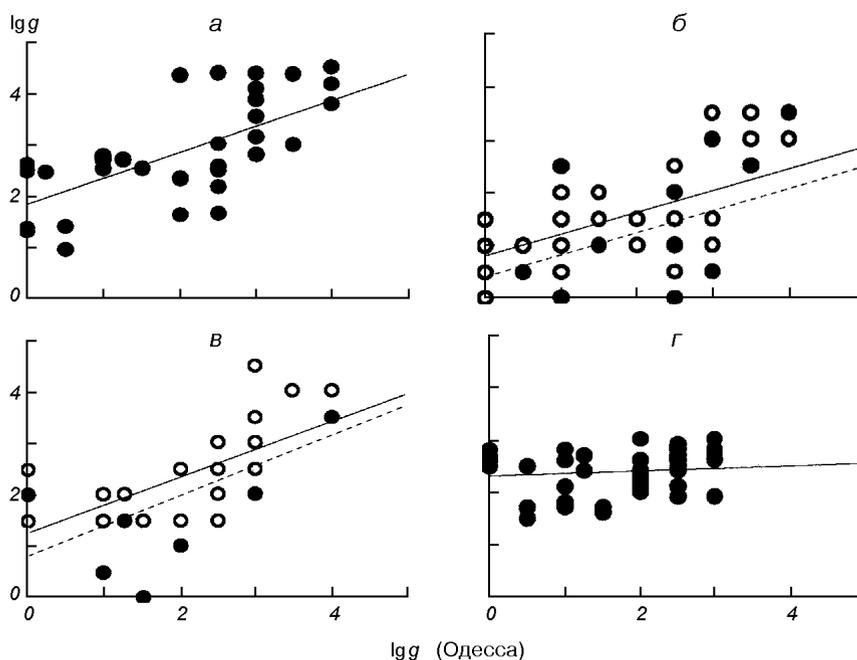


Рис. 3. Сравнение значений  $\lg g$ , полученных на базе разных каталогов: *a* — [14], *б* — [13], *в* — [9], *г* — [6]

обзора [14] (рис. 3, *a*). Найденные значения параметра металличности  $[\text{Fe}/\text{H}]$  также оказались отличными от полученных по спектрам высокого спектрального разрешения, а именно — тяготеющими к дефициту металлов. Выход из этой ситуации мы попытались найти, используя оригинальные каталоги [9, 13], распределение энергии в которых даны с интервалом  $\Delta\lambda = 2.5$  нм и 1 нм, в то время как наш каталог  $E_{555}$  — 5 нм. К тому же эти данные были усреднены по исходным каталогам, что привело к сглаживанию отдельных спектральных деталей. При создании каталога  $E_{555}$  все оригинальные каталоги были приведены в систему одесского спектрофотометрического стандарта.

Определение параметров  $T_{\text{эф}}$ ,  $\lg g$  и  $[\text{Fe}/\text{H}]$  было проведено по пулковским и крымским данным сначала по оригинальным каталогам, а затем — по приведенным в систему одесского стандарта  $\alpha$  Луг.

Из рис. 1 (светлые и темные кружки) видно, что, приведение в одну систему почти не влияет на температуры, определенные по пулковскому каталогу, и немного (примерно на 50 К) уменьшает температуры, определенные по крымским данным, для горячих звезд. Для значений  $\lg g$  и  $[\text{Fe}/\text{H}]$  это различие существеннее (рис. 3, *б, в* и рис. 4, *а, б*). Причем для  $\lg g$  эти отличия почти одинаковые по пулковским и крымским данным — от +0.3 до +0.5 dex (на всех рисунках сплошная линия тренда соответствует данным, приведенным в систему одесского стандарта). В то же время приведение в одну систему почти не изменяет соотношение между «одесскими» и «пулковскими» значениями  $[\text{Fe}/\text{H}]$ , но существенно изменяет результаты по крымскому каталогу. Это хорошо демонстрирует положение линий тренда, так как они отражают соотношение по всем общим звездам, хотя на рисунке из-за совпадения значений видно только несколько точек, однако каждая точка здесь соответствует нескольким звездам. Поскольку получае-

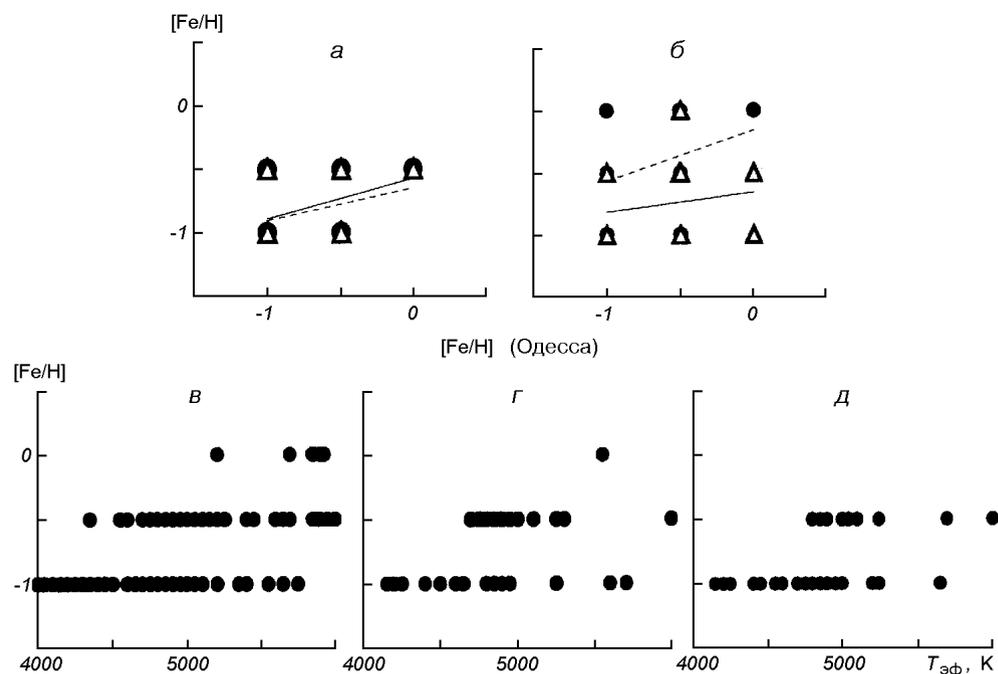


Рис. 4. Корреляции значений  $[\text{Fe}/\text{H}]$ : *a*, *б* — полученные по каталогам [9, 13] (треугольники — для распределений, приведенных в одесскую систему); *в*, *г*, *д* — корреляция между полученными параметрами  $[\text{Fe}/\text{H}]$  и  $T_{\text{эф}}$  по данным  $E_{555}$ , [9] и [13] соответственно

мые точности в данном методе определяются шагом используемых сеток моделей атмосфер, а в нашем случае это  $\pm 50$  K по температуре,  $\pm 0.5$  dex для  $\lg g$  и  $\pm 0.5$  для  $[\text{Fe}/\text{H}]$ , то для определения характеристик звездных атмосфер данным методом приведение распределений энергии в одну систему не обязательно, так как расхождения в определяемых параметрах атмосфер не выходят за пределы ошибок.

Из рис. 2 видно, что среди значений  $\lg g$ , полученных по крымскому каталогу, где распределения энергии в спектрах звезд даны через 1 нм, нет нулевых, т. е. они более соответствуют значениям  $\lg g$  из компилятивного обзора. Результаты, полученные по пулковскому каталогу, мало отличаются от наших.

#### ВЫВОДЫ

Получены фундаментальные характеристики 115 звезд поздних спектральных классов — эффективные температуры, ускорения свободного падения на поверхности и параметры металличности по разработанной методике. Проанализированы данные, полученные с применением различных каталогов распределений энергии в спектрах звезд. Можно с уверенностью утверждать, что предложенная методика применима для экспрессного получения фундаментальных характеристик звездных атмосфер, в особенности — для определения эффективных температур. В этом случае можно использовать спектральные распределения энергии с низким разрешением. Наличие наблюдательных данных со средним разрешением — порядка 1 нм — позволяет определять также ускорения свободного падения и параметры металличности.

Эта работа была начата по инициативе и с участием доктора физ.-мат. наук, профессора, заведующего отделом АО ОНУ Николая Сергеевича Комарова, безвременно покинувшего нас в августе 2003 г. Успешное ее завершение — это наш долг и свидетельство бесконечной благодарности Н. С. Комарову за многие годы совместной работы.

1. *Белик С. И., Драгунова А. В., Закожурникова Н. Н. и др.* Спектрофотометрические и фотометрические каталоги: фундаментальные характеристики звезд // JENAM 2000. «Спектрофотометрические и фотометрические каталоги. Звезды-стандарты и аналоги Солнца»: Тр. — Санкт-Петербург, 2000.—С. 20—27.
2. *Депенчук Е. А., Комаров Н. С.* Распределение энергии в непрерывном спектре излучения пяти спектрофотометрических стандартов // Астрометрия и астрофизика.—1982.— Вып. 46.—С. 15—17.
3. *Комаров Н. С.* Холодные звезды-гиганты. — Одесса: Астропринт, 1999.—214 с.
4. *Комаров Н. С., Белик С. И., Драгунова А. В.* Определение характеристик звезд спектральных классов F, G, K. Эффективные температуры // Кинематика и физика небес. тел.—1999.—15, № 3.—С. 215—222.
5. *Комаров Н. С., Карамыш В. Ф., Позигун В. А.* Спектрофотометрические стандарты. Абсолютные распределения энергии в спектрах излучения шести звезд // Астрон. журн.—1978.—55, вып. 6.—С. 1208—1213.
6. *Коротина Л. В., Драгунова А. В., Комаров Н. С.* Каталог фундаментальных характеристик 980 звезд-гигантов поздних спектральных классов. — Одесса, 1988.—34 с.—(Рукопись деп. В УкрИНТЭИ; №2037).
7. *Любчик Ю. П.* Моделирование спектров звезд поздних спектральных классов: Дис. ... канд. физ.-мат. наук. — Киев, 2001.—138 с.—Машинопись.
8. *Мишенина Т. В.* Химический состав двух звезд с повышенной металличностью // Астрон. журн.—1998.—75, вып. 2.—С. 202—208.
9. *Alekseeva G. A., Arkharov A. A., Galkin V. D., et al.* The pulkovo spectrophotometric catalog of bright stars in the range from 320 to 1080 nm // Baltic Astron.—1996.—5.—P. 603—838;—1996.—6.—P. 481—496.
10. *Alonso A., Arribas S., Martinez-Roger C.* The effective temperature scale of giant stars (F0—K5). I. The effective temperature determination by means of the IRFM // Astron and Astrophys. Suppl. Ser.—1999.—139.—P. 335—358.
11. *Belik S. I., Komarov N. S., Dragunova A. V.* Determination of the fundamental characteristics of cold stars // Odessa Astron. Publ.—2001.—14.—P. 231—234.
12. *Bersier D., Burki G., Kurucz R. L.* Fundamental parameters of Cepheids. IV. Radii and luminosities // Astron. and Astrophys.—1997.—320, N 1.—P. 228—236.
13. *Burnashov V. I., Guziy S. S.* The energy distributions catalogue of 111 late type stars // <http://www.crao.crimea.ua/database/>
14. *Cayrel de Strobel G., Soubiran C., Ralite N.* Catalogue of [Fe/H] determinations for FGK stars: 2001 edition // Astron. and Astrophys.—2001.—373, N 1.—159 p.
15. *Hayes D. S.* Stellar absolute fluxes and energy distributions from 0.32 to 4.0  $\mu\text{m}$  // IAU Symp. N 111 «Calibration of Fundamental Stellar Quantities» / Eds by D. S. Hayes, L. E. Pasinetti, A. G. Davis Philip. — Dordrecht: Reidel, 1985.—P. 225—250.
16. *Komarov N. S., Dragunova A. V., Belik S. I., et al.* The spectrophotometric star catalog // Odessa Astron. Publ.— 1995.—8.—P. 1—115.
17. *Kurucz R. L.* ATLAS9 stellar atmosphere program and 2 km/s grid. — 1993.—CD-ROM 13.
18. *Kurucz R. L.* Solar abundance atmosphere models for 0, 1, 2, 4, 8 km/s. — 1994.—CD-ROM 19.
19. *Kurucz R. L.* Solar abundance atmosphere models for 0.1, 2, 4, 8 km/s. — 1996.—CD-ROM 25.
20. *Oke J. B., Schild R. E.* The absolute spectral energy distribution of Alfa Lyrae // Astrophys. J.—1970.—161, N 3.—P. 1015—1023.

Поступила в редакцию 21.06.04