

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԳԻՏԱՐԱՆԻ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ
СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Պ Ր Ա Կ XLVIII ВЫПУСК

ԵՐԵՎԱՆ

1976

ЕРЕВАН

Պատկերասրահի արտատպի և հրատարակչի շնորհիվ

Ответственный редактор В. А. АМБАРЦУМЯН

© Издательство АН Армянской ССР, 1976

От редакции

Настоящий 48-ой выпуск Сообщений Бюраканской обсерватории посвящен целиком научным результатам, полученным с помощью космической астрофизической обсерватории «Орион-2». Все статьи написаны астрофизиками Гарнийской лаборатории космической астрономии. Наблюдения были проведены с борта космического корабля «Союз-13», управляемого летчиками-космонавтами П. И. Климуком и В. В. Лебедевым.

Բյուրականի աստղադիտարանի Հաղորդումների ներկա՝ 48-րդ հատորը նվիրված է «Օրիոն—2» տիեզերական աստղադիտարանի օգնությամբ ստացված գիտական արդյունքների մատուցմանը: Հոդվածները գրված են Գառնու տիեզերական աստղագիտության բաբորատորիայի աստղագետների կողմից: Դիտումները իրականացվել են «Սոյուզ—13» տիեզերանավից. որը կառավարվում էր տիեզերագնաց-օդաչուներ Պ. Ի. Կլիմուկի և Վ. Վ. Լեբեդևի կողմից:

The present 48 volume of Communications of Bjurakan Astrophysical Observatory includes exclusively the scientific results obtained by the space observatory "Orion 2". The articles are written by astrophysics of Garmy Space Astronomy Laboratory. Observations are carried out on the board of spaceship "Soyuz 13" under the operation of space-man P. I. Klimuk and V. V. Lebedev.

Г. А. ГУРЗАДЯН

ОБЗОР НАБЛЮДАТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА «ОРИОНА-2»

В декабре 1973 г., в течение шести дней, были проведены астрофизические наблюдения с помощью космической обсерватории «Орион-2», установленной на орбитальном космическом корабле «Союз-13». Основная задача «Ориона-2» заключалась в получении массовым способом ультрафиолетовых спектральных снимков звезд в диапазоне длин волн 2000—3800 Å с помощью широкоугольного (5°) менискового телескопа и объективной призмы. Подробности, связанные с технической и методической частями этого эксперимента, перечень основных характеристик обсерватории «Орион-2», описание принципов работы научной и вспомогательной аппаратуры, их оптических, кинематических, электронных и электрических систем, конструкции аппаратуры и самой обсерватории, прецизионной трехосной астростабилизированной платформы, принципа баллистического обеспечения программы наблюдений и управления работой обсерватории космонавтами на орбите и т. д. изложены в обстоятельной статье [1].

В период программной работы «Ориона-2» на орбите были получены коротковолновые спектрограммы большого количества звезд до 13^m, впервые была получена ультрафиолетовая спектрограмма планетарной туманности, обнаружены мощные хромосферы у некоторых звезд поздних классов, обнаружены звезды со странными спектральными характеристиками, выделена непонятная группировка горячих звезд низкой абсолютной светимости, выявлены интересные, ранее неизвестные закономерности в поведении ионизованного дублета магния 2800 MgII в звездных спектрах и т. д. Все это изложено в серии опубликованных работ, посвященных первым научным результатам «Ориона-2» (см. библиографию в [1] и [2]).

Однако обширность и разнообразие наблюдательного материала «Ориона-2» потребовали — и требуют еще — более длительной и обстоятельной его обработки и соответствующей интерпретации. Этим и были заняты астрофизики Гарнийской лаборатории космической астрономии последние полтора-два года. В итоге появилась новая серия работ — на этот раз более или менее капитальных — посвященных научным результатам «Ориона-2». Эти работы и составили содержание отдельного номера «Сообщений Бюраканской обсерватории» (выпуск 48). В основном они касаются разных аспектов физики звездных атмосфер.

Программа работы «Ориона-2» на орбите предусматривала фотографирование через объективную призму 16 областей неба с разными экспо-

зициями; перечень этих областей неба приведен в табл. 1, где под «центральной звездой» понимается звезда, которая, будучи первой опорной звездой (из двух) системы стабилизации и ориентации, одновременно бы-

Таблица 1

Программа наблюдений космической обсерватории «Орион-2» (декабрь 1973 г.)

| Дата (1973) | Центральная звезда | Экспозиции (мин) |
|-------------|--------------------|--------------------------|
| 19. XII | β Tau 1.67 | 1; 12; 1 |
| 19. XII | γ Tau 3.0 | 1; 11.5; 0.3 |
| 20. XII | ϵ Ori 1.7 | 2; 18; 5.5; 0.1 |
| 20. XII | δ Gem 3.5 | 3; 16 |
| 20. XII | ζ Aur 1.9 | 15.5 |
| 21. XII | ι Ori 2.8 | 19.5; 4 |
| 21. XII | γ Cas 0 | 1; 16; 2.5 |
| 22. XII | α Aur 0.06 | 0.25; 1.5; 18.4 |
| 22. XII | ζ Tau 3.0 | 1.4; 16; 1.3 |
| 22. XII | η Aur 3.2 | 1.2; 20; 3 |
| 22. XII | α Per 1.8 | 1; 20; 5 |
| 23. XII | β CMa 2.0 | 4; 5; 10; 2.3 |
| 23. XII | α CMa -1.45 | 1.3; 1.8; 5; 10; 0.05; 2 |
| 24. XII | α Cas 2.2 | 1.0; 15; 3.5; 1 |
| 24. XII | λ Ori 2.1 | 1.0; 2; 5; 10; 6; 1 |
| 24. XII | λ Vel 2.3 | 1.0; 1; 2; 5; 5 |

ла в центре поля зрения менискового телескопа. Качество полученных для указанных областей снимков (кадров) оказалось неодинаковое, неодинакова была также предельная звездная величина — от 7^m5 до 13^m, в зависимости от качества снимка и величины экспозиции.

Наиболее удачными оказались три кадра, полученные 22.XII.73 для области неба вокруг Капеллы (α Aur) с экспозициями 15 сек, 1.5 мин и 18.4 мин. Именно для этой области неба была достигнута предельная для «Ориона-2» звездная величина (13^m), было обработано наибольшее количество ультрафиолетовых спектрограмм и было получено наибольшее количество интересных данных.

Число звезд, для которых были получены ультрафиолетовые спектрограммы (короче 3000 Å) для области Капеллы и которые к тому же могли представить интерес для дальнейшего изучения, превысило 2000. Из этого количества оказались зафиксированными в существующих звездных каталогах менее 80 звезд. Поэтому нам пришлось поставить свои номера к остальным звездам; эти номера нанесены на 20 картах отождествления, примерно по одному квадратному градусу каждая. Эти карты приведены во вкладках, пронумерованы цифрами от 1 до 20, а относительное их расположение в сфотографированной области вокруг Капеллы показано на отдельном, мелкомасштабном снимке с Капеллой в центре. Зимой 1974 г. О. В. Оганесян, получив с помощью 40" шмидтовского телескопа Бюраканской астрофизической обсерватории серию прямых снимков в U, B, V лучах для области Капеллы и измерив их, составил таблицу U, B, V величин для подавляющего количества (2215) из этих звезд; эта таблица также публикуется в настоящем выпуске.

С помощью «Ориона-2», как было отмечено выше, сделан ряд интересных открытий. Вместе с тем «Орион-2» в свою очередь поставил перед нами также новые проблемы, решение которых потребует как подготовки и осуществления новых внеатмосферных экспериментов, так и проведения тщательных и комплексных наблюдений в наземных условиях с привлечением крупных телескопов и высокодисперсионных спектрографов. Ниже мы перечислим некоторые из этих проблем. Попутно будет дана также программа-минимум, касающаяся дальнейшей обработки материалов «Ориона-2».

1. *Звездная ассоциация нового типа?* Недалеко от Капеллы была выявлена по снимкам «Ориона-2» группа из более чем двадцати так называемых «ультрафиолетовых» звезд слабее 9^m и до 11^m , рассеянных в области неба площадью меньше одного квадратного градуса. Эта группа звезд впервые была описана в [4], а в [5] дан список 22 членов этой группы с указанием их U, B, V величин. Вот номера этих звезд:

| | | | | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|------|------|------|------|------|------|
| 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | 55 | 56 | 57 | 58 | 59 | 60 |
| 61 | 62 | 63 | 64 | 65 | 1511 | 1518 | 1533 | 1665 | 1670 | 1700 |

Средние положения группы соответствуют координатам $\alpha = 05^h 10^m$, $\delta = +44^\circ 30'$. Спектральные классы этих звезд нам неизвестны. Неизвестно также их расстояние. Но имеются веские аргументы в пользу того, что эффективная температура этих звезд выше 20000°K и, стало быть, все они суть звезды ранних классов. Вместе с тем, эти звезды по всей вероятности не представляют собой типичные горячие гиганты с абсолютной светимостью -3^m или -4^m , так как в этом случае их расстояние дойдет до 5—10 клс, что мало вероятно, если иметь в виду, что указанная группа звезд находится в направлении антицентра Галактики. Впечатление такое, что для этих звезд $M > 0$.

По существу загадка здесь не одна, а две. Первая, что сами звезды — высокотемпературные и одновременно с низкой абсолютной светимостью. Вторая, что сама группировка из таких звезд — не то скопление, не то ассоциация.

Нам не известны горячие звезды с такой низкой светимостью. Эти звезды не имеют также отношения к объектам Хьюмасона—Цвикки. Поэтому природа рассмотренной группировки нам представляется неясной. Наше предположение о том, что это может быть звездная ассоциация нового типа, а именно, состоящая из горячих звезд низкой светимости [5], требует серьезного обоснования. Следует, по-видимому, прежде всего определить спектральные классы этих звезд средствами наземной астрономии. В случае, если их принадлежность к ранним классам получит подтверждение, можно идти дальше, уточнив численность звезд в группировке и ее угловые размеры. Только после этого можно говорить о реальности существования указанной группировки звезд и приступить к выяснению ее природы (определение расстояния или абсолютной светимости звезд, учет

межзвездного поглощения, кинематические характеристики членов группировки и т. д.).

2. *Странная звезда № 1.* Эта звезда почти 13-ой величины находится недалеко от Капеллы и интересна тем, что, во-первых, распределение энергии в ее непрерывном спектре соответствует эффективной температуре не менее 20000°K даже без внесения поправки за межзвездное поглощение и, во-вторых, в ее спектре, возможно, присутствуют эмиссионные линии, среди которых как будто отсутствуют запрещенные. К числу интересных свойств этой звезды следует отнести присутствие дублета 2800 MgII в эмиссии в ее спектре. Наконец, имеется основание полагать, что для этой звезды $M > 0$ [6].

Эмиссионный спектр звезды № 1 не похож на спектр известных нам объектов — звезд Вольф-Райе, Ве или OI, ядер планетарных туманностей или симбиотических звезд. Если эта звезда — белый карлик, находящийся от нас на расстоянии 10—20 пс, то тогда как быть с ее эмиссионным спектром? А может быть, белый карлик с газовой оболочкой? Или субкарлик с мощной хромосферой (раз отсутствуют запрещенные линии)? Так или иначе, природа звезды № 1 нам неясна. Наземные средства астрономии, как нам кажется, могут внести ясность в этот вопрос значительно раньше, чем повторная попытка получения новых коротковолновых спектрограмм этой звезды во внеатмосферных условиях. При этом следует выяснить в первую очередь вопрос о том, действительно ли присутствуют эмиссионные линии в спектре этой звезды или они явились следствием локального фотографического эффекта на нашем снимке? К числу интересных вопросов следует отнести также возможную принадлежность этой звезды к вышеуказанной группировке горячих звезд низкой светимости.

3. *Звездные хромосферы.* Спектрограммы «Ориона-2» позволили нам установить существование мощных хромосфер по крайней мере у трех звезд поздних классов. Эти звезды следующие:

| | | | |
|------------|-------|-----|-------|
| SAO 040769 | класс | G5 | V=6.4 |
| SAO 040269 | » | K5 | V=8.3 |
| GC 7554 | » | gM3 | V=4.6 |

Нам удалось оценить — с помощью эмиссионной линии 2800 MgII хромосферного происхождения — относительную излучательную мощность этих хромосфер. Она, например, для «магниево́й» хромосферы оказалась от 10 до 100 раз больше мощности «Лайман-альфа» хромосферы Солнца [7]. Иначе говоря, дисперсия в интегральных мощностях хромосфер среди пока что известных нам случаев, включая и Солнце, составляет не менее трех порядков. Вероятно, эта дисперсия должна быть еще больше, если иметь в виду избирательный характер нашего материала; чувствительность «Ориона-2» позволяла нам «поймать» только мощные хромосферы, а хромосферы типа Солнца или еще слабее мы просто не смогли обнаружить.

В связи с этим детальное изучение этих трех звезд с помощью назем-

ных телескопов и спектрографов, с целью выявления признаков наличия у них хромосферы в оптическом диапазоне, приобретает определенный интерес. В частности, необходимо выяснить, какое отношение могут иметь эти и подобные звезды с теми объектами, которые раньше были известны как случаи проявления хромосферной активности (по данным оптических наблюдений, а именно, по H и K линиям ионизованного кальция [8]).

4. *Звезды ранних классов.* Визуальный просмотр спектральных снимков звезд области Капеллы позволил выделить звезды, слабее 10^m , которые, судя по форме и протяженности их спектрограмм в ультрафиолете, должны принадлежать ранним классам. Полагая, что обработка ультрафиолетовых спектрограмм этих звезд может дать новые и интересные данные, мы ниже прилагаем их список:

| | | | | | | | | | | |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2 | 4 | 5 | 6 | 7 | 13 | 14 | 15 | 18 | 19 | 21 |
| 22 | 40 | 41 | 43 | 81 | 397 | 455 | 461 | 525 | 557 | 570 |
| 576 | 585 | 602 | 644 | 650 | 658 | 665 | 771 | 836 | 844 | 877 |
| 911 | 920 | 923 | 1000 | 1038 | 1103 | 1119 | 1151 | 1189 | 1277 | 1278 |
| 1286 | 1399 | 1402 | 1433 | 1444 | 1457 | 1470 | 1478 | 1489 | 1533 | 1577 |
| 1582 | 1609 | 1665 | 1670 | 1700 | 1723 | 1753 | 1781 | 1810 | 1816 | 1955 |

В этот список не вошли те звезды, которые ранее были включены в индивидуальные программы астрофизиков ГЛКА (их много, например, в списке Дж. Б. Оганесян [9]). Впрочем, представленный список подлежит уточнению и дополнению в дальнейшем. Кроме того, спектрограммы не всех звезд поддаются измерению, по разным причинам, на кадрах «Ориона-2».

5. *Холодные звезды.* Весьма характерную форму имеют на «орионовских» кадрах спектральные снимки холодных звезд — классов K—M. В частности, коротковолновый конец их спектрограмм обрывается очень резко, без плавного перехода к фону, а по плотности почернения он почти не отличается от длинноволнового конца. Благодаря этому спектрограммы холодных звезд выделяются довольно легко среди общей массы спектрограмм других звезд.

Коротковолновая граница звезд классов K—M слабее 10^m на наших снимках едва дотягивает до 3500—3000 Å. К тому же дисперсия в этой области мала. Поэтому получить из этих снимков новую информацию о холодных звездах не придется. По существу эти снимки помогают нам выделить холодные звезды с достаточной уверенностью. Вот список этих звезд:

| | | | | | | |
|-----|------|------|------|------|------|-----|
| 291 | 334 | 345 | 415 | 422 | 641 | 701 |
| 968 | 1019 | 1053 | 1453 | 1471 | 1576 | |

Заслуживают особого внимания, как нам кажется, следующие холодные звезды:

| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| 623 | 691 | 701 | 748 | 783 | 857 | 1072 | 1242 |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|

6. Газовая оболочка с аномальным содержанием кремния. У одной звезды, а именно, SAO 077308 класса Ble , $V=9.0$, была обнаружена на одном из кадров «Ориона-2» необычно мощная эмиссионная линия с $\lambda \approx 2520 \text{ \AA}$, которая по всей вероятности принадлежит кремнию [10]. У обычных эмиссионных звезд почти того же спектрального класса, например, у ζ Тау и SAO 37967, линия 2520 SiI хотя и присутствует в эмиссии, но без всяких признаков аномальности.

В связи с этим интересным фактом возникает вопрос: в какой мере аномальное содержание кремния свойственно не только газовой оболочке, но и самой фотосфере, рассматриваемой звезды (SAO 077308). Чтобы ответить на этот вопрос, необходимо в наземных условиях получить спектрограмму этой звезды, выделить линии поглощения, принадлежащие кремнию, и дать оценку его содержания. Неясен также вопрос о том, какое место занимает эта звезда вообще среди так называемых кремниевых звезд (пекулярные В-звезды). Заметим, что в последнем случае характеристика кремниевые звезды относится только к их фотосфере.

7. Аномальные звезды класса A2. В процессе обработки ультрафиолетовых спектрограмм звезд класса A2, полученных с помощью «Ориона-2», были обнаружены очень редкие представители этого класса, которые подозреваются в аномально большой силе линии поглощения 2800 MgII в их спектрах. По самой осторожной оценке эквивалентная ширина линии 2800 MgII у этих звезд по крайней мере в два раза больше, чем у обычных звезд класса A2 [9].

Пока известны более или менее уверенно две такие звезды: SAO 32296 и SAO 33332. Еще несколько звезд подозреваются в принадлежности к этой группе [11]. Природа указанной аномальности неясна; то ли она связана с аномальным содержанием магния в фотосферах этих звезд, то ли дополнительным поглощением в околосредном «магниевом» облаке. Не исключена также возможность каких-то отклонений, связанных со специфическими условиями переноса лучистой энергии в атмосферах этих звезд. Что бы то ни было, дальнейшее изучение этих звезд средствами наземной астрономии, а также поиски других представителей этого класса объектов среди материалов «Ориона-2» может представить определенный интерес.

8. Депрессия в непрерывных спектрах звезд в ультрафиолете. Среди неожиданностей, преподнесенных «Орионом-2», было и следующее. Как известно, эффект блокировки линиями поглощения приводит к образованию депрессии в непрерывных спектрах звезд, достигающей значительных величин в особенности в ультрафиолете. Когда мы пытались проследить за поведением этого эффекта вдоль спектральной последовательности, то действительно, этот эффект оказался, согласно предсказыванию, не очень сильным у звезд ранних подклассов В, затем стал усиливаться по мере перехода к поздним В и ранним А, и уже достиг значительных величин у средних подклассов А. Однако, когда мы стали группировать звезды д.

определенным подклассам, скажем, по A0 или A2, то обнаружили очень большую дисперсию в величинах самой депрессии внутри данного подкласса [9, 12]. Во всяком случае макроструктура спектра в ультрафиолете (скажем, в области 2500—3000 Å) при этом оказалась настолько разнообразной, что, судя по данному куску спектра, никак нельзя было догадаться о принадлежности двух разных звезд к одному и тому же подклассу.

Нам сейчас трудно найти объяснение указанному явлению; некоторые предположения сделаны в [12]. По-видимому, сперва надо убедиться в его реальности. Цель настоящей заметки: обратить внимание на возможное его существование и на поиски признаков подобного явления в оптическом диапазоне звездных спектров.

9. Дублет 2800 MgII в звездных спектрах. Спектральные снимки «Ориона-2» с самого начала были предназначены для получения непрерывных спектров звезд в ультрафиолете. Однако качество этих снимков часто оказывалось достаточно удовлетворительным для того, чтобы можно было вынести из него интересную информацию также для спектральных линий, в частности, для дублета ионизованного магния 2800 MgII. На основе уже обработанного материала удалось выявить ряд интересных закономерностей, касающихся поведения этого дублета в спектрах звезд разных классов [11, 13]. Здесь нам хочется остановиться на двух вопросах.

Прежде всего оказалось, что дублет 2800 MgII приводит к образованию очень широкой и мощной депрессии в непрерывном спектре звезды около 2800 Å; эта ширина, например, у звезд классов F5—G0, достигает 200—250 Å.

Практическая ценность вывода, который можно сделать из этого факта, очевидна; при подготовке эксперимента, ставившего целью изучение дублета 2800 MgII в звездных спектрах, нужно исходить из требования обеспечить рабочий диапазон измеряющей аппаратуры в пределах не менее $\pm (100—125)$ Å вокруг этого дублета. Указанный рабочий диапазон был равен, например, ± 45 Å в экспериментах [14]. В результате все измерения профиля дублета 2800 MgII для звезд классов A7 и позднее оказались неполными, а эквивалентные ширины — заниженными.

Второй вопрос касается теоретической стороны проблемы. Дело в том, что разработанная теория возбуждения дублета 2800 MgII в звездных фотосферах имеется только для горячих звезд — O, B и до A0; такой теории для звезд более поздних классов и, прежде всего, для F0—G5 пока не существует. Между тем ее необходимость именно для звезд F0—G5 более чем очевидна. Ведь предстоит объяснить необычайную протяженность и огромную мощность дублета 2800 MgII у этих классов звезд (кстати, сейчас можно считать установленным, что линия поглощения 2800 MgII является самой сильной линией во всем огромном диапазоне длин волн — от 1000 до 10000 Å — в спектрах звезд промежуточных классов). Неясен, в частности, вопрос о том, какова роль при этом соседних с 2800 MgII линий, принадлежащих нейтральным и ионизованным металлам (железо, ни-

хель, хром и т. д.). Иначе говоря, обусловлена ли наблюдаемая мощность линии 2800 А. только резонансным дублетом ионизованного магния, а также, в какой-то мере, резонансной линией нейтрального магния 2852 MgI. Или же определенная, но все еще солидная доля выпадает и на соседние линии металлов, также достигающих, судя по всему, наибольшей силы именно у этих классов звезд?

Обзор наблюдательного материала «Ориона-2», как по части уже полученных результатов, так и по предстоящим обработкам, может быть еще продолжен. Мы здесь совершенно не остановились на тех результатах, которые также были получены на основе материалов «Ориона-2», но касаются других аспектов звездной астрофизики — проблема спектральной классификации звезд по их ультрафиолетовым спектрам [3], проблема распределения энергии в ультрафиолете спектров звезд промежуточных классов — F, G, K [15], коротковолновые спектры эмиссионных звезд, закон межзвездного поглощения в ультрафиолете, коротковолновые спектры планетарных туманностей и многие другие. Однако даже в таком виде настоящей обзор дает, как нам кажется, некоторое представление о тех потенциальных возможностях, которые таят в себе эксперименты типа «Орион-2».

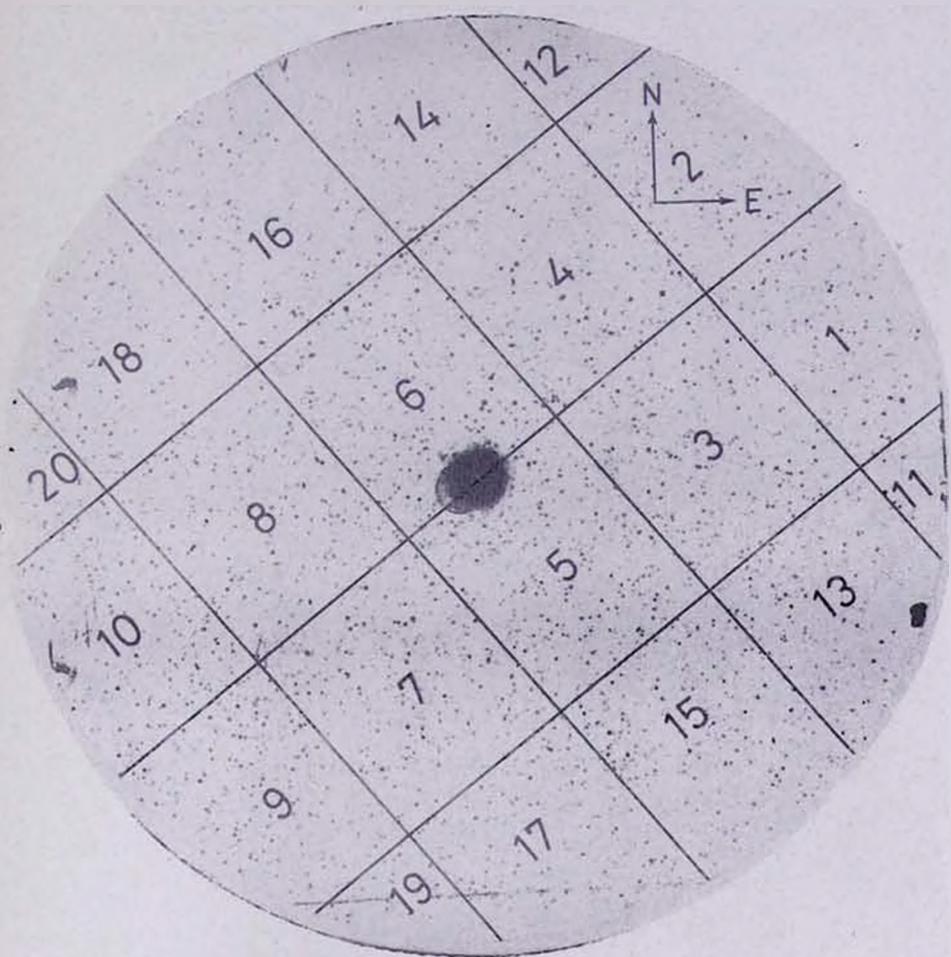
Выражаю благодарность Л. Г. Неделе и К. Г. Гаспаряну за изготовление и оформление звездных карт, помещенных в настоящей статье.

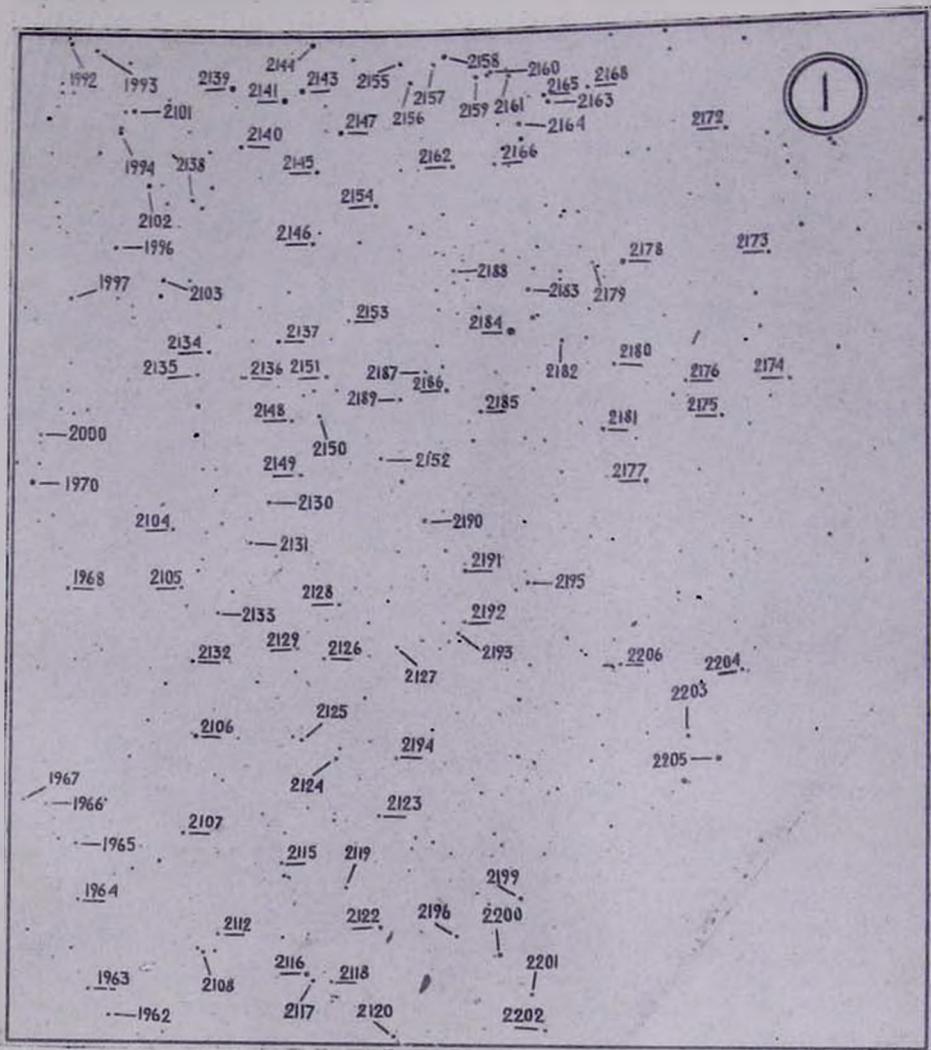
Գ. Ա. ԳՈՒՐԶԱԴՅԱՆ

«ՕՐԻՈՆ—2»-Ի ԴԻՏԱՂԱԿԱՆ ՆՅՈՒԹԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Հողվածում համառոտ կերպով քննարկվում է «Օրիոն—2» տիեզերական աստղադիտարանի օգնությամբ ստացված որոշ զիտական արդյունքների աստիճան և հետագա ուսումնասիրման հարցը, ներգրավելով նաև ներմթնոլորտային աստղագիտության հնարավորությունները: Դավերագրելով է մասնավորապես նոր տեսակի աստղասփյուռի հայտնագործմանը՝ կառավարի համատեղությունում... № 1 ապրօրինակ աստղի բնութի պարզաբանմանը. սառը աստղերի գունոլորինների պրորլեմին. որոշ շերմ աստղերի, ինչպես նաև խիստ սառը աստղերի հետագա ուսումնասիրմանը (որոնց ցուցակները ներկայացվում են). SAO 077308 աստղի ուսումնասիրմանը, որի գազային թաղանթում հայտնաբերվել է անտոլոր առատ սիլիցիում. A2 տիպի տարօրինակ աստղերի ուսումնասիրմանը, որոնց սպեկտրում խիստ ուժեղ է 2800 MgII կլանման գիծը, աստղերի կարճալիք սպեկտրներում ուժեղ ռեպրեսիայի առաջացման, պատճառների բացահայտմամբ. 2800 MgII սպեկտրալ գծի վարքագծի հասկանալուն՝ աստղերի սպեկտրներում և այլն:





2

890

923

937

892

863

936

888

891

907

908

927

887

893

924

922

894

885

886

909

910

926

895

899

925

883

884

898

930

897

928

896

904

900

911

929

879

903

915

916

917

935

878

901

905

921

934

912

918

931

902

913

933

906

914

919

932

2098

920

2100

2099

2142

2167

2170

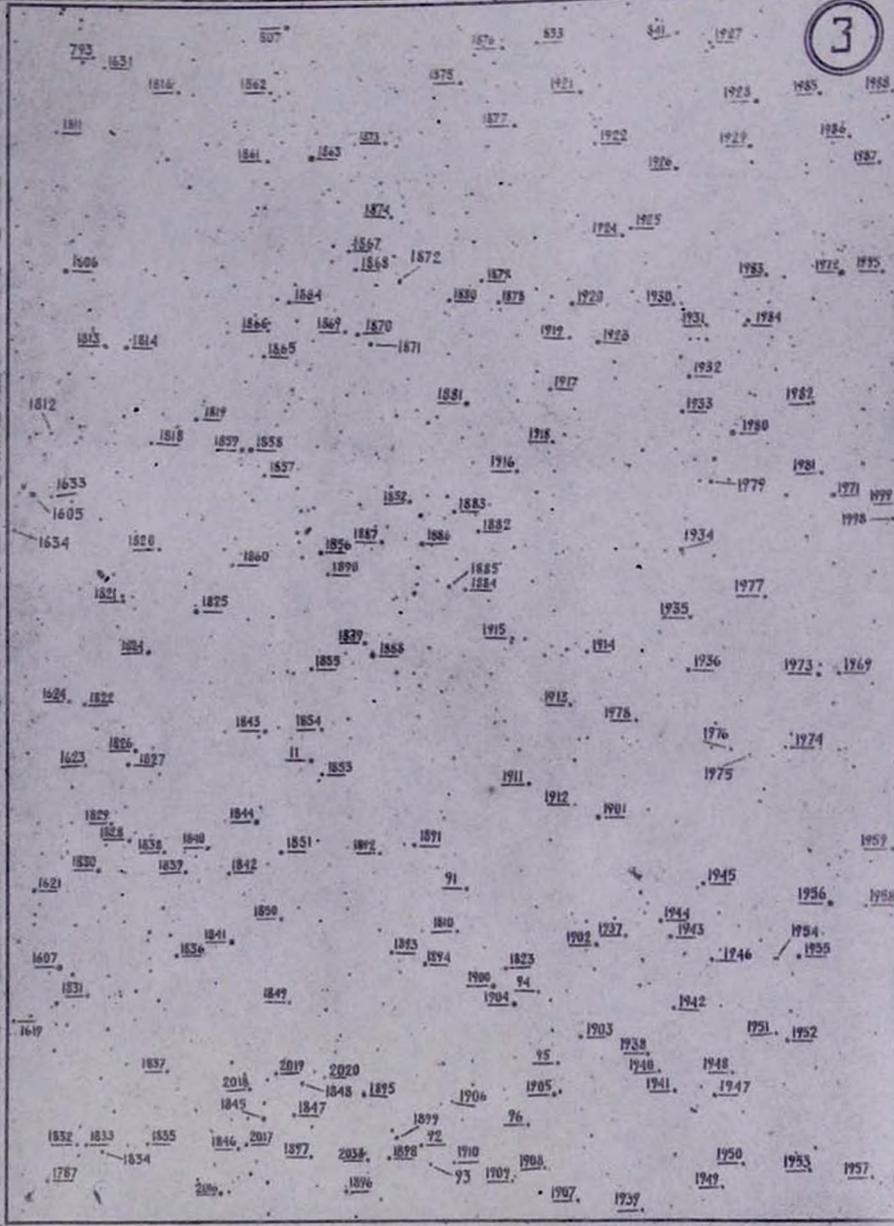
1993

2144

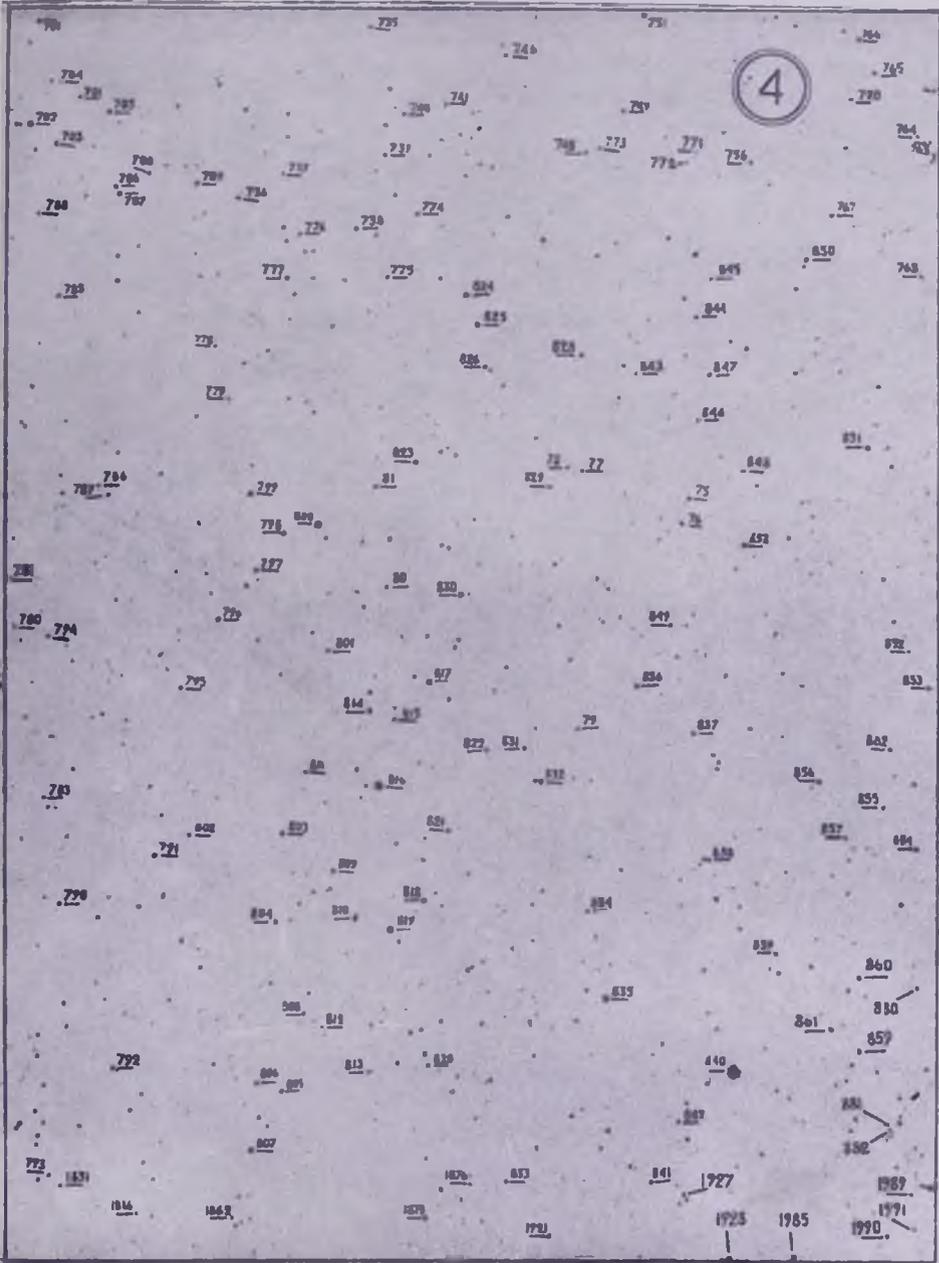
2158

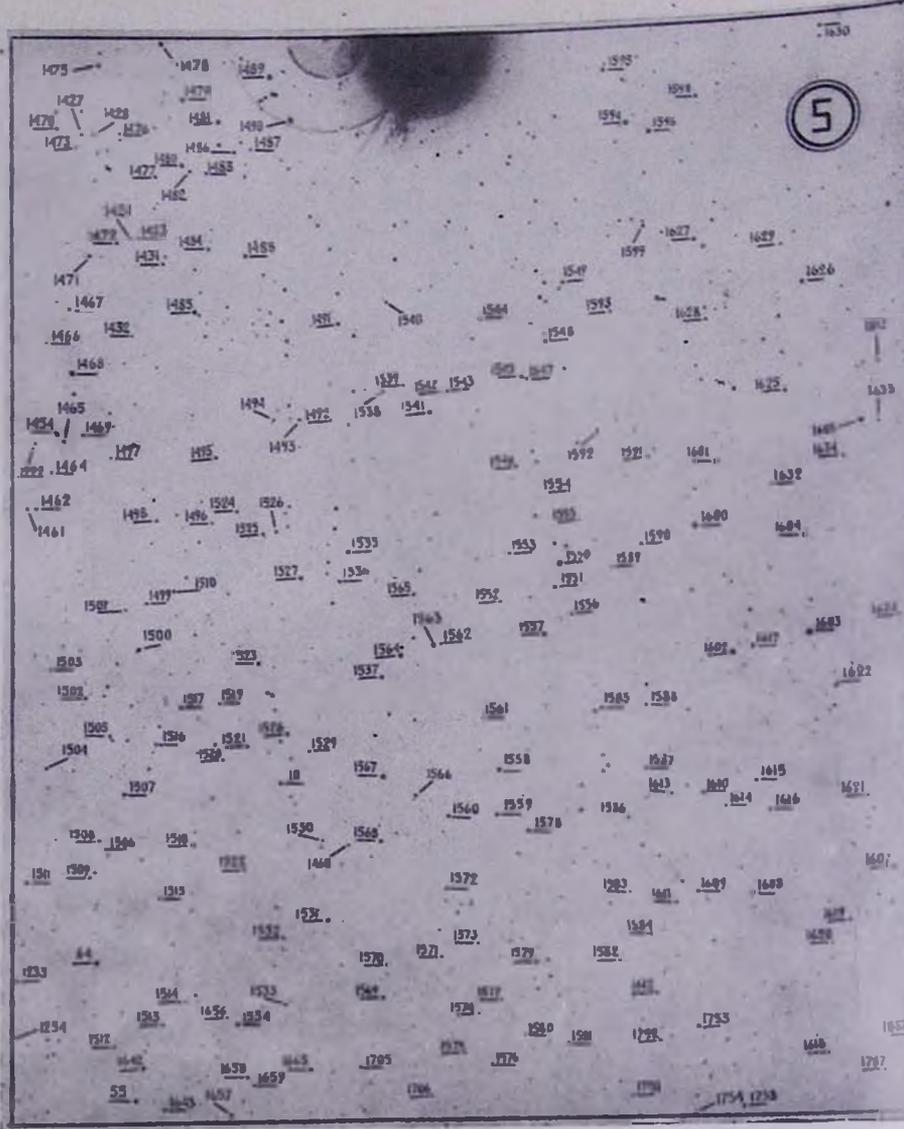
2169

2171



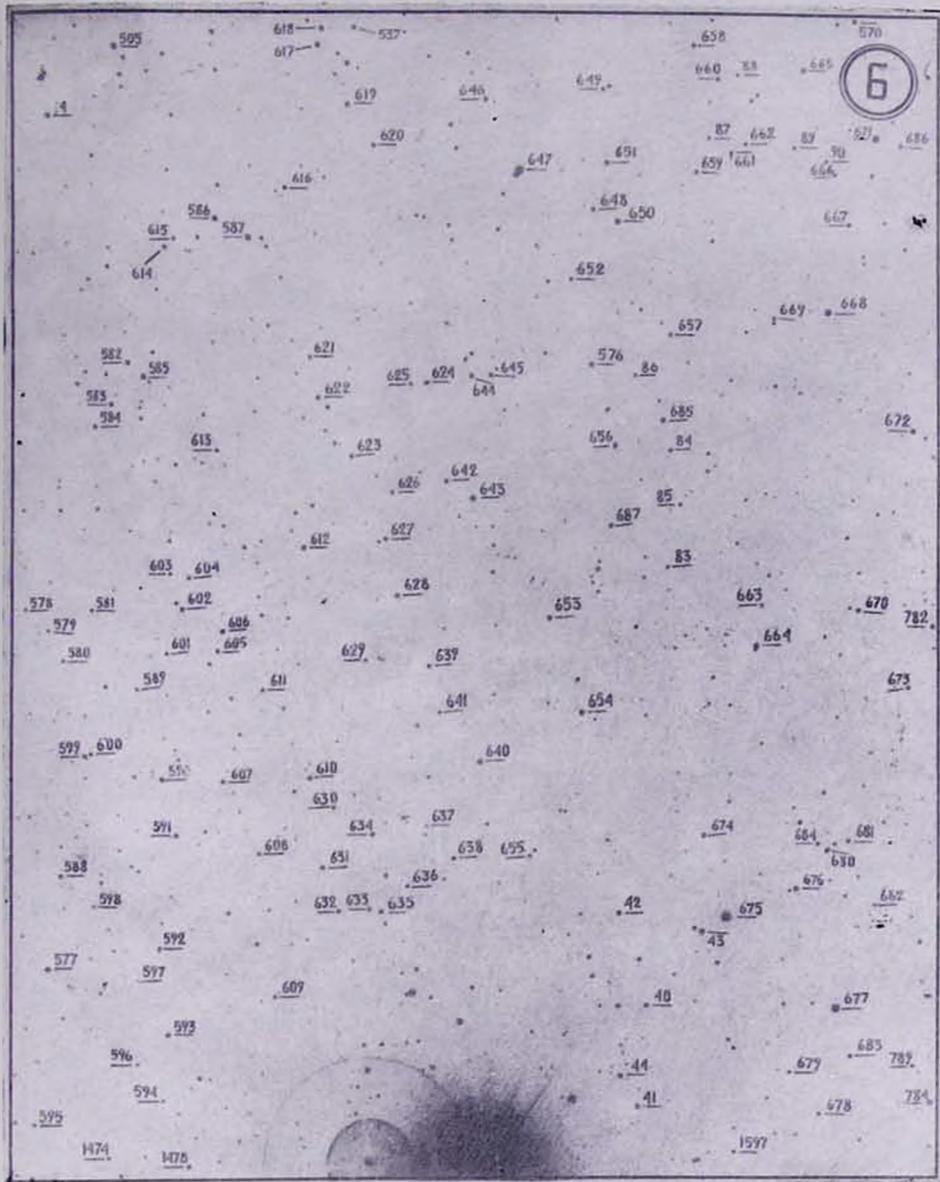
4

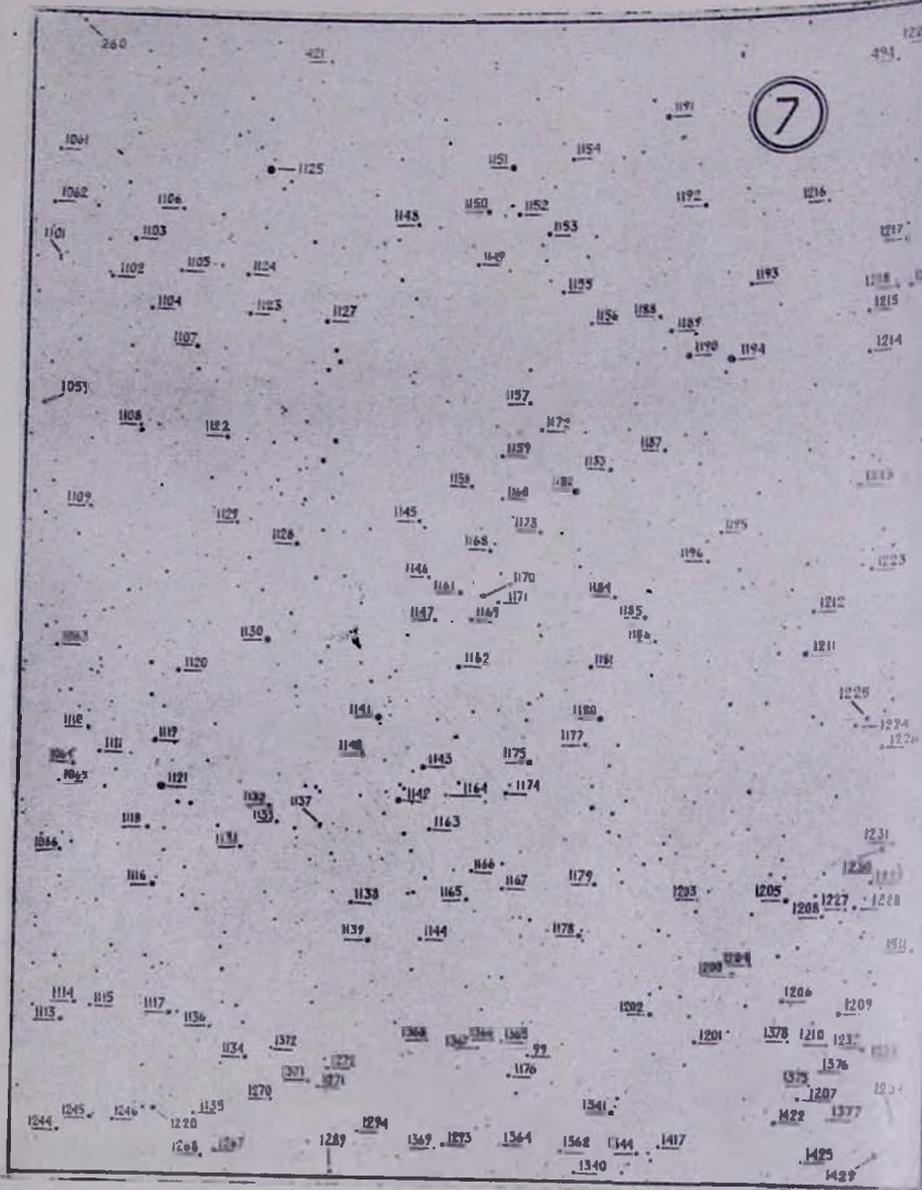


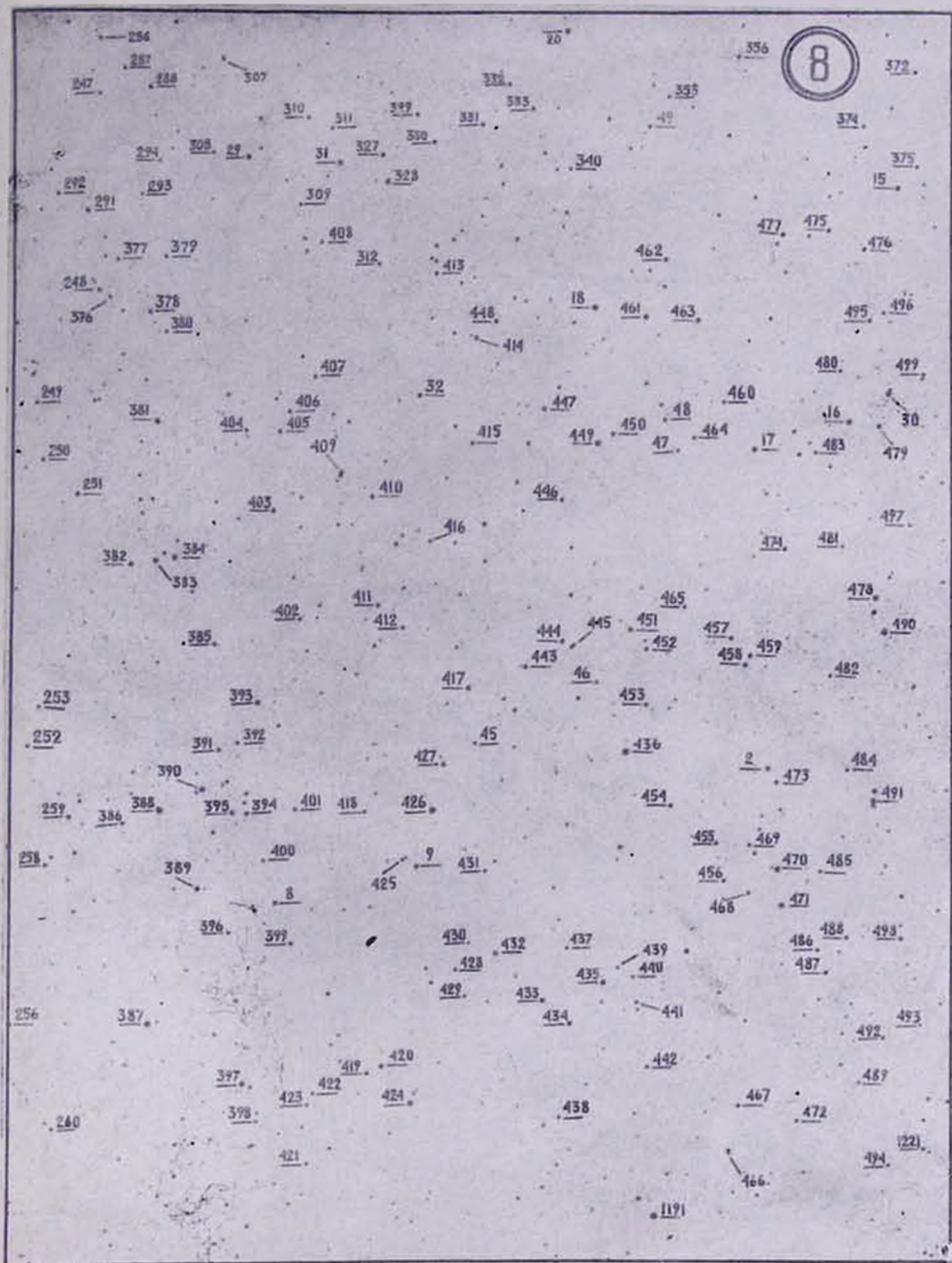


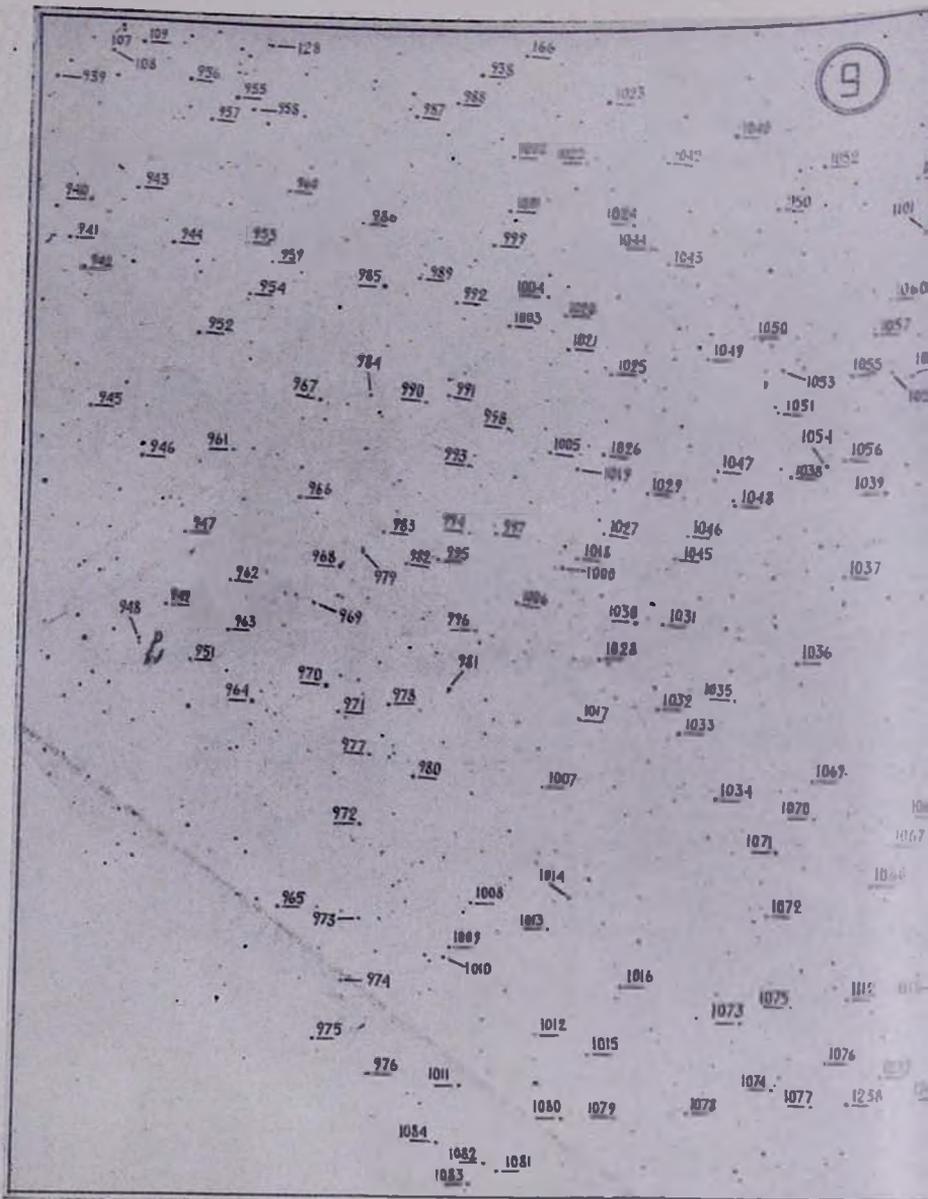
5

1075 1478 1489 1575 1630
1427 1428 1429 1430 1431 1432 1433 1434 1435 1436 1437 1438 1439 1440 1441 1442 1443 1444 1445 1446 1447 1448 1449 1450 1451 1452 1453 1454 1455 1456 1457 1458 1459 1460 1461 1462 1463 1464 1465 1466 1467 1468 1469 1470 1471 1472 1473 1474 1475 1476 1477 1478 1479 1480 1481 1482 1483 1484 1485 1486 1487 1488 1489 1490 1491 1492 1493 1494 1495 1496 1497 1498 1499 1500 1501 1502 1503 1504 1505 1506 1507 1508 1509 1510 1511 1512 1513 1514 1515 1516 1517 1518 1519 1520 1521 1522 1523 1524 1525 1526 1527 1528 1529 1530 1531 1532 1533 1534 1535 1536 1537 1538 1539 1540 1541 1542 1543 1544 1545 1546 1547 1548 1549 1550 1551 1552 1553 1554 1555 1556 1557 1558 1559 1560 1561 1562 1563 1564 1565 1566 1567 1568 1569 1570 1571 1572 1573 1574 1575 1576 1577 1578 1579 1580 1581 1582 1583 1584 1585 1586 1587 1588 1589 1590 1591 1592 1593 1594 1595 1596 1597 1598 1599 1600 1601 1602 1603 1604 1605 1606 1607 1608 1609 1610 1611 1612 1613 1614 1615 1616 1617 1618 1619 1620 1621 1622 1623 1624 1625 1626 1627 1628 1629 1630 1631 1632 1633 1634 1635 1636 1637 1638 1639 1640 1641 1642 1643 1644 1645 1646 1647 1648 1649 1650 1651 1652 1653 1654 1655 1656 1657 1658 1659 1660 1661 1662 1663 1664 1665 1666 1667 1668 1669 1670 1671 1672 1673 1674 1675 1676 1677 1678 1679 1680 1681 1682 1683 1684 1685 1686 1687 1688 1689 1690 1691 1692 1693 1694 1695 1696 1697 1698 1699 1700 1701 1702 1703 1704 1705 1706 1707 1708 1709 1710 1711 1712 1713 1714 1715 1716 1717 1718 1719 1720 1721 1722 1723 1724 1725 1726 1727 1728 1729 1730 1731 1732 1733 1734 1735 1736 1737 1738 1739 1740 1741 1742 1743 1744 1745 1746 1747 1748 1749 1750 1751 1752 1753 1754 1755 1756 1757 1758 1759 1760 1761 1762 1763 1764 1765 1766 1767 1768 1769 1770 1771 1772 1773 1774 1775 1776 1777 1778 1779 1780 1781 1782 1783 1784 1785 1786 1787 1788 1789 1790 1791 1792 1793 1794 1795 1796 1797 1798 1799 1800



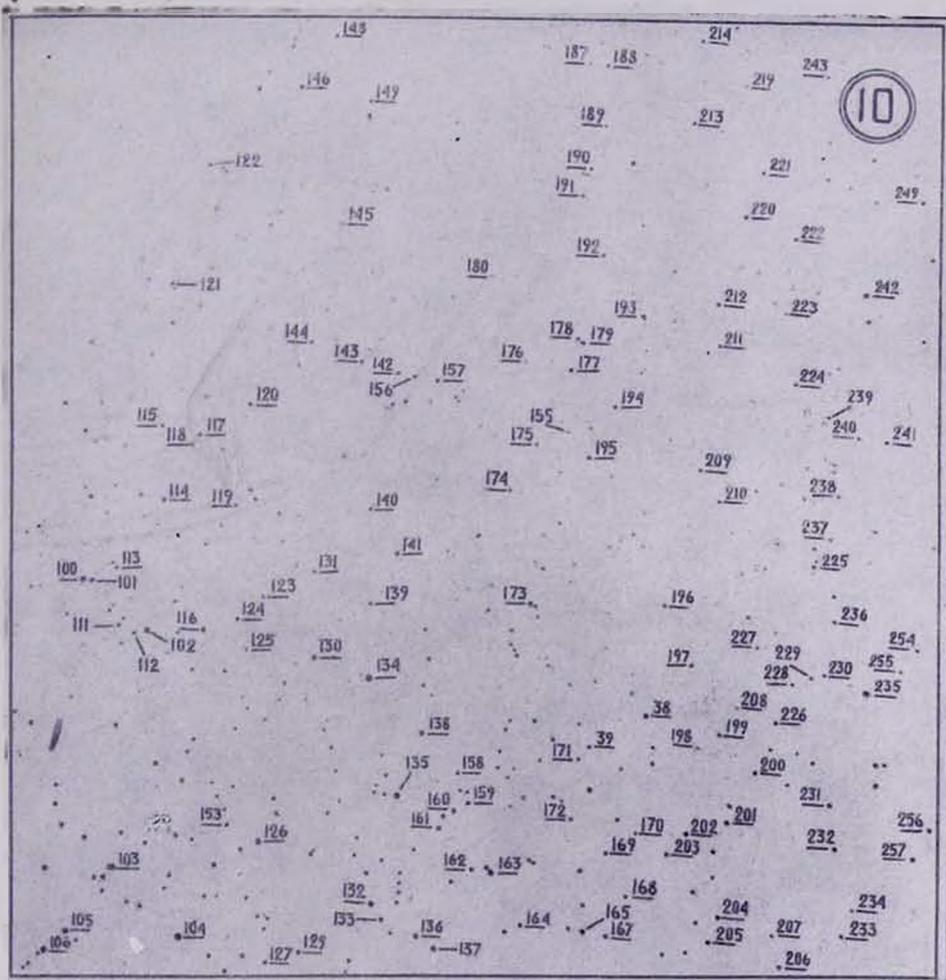


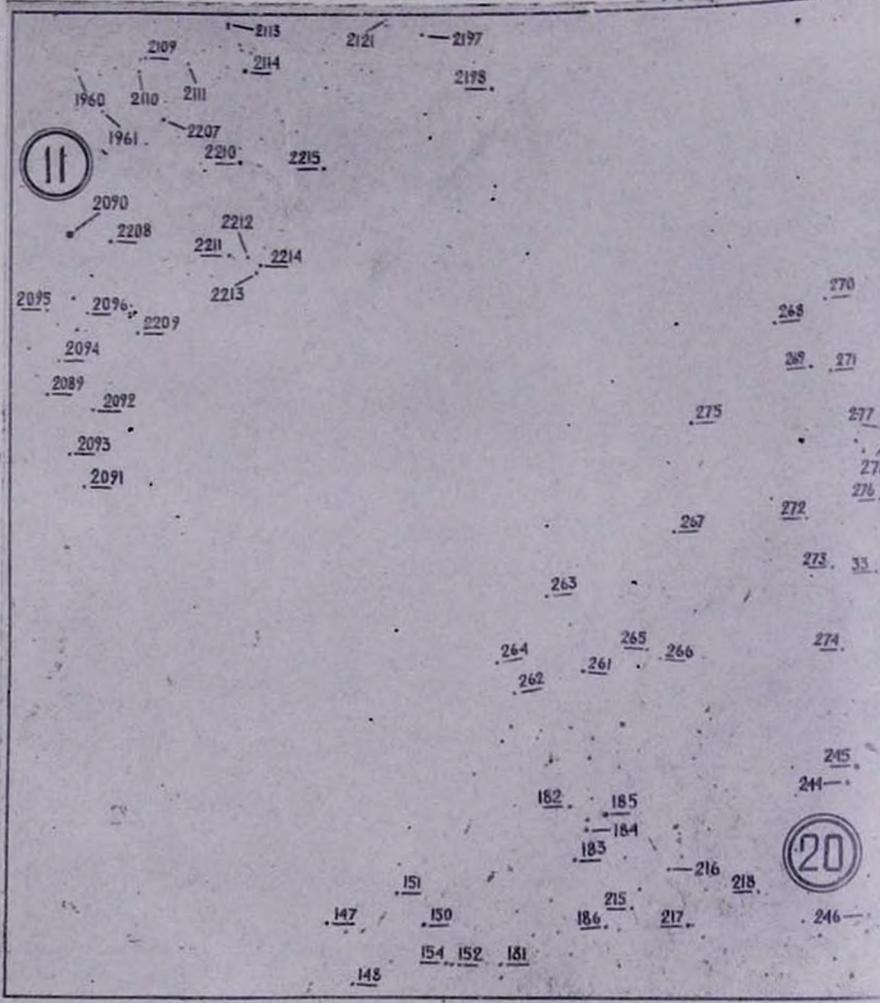


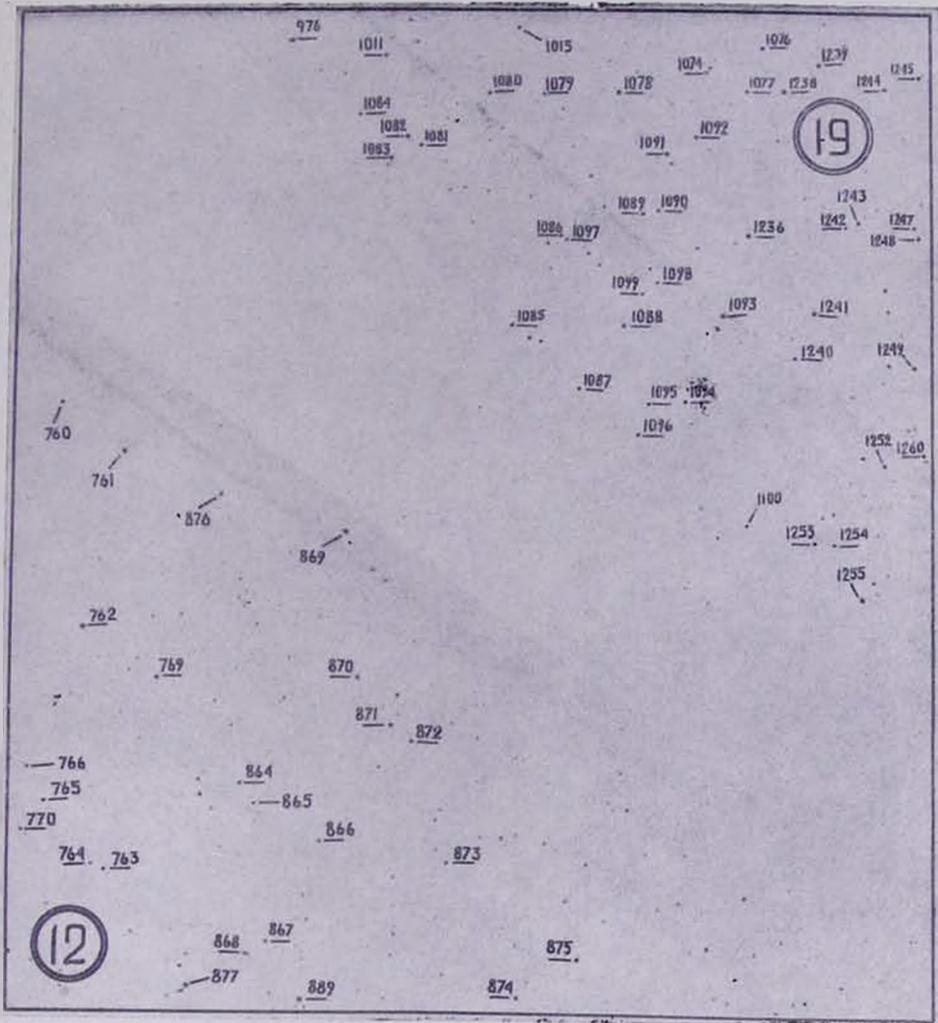


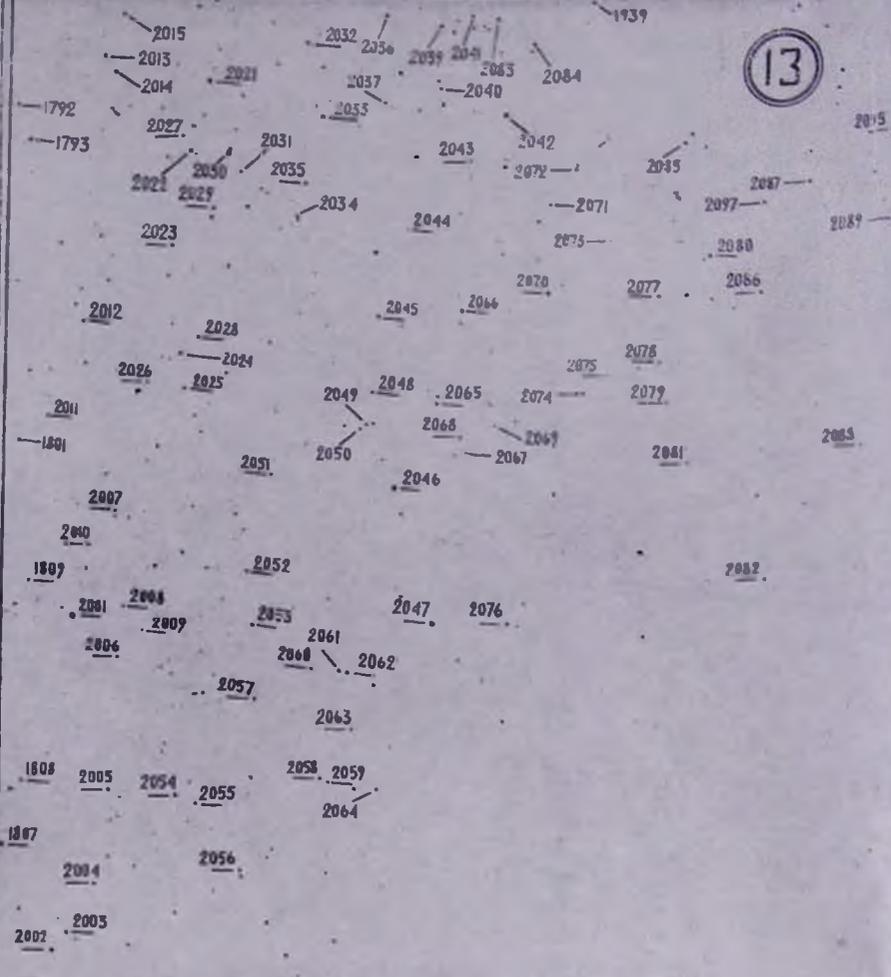
9

107 102 128
939 104 936 955 957 958
940 943 944 945 946 947 948
941 944 953 954 952 951 950
980 985 989 990 991 992 993 994 995 996 997 998 999
1000 1001 1002 1003 1004 1005 1006 1007 1008 1009 1010 1011 1012 1013 1014 1015 1016 1017 1018 1019 1020 1021 1022 1023 1024 1025 1026 1027 1028 1029 1030 1031 1032 1033 1034 1035 1036 1037 1038 1039 1040 1041 1042 1043 1044 1045 1046 1047 1048 1049 1050 1051 1052 1053 1054 1055 1056 1057 1058 1059 1060 1061 1062 1063 1064 1065 1066 1067 1068 1069 1070 1071 1072 1073 1074 1075 1076 1077 1078 1079 1080 1081 1082 1083









690

691

693

694

729

728

754

689

695

721

726

727

732

724

725

717

692

716

719

722

753

759

715

696

718

723

730

756

714

720

697

712

731

713

698

752

699

733

745

755

734

744

711

757

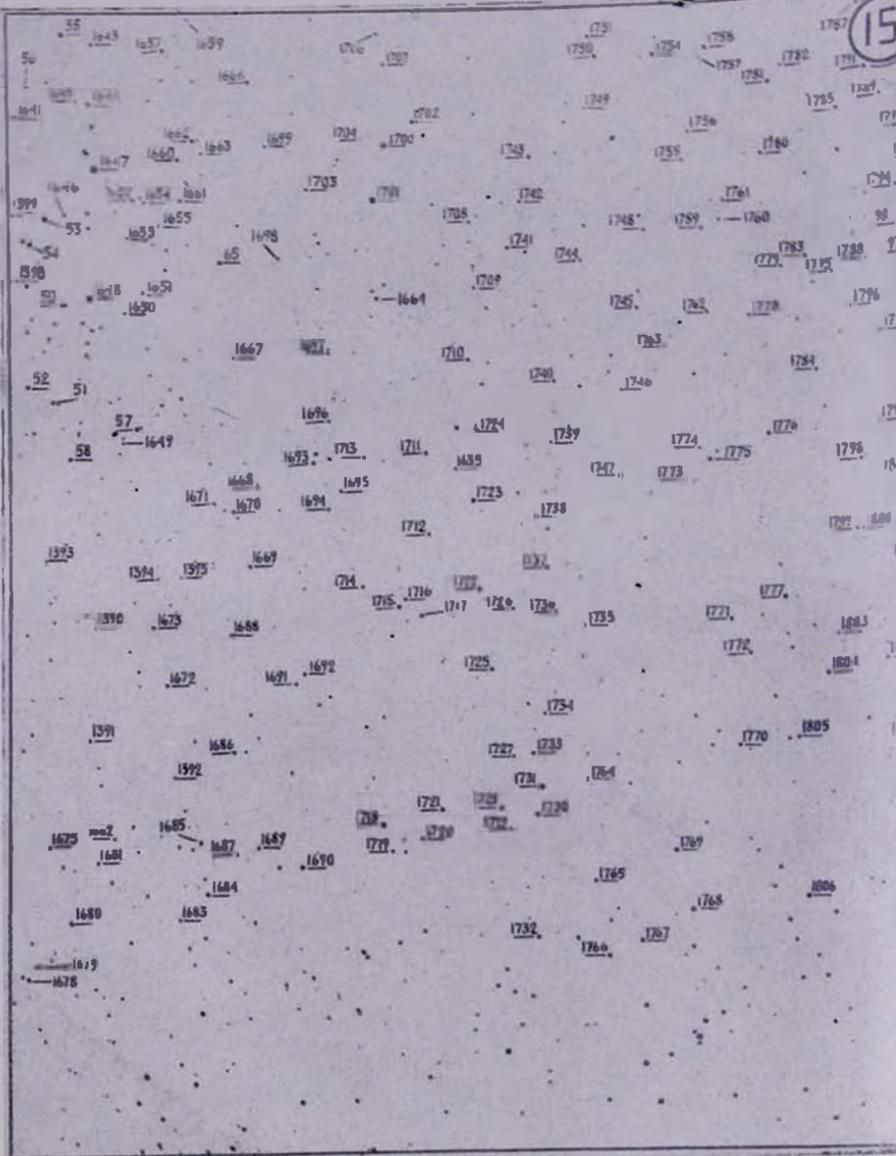
743

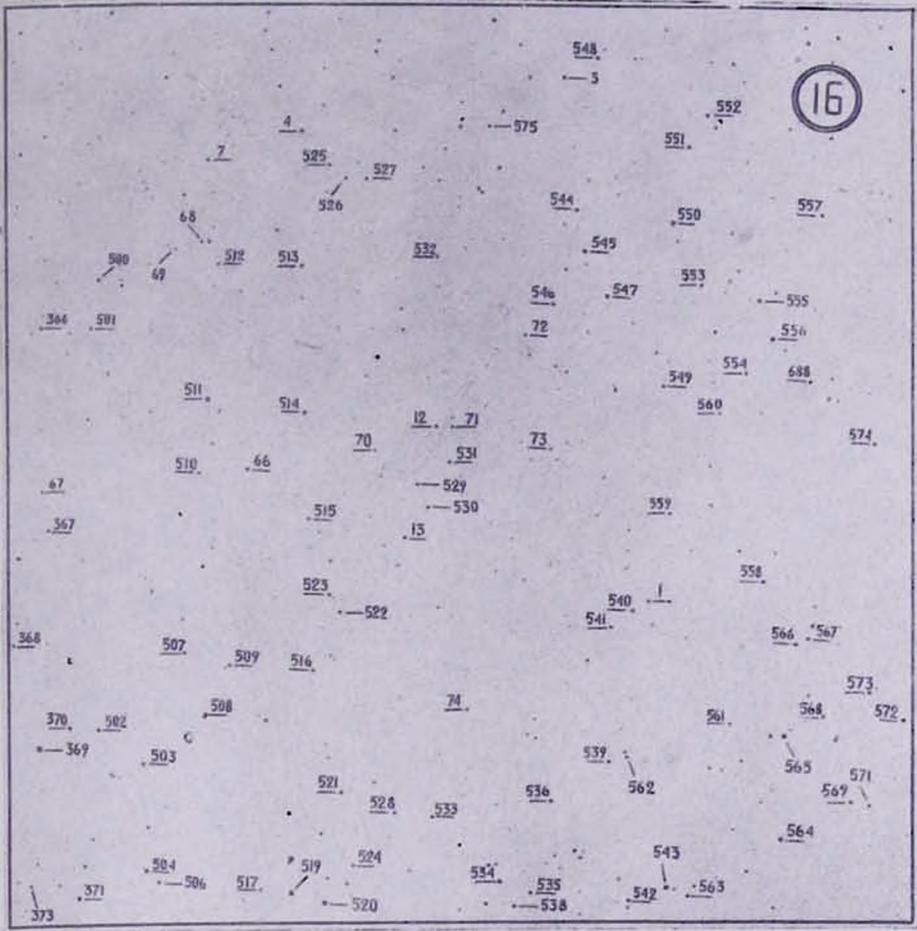
750

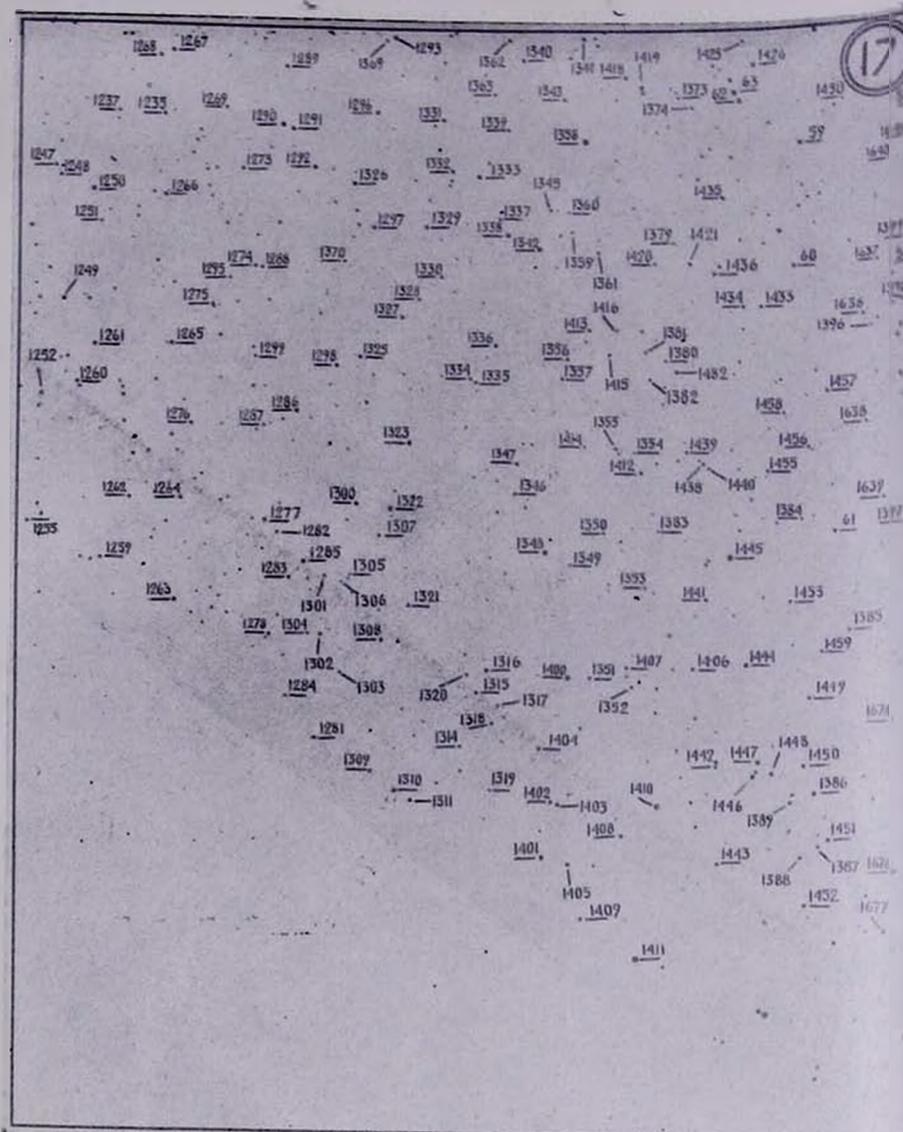
742

751

735







5 — 342 344 363
343 345 362 364
24 365 366
28 25
321 341 346
35 301 319 322 347 67
280 324 353 22 367
297 300 323 348
34 325 339 354 368
277 282 278 362 36 21 338 23
281 299 315 350 349 369
295 316 376 360
26 320 313 359
244 276 304 37 336 337 19 361
283 317 335 373
27 331 357 358
285 305 314 318 352
287 306 354



G. A. GURZADYAN

REVIEW OF OBSERVATIONAL MATERIAL OF "ORION-2"

S u m m a r y

The question of the necessity of re-examination, particularly, by means of ground based astronomy, of some scientific results, obtained with the help of space observatory "Orion-2", is raised. We have in view, for example the problem of new type stellar association; of remarkable star No 1; of stellar chromosphery; of the study of ultraviolet spectra of the stars the list of which is included; of the study of the cold stars the list of which is included also; of the analysis of the optical spectra of an early type star, SAO 077308, with the anomaly abundance of silicon in its gaseous envelope; of anomaly A2-type stars with the upnormally strong 2800 MgII lines in absorption; of the nature of depression in the star's ultraviolet continuous spectra; of the behaviour of 2800 MgII in stellar spectra and so on.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурзядян Г. А., Джаракян А. Л., Крмоян М. Н., Кашиш А. Л., Лорсуян Г. М., Оганесян Дж. Б. *Astrophys. Space Sci.* 46, 393, 1976.
2. Гурзядян Г. А. *Space Sci. Rev.*, 18, 95, 1975.
3. Оганесян О. В. *Сообщ. Бюраканской обс.*, 48, 14, 1976.
4. Гурзядян Г. А. *Obs.*, 94, 293, 1974.
5. Гурзядян Г. А. *Proc. III—Conference EAV*, 1—6 July, Tbilisi, 1975.
6. Гурзядян Г. А. *Астрофизика*, 10, 379, 1974.
7. Гурзядян Г. А. *Mon. Not. Roy. Astr. Soc.*, 172, 1975.
8. Wilson O. C. *Ap. J.*, 138, 832, 1963.
9. Оганесян Дж. Б. *Сообщ. Бюраканской обс.*, 48, 68, 1976.
10. Гурзядян Г. А., Рустамбекова С. С. *Nature*, 254, 322, 1975.
11. Асатрян Р. С. *Сообщ. Бюраканской обс.*, 48, 187, 1976.
12. Акопян А. С. *Сообщ. Бюраканской обс.*, 48, 177, 1976.
13. Гурзядян Г. А. *PASP*, 87, 289, 1975.
14. Lamers H. J., van der Hucht K. A., Sntjders M. A. *Sakhbullin N. Astron. Astrophys.*, 25, 105, 1973.
15. Епрмяян Р. А. *Сообщ. Бюраканской обс.*, 48, 154, 1976.

О. В. ОГАНЕСЯН

СПЕКТРАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЕЗД ПО ИХ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ СПЕКТРОГРАММАМ

1. Введение

Возможности современных методов спектральной классификации звезд по их щелевым спектрограммам средней дисперсии ограничиваются объектами до 12—13-ой звездной величины. Вместе с тем спектральная классификация звезд по их щелевым спектрограммам имеет фундаментальное значение в установлении точных стандартов по всему небу.

Однако в связи со все растущей потребностью охватить спектральной классификацией более слабые звезды стали появляться новые и новые методы, в том числе и чисто фотометрические. Одним из таких методов является многоцветовая фотометрия звезд, разработанная сотрудниками Вильнюсской обсерватории [1], позволяющая осуществить трехмерную классификацию звезд во всем интервале спектральных классов, независимо от величины межзвездного покраснения. В последнем варианте этой системы функционировало восемь фотометрических каналов, разделенных друг от друга широкополосными и интерференционными фильтрами. Выбор этих фильтров сделан с учетом специфических особенностей распределения энергии в спектрах звезд разных классов. Система одинаково пригодна как для фотоэлектрических, так и для фотографических приемников излучения. Светофильтры обозначены буквами U, P, X, Y, Z, V, T и S, которым соответствуют 3450, 3740, 4050, 4660, 5160, 5440, 6250 и 6550 Å эффективные длины волн. Классификация звезд осуществляется путем комбинаций с трехцветовыми значениями. Показатели цветов нормализованы из условия:

$$U - P = P - X = X - Y = Y - Z = Z - V = V - S = 0$$

для непокрашенных звезд класса O, вследствие чего почти все звезды имеют положительные цвета.

В настоящее время описанным способом с помощью 70 см рефлектора классифицированы звезды в некоторых областях неба до 13-ой звездной величины. Намечается в дальнейшем довести этот предел до 15-ой величины с помощью 160 см рефлектора [2]. Несмотря на хорошую точность в полученных результатах, применение самого метода довольно сложно как по части ведения наблюдений, так и их обработки.

Другой метод классификации слабых звезд основан на применении объективных призм низкой дисперсии. Подробно этот метод был разрабо-

тан Е. К. Харадзе и Р. А. Бартая еще в 1960 г. [3], в результате чего появилась известная ныне Абастуманская система классификации звезд. Разновидностью Абастуманской системы является метод, в котором в ущерб точности, а именно, применением объективных призм с еще меньшей дисперсией и экспонированием спектрограмм звезд без расширения, достигается $B=15^m$ для классифицированных звезд [4].

Точность спектральной классификации в описанных методах составляет 1—2 подкласса, а то и больше.

2. Метод спектральной классификации звезд по их ультрафиолетовым спектрограммам

Ультрафиолетовая астрономия открыла принципиально новые возможности для спектральной классификации звезд. Одна из них связана с использованием только непрерывных спектрограмм звезд в ультрафиолете в качестве индикаторов для их спектральной классификации без привлечения спектральных линий.

Располагая ультрафиолетовыми спектрограммами, на которых непрерывный спектр может простираться, в зависимости от спектрального класса звезды, до 2000 \AA , можно классифицировать любую звезду по длине самой спектрограммы, ибо в этом диапазоне характер непрерывного спектра, оказываясь, сильно зависит от эффективной температуры или спектрального класса звезды. Этот метод может оказаться особо эффективным в случае применения массовых способов получения коротковолновых спектрограмм — широкоугольных телескопов с объективными призмами. Впервые возможность применения этой идеи к спектральной классификации, основанной на снимках в далеком ультрафиолете, указана Г. А. Гурзядяном [5]. В его работе иллюстративно показаны и изложены основные принципы этой классификации, построенные на наблюдательном материале космической обсерватории «Орион-2».

Точность, вернее, «разрешающая сила» в случае метода классификации звезд по их коротковолновым спектрограммам зависит от полной длины — в заданном интервале длин волн — самой спектрограммы, то есть от линейной дисперсии, а также, в какой-то мере, от чистоты фона фотопленки или фотопластинки.

На рис. 1 и 2 приведены, в качестве иллюстрации, фотоснимки полученных «Орионом-2» спектрограмм звезд неизвестных спектральных классов с почти одинаковыми звездными величинами, которые классифицированы нами указанным методом. На этих рисунках отчетливо видна зависимость длины спектрограммы от спектрального класса звезды.

На рис. 3 приведен другой пример — снимки коротковолновых спектрограмм звезд классов F0—F2, но разных звездных величин: здесь, кроме первой звезды, спектральная классификация остальных звезд была осуществлена нами тем же методом (на этих снимках видна сильная линия 2800 MgII , являющаяся характерной особенностью звезд класса F).

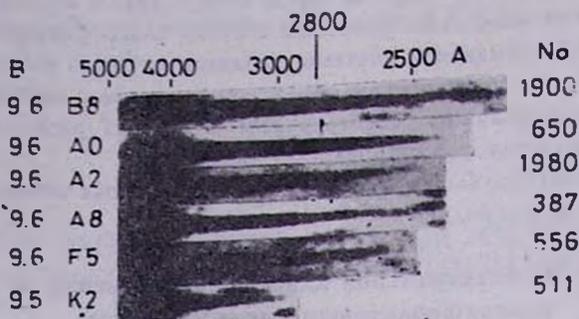


Рис. 1. Монтаж из шести спектрограмм, принадлежащих звездам почти одного и того же блеска в В лучах ($9^m5 \div 9^m6$) классифицированным по методу их ультрафиолетовых спектров. Спектрограммы получены с помощью «Орпона-2», эксп. 18 мин (кадр F21).

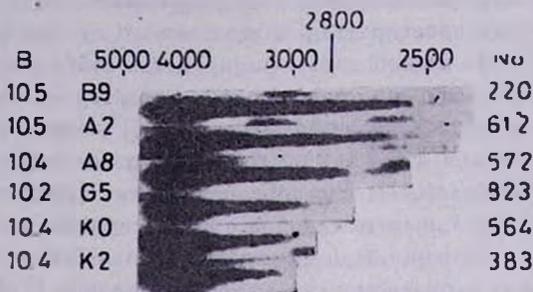


Рис. 2. То же самое, что и на рис. 1, но звезды взяты $10^m2 - 10^m5$ в В лучах (кадр F21).

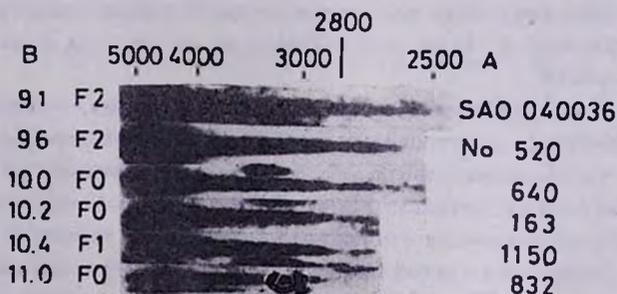


Рис. 3. Фотоснимки спектрограмм звезд класса F0—F2 разных блесков (кадр F21). Кроме SAO 040036, остальные звезды классифицированы впервые.

На приведенных рисунках все спектрограммы в области от 5000 Å до 3000 Å имеют почти одинаковый вид. Но в области длин волн короче 3000 Å выявляется новое их свойство — сильная зависимость длины волны от спектрального класса звезды.

Зависимость длины спектрограммы от спектрального класса звезды настолько очевидна, что после некоторой тренировки практическое осуществление самой классификации становится возможным даже путем глазомерных оценок.

В нашем случае, однако, спектральная классификация звезд была осуществлена не сравнением изображений спектрограмм двух разных звезд, одна из которых — стандартная, а сравнением их микрофотометрических (денситометрических) записей, без перехода к шкале интенсивностей. При этом мы стремились предельно сгруппировать звезды с одинаковыми звездными величинами.

В случае классификации слабых звезд, слабее 10^m , в качестве звезд сравнения можно использовать спектрограммы известных звезд в той же области неба, но полученные с более короткими экспозициями. Если при этих сравнениях две микрофотометрические записи, принадлежащие звездам разного блеска и полученные с разными экспозициями, окажутся совпадающими друг с другом, то эти звезды должны принадлежать одному и тому же спектральному классу. С целью устранения «эффекта поля» мы старались выбирать обе эти звезды так, чтобы они были по возможности ближе расположены друг к другу.

3. Наблюдения

В декабре 1973 г. с помощью космической обсерватории «Орион-2», установленной на космическом корабле «Союз-13», были получены ультрафиолетовые спектрограммы большого количества звезд в диапазоне длин волн 2000—5000 Å . Был использован широкоугольный менисковый телескоп системы Кассегрена с 4-градусной объективной призмой. Входное отверстие телескопа было 240 мм, а поле зрения — 5.1 градуса. Более подробные данные об «Орионе-2» приведены в [6, 7].

Фотографирование спектрограмм было осуществлено на фотопленке Кодак 103-О-UV шириною 100 мм, сенсibilизированной составом А-3177. По данным предзапусковых и послезапусковых исследований, фотографическая плотность вуали осталась почти неизменной.

Качество полученных изображений спектров оказалось разным на разных витках орбиты. В числе наиболее удачных снимков оказалась область неба вокруг Капеллы (α Aur), где количество полученных спектрограмм, пригодных для обработки, превышает две тысячи. Часть пригодных для обработки спектрограмм, вошедших в нашу программу классификации звезд, была получена для областей неба вокруг β Aur и γ Cas. Данные наблюдений, приведенные в виде фотоснимков, обработанные и использованные в нашей работе, сведены в табл. 1. Факсимиле микрофотометриче-

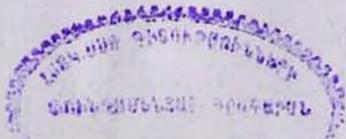


Таблица 1

Данные об использованном наблюдательном материале
(«Орион-2»)

| Область неба | № кадра | Экспозиция, мин | Количество полученных спектрограмм | $m_{\text{рк}}$ (предельная) |
|--------------|---------|-----------------|------------------------------------|------------------------------|
| β Aur | 13 | 15.3 | 250 | $10^{m5} - 11^{m0}$ |
| | 16 | 1.0 | 25 | 7^{m5} |
| γ Cas | 17 | 17.0 | 200 | 10^{m5} |
| | 18 | 2.5 | 50 | 8^{m0} |
| | 19 | 0.25 | 25 | 7^{m5} |
| α Aur | 20 | 1.5 | 300 | 9^{m5} |
| | 21 | 18.4 | 2000 | 13^{m0} |

ских записей трех спектрограмм, полученных с разными экспозициями для одной звезды класса G5 (SAO 040158 — область вокруг Капеллы), показано на рис. 4.

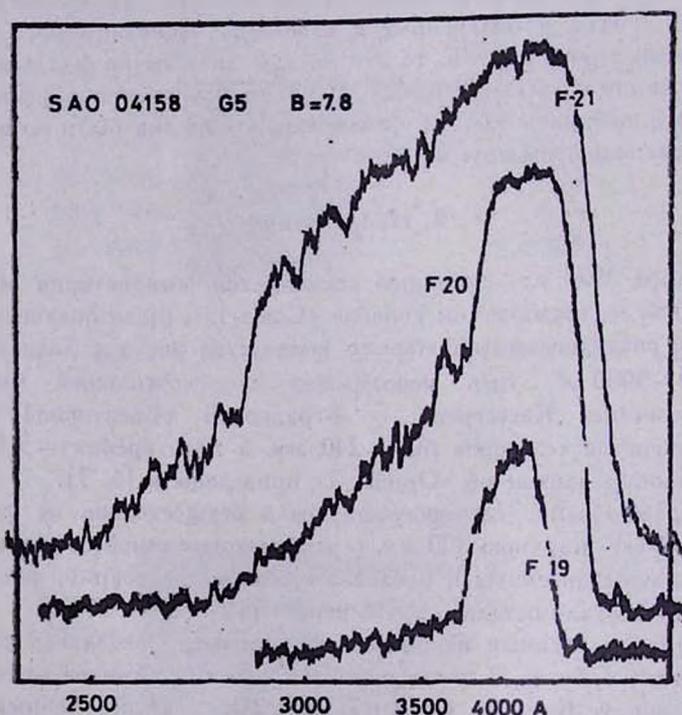


Рис. 4. Микрофотометрические записи трех спектрограмм звезды SAO 040158, взятых из кадров F19, F20 и F21.

Основная доля обработанного нами наблюдательного материала приходится на кадр F21 (область Капеллы). К тому же на нем зафиксировано

большинство из классифицированных нами звезд слабее 10^m и до 13^m (в Rg лучах). Поэтому на этот участок неба было обращено особое внимание.

4. Классификация звезд по спектрограммам „Орiona-2“

Практическое применение метода спектральной классификации звезд по их коротковолновым спектрограммам, как было отмечено выше, основано на сравнении микрофотометрических записей спектров звезд неизвестных классов с такими же записями, полученными в тех же условиях для звезд с известными классами. Микрофотометрические записи спектрограмм нами были получены с помощью самопишущего микрофотометра ИФО-451 с разными — в зависимости от степени почернения — фотометрическими клинами. Во всех случаях микрофотометрирования ширина щели была взята немного больше обычной (порядка 1 мм), ибо нас интересовало не выявление каких-либо линий, а лишь общий вид непрерывного спектра. А на общий вид микрофотометрической записи, как показал специально поставленный для этой цели эксперимент (рис. 5), изменение ширины входной щели

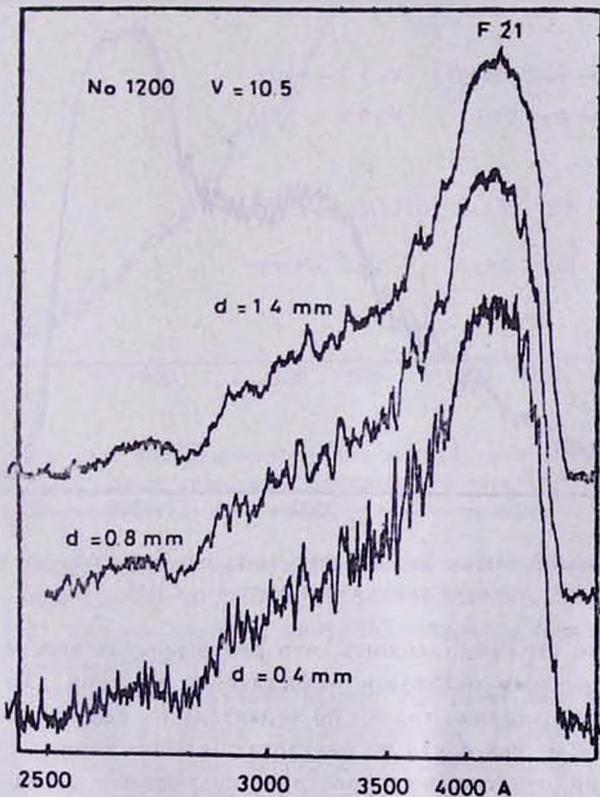


Рис. 5. Микрофотометрические записи одной спектрограммы звезды № 1200 по [8], полученной разными ширинами входной щели микрофотометра. Цифры на записях — ширина щели в миллиметрах.

микрофотометра не оставляет заметного влияния. Микрофотометрирование с широкой щелью, кроме всего прочего, позволяет провести регистрацию спектрограммы быстрее обычного — фактор, отнюдь немаловажный, если иметь в виду большое количество спектрограмм звезд, подлежащих классифицированию.

В области неба вокруг Капеллы площадью около 22 кв. градусов, оказалось сравнительно немного звезд с известными спектральными классами — около 80 по данным каталога SAO [9], причем все они ярче 10^m (звезда В цвете). Следует еще добавить, что в каталоге SAO отсутствуют классы светимостей звезд.

Отметим, что по распределению энергии в непрерывном спектре в ультрафиолете — короче 3000 \AA и до 2000 \AA — мы не сможем определить класс светимости звезды, то есть отличить карлик от гиганта одного и того же спектрального класса. Во всяком случае, пробные микрофотометрические записи спектров двух «орионовских» звезд класса A0, одна из которых — карлик, другая — гигант (судя по результатам нашей UVB фотометрии этих звезд), почти полностью совпали друг с другом (рис. 6).

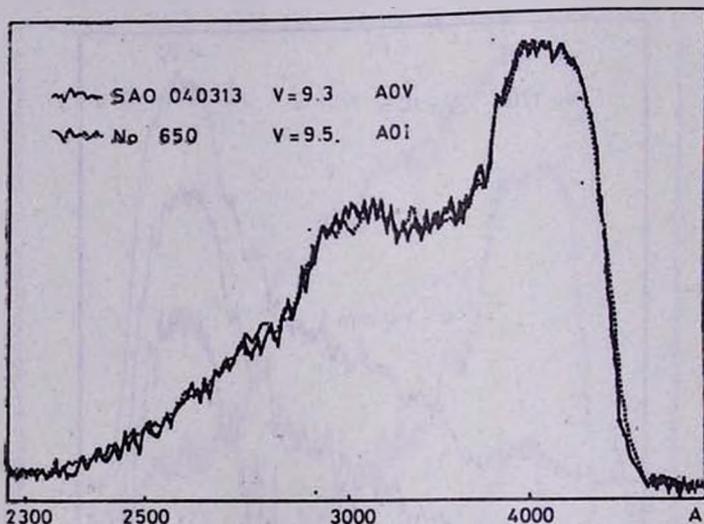


Рис. 6. Микрофотометрические записи двух звезд одного и того же типа—A0, но разных классов светимостей — с и d.

Можно было бы предположить, что разрешающая способность «орионовских» спектрограмм оказалась недостаточно высокой для того, чтобы отличить гигант от карлика только по характеру их непрерывных спектров. По-видимому, это не так. Судя по результатам более точных спектрометрических измерений непрерывных спектров, полученных с помощью космической обсерватории S2/68, установленной на Европейском спутнике TD1 [10], характер непрерывных спектров звезд становится чувствительным к

их классам светимостей лишь в области длин волн короче 2000 \AA ; для этой области эффективная температура у гиганта чуть ниже эффективной температуры карлика. В области же от 3000 до 2000 \AA крутизна (градиент) непрерывных спектров практически не отличается при переходе от карлика к гиганту того же спектрального класса. Следует полагать, поэтому, что эффективная температура звезды в обоих случаях и в указанном диапазоне длин волн должна быть почти одинаковой. Мало вероятно, поэтому, чтобы дальнейшее повышение чувствительности спектрографов или спектрометров внесло существенные изменения в этот вывод и поэтому для определения класса светимости приходится привлекать другие средства наблюдений.

На рис. 7 показан пример спектральной классификации методом сопоставления микрофотометрической записи звезды неизвестного класса

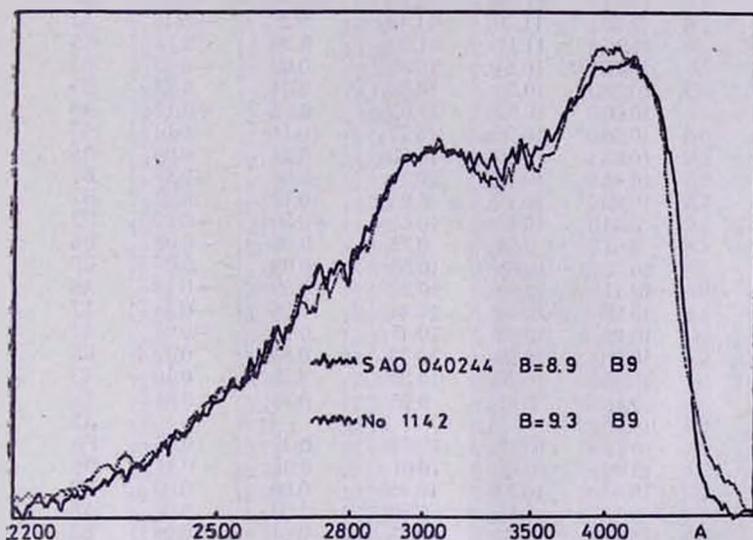


Рис. 7. Наложение двух микрофотометрических записей, одна из которых (сплошная линия) принадлежит звезде известного спектрального типа (SAO 040244), а вторая (пунктирная) — классифицированной впервые (№ 1142).

(пунктирная линия) с микрофотометрической записью звезды известного класса (сплошная линия), в данном случае класса B9. Эти записи получены с кадра F21, где обе звезды, почти одинакового блеска, расположены очень близко друг к другу.

Вся классификация в области вокруг Капеллы для звезд почти всех классов сделана путем таких сопоставлений. Исключение составляют звезды класса M. Только одна звезда в области Капеллы оказалась класса M, но ее спектрограмма, к сожалению, затерялась в сильном ореоле самой Капеллы. Поэтому отыскать спектр сравнения звезды типа M пришлось в другой — соседней области неба (таковой оказалась звезда SAO 040721).

Общее число классифицированных нами звезд составляет 1900; их список представлен в табл. 2.

Таблица 2

Спектральные и колориметрические данные звезд области вокруг Капеллы

| № [8] | SAO | V | B | U | B-V | U-B | Sp | Пр. |
|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | | 12.45 | 12.60 | 12.26 | +0.15 | -0.34 | ? | |
| 2 | | 10.90 | 11.03 | 11.01 | 0.13 | 0.02 | B9 | |
| 3 | | 10.75 | 11.00 | 11.08 | 0.25 | +0.08 | A3 | |
| 4 | | 10.92 | 11.07 | 10.95 | 0.15 | -0.12 | A0 | |
| 5 | | 10.22 | | | | | A2 | 1 |
| 6 | | 11.29 | 11.28 | 11.00 | -0.01 | 0.28 | B8 | |
| 7 | | 11.45 | 11.59 | 11.41 | +0.14 | 0.18 | B9 | |
| 8 | | 11.03 | 11.30 | 11.45 | 0.27 | +0.15 | A1 | |
| 9 | | 11.17 | 11.47 | 11.60 | 0.30 | 0.13 | A5 | |
| 10 | | 10.75 | 10.84 | 10.39 | 0.09 | -0.45 | B3 | |
| 11 | | 10.72 | 10.76 | 10.38 | 0.04 | 0.38 | B5 | |
| 12 | | 10.70 | 10.92 | 11.03 | 0.22 | +0.11 | A6 | |
| 13 | | 10.58 | 10.76 | 10.77 | 0.18 | 0.01 | A7 | |
| 14 | | 10.63 | 10.90 | 10.95 | 0.27 | 0.05 | A8 | |
| 15 | | 10.48 | 10.47 | 10.30 | -0.01 | -0.17 | B8 | |
| 16 | | 10.30 | 10.19 | 9.95 | 0.11 | 0.24 | B7 | |
| 17 | | 9.94 | 10.44 | 10.63 | +0.50 | +0.19 | F2 | |
| 18 | | 9.81 | 9.84 | 9.75 | 0.03 | -0.09 | B8 | |
| 19 | | 10.53 | 10.61 | 10.56 | 0.08 | 0.05 | B9 | |
| 20 | | 10.11 | 10.40 | 10.53 | 0.29 | +0.13 | A8 | |
| 21 | | 10.20 | 10.48 | 10.44 | 0.28 | -0.04 | A7 | |
| 22 | | 10.23 | 10.46 | 10.47 | 0.23 | +0.01 | A7 | |
| 23 | | 10.06 | 10.60 | 10.73 | 0.54 | 0.13 | F8 | |
| 24 | | 10.03 | 10.26 | 10.36 | 0.23 | 0.10 | A3 | |
| 25 | | 9.48 | 9.81 | 9.85 | 0.33 | 0.04 | A9 | |
| 26 | | 11.06 | | | | | A2 | 1 |
| 27 | | 10.12 | 10.47 | 10.52 | 0.35 | 0.05 | F0 | 2 |
| 28 | | 10.80 | 10.82 | 10.61 | 0.02 | -0.21 | B8 | 2 |
| 29 | | 10.47 | 10.53 | 10.45 | 0.06 | 0.08 | B9 | |
| 30 | | 9.57 | 9.86 | 9.82 | 0.29 | 0.04 | A8 | |
| 31 | | 11.03 | 11.02 | 10.78 | -0.01 | 0.24 | B5 | |
| 32 | | 11.74 | 11.88 | 11.74 | +0.14 | 0.14 | A0 | |
| 33 | | 11.78 | | | | | A2 | 1 |
| 34 | | 11.00 | | | | | B9 | 1 |
| 35 | | 12.63 | | | | | A5 | 1 |
| 36 | | 11.90 | 12.04 | 11.77 | +0.14 | -0.27 | A3 | |
| 37 | | 10.94 | 11.33 | 11.59 | 0.39 | +0.26 | F2 | |
| 38 | | 11.03 | 11.55 | 11.71 | 0.52 | 0.16 | F7 | |
| 39 | | 12.07 | 13.07 | 13.45 | 1.00 | 0.38 | K0 | |
| 40 | | 11.13 | 11.30 | 11.21 | 0.17 | -0.09 | B9 | |
| 41 | | 10.91 | 11.14 | 11.23 | 0.23 | +0.09 | A5 | |
| 42 | | 10.23 | 10.75 | 10.92 | 0.52 | 0.17 | F5 | |
| 43 | | 9.70 | 9.82 | 9.80 | 0.12 | -0.02 | B9 | |
| 44 | | 9.69 | 10.85 | 11.77 | 1.16 | +0.92 | K5 | |
| 45 | | 12.79 | 13.05 | 13.27 | 0.26 | 0.22 | — | |
| 46 | | 12.34 | 13.09 | 13.73 | 0.75 | 0.64 | G0 | |
| 47 | | 12.73 | 13.31 | 13.60 | 0.58 | 0.29 | — | |
| 48 | | 12.15 | 12.59 | 12.98 | 0.44 | 0.39 | F5 | |
| 49 | | 12.48 | 13.02 | 13.42 | 0.54 | 0.40 | F8 | |
| 50 | | 11.16 | 11.26 | 10.83 | 0.10 | -0.43 | B5 | |
| 51 | | 10.62 | 10.63 | 10.52 | 0.01 | 0.11 | B8 | |
| 52 | | 10.96 | 11.22 | 11.23 | 0.26 | +0.01 | A3 | |
| 53 | 040129 | 9.09 | 9.15 | 9.02 | 0.06 | -0.13 | B7 | 3 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| 54 | 040130 | 9.95 | 9.91 | 9.69 | -0.04 | -0.22 | B8 | |
| 55 | | 9.70 | 9.67 | 9.58 | 0.03 | 0.09 | B9 | |
| 56 | | 9.93 | 9.94 | 9.71 | +0.01 | 0.23 | B8 | |
| 57 | | 10.47 | 10.49 | 10.25 | 0.02 | 0.24 | B7 | |
| 58 | | 11.01 | 11.21 | 11.32 | 0.20 | +0.11 | A2 | |
| 59 | | 10.47 | 10.53 | 10.29 | 0.06 | -0.24 | B9 | |
| 60 | | 10.96 | 11.15 | 11.37 | 0.19 | +0.22 | A3 | |
| 61 | | 10.75 | 11.06 | 11.24 | 0.31 | 0.18 | A5 | |
| 62 | 040151 | 9.86 | 10.16 | 10.35 | 0.30 | 0.19 | A2 | 4 |
| 63 | 040153 | 9.59 | 9.60 | 9.31 | 0.01 | -0.29 | B8 | |
| 64 | | 9.35 | 9.71 | 9.78 | 0.36 | +0.07 | A8 | |
| 65 | | 10.36 | 10.35 | 10.30 | -0.01 | -0.05 | A0 | |
| 66 | | 10.38 | 10.90 | 11.44 | +0.52 | +0.54 | F7 | |
| 67 | | 12.48 | 12.97 | 13.13 | 0.49 | 0.16 | — | |
| 68 | | 11.37 | 12.57 | 13.17 | 1.20 | 0.60 | K0 | |
| 69 | | 11.82 | 12.88 | 14.06 | 1.06 | 1.18 | K2 | |
| 70 | | 12.36 | 12.84 | 13.25 | 0.48 | 0.41 | — | |
| 71 | | 11.93 | 12.16 | 12.35 | 0.23 | 0.19 | A5 | |
| 72 | | 11.87 | 12.59 | 13.16 | 0.72 | 0.57 | G0 | |
| 73 | | 12.37 | 13.01 | 13.36 | 0.64 | 0.35 | — | |
| 74 | | 12.40 | 13.26 | 13.66 | 0.85 | 0.40 | K0 | |
| 75 | | 10.93 | 12.08 | 13.50 | 1.15 | 1.42 | K5 | |
| 76 | | 11.60 | 12.22 | 12.73 | 0.62 | 0.51 | G0 | |
| 77 | | 12.65 | 12.98 | 13.26 | 0.33 | 0.28 | A7 | |
| 78 | | 12.55 | 12.95 | 13.29 | 0.40 | 0.34 | A8 | |
| 79 | | 12.31 | 12.77 | 12.91 | 0.46 | 0.14 | F5 | |
| 80 | | 12.47 | 13.03 | 13.32 | 0.56 | 0.29 | F7 | |
| 81 | | 12.51 | 12.81 | 12.92 | 0.30 | 0.11 | A8 | |
| 82 | | 12.94 | 13.36 | 13.55 | 0.42 | 0.19 | A8 | |
| 83 | | 12.41 | 13.20 | 13.41 | 0.79 | 0.21 | G3 | |
| 84 | | 10.78 | 12.02 | 13.11 | 1.24 | 1.09 | K5 | |
| 85 | | 12.66 | 13.15 | 13.30 | 0.49 | 0.15 | — | |
| 86 | | 12.63 | 13.17 | 13.31 | 0.54 | 0.14 | — | |
| 87 | | 12.51 | 12.96 | 13.13 | 0.45 | 0.17 | F3 | |
| 88 | | 12.70 | 13.15 | 13.18 | 0.45 | 0.13 | A9 | |
| 89 | | 12.25 | 12.78 | 12.99 | 0.53 | 0.21 | — | |
| 90 | | 12.33 | 12.96 | 13.18 | 0.63 | 0.22 | G0 | |
| 91 | | 11.61 | 12.10 | 12.35 | 0.49 | 0.25 | F2 | |
| 92 | | 11.76 | 12.38 | 12.56 | 0.62 | 0.18 | G0 | |
| 93 | | 12.28 | 13.23 | 14.04 | 0.95 | 0.81 | K0 | |
| 94 | | 12.55 | 13.04 | 13.26 | 0.49 | 0.22 | F3 | |
| 95 | | 11.21 | 12.36 | 13.73 | 1.15 | 1.37 | K2 | |
| 96 | | 12.82 | 13.32 | 14.06 | 0.50 | 0.74 | — | |
| 97 | | 12.92 | 13.33 | 13.85 | 0.41 | 0.52 | — | |
| 98 | | 12.63 | 13.54 | 13.78 | 0.91 | 0.24 | K0 | |
| 99 | | 12.34 | 13.07 | 13.27 | 0.73 | 0.20 | G5 | |
| 100 | | 9.26 | | | | | A0 | 1 |
| 101 | | 11.15 | | | | | B9 | 1 |
| 102 | | 9.82 | | | | | B9 | 1 |
| 103 | 040359 | 9.93 | | | | | F0 | 1 |
| 104 | | 9.91 | | | | | A3 | 1 |
| 105 | | 11.65 | | | | | F5 | 1 |
| 106 | | 10.88 | | | | | A2 | 1 |
| 107 | | 12.48 | | | | | A7 | 1 |
| 108 | | 12.90 | | | | | G5 | 1 |
| 109 | | 11.30 | | | | | A8 | 1 |
| 110 | | 13.04 | | | | | K0 | 1 |
| 111 | | 13.33 | | | | | F3 | 1 |
| 112 | | 13.01 | | | | | F8 | 1 |
| 113 | | 12.72 | | | | | K2 | 1 |
| 114 | | 12.25 | | | | | A7 | 1 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 115 | | 12.94 | | | | | K0 | 1 |
| 116 | | 12.29 | | | | | A8 | 1 |
| 117 | | 11.80 | | | | | A7 | 1,3 |
| 118 | | 12.69 | | | | | A2 | 1 |
| 119 | | 12.73 | | | | | G5 | 1 |
| 120 | | 12.98 | | | | | A5 | 1 |
| 121 | | 12.73 | | | | | G8 | 1 |
| 122 | | 12.59 | | | | | K2 | 1 |
| 123 | | 13.00 | | | | | K8 | 1 |
| 124 | | 13.44 | | | | | K8 | 1 |
| 125 | | 13.62 | | | | | G7 | 1 |
| 126 | | 10.33 | 11.74 | 12.71 | +1.41 | +0.97 | K5 | 3 |
| 127 | | 11.66 | 12.71 | 13.60 | 1.05 | 0.89 | K0 | |
| 128 | | 12.20 | 12.41 | 12.64 | 0.21 | 0.23 | A3 | |
| 129 | | 11.42 | 12.99 | 14.83 | 1.57 | 1.84 | M0 | |
| 130 | | 11.17 | | | | | F8 | 1 |
| 131 | | 13.25 | | | | | K7 | 1 |
| 132 | | 10.77 | 11.12 | 11.22 | 0.35 | 0.10 | F0 | |
| 133 | | 12.55 | 13.07 | 13.27 | 0.52 | 0.20 | F5 | |
| 134 | 040352 | 8.36 | 9.19 | 9.75 | 0.83 | 0.56 | K0 | 4 |
| 135 | | 9.61 | 9.84 | 9.97 | 0.23 | 0.13 | A3 | |
| 136 | | 12.34 | 12.77 | 13.20 | 0.43 | 0.43 | A9 | |
| 137 | | 11.79 | 12.11 | 12.27 | 0.32 | 0.16 | A9 | |
| 138 | | 11.26 | 11.31 | 11.53 | 0.05 | 0.22 | B9 | 2 |
| 139 | | 13.43 | | | | | — | 1 |
| 140 | | 13.72 | | | | | G0 | 1 |
| 141 | | 11.48 | | | | | K3 | 1 |
| 142 | | 11.12 | | | | | F3 | 1 |
| 143 | | 13.08 | | | | | K8 | 1 |
| 144 | | 13.37 | | | | | — | 1 |
| 145 | | 12.32 | | | | | A8 | 1 |
| 146 | | 10.49 | | | | | A2 | 1 |
| 147 | | 12.50 | | | | | — | 1 |
| 148 | | 12.84 | | | | | A3 | 1 |
| 149 | | 12.58 | | | | | A2 | 1 |
| 150 | | 11.50 | | | | | A0 | 1 |
| 151 | | 13.36 | | | | | K5 | 1 |
| 152 | | 12.65 | | | | | A5 | 1 |
| 153 | | 13.52 | | | | | B9 | 1 |
| 154 | | 12.70 | | | | | K0 | 1 |
| 155 | | 13.23 | | | | | A3 | 1 |
| 156 | | 12.49 | | | | | K7 | 1 |
| 157 | | 12.93 | | | | | G0 | 1 |
| 158 | | 13.47 | 13.75 | 14.07 | 0.28 | 0.32 | A8 | 2 |
| 159 | | 12.82 | 13.24 | 13.37 | 0.42 | 0.13 | — | |
| 160 | | 11.57 | 11.91 | 12.13 | 0.34 | 0.22 | A8 | |
| 161 | | 12.16 | 12.66 | 12.79 | 0.50 | 0.13 | F5 | |
| 162 | | 12.72 | 12.89 | 13.09 | 0.17 | 0.20 | A5 | |
| 163 | | 9.86 | 10.22 | 10.33 | 0.36 | 0.11 | F0 | |
| 164 | | 12.54 | 12.94 | 13.38 | 0.40 | 0.44 | F2 | |
| 165 | | 11.93 | 12.29 | 12.53 | 0.36 | 0.24 | A8 | |
| 166 | | 11.97 | 13.11 | 14.01 | 1.14 | 0.90 | K3 | |
| 167 | | 12.21 | 12.96 | 13.34 | 0.75 | 0.38 | G5 | |
| 168 | | 12.93 | 13.48 | 13.68 | 0.55 | 0.20 | — | |
| 169 | | 12.60 | 13.33 | 13.66 | 0.73 | 0.33 | G0 | |
| 170 | | 12.96 | 13.57 | 14.51 | 0.61 | 0.94 | — | |
| 171 | | 13.25 | 13.46 | 13.96 | 0.21 | 0.50 | — | 2 |
| 172 | | 12.68 | 12.98 | 13.48 | 0.30 | 0.50 | — | 2 |
| 173 | | 9.36 | 10.27 | 11.04 | 0.91 | 0.77 | A8 | 2 |
| 174 | | 13.40 | 13.63 | 13.73 | 0.23 | 0.10 | G3 | |
| 175 | | 13.09 | 13.41 | 13.87 | 0.32 | 0.46 | — | 2 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 176 | | 13.26 | | | | | — | 1 |
| 177 | | 11.59 | 11.98 | 12.21 | +0.39 | +0.21 | A8 | |
| 178 | | 12.55 | 13.62 | 14.50 | 1.07 | 0.88 | K3 | |
| 179 | | 12.45 | 13.00 | 13.35 | 0.55 | 0.35 | F7 | |
| 180 | | 13.62 | | | | | K7 | 1 |
| 181 | | 12.63 | | | | | G2 | 1 |
| 182 | | 12.27 | | | | | A8 | 1 |
| 183 | | 12.23 | | | | | A9 | 1 |
| 184 | | 11.67 | | | | | A2 | 1 |
| 185 | 040371 | 9.36 | | | | | K0 | 1,4 |
| 186 | | 12.17 | | | | | A8 | 1 |
| 187 | | 13.12 | | | | | — | 1 |
| 188 | | 12.25 | | | | | K7 | 1 |
| 189 | | 12.68 | | | | | F2 | 1 |
| 190 | | 11.94 | | | | | B9 | 1 |
| 191 | | 12.29 | | | | | G5 | 1 |
| 192 | | 11.95 | | | | | G0 | 1 |
| 193 | | 10.88 | 11.20 | 11.28 | 0.32 | 0.08 | A8 | |
| 194 | | 12.22 | 12.62 | 12.79 | 0.40 | 0.17 | A8 | |
| 195 | | 12.03 | 12.27 | 12.38 | 0.24 | 0.11 | A7 | |
| 196 | | 12.17 | 12.71 | 12.91 | 0.54 | 0.20 | F7 | |
| 197 | | 12.55 | 13.09 | 13.52 | 0.54 | 0.43 | — | |
| 198 | | 11.69 | 13.04 | 14.44 | 1.35 | 1.40 | K7 | |
| 199 | | 11.74 | 11.89 | 13.11 | 0.15 | 0.22 | A3 | |
| 200 | | 12.09 | 12.50 | 12.84 | 0.41 | 0.34 | A8 | |
| 201 | 040322 | 9.17 | 10.21 | 11.33 | 1.04 | 1.12 | K0 | |
| 202 | | 11.53 | 11.90 | 12.44 | 0.37 | 0.54 | A9 | |
| 203 | | 11.70 | 12.35 | 12.52 | 0.65 | 0.17 | G2 | |
| 204 | | 11.04 | 12.61 | 13.90 | 1.57 | 1.29 | K8 | |
| 205 | | 10.71 | 12.85 | 14.40 | 2.14 | 1.55 | — | |
| 206 | | 12.34 | 12.86 | 13.15 | 0.52 | 0.29 | F7 | |
| 207 | | 13.02 | 13.84 | 14.01 | 0.82 | 0.17 | — | |
| 208 | | 12.44 | 13.55 | 14.58 | 1.11 | 1.03 | K0 | |
| 209 | | 11.36 | 12.74 | 13.79 | 1.38 | 1.05 | K5 | |
| 210 | | 11.89 | 12.50 | 12.71 | 0.61 | 0.21 | G0 | |
| 211 | | 12.35 | 12.80 | 13.31 | 0.45 | 0.51 | F5 | |
| 212 | | 10.84 | 12.23 | 13.15 | 1.39 | 0.92 | K7 | |
| 213 | | 13.06 | | | | | A9 | 1 |
| 214 | | 11.61 | | | | | A7 | 1 |
| 215 | | 12.97 | | | | | G3 | 1 |
| 216 | | 12.92 | | | | | G2 | 1 |
| 217 | | 12.02 | | | | | K0 | 1 |
| 218 | | 13.63 | | | | | K5 | 1 |
| 219 | | 13.18 | | | | | — | 1 |
| 220 | | 10.53 | 10.46 | 10.22 | -0.07 | -0.24 | B9 | 1 |
| 221 | | 12.74 | 13.13 | 13.24 | +0.49 | +0.11 | F3 | |
| 222 | | 10.24 | 11.57 | 12.55 | 1.33 | 0.98 | K5 | |
| 223 | | 12.48 | 13.43 | 13.97 | 0.95 | 0.54 | K0 | |
| 224 | | 11.57 | 11.74 | 11.73 | 0.17 | 0.01 | A2 | |
| 225 | | 11.49 | 12.27 | 12.46 | 0.78 | 0.19 | G8 | |
| 226 | | 12.46 | 12.89 | 13.30 | 0.43 | 0.41 | F3 | |
| 227 | | 12.46 | 13.08 | 13.57 | 0.62 | 0.49 | — | |
| 228 | | 12.99 | 13.51 | 14.15 | 0.52 | 0.64 | — | |
| 229 | | 12.17 | 13.49 | 14.93 | 1.32 | 1.44 | K7 | |
| 230 | | 12.68 | 13.26 | 13.40 | 0.58 | 0.14 | — | |
| 231 | | 10.78 | 11.99 | 13.02 | 1.21 | 1.03 | K3 | |
| 232 | | 11.92 | 12.28 | 12.68 | 0.36 | 0.40 | F0 | |
| 233 | | 12.03 | 12.27 | 12.68 | 0.24 | 0.41 | A7 | |
| 234 | | 12.57 | 13.35 | 14.21 | 0.78 | 0.86 | G8 | |
| 235 | 040320 | 8.40 | 8.45 | 8.41 | 0.05 | -0.04 | A0 | 4 |
| 236 | | 11.72 | 11.92 | 12.22 | 0.20 | +0.30 | A7 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| | | | | | | | G5 | |
| 237 | | 12.43 | 13.07 | 13.78 | +0.64 | +0.71 | A5 | |
| 238 | | 12.01 | 12.14 | 12.21 | 0.13 | 0.07 | K5 | |
| 239 | | 11.26 | 12.52 | 13.34 | 1.26 | 0.82 | K3 | |
| 240 | | 10.37 | 11.48 | 12.77 | 1.11 | 1.29 | F3 | |
| 241 | | 11.04 | 11.55 | 11.70 | 0.51 | 0.15 | A3 | |
| 242 | 040334 | 9.21 | 9.34 | 9.43 | 0.13 | 0.09 | — | |
| 243 | | 13.26 | 13.72 | 13.93 | 0.46 | 0.21 | A5 | 1,3 |
| 244 | | 11.82 | | | | | B8 | 1 |
| 245 | | 9.46 | | | | | G0 | 1 |
| 246 | | 12.34 | | | | | F8 | |
| 247 | | 12.55 | 13.11 | 13.29 | 0.56 | 0.18 | K2 | |
| 248 | | 11.54 | 12.59 | 13.36 | 1.05 | 0.77 | A8 | |
| 249 | | 12.13 | 12.45 | 12.73 | 0.32 | 0.28 | F2 | |
| 250 | | 11.30 | 11.93 | 12.13 | 0.63 | 0.20 | A7 | |
| 251 | | 11.81 | 12.09 | 12.44 | 0.28 | 0.35 | K8 | |
| 252 | | 10.67 | 12.14 | 13.37 | 1.47 | 1.23 | F5 | |
| 253 | | 12.13 | 12.59 | 12.74 | 0.46 | 0.15 | A8 | |
| 254 | | 11.16 | 11.46 | 11.68 | 0.30 | 0.22 | A9 | |
| 255 | | 12.63 | 13.01 | 13.17 | 0.38 | 0.16 | A8 | |
| 256 | | 12.02 | 12.32 | 12.78 | 0.30 | 0.46 | F0 | |
| 257 | | 11.69 | 12.05 | 12.49 | 0.36 | 0.44 | F7 | |
| 258 | | 11.63 | 12.22 | 12.63 | 0.59 | 0.41 | F8 | |
| 259 | | 11.56 | 12.14 | 12.35 | 0.58 | 0.21 | K8 | |
| 260 | | 11.04 | 12.63 | 13.66 | 1.59 | 1.03 | A2 | 1 |
| 261 | | 12.05 | | | | | A8 | 1,2 |
| 262 | | 12.10 | | | | | K5 | 1,2 |
| 263 | | 12.20 | | | | | F3 | 1,2 |
| 264 | | 12.40 | | | | | G0 | 1 |
| 265 | | 13.04 | | | | | K8 | 1 |
| 266 | | 12.97 | | | | | K3 | 1 |
| 267 | | 13.06 | | | | | A8 | 1,2 |
| 268 | | 11.50 | | | | | A7 | 1 |
| 269 | | 12.29 | | | | | A3 | 1 |
| 270 | | 13.12 | | | | | F2 | 1 |
| 271 | | 12.26 | | | | | F3 | 1 |
| 272 | | 13.06 | | | | | K2 | 1 |
| 273 | | 13.18 | | | | | K0 | 1 |
| 274 | | 12.97 | | | | | — | 1,2 |
| 275 | | 13.00 | | | | | G2 | 1 |
| 276 | | 12.56 | | | | | K8 | 1 |
| 277 | | 13.18 | | | | | K5 | 1 |
| 278 | | 13.86 | | | | | A8 | 1 |
| 279 | | 12.43 | | | | | A7 | 1 |
| 280 | | 12.52 | | | | | F3 | 1 |
| 281 | | 12.67 | | | | | A5 | 1 |
| 282 | | 12.96 | | | | | K8 | 1 |
| 283 | | 12.96 | | | | | A8 | 1 |
| 284 | | 11.83 | | | | | — | 1 |
| 285 | | 12.92 | | | | | — | 1 |
| 286 | | 12.65 | 13.19 | 13.30 | 0.54 | 0.11 | — | 1 |
| 287 | | 12.37 | 12.92 | 13.26 | 0.55 | 0.34 | F7 | 1 |
| 288 | | 10.99 | 12.22 | 13.01 | 1.23 | 0.79 | K5 | 1 |
| 289 | | 11.62 | 12.71 | 13.50 | 1.09 | 0.79 | K0 | 1 |
| 290 | | 11.81 | 12.07 | 12.28 | 0.26 | 0.21 | A7 | 1 |
| 291 | | 9.89 | 11.90 | 14.21 | 2.01 | 2.31 | M5 | 1 |
| 292 | | 11.56 | 12.44 | 12.63 | 0.88 | 0.19 | G8 | 1 |
| 293 | | 13.44 | 13.75 | 14.09 | 0.31 | 0.34 | A9 | 1 |
| 294 | | 12.86 | 13.42 | 13.60 | 0.56 | 0.18 | — | 1 |
| 295 | | 12.22 | | | | | A8 | 1 |
| 296 | | 12.77 | 13.60 | 13.77 | 0.83 | 0.17 | G8 | 1 |
| 297 | | 12.80 | | | | | G7 | 1 |
| 298 | | 13.08 | | | | | G3 | 1 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|------|
| 299 | | 11.21 | | | | | G0 | 1 |
| 300 | 040370 | 9.01 | | | | | F5 | 1,4 |
| 301 | | 13.13 | | | | | K8 | 1 |
| 302 | | 13.17 | | | | | K3 | 1 |
| 303 | | 12.65 | | | | | A5 | 1 |
| 304 | | 12.04 | 12.79 | 13.13 | +0.75 | +0.34 | G5 | |
| 305 | | 12.04 | 13.10 | 13.89 | 1.66 | 0.79 | K3 | |
| 306 | | 11.96 | 12.55 | 12.74 | 0.59 | 0.19 | G0 | |
| 307 | | 11.75 | 12.44 | 12.63 | 0.69 | 0.19 | G0 | |
| 308 | | 12.13 | 13.12 | 13.80 | 0.99 | 0.68 | K2 | |
| 309 | | 13.04 | 13.27 | 13.35 | 0.23 | 0.08 | A2 | |
| 310 | | 11.94 | 12.75 | 13.53 | 0.81 | 0.78 | G8 | |
| 311 | | 12.44 | 12.90 | 13.08 | 0.46 | 0.18 | F5 | |
| 312 | | 11.62 | 12.65 | 13.59 | 1.03 | 0.94 | K3 | |
| 313 | | 12.66 | 13.16 | 13.95 | 0.50 | 0.79 | — | |
| 314 | | 11.96 | 12.24 | 12.44 | 0.28 | 0.20 | A8 | |
| 315 | | 12.06 | 12.09 | 11.98 | 0.03 | -0.11 | B9 | |
| 316 | | 12.96 | 13.29 | 13.40 | 0.33 | +0.11 | A7 | |
| 317 | | 12.71 | 13.18 | 13.31 | 0.47 | 0.13 | F3 | |
| 318 | | 12.91 | 13.18 | 13.42 | 0.27 | 0.24 | A9 | |
| 319 | | 13.07 | | | | | K5 | 1, 3 |
| 320 | 040351 | 9.99 | 10.43 | 10.54 | 0.44 | 0.11 | F0 | |
| 321 | | 10.63 | | | | | G8 | 1 |
| 322 | | 13.11 | | | | | G2 | 1 |
| 323 | | 12.88 | | | | | K8 | 1 |
| 324 | | 10.53 | 12.11 | 13.26 | 1.58 | 1.15 | K7 | |
| 325 | | 11.99 | 12.36 | 12.46 | 0.37 | 0.10 | F0 | |
| 326 | | 12.65 | 13.19 | 13.60 | 0.54 | 0.41 | — | |
| 327 | | 11.26 | 11.72 | 11.97 | 0.46 | 0.25 | F5 | |
| 328 | | 9.94 | 11.23 | 12.76 | 1.29 | 1.53 | K2 | |
| 329 | | 11.69 | 11.99 | 12.28 | 0.30 | 0.29 | A7 | |
| 330 | | 12.54 | 12.82 | 13.02 | 0.28 | 0.20 | A9 | |
| 331 | | 11.65 | 12.34 | 12.72 | 0.69 | 0.38 | G3 | |
| 332 | | 11.86 | 11.99 | 12.12 | 0.13 | 0.20 | A2 | |
| 333 | | 12.16 | 12.40 | 12.64 | 0.24 | 0.24 | A7 | |
| 334 | | 11.07 | 13.19 | 14.86 | 2.12 | 1.67 | M5 | |
| 335 | | 12.00 | 13.27 | 14.70 | 1.27 | 1.43 | K7 | |
| 336 | | 11.08 | 11.69 | 11.93 | 0.61 | 0.24 | F7 | |
| 337 | | 10.39 | 11.30 | 12.24 | 0.91 | 0.94 | G8 | |
| 338 | | 11.18 | 11.26 | 11.39 | 0.08 | 0.13 | B9 | |
| 339 | | 11.78 | 12.15 | 12.34 | 0.37 | 0.19 | A8 | |
| 340 | | 12.52 | 13.07 | 13.36 | 0.55 | 0.29 | — | |
| 341 | | 12.18 | 12.81 | 13.05 | 0.63 | 0.24 | G0 | |
| 342 | | 12.56 | | | | | F5 | 1 |
| 343 | | 12.74 | 13.43 | 13.52 | 0.69 | 0.09 | G3 | 2 |
| 344 | | 12.15 | 13.10 | 13.63 | 0.95 | 0.53 | K0 | 2 |
| 345 | | 10.05 | 11.72 | 14.02 | 1.67 | 2.30 | M0 | |
| 346 | | 11.64 | 11.96 | 12.29 | 0.32 | 0.33 | F0 | |
| 347 | | 11.81 | 11.96 | 12.16 | 0.15 | 0.20 | A3 | 2 |
| 348 | | 12.77 | 13.03 | 13.47 | 0.26 | 0.44 | A7 | 2 |
| 349 | 040329 | 8.02 | 9.13 | 10.72 | 1.11 | 1.20 | K0 | 4 |
| 350 | | 10.89 | 12.42 | 14.01 | 1.53 | 1.59 | K8 | |
| 351 | | 12.37 | 12.58 | 13.00 | 0.21 | 0.42 | A8 | |
| 352 | | 12.31 | 12.89 | 13.00 | 0.58 | 0.11 | F7 | |
| 353 | | 11.24 | 11.68 | 12.08 | 0.44 | 0.40 | F2 | |
| 354 | | 11.88 | 12.17 | 12.52 | 0.29 | 0.35 | A8 | |
| 355 | | 12.21 | 12.86 | 13.08 | 0.65 | 0.22 | G0 | |
| 356 | | 11.44 | 11.99 | 12.14 | 0.55 | 0.15 | F7 | |
| 357 | | 11.65 | 12.95 | 14.63 | 1.30 | 1.68 | K5 | |
| 358 | | 11.24 | 11.90 | 12.36 | 0.66 | 0.46 | G2 | |
| 359 | | 12.24 | 12.93 | 13.32 | 0.69 | 0.39 | — | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| | | | | | +1.03 | +1.24 | G8 | |
| 360 | | 9.50 | 10.53 | 11.77 | 0.37 | 0.28 | F0 | |
| 361 | | 11.89 | 12.26 | 12.54 | 0.04 | 0.15 | B9 | 2 |
| 362 | | 12.37 | 12.41 | 12.56 | 0.24 | 0.10 | A3 | |
| 363 | | 11.93 | 12.17 | 12.27 | 1.38 | 1.00 | K7 | |
| 364 | | 11.24 | 12.62 | 13.62 | 1.21 | 1.34 | K2 | 4 |
| 365 | 040341 | 7.91 | 9.12 | 10.46 | 0.52 | 0.23 | F6 | |
| 366 | | 11.85 | 12.37 | 12.60 | 0.54 | 0.39 | F8 | |
| 367 | | 11.65 | 12.19 | 12.58 | 0.26 | 0.45 | A7 | |
| 368 | | 12.41 | 12.67 | 13.12 | 0.14 | 0.23 | A2 | 4 |
| 369 | 040318 | 8.01 | 8.15 | 8.33 | 0.29 | 0.30 | A8 | |
| 370 | | 11.30 | 11.59 | 11.89 | 0.15 | 0.31 | A2 | |
| 371 | | 10.83 | 10.98 | 11.29 | 0.79 | 0.76 | G5 | |
| 372 | | 10.90 | 11.69 | 12.45 | 0.55 | 0.35 | F7 | |
| 373 | | 11.80 | 12.35 | 12.70 | 0.47 | 0.35 | F5 | |
| 374 | | 12.53 | 13.00 | 13.35 | 0.47 | 0.24 | — | |
| 375 | | 12.63 | 12.96 | 13.20 | 0.33 | 0.24 | K8 | |
| 376 | | 11.88 | 13.35 | 14.79 | 1.67 | 1.12 | K8 | |
| 377 | | 11.56 | 13.08 | 14.20 | 1.52 | 1.12 | K0 | |
| 378 | | 10.77 | 11.96 | 13.16 | 1.19 | 1.20 | K5 | |
| 379 | | 11.85 | 13.10 | 13.96 | 1.25 | 0.86 | K5 | |
| 380 | | 12.94 | 13.26 | 13.39 | 0.32 | 0.13 | A7 | |
| 381 | 040330 | 9.12 | 10.01 | 10.85 | 0.89 | 0.84 | G3 | |
| 382 | | 10.52 | 11.44 | 12.13 | 0.92 | 0.69 | G8 | |
| 383 | | 9.03 | 10.41 | 12.31 | 1.39 | 1.90 | K2 | |
| 384 | | 9.17 | 10.09 | 10.69 | 0.92 | 0.60 | G2 | |
| 385 | | 10.92 | 12.16 | 13.39 | 1.24 | 1.23 | X0 | |
| 385 | | 12.20 | 12.81 | 13.05 | 0.61 | 0.25 | F8 | |
| 387 | 040301 | 9.26 | 9.51 | 9.62 | 0.25 | 0.11 | A8 | |
| 388 | 040313 | 9.25 | 9.31 | 9.32 | 0.06 | 0.01 | A0 | |
| 389 | | 10.61 | 11.26 | 11.38 | 0.65 | 0.12 | F8 | |
| 390 | | 9.55 | 10.08 | 10.15 | 0.53 | 0.07 | A8 | |
| 391 | | 11.64 | 12.46 | 12.88 | 0.82 | 0.42 | G7 | |
| 392 | | 12.11 | 12.71 | 12.89 | 0.60 | 0.18 | F7 | |
| 393 | | 10.63 | 10.98 | 11.20 | 0.35 | 0.22 | A7 | |
| 394 | | 11.72 | 12.38 | 12.71 | 0.65 | 0.33 | G0 | |
| 395 | | 11.99 | 12.24 | 12.43 | 0.25 | 0.19 | — | |
| 396 | | 11.63 | 13.07 | 14.26 | 1.44 | 1.19 | K5 | |
| 397 | | 10.24 | 10.28 | 10.14 | 0.04 | -0.14 | A0 | |
| 398 | | 11.81 | 12.65 | 13.03 | 0.84 | +0.38 | G7 | |
| 399 | | 11.84 | 12.07 | 12.44 | 0.23 | 0.37 | A5 | |
| 400 | | 13.09 | 13.48 | 14.05 | 0.39 | 0.55 | — | |
| 401 | | 12.16 | 12.69 | 12.93 | 0.53 | 0.24 | F7 | |
| 402 | | 12.04 | 12.47 | 12.59 | 0.43 | 0.12 | F0 | |
| 403 | | 10.98 | 11.86 | 12.42 | 0.88 | 0.56 | G7 | |
| 404 | | 12.67 | 13.37 | 14.16 | 0.70 | 0.79 | G0 | |
| 405 | | 12.50 | 12.61 | 12.91 | 0.11 | 0.30 | A2 | |
| 406 | | 11.84 | 12.31 | 12.64 | 0.47 | 0.33 | F3 | |
| 407 | | 12.15 | 12.62 | 12.77 | 0.47 | 0.15 | F3 | |
| 408 | | 12.61 | 13.10 | 13.25 | 0.49 | 0.15 | F5 | |
| 409 | | 9.90 | 11.35 | 13.01 | 1.45 | 1.66 | K5 | |
| 410 | | 12.14 | 12.54 | 12.76 | 0.40 | 0.22 | F0 | |
| 411 | | 11.36 | 12.48 | 13.57 | 1.12 | 1.09 | K3 | |
| 412 | | 12.61 | 13.07 | 13.62 | 0.46 | 0.55 | — | |
| 413 | | 11.89 | 12.38 | 12.83 | 0.49 | 0.45 | F5 | |
| 414 | | 11.29 | 11.68 | 11.82 | 0.39 | 0.14 | F0 | |
| 415 | | 10.90 | 12.92 | 14.58 | 2.02 | 1.66 | M5 | |
| 416 | | 12.45 | 12.90 | 13.43 | 0.45 | 0.53 | F3 | |
| 417 | | 10.98 | 11.68 | 12.32 | 0.70 | 0.64 | G3 | |
| 418 | | 12.40 | 12.70 | 13.02 | 0.30 | 0.32 | A8 | |
| 419 | | 11.42 | 12.05 | 12.25 | 0.63 | 0.20 | F7 | |
| 420 | | 10.97 | 11.31 | 11.57 | 0.34 | 0.26 | A9 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------|---|
| 421 | | 10.87 | 12.80 | 14.10 | +1.92 | +1.30 | M5 | |
| 422 | | 10.59 | 12.93 | 14.82 | 2.34 | 1.89 | M5 | |
| 423 | | 12.42 | 13.08 | 13.17 | 0.66 | 0.09 | G0 | |
| 424 | 040273 | 9.46 | 9.83 | 10.13 | 0.37 | 0.30 | A8 | |
| 425 | | 12.84 | 13.45 | 13.69 | 0.61 | 0.24 | G0 | 3 |
| 426 | 040295 | 9.07 | 9.15 | 9.17 | 0.08 | 0.02 | A0 | 4 |
| 427 | | 11.47 | 12.05 | 12.31 | 0.58 | 0.26 | F8 | |
| 428 | | 11.02 | 12.67 | 14.52 | 1.65 | 1.85 | M0 ¹ | |
| 429 | | 12.41 | 13.15 | 13.47 | 0.74 | 0.32 | G3 | |
| 430 | | 12.63 | 13.24 | 13.44 | 0.61 | 0.20 | — | |
| 431 | | 12.51 | 13.08 | 13.22 | 0.57 | 0.14 | F8 | |
| 432 | | 9.68 | 10.80 | 11.93 | 1.12 | 1.13 | K3 | |
| 433 | | 10.72 | 10.89 | 10.91 | 0.17 | 0.02 | A6 | |
| 434 | | 10.48 | 10.64 | 10.78 | 0.16 | 0.14 | A5 | |
| 435 | | 10.20 | 10.23 | 10.19 | 0.03 | -0.04 | B9 | |
| 436 | 040281 | 9.09 | 9.13 | 9.01 | 0.04 | 0.12 | B9 | 4 |
| 437 | | 12.03 | 12.65 | 13.02 | 0.62 | +0.37 | G0 | |
| 438 | | 11.83 | 12.19 | 12.61 | 0.35 | 0.42 | F0 | |
| 439 | | 12.11 | 13.12 | 13.96 | 1.01 | 0.84 | K2 | |
| 440 | | 11.39 | 13.15 | 14.97 | 1.76 | 1.82 | M5 | |
| 441 | | 11.78 | 12.13 | 12.39 | 0.35 | 0.26 | A8 | |
| 442 | | 11.90 | 12.41 | 12.76 | 0.51 | 0.35 | F5 | |
| 443 | | 11.92 | 12.22 | 12.65 | 0.30 | 0.43 | A8 | |
| 444 | | 11.70 | 12.04 | 12.44 | 0.34 | 0.40 | F0 | |
| 445 | | 12.63 | 13.24 | 13.44 | 0.61 | 0.20 | F8 | |
| 446 | | 11.65 | 12.81 | 13.96 | 1.16 | 1.15 | K5 | |
| 447 | | 11.56 | 11.76 | 12.21 | 0.20 | 0.45 | A5 | |
| 448 | | 11.36 | 11.95 | 12.41 | 0.60 | 0.45 | G0 | |
| 449 | 040302 | 8.96 | 9.95 | 10.94 | 0.99 | 0.99 | G5 | |
| 450 | | 11.72 | 12.05 | 12.31 | 0.33 | 0.26 | A9 | |
| 451 | | 11.51 | 11.75 | 11.79 | 0.24 | 0.24 | A7 | |
| 452 | | 11.85 | 12.57 | 12.66 | 0.72 | 0.09 | G0 | |
| 453 | | 12.08 | 12.36 | 12.71 | 0.28 | 0.35 | A8 | |
| 454 | | 10.97 | 11.49 | 11.65 | 0.52 | 0.16 | F5 | |
| 455 | | 11.53 | 11.67 | 11.75 | 0.14 | 0.08 | A3 | |
| 456 | | 11.41 | 11.97 | 12.17 | 0.56 | 0.20 | F7 | |
| 457 | | 11.45 | 11.93 | 12.11 | 0.46 | 0.18 | F3 | |
| 458 | | 11.26 | 11.40 | 11.66 | 0.14 | 0.26 | A2 | |
| 459 | | 11.19 | 11.60 | 11.73 | 0.41 | 0.13 | F0 | |
| 460 | | 11.56 | 11.69 | 11.87 | 0.13 | 0.18 | A2 | |
| 461 | | 10.37 | 10.54 | 10.63 | 0.17 | 0.09 | A5 | |
| 462 | | 9.48 | 11.11 | 13.00 | 1.63 | 1.89 | K7 | |
| 463 | | 10.93 | 11.18 | 11.46 | 0.25 | 0.28 | A7 | |
| 464 | | 11.04 | 12.17 | 13.56 | 1.13 | 1.39 | K5 | |
| 465 | | 12.78 | 12.95 | 13.13 | 0.17 | 0.18 | A3 | |
| 466 | | 11.67 | 12.08 | 12.34 | 0.41 | 0.26 | — | |
| 467 | | 11.99 | 12.65 | 12.78 | 0.66 | 0.13 | G0 | |
| 468 | | 12.38 | 12.71 | 12.76 | 0.33 | 0.05 | A7 | |
| 469 | | 11.57 | 12.63 | 13.06 | 1.06 | 0.43 | K0 | |
| 470 | | 9.47 | 9.49 | 9.51 | 0.02 | 0.02 | B9 | |
| 471 | | 9.24 | 9.72 | 9.75 | 0.48 | 0.03 | F0 | |
| 472 | | 11.15 | 12.48 | 13.47 | 1.33 | 0.99 | K5 | |
| 473 | | 11.19 | 11.99 | 12.78 | 0.80 | 0.79 | G7 | |
| 474 | | 12.00 | 12.24 | 12.51 | 0.24 | 0.27 | A7 | |
| 475 | | 10.92 | 12.24 | 13.70 | 1.32 | 1.46 | K2 | |
| 476 | | 11.43 | 11.98 | 12.29 | 0.55 | 0.31 | F7 | |
| 477 | | 11.29 | 11.56 | 11.85 | 0.27 | 0.29 | A8 | |
| 478 | | 10.19 | 10.21 | 10.35 | 0.02 | 0.14 | A3 | |
| 479 | | 11.36 | 11.66 | 12.04 | 0.30 | 0.38 | A8 | |
| 480 | | 12.58 | 13.10 | 13.28 | 0.52 | 0.18 | — | |
| 481 | | 12.34 | 12.88 | 13.00 | 0.54 | 0.12 | F7 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| | | | | | +0.60 | +0.11 | G0 | |
| 482 | | 12.60 | 13.20 | 13.31 | 0.57 | 0.29 | F8 | |
| 483 | | 11.93 | 12.50 | 12.79 | 0.72 | 0.43 | G2 | |
| 484 | | 11.85 | 12.57 | 13.00 | 0.21 | 0.21 | K0 | |
| 485 | | 12.30 | 13.10 | 13.31 | 0.80 | 0.45 | A5 | |
| 486 | | 11.99 | 12.22 | 12.67 | 0.23 | 0.21 | G0 | |
| 487 | | 11.37 | 11.99 | 12.20 | 0.62 | 0.19 | G7 | |
| 488 | | 10.95 | 11.77 | 11.96 | 0.82 | 0.20 | G0 | |
| 489 | | 12.07 | 12.69 | 12.89 | 0.62 | 0.06 | A0 | 4 |
| 490 | 040265 | 8.73 | 8.82 | 8.88 | 0.09 | 0.24 | A5 | |
| 491 | | 10.21 | 10.47 | 10.71 | 0.26 | 0.37 | F0 | |
| 492 | | 12.19 | 12.54 | 12.91 | 0.35 | 0.54 | K0 | |
| 493 | | 12.28 | 13.35 | 13.89 | 1.07 | 0.21 | G0 | |
| 494 | | 11.95 | 12.58 | 12.79 | 0.63 | 0.54 | K0 | |
| 495 | | 11.59 | 12.40 | 12.94 | 0.81 | 0.54 | K3 | |
| 496 | | 11.10 | 12.24 | 13.19 | 1.14 | 0.95 | G2 | |
| 497 | | 12.06 | 12.76 | 13.10 | 0.70 | 0.34 | F3 | |
| 498 | | 11.06 | 11.53 | 11.76 | 0.47 | 0.23 | F7 | |
| 499 | | 12.02 | 12.67 | 12.91 | 0.65 | 0.24 | F7 | |
| 500 | | 11.52 | 11.75 | 11.96 | 0.23 | 0.21 | A5 | |
| 501 | | 10.85 | 11.93 | 13.05 | 1.08 | 1.12 | K2 | |
| 502 | | 11.30 | 11.70 | 12.15 | 0.40 | 0.45 | F3 | |
| 503 | | 10.66 | 11.13 | 11.34 | 0.47 | 0.21 | — | |
| 504 | | 10.10 | 10.63 | 10.81 | 0.53 | 0.18 | F6 | |
| 505 | 040296 | 7.65 | 9.27 | 11.14 | 1.62 | 1.87 | K5 | 4 |
| 506 | | 11.69 | 12.12 | 12.20 | 0.43 | 0.08 | F2 | |
| 507 | | 10.96 | 11.53 | 11.93 | 0.57 | 0.40 | F7 | |
| 508 | | 11.63 | 11.73 | 12.04 | 0.10 | 0.31 | A8 | 3 |
| 509 | | 11.38 | 11.85 | 12.12 | 0.47 | 0.27 | F5 | |
| 510 | | 11.69 | 12.25 | 12.75 | 0.56 | 0.50 | F7 | |
| 511 | 040325 | 8.36 | 9.50 | 11.04 | 1.14 | 1.54 | K2 | |
| 512 | | 12.27 | 12.49 | 12.86 | 0.22 | 0.37 | A8 | |
| 513 | | 10.62 | 10.92 | 11.34 | 0.30 | 0.62 | A8 | |
| 514 | | 9.62 | 10.37 | 10.90 | 0.75 | 0.53 | G5 | |
| 515 | | 10.85 | 11.28 | 11.76 | 0.43 | 0.48 | F2 | |
| 516 | | 11.29 | 11.60 | 11.89 | 0.31 | 0.29 | A9 | |
| 517 | | 11.90 | 12.45 | 12.62 | 0.55 | 0.17 | F7 | |
| 518 | | 10.62 | 11.06 | 11.32 | 0.44 | 0.26 | F3 | |
| 519 | 040289 | 7.97 | 8.73 | 9.23 | 0.76 | 0.50 | G5 | 4 |
| 520 | 040286 | 9.28 | 9.59 | 9.66 | 0.31 | 0.07 | F2 | |
| 521 | | 10.98 | 11.47 | 11.89 | 0.49 | 0.42 | F5 | |
| 522 | | 10.72 | 11.15 | 11.53 | 0.43 | 0.38 | F3 | |
| 523 | | 11.19 | 11.80 | 12.26 | 0.61 | 0.46 | G0 | |
| 524 | | 11.84 | 12.66 | 13.39 | 0.82 | 0.73 | K0 | |
| 525 | | 12.21 | 12.19 | 12.09 | -0.02 | -0.10 | B7 | |
| 526 | | 12.32 | 12.34 | 12.37 | +0.02 | +0.03 | B8 | |
| 527 | | 11.45 | 12.20 | 12.64 | 0.75 | 0.44 | G3 | |
| 528 | | 11.46 | 12.05 | 12.40 | 0.59 | 0.35 | F8 | |
| 529 | | 10.18 | 11.03 | 12.00 | 0.85 | 0.97 | G5 | |
| 530 | | 9.83 | 11.25 | 12.18 | 1.42 | 0.93 | K7 | |
| 531 | | 10.44 | 11.37 | 12.76 | 0.93 | 1.39 | K2 | |
| 532 | | 11.34 | 12.19 | 12.99 | 0.85 | 0.80 | G8 | |
| 533 | | 12.12 | 12.63 | 12.89 | 0.51 | 0.26 | F5 | |
| 534 | | 10.64 | 11.38 | 11.86 | 0.74 | 0.48 | G3 | |
| 535 | | 11.73 | 13.06 | 13.56 | 1.33 | 0.50 | K5 | |
| 536 | | 11.57 | 12.22 | 12.75 | 0.65 | 0.53 | G0 | |
| 537 | | 11.61 | 12.16 | 12.34 | 0.55 | 0.18 | F7 | |
| 538 | | 11.94 | 12.66 | 12.87 | 0.72 | 0.21 | G2 | |
| 539 | | 11.21 | 12.08 | 12.80 | 0.87 | 0.72 | K0 | |
| 540 | | 10.53 | 11.55 | 12.67 | 1.02 | 1.12 | K2 | |
| 541 | | 11.59 | 12.84 | 14.15 | 1.35 | 1.31 | K7 | |
| 542 | | 11.73 | 12.15 | 12.35 | 0.42 | 0.20 | F2 | |
| 543 | | 11.03 | 11.26 | 11.50 | 0.23 | 0.24 | A5 | 3 |
| 544 | | 10.01 | 10.36 | 10.97 | 0.35 | 0.61 | F0 | |
| 545 | 040307 | 9.26 | 9.34 | 9.64 | 0.08 | 0.30 | A0 | 4 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 546 | | 10.96 | 11.45 | 12.15 | +0.49 | +0.70 | F8 | |
| 547 | | 10.38 | 10.61 | 11.06 | 0.23 | 0.45 | A3 | |
| 548 | | 11.64 | | | | | G8 | 1 |
| 549 | | 11.78 | 12.27 | 12.59 | 0.49 | 0.32 | F3 | |
| 550 | 040303 | 9.22 | 9.21 | 9.12 | -0.01 | -0.09 | B9 | 2.4 |
| 551 | | 12.11 | | | | | B9 | 1 |
| 552 | | 11.55 | | | | | G3 | 1 |
| 553 | | 11.74 | 12.34 | 12.92 | +0.60 | +0.58 | F8 | |
| 554 | | 12.17 | 12.64 | 12.96 | 0.47 | 0.32 | F3 | |
| 555 | | 10.63 | 10.98 | 11.51 | 0.35 | 0.53 | A8 | |
| 556 | 040284 | 9.20 | 9.58 | 9.75 | 0.38 | 0.17 | F5 | |
| 557 | | 12.12 | | | | | A7 | 1 |
| 558 | | 11.94 | 12 12 | 12 66 | 0.18 | 0.54 | A5 | 2 |
| 559 | | 12.69 | 13.35 | 13.69 | 0.67 | 0.33 | G0 | |
| 560 | | 13.03 | 13.65 | 14.32 | 0.62 | 0.67 | — | |
| 561 | | 12.68 | 13.42 | 13.96 | 0.74 | 0.56 | G5 | 3 |
| 562 | | 12.51 | 13.28 | 13.93 | 0.77 | 0.65 | G3 | 3 |
| 563 | | 12.17 | 12.83 | 13.17 | 0.66 | 0.34 | G0 | |
| 564 | | 9.29 | 10.40 | 11.24 | 1.11 | 0.84 | K0 | |
| 565 | | 10.26 | 10.53 | 10.61 | 0.27 | 0.08 | A6 | |
| 566 | | 11.62 | 11.92 | 12.27 | 0.30 | 0.35 | F0 | |
| 567 | | 12.34 | 12.84 | 13.26 | 0.50 | 0.42 | F5 | |
| 568 | | 12.23 | 12.63 | 13.13 | 0.40 | 0.50 | F2 | |
| 569 | | 9.77 | 11.24 | 12.89 | 1.47 | 1.65 | K8 | |
| 570 | | 10.95 | 11.05 | 11.39 | 0.10 | 0.34 | A2 | |
| 571 | | 12.00 | 12.73 | 12.99 | 0.73 | 0.26 | G3 | |
| 572 | | 10.17 | 10.40 | 10.52 | 0.23 | 0.12 | A8 | |
| 573 | | 11.64 | 12.69 | 13.51 | 1.05 | 0.82 | K3 | |
| 574 | | 12.50 | 13.24 | 13.50 | 0.74 | 0.26 | G5 | |
| 575 | | 11.16 | 11.80 | 12.47 | 0.64 | 0.67 | G0 | |
| 576 | | 10.90 | 11.03 | 11.03 | 0.13 | 0.00 | B9 | |
| 577 | | 10.01 | 10.05 | 9.90 | 0.04 | -0.15 | A0 | |
| 578 | | 11.97 | 13.33 | 14.45 | 1.35 | +1.12 | K7 | |
| 579 | | 12.03 | 12.70 | 12.81 | 0.67 | 0.11 | G0 | |
| 580 | | 12.50 | 13.10 | 13.45 | 0.60 | 0.35 | G5 | |
| 581 | | 12.26 | 12.93 | 13.23 | 0.67 | 0.30 | — | |
| 582 | | 11.28 | 11.40 | 11.63 | 0.12 | 0.23 | A2 | |
| 583 | | 10.94 | 11.36 | 11.50 | 0.42 | 0.14 | F2 | |
| 584 | | 11.28 | 11.80 | 12.19 | 0.52 | 0.39 | F5 | |
| 585 | | 10.33 | 10.37 | 10.46 | 0.04 | 0.09 | A0 | |
| 586 | 040272 | 8.37 | 9.65 | 11.08 | 1.28 | 1.43 | K2 | 4 |
| 587 | 040267 | 7.83 | 9.05 | 10.49 | 1.22 | 1.44 | K2 | 4 |
| 588 | | 11.44 | 12.34 | 12.59 | 0.90 | 0.25 | G5 | |
| 589 | | 12.57 | 12.97 | 13.37 | 0.40 | 0.40 | — | |
| 590 | | 10.30 | 10.85 | 10.89 | 0.55 | 0.04 | F3 | |
| 591 | | 11.31 | 11.60 | 11.90 | 0.29 | 0.30 | A8 | |
| 592 | | 12.09 | 12.46 | 12.55 | 0.37 | 0.09 | F0 | |
| 593 | | 10.25 | 10.47 | 10.61 | 0.22 | 0.14 | A7 | |
| 594 | | 12.26 | 12.99 | 13.57 | 0.73 | 0.58 | G5 | |
| 595 | | 11.73 | 12.01 | 12.25 | 0.28 | 0.24 | A8 | |
| 596 | | 12.17 | 13.15 | 13.90 | 0.98 | 0.75 | K2 | |
| 597 | | 12.54 | 13.44 | 14.07 | 0.88 | 0.63 | K0 | |
| 598 | | 12.14 | 13.51 | 14.63 | 1.37 | 1.12 | K8 | |
| 599 | | 11.43 | 11.94 | 12.02 | 0.51 | 0.08 | F5 | |
| 600 | | 11.47 | 12.95 | 14.37 | 1.48 | 1.42 | K8 | |
| 601 | | 12.67 | 13.11 | 13.58 | 0.44 | 0.47 | F3 | |
| 602 | | 12.02 | 12.17 | 12.19 | 0.15 | 0.02 | A2 | |
| 603 | | 12.04 | 12.76 | 12.99 | 0.72 | 0.23 | G2 | |
| 604 | | 12.09 | 12.52 | 12.79 | 0.43 | 0.27 | F2 | |
| 605 | | 11.33 | 11.95 | 12.07 | 0.62 | 0.12 | G0 | |
| 606 | | 11.18 | 11.77 | 11.95 | 0.59 | 0.18 | F8 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| | | | | | +0.77 | +0.49 | G7 | |
| 607 | | 11.36 | 12.13 | 12.62 | 0.63 | 0.42 | G0 | |
| 608 | | 11.95 | 12.58 | 13.00 | 0.64 | 0.27 | G0 | |
| 609 | | 11.67 | 12.31 | 12.58 | 0.18 | 0.14 | A5 | |
| 610 | | 10.60 | 10.78 | 10.92 | 0.33 | 0.42 | A8 | |
| 611 | | 12.10 | 12.43 | 12.85 | 0.13 | 0.00 | A2 | |
| 612 | | 10.36 | 10.49 | 10.49 | 0.49 | 0.24 | F5 | |
| 613 | | 11.64 | 12.13 | 12.37 | 0.22 | 0.63 | A5 | |
| 614 | | 11.08 | 11.30 | 11.93 | 0.53 | 0.19 | F7 | |
| 615 | | 11.96 | 12.49 | 12.68 | 0.76 | 0.85 | K0 | |
| 616 | | 10.97 | 11.73 | 12.58 | 0.11 | 0.01 | A0 | |
| 617 | | 10.27 | 10.38 | 10.39 | 0.09 | -0.18 | B9 | |
| 618 | | 10.62 | 10.71 | 10.53 | 0.42 | +0.03 | F0 | |
| 619 | | 10.23 | 10.65 | 10.68 | 0.33 | 0.14 | A7 | |
| 620 | | 11.21 | 11.54 | 11.66 | 0.47 | 0.24 | F3 | |
| 621 | | 12.04 | 12.51 | 12.75 | 0.88 | 0.88 | G7 | |
| 622 | | 10.45 | 11.33 | 12.21 | 1.14 | 1.03 | K5 | |
| 623 | | 10.87 | 12.01 | 13.04 | 0.28 | 0.53 | A8 | |
| 624 | | 12.20 | 12.48 | 13.01 | 0.73 | 0.69 | G2 | |
| 625 | | 12.13 | 12.86 | 13.55 | 0.34 | 0.29 | A8 | |
| 626 | | 12.29 | 12.63 | 12.92 | 0.29 | 0.57 | A7 | |
| 627 | | 12.07 | 12.36 | 12.93 | 0.20 | 0.20 | A5 | |
| 628 | | 11.43 | 11.63 | 11.83 | 0.46 | 0.15 | — | |
| 629 | | 12.87 | 13.33 | 13.48 | 1.05 | 0.60 | K0 | |
| 630 | | 10.59 | 11.64 | 12.24 | 0.39 | 0.17 | F0 | |
| 631 | | 11.82 | 12.21 | 12.35 | 0.46 | 0.19 | F3 | |
| 632 | | 11.92 | 12.38 | 12.57 | 0.75 | 0.30 | G5 | |
| 633 | | 11.80 | 12.55 | 12.85 | 1.36 | 1.12 | K5 | |
| 634 | | 10.12 | 11.48 | 12.60 | 0.45 | 0.31 | F3 | |
| 635 | | 11.03 | 11.48 | 11.79 | 0.34 | 0.32 | F2 | |
| 636 | | 12.21 | 12.55 | 12.87 | 0.65 | 0.46 | G0 | |
| 637 | | 12.77 | 13.42 | 13.88 | 0.45 | 0.23 | F5 | |
| 638 | | 11.83 | 12.28 | 12.61 | 0.23 | 0.44 | A8 | |
| 639 | | 12.13 | 12.36 | 12.80 | 0.35 | 0.03 | F0 | |
| 640 | | 9.66 | 10.01 | 10.04 | 2.48 | 1.51 | M5 | |
| 641 | | 10.74 | 13.22 | 14.73 | 0.37 | 0.26 | F0 | |
| 642 | | 11.02 | 11.39 | 11.55 | 0.02 | 0.04 | A5 | |
| 643 | | 9.65 | 9.67 | 9.71 | 0.22 | 0.06 | A5 | |
| 644 | | 11.18 | 11.40 | 11.46 | 0.41 | 0.18 | F0 | |
| 645 | | 10.95 | 11.36 | 11.54 | 0.99 | 0.93 | G5 | |
| 646 | | 9.86 | 10.85 | 11.78 | | | F2 | 1.4 |
| 647 | 040251 | 6.84 | | | | | F2 | |
| 648 | | 11.27 | 11.74 | 11.89 | 0.47 | 0.15 | F2 | |
| 649 | | 11.42 | 11.88 | 12.28 | 0.46 | 0.40 | F3 | |
| 650 | | 9.49 | 9.60 | 9.47 | 0.11 | -0.13 | A0 | |
| 651 | | 9.90 | 11.07 | 11.97 | 1.17 | +0.90 | G7 | |
| 652 | | 11.92 | 12.77 | 13.26 | 0.87 | 0.49 | K0 | |
| 653 | | 10.75 | 10.87 | 10.90 | 0.12 | 0.03 | A2 | |
| 654 | | 10.20 | 10.34 | 10.53 | 0.14 | 0.19 | A5 | |
| 655 | | 11.77 | 12.29 | 12.85 | 0.52 | 0.56 | F7 | |
| 656 | | 12.04 | 12.18 | 12.30 | 0.14 | 0.12 | A3 | 3 |
| 657 | | 11.49 | 12.06 | 12.22 | 0.57 | 0.16 | F5 | |
| 658 | | 11.23 | 11.34 | 11.32 | 0.11 | -0.02 | A0 | |
| 659 | | 11.43 | 12.24 | 12.65 | 0.81 | +0.41 | G7 | |
| 660 | | 11.79 | 12.14 | 12.81 | 0.65 | 0.37 | G0 | |
| 661 | | 12.32 | 12.72 | 12.96 | 0.40 | 0.24 | F2 | 3 |
| 662 | | 12.71 | 12.90 | 13.25 | 0.19 | 0.35 | A5 | |
| 663 | | 12.08 | 12.75 | 13.02 | 0.67 | 0.27 | G2 | |
| 664 | | 10.21 | 10.58 | 10.77 | 0.37 | 0.19 | F0 | 3 |
| 665 | | 10.69 | 10.71 | 10.36 | 0.02 | -0.35 | B8 | |
| 666 | | 12.17 | 12.40 | 12.86 | 0.23 | +0.46 | A5 | |
| 667 | | 11.33 | 11.76 | 12.05 | 0.43 | 0.29 | F3 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 668 | 040213 | 7.93 | 8.87 | 9.68 | +0.94 | +0.81 | G5 | 4 |
| 669 | | 12.54 | 12.91 | 13.18 | 0.37 | 0.27 | A8 | |
| 670 | | 11.21 | 11.57 | 11.74 | 0.36 | 0.17 | F0 | |
| 671 | 040223 | 8.14 | 8.13 | 8.15 | -0.01 | 0.02 | A0 | 4 |
| 672 | | 9.99 | 10.57 | 10.79 | +0.58 | 0.22 | F8 | |
| 673 | | 10.82 | 11.76 | 12.29 | 0.94 | 0.53 | K0 | |
| 674 | | 10.94 | 11.18 | 11.35 | 0.24 | 0.17 | A7 | |
| 675 | 040183 | 6.82 | | | | | B5 | 1.4 |
| 676 | | 9.92 | 10.39 | 10.40 | 0.47 | 0.01 | F0 | |
| 677 | 040167 | 8.17 | 8.10 | 7.94 | -0.07 | -0.16 | B9 | 4 |
| 678 | | 10.77 | 11.33 | 11.45 | +0.56 | +0.12 | F7 | |
| 679 | | 11.01 | 12.47 | 13.63 | 1.46 | 1.16 | K5 | |
| 680 | | 10.64 | 10.86 | 11.06 | 0.22 | 0.20 | A5 | |
| 681 | | 11.73 | 12.10 | 12.27 | 0.37 | 0.17 | A9 | |
| 682 | | 12.68 | 13.55 | 13.66 | 0.87 | 0.11 | K0 | 3 |
| 683 | | 10.05 | 11.68 | 12.85 | 1.63 | 1.17 | M0 | |
| 684 | | 10.55 | 12.14 | 13.95 | 1.59 | 1.81 | M0 | |
| 685 | | 9.99 | 10.42 | 10.45 | 0.43 | 0.03 | F2 | |
| 686 | | 11.89 | 12.17 | 12.32 | 0.28 | 0.15 | A8 | |
| 687 | | 11.50 | 12.02 | 12.21 | 0.52 | 0.19 | F5 | |
| 688 | | 11.52 | 12.88 | 13.99 | 1.36 | 1.11 | K7 | |
| 689 | | 11.19 | | | | | A8 | 1 |
| 690 | | 12.10 | | | | | F3 | 1 |
| 691 | | 12.18 | | | | | K2 | 1 |
| 692 | | 11.47 | 11.73 | 12.15 | 0.26 | 0.42 | A7 | |
| 693 | | 12.04 | | | | | G2 | 1 |
| 694 | | 11.00 | | | | | A3 | 1 |
| 695 | | 12.16 | | | | | A8 | 1 |
| 696 | | 11.29 | 12.07 | 12.81 | 0.78 | 0.74 | G8 | |
| 697 | 040234 | 9.40 | 9.70 | 9.72 | 0.30 | 0.02 | F0 | |
| 698 | | 12.30 | 12.99 | 13.02 | 0.69 | 0.03 | F8 | |
| 699 | | 12.02 | 13.19 | 13.91 | 1.17 | 0.72 | K3 | |
| 700 | | 10.19 | 11.24 | 12.23 | 1.05 | 0.99 | K0 | |
| 701 | | 10.86 | 12.67 | 14.72 | 1.81 | 2.05 | M5 | |
| 702 | 040216 | 8.52 | 8.70 | 8.79 | 0.18 | 0.09 | A2 | 4 |
| 703 | | 9.51 | 9.93 | 10.17 | 0.42 | 0.24 | F2 | |
| 704 | | 12.37 | 13.00 | 13.22 | 0.63 | 0.22 | G0 | |
| 705 | | 11.32 | 11.52 | 11.73 | 0.20 | 0.21 | A5 | |
| 706 | | 10.24 | 10.43 | 10.45 | 0.19 | 0.02 | A6 | |
| 707 | | 10.15 | 10.22 | 10.26 | 0.07 | 0.04 | B9 | |
| 708 | | 11.00 | 12.24 | 13.41 | 1.24 | 1.17 | K7 | |
| 709 | | 11.08 | 11.38 | 11.47 | 0.30 | 0.09 | A8 | |
| 710 | | 12.09 | 12.42 | 12.59 | 0.33 | 0.17 | A8 | |
| 711 | | 12.38 | 12.88 | 12.93 | 0.50 | 0.05 | F5 | |
| 712 | | 10.37 | 10.48 | 10.68 | 0.11 | 0.20 | A3 | |
| 713 | | 9.11 | 10.83 | 12.94 | 1.72 | 2.11 | M0 | |
| 714 | | 11.10 | 11.97 | 12.94 | 0.87 | 0.97 | K3 | |
| 715 | 040240 | 9.05 | 9.21 | 9.30 | 0.16 | 0.09 | A8 | |
| 716 | | 10.28 | 10.48 | 10.72 | 0.20 | 0.24 | A0 | |
| 717 | | 10.65 | | | | | A7 | 1 |
| 718 | | 11.32 | 11.44 | 11.52 | 0.12 | 0.08 | A2 | 2 |
| 719 | | 11.58 | | | | | A5 | 1 |
| 720 | | 10.44 | 10.85 | 11.01 | 0.41 | 0.16 | F2 | |
| 721 | | 12.53 | | | | | K5 | 1 |
| 722 | | 12.87 | | | | | K0 | 1 |
| 723 | | 12.36 | | | | | G7 | 1 |
| 724 | | 12.74 | | | | | G5 | 1 |
| 725 | | 12.91 | | | | | K0 | 1 |
| 726 | | 12.28 | | | | | F7 | 1 |
| 727 | | 12.68 | | | | | G2 | 1 |
| 728 | | 11.97 | | | | | A5 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 729 | | 11.96 | | | | | K5 | 1 |
| 730 | | 11.81 | | | | | F3 | 1 |
| 731 | | 11.55 | 11.83 | 12.13 | +0.28 | +0.30 | A9 | |
| 732 | | 12.55 | | | | | K5 | 1 |
| 733 | 040198 | 3.98 | 9.90 | 10.69 | 0.92 | 0.79 | G8 | |
| 734 | | 10.90 | 11.85 | 12.48 | 0.95 | 0.63 | K0 | |
| 735 | | 11.61 | 11.72 | 11.94 | 0.11 | 0.22 | A0 | |
| 736 | | 12.20 | 12.73 | 12.77 | 0.53 | 0.04 | F7 | |
| 737 | | 10.70 | 12.44 | 13.55 | 1.74 | 1.11 | M0 | |
| 738 | | 11.43 | 11.91 | 12.09 | 0.54 | 0.12 | F7 | |
| 739 | | 11.61 | 12.20 | 12.41 | 0.59 | 0.21 | G0 | |
| 740 | | 11.20 | 11.44 | 11.73 | 0.24 | 0.29 | A7 | |
| 741 | | 12.16 | 12.37 | 12.38 | 0.21 | 0.01 | A5 | |
| 742 | | 12.29 | 12.94 | 13.05 | 0.65 | 0.11 | G0 | |
| 743 | | 11.80 | 12.16 | 12.34 | 0.36 | 0.18 | F0 | |
| 744 | | 10.92 | 12.40 | 13.91 | 1.48 | 1.51 | M0 | |
| 745 | | 12.10 | 12.56 | 12.82 | 0.46 | 0.26 | F3 | |
| 746 | | 10.84 | 10.99 | 11.15 | 0.15 | 0.16 | A5 | |
| 747 | | 12.65 | 13.10 | 13.22 | 0.45 | 0.12 | F2 | |
| 748 | | 11.32 | 12.42 | 13.24 | 1.10 | 0.82 | K5 | |
| 749 | | 11.34 | 11.48 | 11.74 | 0.14 | 0.26 | A5 | |
| 750 | | 9.85 | 11.07 | 12.63 | 1.22 | 1.56 | K2 | |
| 751 | 040171 | 9.90 | 10.37 | 10.73 | 0.47 | 0.36 | F5 | |
| 752 | | 11.83 | 11.97 | 12.35 | 0.14 | 0.38 | A3 | |
| 753 | | 12.70 | | | | | K8 | 1 |
| 754 | 040210 | 9.60 | | | | | F3 | 1 |
| 755 | | 12.60 | 12.92 | 13.12 | 0.32 | 0.20 | A8 | |
| 756 | | 11.67 | 11.96 | 12.51 | 0.29 | 0.55 | F2 | |
| 757 | | 10.91 | 11.68 | 12.64 | 0.77 | 0.96 | G8 | |
| 758 | | 9.40 | | | | | F0 | 1 |
| 759 | | 11.60 | | | | | K0 | 1 |
| 760 | | 11.97 | | | | | A2 | 1 |
| 761 | 040155 | 10.23 | | | | | K0 | 1,4 |
| 762 | | 9.35 | | | | | A5 | 1 |
| 763 | | 11.86 | 12.26 | 12.64 | 0.40 | 0.38 | F2 | |
| 764 | | 12.11 | 13.19 | 13.61 | 1.08 | 0.42 | K3 | 3 |
| 765 | | 10.32 | 11.29 | 12.59 | 0.97 | 1.30 | K0 | |
| 766 | | 11.25 | 12.27 | 13.12 | 1.02 | 0.85 | K0 | |
| 767 | | 10.34 | 10.75 | 10.80 | 0.41 | 0.05 | F2 | |
| 768 | | 12.41 | 13.27 | 13.90 | 0.85 | 0.63 | K0 | |
| 769 | | 11.07 | | | | | A7 | 1 |
| 770 | | 11.98 | 12.62 | 12.82 | 0.64 | 0.20 | G0 | |
| 771 | | 13.08 | 13.24 | 13.34 | 0.16 | 0.10 | — | |
| 772 | | 12.59 | 13.13 | 13.24 | 0.54 | 0.11 | — | |
| 773 | | 12.53 | 12.93 | 12.99 | 0.40 | 0.06 | F2 | |
| 774 | | 12.24 | 12.60 | 13.05 | 0.36 | 0.45 | F2 | |
| 775 | | 12.48 | 12.88 | 13.27 | 0.40 | 0.39 | — | |
| 776 | | 12.03 | 12.49 | 12.67 | 0.46 | 0.18 | — | |
| 777 | | 11.33 | 11.83 | 12.07 | 0.50 | 0.24 | F5 | |
| 778 | | 12.89 | 13.35 | 13.57 | 0.46 | 0.22 | F3 | |
| 779 | | 12.13 | 13.30 | 14.10 | 1.17 | 0.80 | K5 | |
| 780 | | 12.53 | 13.46 | 13.95 | 0.93 | 0.49 | K2 | |
| 781 | | 10.92 | 11.23 | 11.54 | 0.31 | 0.31 | A8 | |
| 782 | | 11.56 | 11.79 | 12.06 | 0.23 | 0.27 | A5 | |
| 783 | | 10.39 | 11.91 | 13.37 | 1.52 | 1.46 | M0 | |
| 784 | 040146 | 8.64 | 9.45 | 9.67 | 0.81 | 0.22 | G5 | 4 |
| 785 | | 11.31 | 12.60 | 13.57 | 1.29 | 0.97 | K7 | |
| 786 | | 12.13 | 12.59 | 12.72 | 0.46 | 0.13 | F3 | |
| 787 | | 12.79 | 13.06 | 13.38 | 0.27 | 0.32 | — | |
| 788 | | 12.27 | 12.85 | 13.24 | 0.58 | 0.39 | — | |
| 789 | | 10.75 | 11.79 | 12.42 | 1.04 | 0.63 | K0 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 790 | | 11.41 | 11.78 | 12.11 | +0.37 | +0.33 | A8 | |
| 791 | | 9.64 | 10.28 | 10.51 | 0.64 | 0.23 | F8 | |
| 792 | | 12.06 | 12.88 | 13.19 | 0.82 | 0.31 | G7 | |
| 793 | | 11.84 | 12.61 | 12.92 | 0.77 | 0.31 | G5 | |
| 794 | | 12.01 | 12.80 | 13.59 | 0.79 | 0.79 | G3 | |
| 795 | | 11.94 | 12.56 | 12.76 | 0.62 | 0.20 | G0 | |
| 796 | | 11.40 | 11.99 | 12.07 | 0.59 | 0.08 | F8 | |
| 797 | | 10.96 | 11.19 | 11.41 | 0.23 | 0.22 | A5 | |
| 798 | 040162 | 9.10 | 9.88 | 10.79 | 0.78 | 0.91 | G7 | |
| 799 | 040173 | 9.20 | 9.69 | 9.74 | 0.49 | 0.05 | F0 | |
| 800 | 040158 | 7.61 | | | | | G5 | 1.4 |
| 801 | | 11.73 | 12.27 | 12.42 | 0.54 | 0.15 | F7 | |
| 802 | | 12.59 | 12.99 | 13.03 | 0.40 | 0.04 | K2 | |
| 803 | | 10.04 | 10.39 | 10.63 | 0.35 | 0.24 | A7 | |
| 804 | | 10.53 | 11.00 | 11.07 | 0.47 | 0.07 | F2 | |
| 805 | | 9.61 | 10.73 | 11.93 | 1.12 | 1.20 | K0 | |
| 806 | | 11.36 | 11.53 | 11.71 | 0.17 | 0.18 | A3 | |
| 807 | 040118 | 8.94 | 9.86 | 10.31 | 0.92 | 0.45 | G0 | |
| 808 | | 11.12 | 11.40 | 11.83 | 0.28 | 0.43 | A5 | |
| 809 | | 11.29 | 11.71 | 12.32 | 0.42 | 0.51 | F2 | |
| 810 | 040131 | 9.58 | 10.46 | 11.28 | 0.88 | 0.82 | G2 | |
| 811 | | 11.80 | 13.07 | 14.10 | 1.47 | 1.03 | K8 | |
| 812 | | 11.93 | 12.77 | 13.32 | 0.84 | 0.55 | K0 | |
| 813 | | 12.78 | 13.37 | 13.44 | 0.59 | 0.07 | G0 | |
| 814 | | 10.66 | 11.85 | 13.00 | 1.19 | 1.15 | — | |
| 815 | | 11.82 | 12.48 | 12.86 | 0.66 | 0.40 | — | |
| 816 | | 7.38 | 7.32 | 7.04 | -0.06 | -0.28 | B7 | |
| 817 | 040140 | 9.74 | 10.10 | 10.38 | +0.36 | +0.28 | F5 | |
| 818 | | 10.46 | 10.74 | 10.75 | 0.28 | 0.01 | A7 | |
| 819 | 040124 | 8.12 | 8.77 | 8.98 | 0.65 | 0.21 | G0 | |
| 820 | | 10.85 | 11.85 | 12.23 | 1.00 | 0.38 | K0 | |
| 821 | | 12.45 | 12.79 | 13.16 | 0.34 | 0.37 | F0 | |
| 822 | | 11.30 | 12.32 | 12.83 | 1.12 | 0.51 | K2 | |
| 823 | 040150 | 9.37 | 10.23 | 11.16 | 0.86 | 0.93 | G5 | |
| 824 | 040164 | 9.42 | 9.43 | 9.19 | 0.01 | -0.24 | B9 | |
| 825 | | 10.06 | 10.05 | 9.75 | -0.01 | 0.30 | B8 | |
| 826 | | 11.61 | 11.77 | 11.98 | +0.16 | +0.21 | A3 | |
| 827 | | 10.16 | 10.43 | 10.43 | 0.27 | 0.00 | A7 | |
| 828 | | 10.83 | 11.16 | 11.34 | 0.33 | 0.18 | A8 | |
| 829 | | 12.22 | 12.61 | 12.93 | 0.42 | 0.29 | F0 | |
| 830 | 040141 | 8.81 | 10.26 | 11.84 | 1.45 | 1.56 | K2 | |
| 831 | | 11.90 | 12.43 | 12.77 | 0.53 | 0.34 | F7 | |
| 832 | | 10.70 | 11.02 | 11.12 | 0.32 | 0.10 | F0 | |
| 833 | | 12.12 | 12.63 | 12.82 | 0.51 | 0.19 | F5 | |
| 834 | | 12.08 | 12.48 | 12.74 | 0.40 | 0.26 | — | |
| 835 | 040092 | 7.90 | 7.89 | 7.94 | -0.01 | 0.05 | A0 | 4 |
| 836 | | 11.64 | 11.69 | 11.92 | +0.05 | 0.23 | A0 | |
| 837 | | 10.85 | 12.79 | 14.46 | 1.94 | 1.67 | M5 | |
| 838 | | 11.88 | 12.21 | 12.57 | 0.33 | 0.36 | A8 | |
| 839 | | 11.81 | 12.27 | 12.37 | 0.46 | 0.10 | F3 | |
| 840 | 040077 | 6.00 | | | | | F5 | 1.4 |
| 841 | | 12.08 | 12.42 | 12.82 | 0.34 | 0.40 | A8 | |
| 842 | | 10.90 | 12.26 | 13.59 | 1.36 | 1.33 | K8 | |
| 843 | | 11.48 | 12.17 | 12.72 | 0.69 | 0.55 | G2 | |
| 844 | | 12.28 | 12.69 | 12.73 | 0.41 | 0.04 | A8 | |
| 845 | | 11.77 | 12.53 | 12.94 | 0.76 | 0.41 | G5 | |
| 846 | | 12.00 | 12.55 | 12.64 | 0.55 | 0.09 | F7 | |
| 847 | | 12.10 | 12.44 | 12.62 | 0.34 | 0.18 | A7 | |
| 848 | | 11.63 | 12.31 | 13.02 | 0.68 | 0.71 | G3 | |
| 849 | | 12.22 | 12.64 | 12.87 | 0.42 | 0.23 | F3 | |
| 850 | | 9.95 | 10.06 | 10.19 | 0.11 | 0.13 | A2 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 851 | 040113 | 8.99 | 10.16 | 11.13 | -1.17 | +0.97 | K0 | 4 |
| 852 | | 12.17 | 12.48 | 12.97 | 0.31 | 0.49 | A8 | |
| 853 | | 10.47 | 10.88 | 11.04 | 0.41 | 0.16 | F3 | |
| 854 | | 10.48 | 10.61 | 10.62 | 0.13 | 0.01 | A3 | |
| 855 | | 11.21 | 11.36 | 11.72 | 0.15 | 0.36 | A3 | |
| 856 | | 10.43 | 10.53 | 10.71 | 0.10 | 0.18 | A2 | |
| 857 | | 11.65 | 12.84 | 13.89 | 1.18 | 1.05 | K3 | |
| 858 | | 10.68 | 10.80 | 11.10 | 0.12 | 0.30 | F0 | |
| 859 | | 9.58 | 10.19 | 10.22 | 0.61 | 0.03 | F5 | |
| 860 | | 11.41 | 12.07 | 12.24 | 0.66 | 0.17 | G0 | |
| 861 | | 10.53 | 10.81 | 10.82 | 0.28 | 0.01 | A8 | |
| 862 | | 11.41 | 12.07 | 12.24 | 0.66 | 0.17 | G0 | |
| 863 | 040085 | 9.63 | 9.67 | 9.75 | 0.04 | 0.08 | A2 | 2.4 |
| 864 | | 12.04 | | | | | A2 | 1 |
| 865 | | 12.91 | | | | | K8 | 1 |
| 866 | | 12.37 | | | | | F3 | 1 |
| 867 | | 11.72 | 11.89 | 12.54 | 0.17 | 0.65 | A5 | 2 |
| 868 | | 12.09 | 12.46 | 12.99 | 0.37 | 0.53 | K0 | 2 |
| 869 | | 10.00 | | | | | F2 | 1 |
| 870 | 040117 | 9.85 | | | | | K0 | 1.4 |
| 871 | | 10.04 | | | | | A3 | 1 |
| 872 | | 10.90 | | | | | A3 | 1 |
| 873 | | 12.92 | | | | | — | 1 |
| 874 | | 11.67 | | | | | A2 | 1 |
| 875 | | 10.98 | | | | | F5 | 1 |
| 876 | | 12.54 | | | | | G5 | 1 |
| 877 | 040114 | 10.01 | 10.08 | 10.06 | +0.07 | -0.02 | A0 | |
| 878 | | 10.57 | 10.82 | 11.05 | 0.25 | +0.24 | A7 | |
| 879 | | 11.63 | 12.17 | 12.31 | 0.54 | 0.14 | A3 | |
| 880 | | 11.36 | 11.45 | 11.72 | 0.09 | 0.27 | A3 | |
| 881 | | 12.01 | 12.10 | 12.37 | 0.09 | 0.27 | A2 | |
| 882 | | 12.50 | 12.84 | 13.23 | 0.34 | 0.39 | F0 | |
| 883 | | 11.88 | 12.05 | 12.38 | 0.17 | 0.33 | A5 | |
| 884 | | 12.48 | 12.91 | 12.99 | 0.43 | 0.08 | F5 | |
| 885 | | 12.14 | 12.31 | 12.59 | 0.17 | 0.28 | A5 | |
| 886 | | 11.74 | 12.81 | 13.90 | 1.07 | 1.09 | K3 | |
| 887 | | 12.20 | 12.52 | 12.73 | 0.32 | 0.21 | A8 | |
| 888 | | 12.01 | 12.38 | 12.60 | 0.37 | 0.22 | F1 | |
| 889 | 040096 | 9.52 | 9.85 | 10.03 | 0.33 | 0.18 | F0 | |
| 890 | | 10.61 | 11.38 | 11.46 | 0.77 | 0.08 | G5 | |
| 891 | | 11.48 | 12.23 | 12.86 | 0.75 | 0.63 | G3 | |
| 892 | | 12.20 | 12.53 | 12.90 | 0.33 | 0.37 | F0 | |
| 893 | | 10.60 | 11.50 | 12.59 | 0.90 | 1.09 | G2 | |
| 894 | | 11.24 | 11.41 | 11.67 | 0.17 | 0.26 | A5 | |
| 895 | | 11.79 | 12.07 | 12.24 | 0.28 | 0.17 | A6 | |
| 896 | | 11.99 | 12.51 | 12.78 | 0.52 | 0.27 | F7 | |
| 897 | | 9.69 | 9.89 | 10.12 | 0.20 | 0.23 | A2 | 3 |
| 898 | | 10.65 | 11.04 | 11.52 | 0.39 | 0.48 | F2 | |
| 899 | | 12.36 | 12.59 | 12.88 | 0.23 | 0.29 | A8 | |
| 900 | | 10.36 | 10.87 | 10.98 | 0.51 | 0.11 | F3 | |
| 901 | | 11.05 | 11.23 | 11.65 | 0.18 | 0.42 | A5 | |
| 902 | | 11.12 | 11.68 | 12.08 | 0.56 | 0.40 | F8 | |
| 903 | | 11.06 | 11.30 | 11.85 | 0.24 | 0.55 | A7 | |
| 904 | | 11.47 | 11.66 | 11.93 | 0.19 | 0.27 | A5 | |
| 905 | | 10.16 | 11.44 | 12.93 | 1.28 | 1.49 | K0 | |
| 906 | | 11.49 | 13.29 | 14.52 | 1.70 | 1.23 | M0 | |
| 907 | | 11.46 | 12.05 | 12.55 | 0.59 | 0.50 | G0 | |
| 908 | 040069 | 8.74 | 9.84 | 10.86 | 1.10 | 1.02 | K0 | 4 |
| 909 | | 11.38 | 11.89 | 12.47 | 0.51 | 0.58 | F7 | |
| 910 | | 11.55 | 12.12 | 12.54 | 0.57 | 0.42 | F8 | |
| 911 | | 11.70 | 11.87 | 12.02 | 0.17 | 0.15 | A2 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 912 | | 12.11 | 12.46 | 12.96 | +0.35 | +0.50 | — | |
| 913 | | 11.44 | 12.73 | 13.95 | 1.29 | 1.22 | K7 | |
| 914 | | 9.51 | 9.68 | 9.88 | 0.17 | 0.20 | F2 | 3 |
| 915 | | 11.43 | 11.76 | 12.04 | 0.33 | 0.28 | — | |
| 916 | | 12.08 | 12.39 | 12.69 | 0.31 | 0.30 | A8 | |
| 917 | | 11.47 | 11.87 | 12.20 | 0.40 | 0.33 | F0 | |
| 918 | | 11.08 | 11.14 | 11.30 | 0.06 | 0.16 | A2 | |
| 919 | | 12.10 | 12.46 | | 0.36 | | F2 | |
| 920 | | 12.42 | 12.57 | | 0.15 | | A7 | |
| 921 | | 11.62 | 12.00 | 12.30 | 0.38 | 0.30 | F0 | |
| 922 | | 11.95 | 12.16 | 12.29 | 0.21 | 0.13 | A2 | 2 |
| 923 | | 12.15 | | | | | A7 | 1 |
| 924 | | 11.41 | 11.78 | 12.24 | 0.37 | 0.46 | F0 | |
| 925 | | 12.13 | 12.58 | 12.81 | 0.45 | 0.23 | F3 | |
| 926 | | 11.96 | 12.38 | 12.71 | 0.42 | 0.33 | F2 | |
| 927 | | 12.84 | 13.31 | 13.61 | 0.47 | 0.30 | — | |
| 928 | | 11.84 | 12.56 | 12.92 | 0.72 | 0.36 | G2 | |
| 929 | | 10.95 | 11.42 | 12.07 | 0.47 | 0.65 | F5 | |
| 930 | 040037 | 9.16 | 9.19 | 9.27 | 0.03 | 0.08 | A0 | 4 |
| 931 | | 11.35 | 11.73 | | 0.38 | | F0 | 2 |
| 932 | | 11.21 | 11.25 | | 0.01 | | A8 | 2 |
| 933 | | 12.18 | 12.51 | | 0.33 | | A7 | 2 |
| 934 | | 12.52 | 12.67 | 12.79 | 0.15 | 0.12 | A5 | |
| 935 | | 12.74 | 12.81 | | 0.07 | | — | 2 |
| 936 | | 11.29 | | | | | F0 | 1 |
| 937 | | 12.06 | | | | | A3 | 1 |
| 938 | | 9.89 | 10.91 | 11.86 | 1.02 | 0.96 | G7 | 3 |
| 939 | | 11.39 | | | | | G2 | 1 |
| 940 | | 10.56 | 11.91 | 12.67 | 1.35 | 0.76 | K3 | |
| 941 | | 11.75 | 12.35 | 12.94 | 0.60 | 0.59 | G0 | |
| 942 | | 11.38 | 12.04 | 12.75 | 0.66 | 0.71 | G2 | |
| 943 | | 11.72 | 12.09 | 12.29 | 0.37 | 0.20 | F2 | |
| 944 | | 10.72 | 10.98 | 11.26 | 0.26 | 0.28 | A2 | |
| 945 | | 11.05 | 11.87 | 12.60 | 0.81 | 0.73 | K0 | |
| 946 | | 10.40 | 10.58 | 10.65 | 0.18 | 0.07 | A8 | |
| 947 | | 11.82 | 12.92 | 13.60 | 1.10 | 0.68 | K0 | |
| 948 | | 12.00 | | | | | F5 | 1 |
| 949 | | 12.91 | 13.48 | | 0.57 | | F7 | |
| 950 | | 10.87 | 12.10 | 13.49 | 1.23 | 1.39 | K5 | |
| 951 | | 12.44 | | | | | F3 | 1 |
| 952 | | 10.99 | | | | | G0 | 1 |
| 953 | | 12.95 | 13.48 | | 0.53 | | — | |
| 954 | | 12.03 | 12.37 | 12.95 | 0.34 | 0.58 | F0 | 2 |
| 955 | | 10.04 | 10.42 | 10.58 | 0.38 | 0.16 | F2 | |
| 956 | | 11.03 | 11.49 | 11.72 | 0.46 | 0.23 | F3 | |
| 957 | | 10.49 | 12.31 | 14.14 | 1.82 | 1.83 | M5 | |
| 958 | | 11.94 | 12.53 | 12.65 | 0.59 | 0.12 | G0 | |
| 959 | | 12.10 | 12.96 | 13.33 | 0.86 | 0.37 | K0 | |
| 960 | | 12.18 | 12.65 | 12.92 | 0.47 | 0.27 | F5 | |
| 961 | | 12.12 | 13.01 | 13.57 | 0.89 | 0.56 | — | |
| 962 | | 11.47 | 12.97 | 14.94 | 1.50 | 1.97 | K7 | |
| 963 | | 11.32 | 11.66 | 11.97 | 0.34 | 0.31 | A7 | 2 |
| 964 | 040310 | 9.32 | 9.44 | | 0.12 | | A0 | 2,4 |
| 965 | | 11.54 | | | | | F5 | 1 |
| 966 | | 10.20 | 10.89 | 11.02 | 0.69 | 0.13 | G2 | |
| 967 | 040321 | 9.20 | 10.20 | 11.24 | 1.00 | 1.24 | K0 | |
| 968 | 040314 | 8.38 | 9.95 | 12.13 | 1.57 | 2.18 | K0 | 3 |
| 969 | | 11.77 | 12.90 | 13.81 | 1.13 | 0.91 | K3 | 3 |
| 970 | 040305 | 8.81 | 9.90 | 11.01 | 1.09 | 1.11 | K0 | 4 |
| 971 | | 11.93 | 12.66 | 13.33 | 0.73 | 0.67 | G2 | |
| 972 | | 11.90 | | | | | G0 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| 973 | | 12.66 | | | | | G5 | 1 |
| 974 | | 12.86 | | | | | G0 | 1 |
| 975 | | 11.81 | | | | | K0 | 1 |
| 976 | | 11.83 | | | | | K0 | 1 |
| 977 | | 12.78 | 13.24 | | +0.46 | | F3 | 2 |
| 978 | | 10.92 | 11.60 | 12.15 | 0.68 | +0.55 | G0 | 2 |
| 979 | | 8.99 | 9.85 | 10.57 | 0.86 | 0.72 | G5 | 2 |
| 980 | | 11.35 | 11.89 | 12.41 | 0.54 | 0.52 | F3 | |
| 981 | | 9.42 | 10.52 | 11.77 | 1.10 | 1.25 | G5 | |
| 982 | | 11.37 | 12.36 | 13.15 | 0.99 | 0.79 | K2 | |
| 983 | | 11.99 | 12.85 | 13.31 | 0.86 | 0.46 | K0 | |
| 984 | | 11.27 | 11.62 | 12.05 | 0.35 | 0.43 | A7 | |
| 985 | 040323 | 8.60 | 8.80 | 8.95 | 0.20 | 0.15 | A2 | 4 |
| 986 | | 10.74 | 12.38 | 13.62 | 1.64 | 1.24 | M0 | |
| 987 | | 12.66 | 12.99 | 13.19 | 0.33 | 0.20 | A7 | |
| 988 | | 11.90 | 12.76 | 13.42 | 0.86 | 0.66 | G6 | |
| 989 | | 10.73 | 11.09 | 11.32 | 0.36 | 0.23 | A8 | |
| 990 | | 12.16 | 12.87 | 13.06 | 0.71 | 0.19 | G2 | |
| 991 | | 11.70 | 12.17 | 12.59 | 0.47 | 0.42 | F3 | |
| 992 | | 11.12 | 12.43 | 13.45 | 1.31 | 1.02 | K5 | |
| 993 | | 10.79 | 12.64 | 14.61 | 1.75 | 1.97 | M5 | |
| 994 | | 12.50 | 13.17 | 13.27 | 0.67 | 0.10 | — | |
| 995 | | 11.68 | 12.30 | 12.81 | 0.62 | 0.51 | G0 | |
| 996 | | 11.43 | 12.27 | 12.62 | 0.84 | 0.35 | K0 | |
| 997 | | 11.10 | 11.44 | 11.93 | 0.34 | 0.59 | F3 | |
| 998 | | 11.77 | 12.59 | 13.14 | 0.82 | 0.55 | — | 3 |
| 999 | | 11.13 | 11.55 | 11.81 | 0.42 | 0.26 | F5 | |
| 1000 | | 10.65 | 10.77 | 10.88 | 0.12 | 0.11 | B9 | |
| 1001 | | 11.31 | 11.73 | 12.12 | 0.42 | 0.39 | F2 | |
| 1002 | | 11.54 | 12.74 | 13.66 | 1.20 | 0.92 | K5 | |
| 1003 | | 11.88 | 12.12 | 12.61 | 0.24 | 0.49 | A8 | |
| 1004 | | 11.17 | 11.63 | 12.03 | 0.46 | 0.40 | F3 | |
| 1005 | | 11.48 | 11.91 | 12.22 | 0.43 | 0.31 | F1 | |
| 1006 | | 11.26 | 11.64 | 12.28 | 0.38 | 0.64 | F0 | |
| 1007 | | 11.50 | 12.73 | 13.63 | 1.23 | 0.90 | F5 | |
| 1008 | | 12.60 | | | | | K0 | 1 |
| 1009 | | 12.39 | | | | | K0 | 1 |
| 1010 | | 12.34 | | | | | F5 | 1 |
| 1011 | | 12.42 | | | | | K7 | 1 |
| 1012 | | 12.91 | | | | | G0 | 1 |
| 1013 | | 12.41 | | | | | G2 | 1 |
| 1014 | | 12.74 | 13.44 | | 0.70 | | G2 | |
| 1015 | | 12.49 | | | | | A8 | 1 |
| 1016 | | 10.81 | | | | | F2 | 1 |
| 1017 | | 10.63 | 11.94 | 12.99 | 1.31 | 1.05 | K2 | |
| 1018 | | 10.93 | 11.53 | 11.91 | 0.60 | 0.38 | G0 | |
| 1019 | | 9.87 | 11.76 | 14.26 | 1.89 | 2.50 | M5 | |
| 1020 | | 10.80 | 11.93 | 12.80 | 1.13 | 0.87 | — | |
| 1021 | | 10.42 | 11.37 | 12.35 | 0.95 | 0.98 | K3 | |
| 1022 | | 12.55 | 12.80 | 13.41 | 0.25 | 0.61 | A7 | |
| 1023 | | 9.92 | 9.96 | 9.68 | 0.04 | -0.28 | B9 | |
| 1024 | | 10.93 | 11.39 | 11.45 | 0.46 | +0.06 | F3 | |
| 1025 | | 12.01 | 12.80 | 13.19 | 0.79 | 0.39 | K0 | |
| 1026 | | 10.43 | 10.64 | 10.73 | 0.21 | 0.09 | A5 | |
| 1027 | | 11.12 | 11.40 | 11.52 | 0.28 | 0.12 | — | |
| 1028 | | 11.36 | 11.74 | 12.39 | 0.38 | 0.65 | F3 | |
| 1029 | | 11.28 | 11.85 | 12.20 | 0.57 | 0.35 | F5 | |
| 1030 | | 9.72 | 9.87 | 9.66 | 0.15 | -0.21 | A0 | |
| 1031 | | 9.54 | 10.81 | 12.00 | 1.27 | +1.19 | K2 | |
| 1032 | | 9.84 | 10.27 | 10.28 | 0.43 | 0.01 | F0 | |
| 1033 | | 9.45 | 10.42 | 11.16 | 0.97 | 0.74 | G2 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|----|
| 1034 | | 10.33 | 10.80 | 10.95 | +0.47 | +0.15 | F3 | |
| 1035 | | 10.89 | 11.47 | 11.77 | 0.58 | 0.30 | F7 | |
| 1036 | | 9.77 | 10.38 | 10.65 | 0.61 | 0.27 | F8 | |
| 1037 | | 10.35 | 10.54 | 10.58 | 0.19 | 0.04 | A5 | |
| 1038 | | 10.31 | 10.50 | 10.46 | 0.19 | -0.04 | A0 | |
| 1039 | | 9.70 | 9.73 | 9.36 | 0.03 | 0.37 | B8 | |
| 1040 | | 10.18 | 10.23 | 10.20 | 0.05 | 0.03 | A0 | |
| 1041 | | 9.88 | 10.39 | 10.40 | 0.51 | +0.01 | F5 | |
| 1042 | | 11.56 | 12.02 | 12.34 | 0.46 | 0.32 | F3 | |
| 1043 | | 11.46 | 12.37 | 13.02 | 0.91 | 0.65 | K2 | |
| 1044 | | 11.77 | 12.23 | 12.60 | 0.46 | 0.37 | F5 | |
| 1045 | | 11.76 | 12.43 | 12.91 | 0.67 | 0.48 | G0 | |
| 1046 | | 11.75 | 12.17 | 12.55 | 0.42 | 0.38 | F2 | |
| 1047 | | 11.67 | 12.25 | 12.29 | 0.58 | 0.24 | F8 | |
| 1048 | | 11.17 | 11.47 | 11.81 | 0.30 | 0.34 | — | |
| 1049 | | 10.72 | 12.56 | 14.50 | 1.86 | 1.94 | M5 | |
| 1050 | | 11.74 | 12.55 | 12.98 | 0.81 | 0.43 | K0 | |
| 1051 | | 12.11 | 12.93 | 13.22 | 0.82 | 0.29 | K0 | |
| 1052 | | 11.43 | 11.73 | 12.04 | 0.30 | 0.31 | A8 | |
| 1053 | | 10.13 | 11.85 | 14.02 | 1.72 | 2.17 | M5 | |
| 1054 | 040282 | 8.36 | 9.93 | 11.75 | 1.57 | 1.82 | K5 | |
| 1055 | | 9.47 | 11.36 | 13.06 | 1.89 | 1.70 | M0 | |
| 1056 | | 11.58 | 12.16 | 12.51 | 0.58 | 0.35 | F7 | |
| 1057 | | 11.50 | 12.15 | 12.42 | 0.65 | 0.27 | G0 | |
| 1058 | | 10.13 | 10.68 | 10.90 | 0.55 | 0.22 | F3 | |
| 1059 | | 11.20 | 11.73 | 11.97 | 0.53 | 0.24 | F2 | |
| 1060 | | 12.79 | 13.37 | 13.77 | 0.58 | 0.40 | — | |
| 1061 | | 11.18 | 11.67 | 12.03 | 0.49 | 0.36 | F5 | |
| 1062 | | 11.25 | 12.34 | 13.09 | 1.09 | 0.75 | K0 | |
| 1063 | | 11.65 | 12.51 | 12.88 | 0.86 | 0.37 | — | |
| 1064 | | 11.33 | 12.11 | 12.43 | 0.78 | 0.32 | G0 | |
| 1065 | | 11.88 | 12.33 | 12.90 | 0.45 | 0.57 | F3 | |
| 1066 | | 11.71 | 12.35 | 12.67 | 0.64 | 0.32 | G0 | |
| 1067 | | 11.42 | 12.39 | 12.77 | 0.97 | 0.38 | K2 | |
| 1068 | | 10.68 | 10.97 | 11.38 | 0.29 | 0.41 | A8 | |
| 1069 | | 11.20 | 11.80 | 12.40 | 0.60 | 0.60 | — | |
| 1070 | | 10.97 | 11.93 | 13.39 | 0.96 | 1.46 | K3 | |
| 1071 | | 10.42 | 10.72 | 11.00 | 0.30 | 0.28 | A8 | |
| 1072 | | 10.22 | 11.85 | 13.79 | 1.63 | 1.94 | M5 | |
| 1073 | | 12.59 | 13.89 | | 1.30 | | K7 | 2' |
| 1074 | | 12.67 | | | | | K8 | 1 |
| 1075 | | 10.94 | 11.59 | 11.87 | 0.65 | 0.28 | B8 | 2' |
| 1076 | | 11.98 | 12.80 | | 0.82 | | A7 | 2 |
| 1077 | | 12.67 | | | | | K8 | 1 |
| 1078 | | 11.12 | | | | | K0 | 1 |
| 1079 | | 12.84 | | | | | K7 | 1 |
| 1080 | | 12.41 | | | | | G5 | 1 |
| 1081 | | 11.90 | | | | | F5 | 1 |
| 1082 | | 10.39 | | | | | A2 | 1 |
| 1083 | | 11.32 | | | | | G0 | 1 |
| 1084 | | 11.96 | | | | | F7 | 1 |
| 1085 | | 11.80 | | | | | K0 | 1 |
| 1086 | | 12.18 | | | | | G3 | 1 |
| 1087 | | 11.50 | | | | | A7 | 1 |
| 1088 | | 11.31 | | | | | K0 | 1 |
| 1089 | | 12.18 | | | | | G2 | 1 |
| 1090 | | 12.11 | | | | | K2 | 1 |
| 1091 | | 12.72 | | | | | G7 | 1 |
| 1092 | | 11.85 | | | | | A9 | 1 |
| 1093 | | 9.89 | | | | | B7 | 1 |
| 1094 | | 11.00 | | | | | A7 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 1095 | | 12.00 | | | | | F7 | 1 |
| 1096 | | 11.80 | | | | | K2 | 1 |
| 1097 | | 13.04 | | | | | K3 | 1 |
| 1098 | | 13.10 | | | | | M0 | 1 |
| 1099 | | 12.80 | | | | | M5 | 1 |
| 1100 | | 12.30 | | | +0.51 | +0.23 | K7 | 1 |
| 1101 | | 12.97 | 13.48 | 13.71 | 0.70 | 0.26 | F5 | |
| 1102 | | 11.81 | 12.51 | 12.77 | 0.12 | 0.10 | G2 | |
| 1103 | | 11.29 | 11.41 | 11.51 | 0.73 | 0.22 | A2 | |
| 1104 | | 10.75 | 11.48 | 11.70 | 0.61 | 0.17 | G2 | |
| 1105 | | 11.70 | 12.31 | 12.48 | 0.87 | 0.61 | G0 | |
| 1106 | | 12.06 | 12.93 | 13.54 | 0.46 | 0.02 | K0 | |
| 1107 | | 10.27 | 10.73 | 10.75 | 0.65 | 0.36 | F2 | |
| 1108 | | 11.57 | 12.22 | 12.58 | 0.55 | 0.23 | F8 | |
| 1109 | | 12.05 | 12.60 | 12.83 | 1.15 | 0.65 | F7 | |
| 1110 | | 9.37 | 10.52 | 11.17 | 0.56 | 0.51 | G8 | |
| 1111 | | 11.39 | 11.95 | 12.46 | 1.06 | 0.44 | F8 | |
| 1112 | | 11.81 | 12.87 | 13.31 | 0.45 | 0.14 | K2 | |
| 1113 | | 9.71 | 10.16 | 10.30 | 0.97 | 0.35 | F0 | |
| 1114 | | 11.01 | 11.98 | 12.33 | 0.92 | 0.42 | G5 | |
| 1115 | | 11.86 | 12.78 | 13.20 | 0.62 | 0.25 | K0 | |
| 1116 | | 9.51 | 10.13 | 10.38 | 1.25 | 1.22 | F4 | |
| 1117 | | 8.83 | 10.08 | 11.30 | 0.66 | 0.24 | K3 | |
| 1118 | | 11.10 | 11.76 | 12.00 | 0.17 | -0.10 | G0 | |
| 1119 | | 10.21 | 10.38 | 10.28 | 1.07 | +0.63 | A2 | |
| 1120 | | 10.50 | 11.57 | 12.20 | | | K3 | |
| 1121 | 040242 | 7.56 | | | 1.15 | +0.81 | K0 | 1,4 |
| 1122 | | 10.36 | 11.51 | 12.32 | 0.45 | 0.11 | K0 | |
| 1123 | | 10.60 | 11.05 | 11.16 | 0.96 | 0.59 | F2 | |
| 1124 | | 11.06 | 12.02 | 12.61 | 0.04 | 0.68 | K0 | |
| 1125 | 040230 | 7.40 | 7.44 | 7.52 | 0.38 | 0.39 | A0 | 4 |
| 1126 | | 11.41 | 11.79 | 12.18 | 0.03 | -0.36 | F0 | |
| 1127 | | 10.43 | 10.46 | 10.10 | 0.24 | 0.03 | B8 | |
| 1128 | | 10.63 | 10.87 | 10.84 | 0.56 | +0.32 | A3 | |
| 1129 | | 12.16 | 12.72 | 13.04 | 0.08 | -0.10 | F8 | |
| 1130 | 040244 | 8.82 | 8.90 | 8.80 | 1.35 | +0.69 | B9 | 4 |
| 1131 | | 10.63 | 11.98 | 12.67 | 0.79 | 0.35 | K3 | |
| 1132 | | 11.40 | 12.19 | 12.54 | 0.83 | 0.35 | K0 | |
| 1133 | | 11.74 | 12.57 | 12.92 | 0.59 | 0.07 | K0 | |
| 1134 | | 10.13 | 10.72 | 10.79 | 0.93 | 0.44 | F6 | |
| 1135 | | 12.12 | 13.05 | 13.49 | 1.12 | 0.40 | K0 | |
| 1136 | | 11.99 | 13.11 | 13.51 | 0.47 | 0.17 | K2 | |
| 1137 | | 11.91 | 12.38 | 12.55 | 0.86 | 0.36 | F3 | |
| 1138 | | 11.34 | 12.20 | 12.56 | 0.61 | 0.18 | K0 | |
| 1139 | | 10.12 | 10.73 | 10.91 | 0.33 | 0.08 | F5 | |
| 1140 | | 10.74 | 11.07 | 11.15 | 0.09 | -0.01 | A7 | |
| 1141 | 040232 | 8.60 | 8.69 | 8.68 | 0.05 | 0.28 | A0 | 4 |
| 1142 | 040221 | 9.34 | 9.39 | 9.11 | 0.16 | +0.01 | B9 | |
| 1143 | | 9.52 | 9.68 | 9.69 | 0.58 | 0.14 | A1 | |
| 1144 | | 12.20 | 12.78 | 13.12 | 0.78 | 0.34 | G8 | |
| 1145 | | 11.27 | 12.05 | 12.39 | 0.33 | 0.32 | G7 | |
| 1146 | | 11.92 | 12.25 | 12.57 | 0.77 | 0.29 | A7 | |
| 1147 | | 11.12 | 11.89 | 12.19 | 0.32 | 0.54 | G8 | |
| 1148 | | 11.58 | 11.90 | 12.44 | 0.22 | 0.38 | — | |
| 1149 | | 12.00 | 12.22 | 12.60 | 0.50 | 0.02 | F7 | |
| 1150 | | 9.86 | 10.38 | 10.40 | 0.33 | 0.04 | F1 | |
| 1151 | 040256 | 8.20 | 8.53 | 8.57 | 0.19 | 0.38 | F0 | 4 |
| 1152 | | 11.17 | 11.36 | 11.74 | 0.32 | 0.19 | A5 | |
| 1153 | | 10.30 | 10.62 | 10.81 | 1.47 | 1.63 | A7 | |
| 1154 | | 10.66 | 12.13 | 13.76 | 1.10 | 0.60 | K8 | |
| 1155 | | 11.70 | 12.80 | 13.40 | | | K2 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-------|
| 1156 | | 11.01 | 12.46 | 13.32 | +1.45 | +0.86 | K3 | |
| 1157 | | 11.44 | 12.08 | 12.23 | 0.64 | 0.15 | G0 | |
| 1158 | | 11.38 | 12.04 | 12.20 | 0.66 | 0.16 | G0 | |
| 1159 | | 11.88 | 12.37 | 12.71 | 0.49 | 0.34 | — | |
| 1160 | | 11.09 | 12.79 | 14.12 | 1.70 | 1.33 | K5 | |
| 1161 | | 10.49 | 11.05 | 11.12 | 0.56 | 0.07 | — | |
| 1162 | | 10.13 | 10.64 | 10.76 | 0.51 | 0.12 | — | |
| 1163 | | 11.63 | 12.46 | 12.81 | 0.83 | 0.35 | K0 | |
| 1164 | | 12.49 | 13.16 | 13.34 | 0.67 | 0.18 | — | |
| 1165 | | 11.42 | 12.02 | 12.12 | 0.60 | 0.10 | G0 | |
| 1165 | | 10.83 | 12.68 | 14.85 | 1.85 | 2.17 | M5 | |
| 1167 | | 11.42 | 12.23 | 12.33 | 0.81 | 0.10 | G8 | |
| 1168 | | 11.36 | 11.96 | 12.10 | 0.60 | 0.14 | G0 | |
| 1169 | | 10.61 | 11.31 | 11.44 | 0.70 | 0.13 | G0 | |
| 1170 | | 10.30 | 10.98 | 11.09 | 0.68 | 0.11 | G2 | |
| 1171 | | 11.57 | 12.34 | 12.59 | 0.77 | 0.25 | G7 | |
| 1172 | | 11.23 | 11.84 | 11.96 | 0.61 | 0.12 | F8 | |
| 1173 | | 11.35 | 11.71 | 12.09 | 0.36 | 0.38 | G0 | |
| 1174 | | 10.76 | 12.19 | 12.99 | 1.43 | 0.80 | K8 | |
| 1175 | 040212 | 9.17 | 10.25 | 10.95 | 1.08 | 0.70 | K0 | |
| 1176 | | 11.35 | 12.40 | 12.96 | 1.05 | 0.56 | K2 | |
| 1177 | | 11.59 | 12.12 | 12.34 | 0.53 | 0.22 | — | |
| 1178 | | 10.34 | 10.60 | 10.98 | 0.26 | 0.38 | A7 | |
| 1179 | | 10.57 | 11.39 | 11.55 | 0.82 | 0.16 | G5 | |
| 1180 | 040209 | 8.94 | 9.05 | 9.05 | 0.11 | 0.00 | A0 | ‡ |
| 1181 | | 10.45 | 11.30 | 11.57 | 0.85 | 0.27 | K0 | |
| 1182 | 040231 | 8.17 | 8.27 | 8.39 | 0.10 | 0.12 | A0 | ‡ |
| 1183 | | 10.14 | 10.49 | 10.58 | 0.35 | 0.09 | A8 | |
| 1184 | | 11.64 | 12.45 | 12.65 | 0.81 | 0.20 | K0 | |
| 1185 | | 11.26 | 11.73 | 12.14 | 0.47 | 0.41 | F7 | |
| 1186 | | 11.59 | 12.95 | 13.95 | 1.36 | 1.00 | K7 | |
| 1187 | | 11.10 | 11.60 | 12.04 | 0.50 | 0.44 | F5 | |
| 1188 | | 11.05 | 11.61 | 11.69 | 0.56 | 0.08 | F8 | |
| 1189 | | 11.05 | 11.31 | 11.22 | 0.26 | -0.09 | A7 | |
| 1190 | 040230 | 8.80 | 9.00 | 9.21 | 0.20 | +0.21 | A2 | ‡ |
| 1191 | 040246 | 8.63 | 8.79 | 8.93 | 0.16 | 0.14 | A3 | ‡ |
| 1192 | | 10.61 | 11.21 | 11.32 | 0.60 | 0.11 | G0 | |
| 1193 | | 11.07 | 11.78 | 11.97 | 0.71 | 0.19 | G2 | |
| 1194 | 040226 | 9.00 | | | | | F0 | 1,3,4 |
| 1195 | | 11.84 | 12.55 | 12.72 | 0.71 | 0.17 | G5 | |
| 1196 | | 12.38 | 13.02 | 13.09 | 0.64 | 0.07 | G0 | |
| 1197 | | 11.34 | 12.00 | 12.03 | 0.66 | 0.03 | G0 | |
| 1198 | | 11.82 | 12.57 | 12.81 | 0.75 | 0.24 | G3 | |
| 1199 | | 10.92 | 11.62 | 11.73 | 0.70 | 0.11 | G0 | |
| 1200 | | 9.83 | 10.37 | 10.45 | 0.54 | 0.08 | F4 | |
| 1201 | | 11.31 | 11.91 | 11.94 | 0.60 | 0.03 | F8 | |
| 1202 | | 10.61 | 11.36 | 11.66 | 0.75 | 0.30 | G2 | |
| 1203 | | 12.29 | 12.87 | 13.17 | 0.58 | 0.30 | F7 | |
| 1204 | | 11.08 | 11.68 | 11.81 | 0.60 | 0.13 | F8 | |
| 1205 | 040181 | 9.22 | 9.90 | 10.15 | 0.68 | 0.25 | — | |
| 1205 | | 9.80 | 11.11 | 11.93 | 1.31 | 0.82 | K3 | |
| 1207 | | 11.39 | 11.99 | 12.38 | 0.60 | 0.39 | G0 | |
| 1208 | | 11.70 | 12.21 | 12.24 | 0.51 | 0.03 | F5 | |
| 1209 | | 10.83 | 11.15 | 11.28 | 0.32 | 0.13 | A8 | |
| 1210 | | 12.33 | 12.89 | 13.42 | 0.56 | 0.53 | — | |
| 1211 | 040194 | 9.26 | 9.34 | 9.38 | 0.08 | 0.04 | A0 | ‡ |
| 1212 | | 11.72 | 12.10 | 12.32 | 0.38 | 0.22 | — | |
| 1213 | | 11.38 | 12.13 | 12.36 | 0.75 | 0.21 | G3 | |
| 1214 | | 11.21 | 11.52 | 11.55 | 0.31 | 0.03 | A8 | |
| 1215 | | 11.67 | 12.32 | 12.36 | 0.65 | 0.04 | G0 | |
| 1215 | | 12.20 | 12.99 | 13.35 | 0.79 | 0.36 | G7 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| | | | | | +0.92 | +0.32 | G8 | |
| 1217 | | 9.55 | 10.47 | 10.79 | 1.66 | 1.09 | M0 | |
| 1218 | | 11.17 | 12.83 | 13.92 | 0.37 | 0.21 | F0 | |
| 1219 | | 10.99 | 11.36 | 11.57 | 1.59 | 1.46 | K2 | 4 |
| 1220 | 040219 | 8.07 | 9.66 | 11.12 | 1.32 | 0.85 | K3 | |
| 1221 | | 10.76 | 12.08 | 12.93 | 0.71 | 0.43 | G2 | |
| 1222 | | 11.49 | 12.20 | 12.63 | 0.92 | 0.47 | K2 | |
| 1223 | | 11.29 | 12.21 | 12.68 | 0.46 | 0.30 | F3 | |
| 1224 | | 11.37 | 11.83 | 12.13 | 1.37 | 0.95 | K5 | |
| 1225 | | 9.88 | 11.25 | 12.20 | 0.60 | 0.34 | G0 | |
| 1226 | | 12.16 | 12.76 | 13.10 | 0.75 | 0.67 | G2 | |
| 1227 | | 12.72 | 13.47 | 14.14 | 0.85 | 0.40 | K0 | |
| 1228 | | 11.34 | 12.19 | 12.59 | 0.11 | -0.29 | B9 | |
| 1229 | | 10.34 | 10.45 | 10.16 | -0.01 | 0.06 | B8 | |
| 1230 | | 10.14 | 10.13 | 10.07 | +0.77 | +0.27 | G7 | |
| 1231 | | 11.73 | 12.50 | 12.77 | 0.97 | 0.70 | K0 | 4 |
| 1232 | 040161 | 8.44 | 9.41 | 10.11 | 1.76 | 1.26 | M0 | |
| 1233 | | 10.41 | 12.17 | 13.43 | 0.79 | 0.16 | G5 | |
| 1234 | | 10.63 | 11.42 | 11.58 | 0.81 | 0.35 | K0 | |
| 1235 | | 12.30 | 13.11 | 13.46 | | | B5 | 1 |
| 1236 | | 10.92 | | | 0.87 | 0.94 | K0 | |
| 1237 | | 12.78 | 13.65 | 14.59 | 1.64 | | K5 | |
| 1238 | | 10.23 | 11.87 | | 0.20 | 0.37 | A2 | 2 |
| 1239 | | 11.38 | 11.58 | 11.95 | | | G0 | 1 |
| 1240 | | 12.50 | | | | | F2 | 1 |
| 1241 | | 10.91 | | | | | K3 | 1 |
| 1242 | | 12.79 | | | | | F8 | 1 |
| 1243 | | 12.45 | | | | | K0 | |
| 1244 | | 11.68 | 12.58 | 13.15 | 0.90 | 0.57 | F8 | 2 |
| 1245 | | 11.72 | 11.75 | 12.07 | 0.03 | 0.32 | F7 | |
| 1246 | | 11.57 | 12.20 | 12.63 | 0.63 | 0.48 | F8 | 1 |
| 1247 | | 12.45 | | | | | F3 | 1 |
| 1248 | | 12.71 | | | | | A8 | 1 |
| 1249 | | 11.99 | | | | | A2 | 1 |
| 1250 | | 10.35 | | | | | — | 1 |
| 1251 | | 13.30 | | | | | G0 | 1 |
| 1252 | | 12.80 | | | | | G5 | 1 |
| 1253 | | 13.00 | | | | | K7 | 1 |
| 1254 | | 13.20 | | | | | K5 | 1 |
| 1255 | | 12.00 | | | | | F7 | 1 |
| 1256 | | 11.60 | | | | | K8 | 1 |
| 1257 | | 12.80 | | | | | — | 1 |
| 1258 | | 11.70 | | | | | — | 1 |
| 1259 | | 11.90 | | | | | F8 | 1 |
| 1260 | | 12.13 | | | | | A8 | 1 |
| 1261 | | 11.62 | | | | | F2 | 1 |
| 1262 | | 12.58 | | | | | F0 | 1 |
| 1263 | | 11.60 | | | | | G5 | 1 |
| 1264 | | 11.56 | | | | | A2 | 1 |
| 1265 | | 11.26 | | | | | F3 | |
| 1266 | | 12.05 | 12.60 | | 0.55 | | K3 | |
| 1267 | | 10.71 | 12.00 | 12.91 | 1.29 | 0.81 | — | |
| 1268 | | 11.24 | 12.06 | 12.46 | 0.82 | 0.40 | — | |
| 1269 | | 12.49 | 13.14 | 13.51 | 0.65 | 0.37 | G0 | |
| 1270 | | 12.31 | 12.91 | 13.29 | 0.60 | 0.38 | F8 | |
| 1271 | | 12.34 | 13.01 | 13.42 | 0.67 | 0.41 | — | |
| 1272 | | 11.72 | 12.51 | 12.77 | 0.79 | 0.26 | G7 | |
| 1273 | | 12.41 | 13.13 | 13.36 | 0.72 | 0.23 | G3 | |
| 1274 | | 12.78 | 13.43 | | 0.65 | | G0 | |
| 1275 | | 11.90 | | | | | F2 | 1 |
| 1276 | | 12.34 | | | | | K0 | 1 |
| 1277 | | 11.40 | | | | | F2 | 1 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|------|
| 1278 | | 11.60 | | | | | A7 | 1 |
| 1279 | | 12.50 | | | | | — | 1 |
| 1280 | | 12.50 | | | | | K2 | 1 |
| 1281 | | 12.20 | | | | | K0 | 1 |
| 1282 | | 12.85 | | | | | K8 | 1 |
| 1283 | | 12.87 | | | | | F7 | 1 |
| 1284 | | 12.60 | | | | | K2 | 1 |
| 1285 | | 10.71 | | | | | F3 | 1 |
| 1286 | | 11.24 | | | | | A7 | 1 |
| 1287 | | 13.04 | | | | | K0 | 1 |
| 1288 | | 13.28 | 14.00 | | +0.72 | | G3 | |
| 1289 | | 11.00 | 12.02 | 12.74 | 1.02 | +0.72 | K2 | |
| 1290 | | 9.94 | 10.23 | 10.51 | 0.29 | 0.28 | A8 | |
| 1291 | | 9.85 | 11.36 | 12.64 | 1.51 | 1.28 | K5 | |
| 1292 | | 10.58 | 10.85 | 11.19 | 0.27 | 0.34 | A7 | |
| 1293 | | 11.04 | 11.65 | 11.90 | 0.61 | 0.25 | F3 | |
| 1294 | | 12.28 | 13.19 | 13.56 | 0.91 | 0.37 | K2 | |
| 1295 | | 13.23 | | | | | — | 1 |
| 1296 | | 10.36 | 11.51 | 12.09 | 1.15 | 0.58 | K2 | |
| 1297 | | 11.83 | 12.63 | 13.11 | 0.80 | 0.48 | K0 | |
| 1298 | | 12.12 | | | | | G0 | 1 |
| 1299 | | 13.17 | | | | | K8 | 1 |
| 1300 | | 11.09 | | | | | A6 | 1 |
| 1301 | | 12.67 | | | | | K0 | 1 |
| 1302 | | 11.78 | | | | | K3 | 1 |
| 1303 | | 12.40 | | | | | K8 | 1 |
| 1304 | | 12.63 | | | | | K7 | 1 |
| 1305 | | 13.53 | | | | | F7 | 1 |
| 1306 | | 13.89 | | | | | K0 | 1 |
| 1307 | | 12.59 | | | | | G2 | 1 |
| 1308 | | 10.68 | | | | | A9 | 1 |
| 1309 | | 11.80 | | | | | A7 | 1 |
| 1310 | | 11.50 | | | | | F3 | 1 |
| 1311 | | 12.10 | | | | | K2 | 1 |
| 1312 | | 11.40 | | | | | G0 | 1 |
| 1313 | | 10.20 | | | | | A5 | 1 |
| 1314 | | 12.40 | | | | | — | 1 |
| 1315 | | 12.59 | | | | | K8 | 1 |
| 1316 | | 12.27 | | | | | — | 1 |
| 1317 | | 12.99 | | | | | K5 | 1 |
| 1318 | | 12.58 | | | | | K7 | 1 |
| 1319 | | 13.40 | | | | | K3 | 1 |
| 1320 | | 13.29 | | | | | K5 | 1 |
| 1321 | | 12.53 | | | | | G3 | 1 |
| 1322 | 040159 | 9.82 | | | | | K0 | 1; 4 |
| 1323 | | 10.54 | | | | | A7 | 1 |
| 1324 | | 12.37 | | | | | G3 | 1 |
| 1325 | | 12.14 | | | | | K8 | 1 |
| 1326 | | 10.92 | 12.06 | 12.46 | 1.14 | 0.40 | K3 | |
| 1327 | | 11.96 | 12.53 | 13.09 | 0.57 | 0.56 | — | |
| 1328 | | 12.13 | 12.83 | 13.22 | 0.70 | 0.39 | G0 | |
| 1329 | | 10.93 | 11.87 | 12.15 | 0.94 | 0.28 | G7 | |
| 1330 | | 12.27 | 13.20 | 13.51 | 0.93 | 0.31 | K2 | |
| 1331 | | 11.21 | 11.96 | 12.15 | 0.94 | 0.28 | G7 | |
| 1332 | | 10.94 | 12.46 | 13.52 | 1.52 | 1.06 | K7 | |
| 1333 | | 10.77 | 11.04 | 11.09 | 0.27 | 0.05 | A2 | 2 |
| 1334 | | 12.88 | 13.69 | | 0.81 | | K0 | |
| 1335 | | 12.71 | 13.96 | | 1.25 | | K5 | |
| 1336 | | 11.30 | 11.86 | 12.46 | 0.56 | 0.60 | F5 | |
| 1337 | | 12.26 | 12.76 | 13.28 | 0.50 | 0.52 | F5 | |
| 1338 | | 10.65 | 11.33 | 11.40 | 0.68 | 0.07 | F7 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 1339 | | 12.19 | 13.21 | 13.68 | +1.02 | +0.47 | K0 | |
| 1340 | | 12.46 | 12.60 | 12.62 | 0.14 | 0.02 | A3 | |
| 1341 | | 9.97 | 10.13 | 10.00 | 0.16 | -0.13 | A0 | |
| 1342 | 040166 | 9.13 | 9.78 | 9.92 | 0.65 | +0.14 | F2 | |
| 1343 | | 10.87 | 11.76 | 13.71 | 1.89 | 1.95 | M5 | |
| 1344 | | 11.97 | 12.44 | 12.74 | 0.47 | 0.30 | — | |
| 1345 | | 12.32 | 13.05 | 13.12 | 0.73 | 0.07 | G2 | 2 |
| 1346 | | 12.64 | | | | | K0 | 1 |
| 1347 | | 11.63 | | | 1.57 | | K8 | 2 |
| 1348 | 040142 | 9.43 | | | | | G5 | 1.4 |
| 1349 | | 13.09 | | | | | — | |
| 1350 | | 13.19 | | | | | K5 | 1 |
| 1351 | | 13.31 | | | | | G5 | 1 |
| 1352 | | 13.21 | | | | | K8 | 1 |
| 1353 | | 13.22 | | | | | K7 | 1 |
| 1354 | | 13.29 | 14.02 | | 0.73 | | G2 | |
| 1355 | | 12.47 | 13.62 | | 1.15 | | K3 | |
| 1356 | | 12.33 | 13.12 | 13.48 | 0.79 | 0.36 | — | |
| 1357 | | 12.49 | 12.93 | 13.23 | 0.44 | 0.30 | F2 | |
| 1358 | 040170 | 8.00 | 8.46 | 8.51 | 0.46 | 0.05 | F5 | 4 |
| 1359 | | 12.55 | 13.39 | 14.00 | 0.84 | 0.61 | K0 | |
| 1360 | | 12.86 | 13.52 | 13.87 | 0.66 | 0.35 | G0 | |
| 1361 | | 11.71 | 12.46 | 13.64 | 0.75 | 1.18 | K2 | |
| 1362 | | 12.12 | 13.03 | 13.28 | 0.91 | 0.25 | G8 | |
| 1363 | | 11.95 | 13.34 | 14.54 | 1.39 | 1.20 | K7 | |
| 1364 | | 13.03 | 13.74 | 14.10 | 0.71 | 0.36 | G0 | |
| 1365 | | 12.97 | 13.49 | 13.87 | 0.52 | 0.38 | — | |
| 1366 | | 12.77 | 13.43 | 13.94 | 0.66 | 0.51 | — | |
| 1367 | | 12.64 | 13.75 | 14.44 | 1.11 | 0.69 | K2 | |
| 1368 | | 12.59 | 13.52 | 14.17 | 0.93 | 0.65 | K2 | |
| 1369 | | 12.90 | 13.55 | 13.98 | 0.65 | 0.43 | — | |
| 1370 | | 12.71 | 13.51 | 14.42 | 0.80 | 0.91 | G8 | |
| 1371 | | 12.61 | 12.52 | 12.66 | 0.91 | 0.14 | — | |
| 1372 | | 13.02 | 13.63 | 13.95 | 0.61 | 0.32 | — | |
| 1373 | | 12.02 | 13.51 | 14.59 | 1.49 | 1.08 | K8 | |
| 1374 | | 12.81 | 13.33 | 13.95 | 0.52 | 0.62 | — | |
| 1375 | | 11.84 | 13.30 | 14.54 | 1.46 | 1.24 | K8 | |
| 1376 | | 13.12 | 13.62 | 14.26 | 0.50 | 0.64 | — | |
| 1377 | | 12.62 | 13.36 | 13.69 | 0.74 | 0.33 | — | |
| 1378 | | 12.39 | 13.36 | 13.58 | 0.97 | 0.22 | G8 | |
| 1379 | | 13.14 | 13.48 | 13.86 | 0.34 | 0.38 | — | |
| 1380 | | 12.71 | 13.57 | 13.76 | 0.86 | 0.19 | — | |
| 1381 | | 12.51 | 13.51 | 13.89 | 1.00 | 0.38 | K0 | |
| 1382 | | 13.08 | 13.77 | 14.47 | 0.69 | 0.70 | G2 | |
| 1383 | | 13.60 | 13.98 | | 0.38 | | — | |
| 1384 | | 12.63 | 13.37 | 13.66 | 0.74 | 0.29 | G5 | |
| 1385 | | 12.62 | 13.41 | | 0.79 | | G8 | 2 |
| 1386 | | 10.58 | | | | | A8 | 1 |
| 1387 | | 12.93 | | | | | — | 1 |
| 1388 | | 12.82 | | | | | K5 | 1 |
| 1389 | | 12.16 | | | | | — | 1 |
| 1390 | | 12.91 | 13.63 | 14.18 | 0.72 | 0.55 | — | |
| 1391 | | 13.19 | 13.81 | | 0.62 | | — | 2 |
| 1392 | | 13.08 | 13.89 | | 0.81 | | K0 | 2 |
| 1393 | | 12.81 | 13.48 | 14.16 | 0.67 | 0.68 | — | |
| 1394 | | 12.74 | 13.53 | 13.66 | 0.79 | 0.13 | — | |
| 1395 | | 12.51 | 13.40 | 13.91 | 0.89 | 0.51 | K0 | |
| 1396 | | 12.87 | 13.35 | 13.55 | 0.48 | 0.20 | — | |
| 1397 | | 11.04 | 13.36 | 14.59 | 2.32 | 1.23 | M5 | |
| 1398 | | 11.40 | 12.48 | 13.33 | 1.08 | 0.85 | K3 | |
| 1399 | | 12.92 | 13.37 | 13.42 | 0.45 | 0.05 | — | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| 1400 | | 9.95 | | | | | B9 | 1 |
| 1401 | 040120 | 10.20 | | | | | F6 | 1 |
| 1402 | | 12.10 | | | | | F8 | 1 |
| 1403 | | 11.74 | | | | | G3 | 1 |
| 1404 | | 13.03 | | | | | G7 | 1 |
| 1405 | | 11.80 | | | | | K2 | 1 |
| 1406 | | 12.66 | | | | | K2 | 1 |
| 1407 | | 12.73 | | | | | F3 | 1 |
| 1408 | | 12.26 | | | | | K0 | 1 |
| 1409 | | 13.10 | | | | | — | 1 |
| 1410 | 040112 | 8.88 | | | | | B9 | 1.4 |
| 1411 | | 11.20 | | | | | — | 1 |
| 1412 | | 11.81 | 12.42 | 12.62 | +0.61 | +0.24 | F7 | 2 |
| 1413 | | 11.84 | 12.57 | 13.63 | 0.73 | 0.46 | G2 | |
| 1414 | | 13.04 | 13.97 | | 0.93 | | K2 | 2 |
| 1415 | | 12.53 | 13.28 | 13.48 | 0.75 | 0.20 | — | |
| 1416 | | 12.56 | 13.06 | 13.47 | 0.40 | 0.41 | F0 | |
| 1417 | | 11.94 | 12.76 | 12.98 | 0.82 | 0.22 | K0 | |
| 1418 | | 12.43 | 12.92 | 13.00 | 0.49 | 0.08 | F5 | |
| 1419 | | 10.96 | 11.46 | 11.56 | 0.50 | 0.10 | F2 | |
| 1420 | | 11.68 | 13.01 | 14.04 | 1.33 | 1.03 | K7 | |
| 1421 | | 11.00 | 12.29 | 12.87 | 1.29 | 0.58 | K3 | |
| 1422 | | 10.48 | 10.78 | 10.89 | 0.30 | 0.11 | A5 | 2 |
| 1423 | | 12.41 | 13.49 | 14.72 | 1.06 | 1.23 | K3 | |
| 1424 | | 11.51 | 13.55 | 14.63 | 2.04 | 1.08 | M5 | |
| 1425 | | 10.72 | 12.21 | 13.13 | 1.49 | 0.92 | K8 | |
| 1426 | | 10.12 | 11.34 | 12.16 | 1.22 | 0.82 | K3 | |
| 1427 | | 12.36 | 13.00 | 13.48 | 0.64 | 0.48 | K5 | |
| 1428 | | 12.40 | 13.11 | 13.67 | 0.71 | 0.56 | G2 | |
| 1429 | | 10.10 | 11.21 | 11.85 | 1.11 | 0.64 | G2 | 3 |
| 1430 | | 12.00 | 12.67 | 12.81 | 0.67 | 0.14 | G0 | |
| 1431 | | 12.06 | 12.86 | 13.29 | 0.80 | 0.43 | K0 | |
| 1432 | | 12.93 | 13.59 | 13.84 | 0.66 | 0.25 | G0 | |
| 1433 | | 11.64 | 12.35 | 12.39 | 0.71 | 0.04 | G2 | |
| 1434 | | 11.57 | 12.32 | 12.78 | 0.75 | 0.46 | G3 | |
| 1435 | | 11.03 | 11.84 | 12.18 | 0.81 | 0.34 | K0 | |
| 1436 | | 11.17 | 11.46 | 11.65 | 0.29 | 0.19 | A8 | |
| 1437 | | 10.95 | 11.37 | 11.52 | 0.42 | 0.15 | F2 | |
| 1438 | | 11.36 | 12.75 | 13.44 | 1.39 | 0.69 | K5 | |
| 1439 | | 11.73 | 13.19 | 14.57 | 1.46 | 1.38 | K8 | |
| 1440 | | 12.88 | 13.47 | 13.90 | 0.59 | 0.43 | — | |
| 1441 | | 12.40 | | | | | K7 | 1 |
| 1442 | | 12.48 | | | | | G5 | 1 |
| 1443 | | 12.62 | | | | | — | 1 |
| 1444 | | 10.57 | | | | | A6 | 1 |
| 1445 | 040126 | 8.17 | 8.30 | 8.39 | 0.13 | 0.09 | A3 | 2.4 |
| 1446 | | 10.25 | | | | | A0 | 1 |
| 1447 | | 10.55 | | | | | A5 | 1 |
| 1448 | | 11.47 | | | | | — | 1 |
| 1449 | | 12.08 | | | | | — | 1 |
| 1450 | | 11.88 | | | | | A7 | 1 |
| 1451 | | 11.64 | | | | | F7 | 1 |
| 1452 | | 12.13 | | | | | K8 | 1 |
| 1453 | | 11.08 | 13.40 | | 2.32 | | M5 | 2 |
| 1454 | | 12.70 | 13.48 | 13.73 | 0.78 | 0.25 | K0 | |
| 1455 | | 12.12 | 12.55 | 13.01 | 0.43 | 0.46 | F2 | |
| 1456 | | 11.14 | 11.83 | 12.03 | 0.69 | 0.20 | G2 | |
| 1457 | | 11.99 | 12.36 | 12.56 | 0.37 | 0.20 | — | |
| 1458 | | 12.66 | 13.65 | 14.62 | 0.99 | 0.97 | — | |
| 1459 | | 13.06 | 13.88 | | 0.82 | | K0 | 2 |
| 1460 | | 12.25 | 12.78 | 12.99 | 0.53 | 0.21 | F7 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| | | | | | +0.46 | +0.31 | A7 | |
| 1451 | | 11.39 | 11.85 | 12.16 | 0.64 | 0.15 | F5 | |
| 1462 | | 11.55 | 12.19 | 12.34 | 0.65 | 0.07 | G0 | |
| 1463 | | 12.58 | 13.23 | 13.30 | 0.57 | 0.46 | F8 | |
| 1464 | | 12.52 | 13.09 | 13.55 | 0.75 | 0.36 | G3 | |
| 1465 | | 12.30 | 13.05 | 13.41 | 0.53 | 0.54 | F7 | |
| 1466 | | 12.95 | 13.48 | 14.02 | 0.33 | 0.14 | — | |
| 1467 | | 11.26 | 11.59 | 11.73 | 1.34 | 1.49 | K2 | 4 |
| 1468 | 040196 | 7.98 | 9.32 | 10.72 | 0.38 | 0.20 | A8 | |
| 1469 | | 11.35 | 11.73 | 11.93 | 0.35 | 0.05 | A7 | |
| 1470 | | 11.35 | 11.70 | 11.75 | 2.02 | 2.29 | M5 | |
| 1471 | | 10.37 | 12.39 | 14.68 | 0.78 | 0.62 | G7 | |
| 1472 | | 11.92 | 12.70 | 13.32 | 0.90 | 0.41 | — | |
| 1473 | | 12.38 | 13.28 | 13.69 | 0.48 | 0.31 | — | |
| 1474 | | 12.09 | 12.57 | 12.88 | 0.22 | 0.09 | A8 | |
| 1475 | | 10.23 | 10.45 | 10.54 | 0.82 | 0.29 | K0 | |
| 1476 | | 13.07 | 13.89 | 14.18 | 1.23 | 0.59 | K3 | |
| 1477 | | 11.24 | 12.64 | 13.23 | -0.09 | -0.06 | B9 | |
| 1478 | | 10.49 | 10.40 | 10.34 | +0.58 | +0.02 | — | |
| 1479 | | 9.81 | 10.39 | 10.41 | -0.08 | -0.33 | B8 | |
| 1480 | | 10.31 | 10.23 | 9.90 | +0.44 | +0.10 | F3 | |
| 1481 | | 10.04 | 10.48 | 10.58 | 1.19 | 1.47 | K7 | |
| 1482 | | 11.37 | 12.56 | 14.03 | 1.20 | 0.60 | K3 | |
| 1483 | | 11.80 | 13.00 | 13.60 | 0.72 | 0.42 | G2 | |
| 1484 | | 11.94 | 12.66 | 13.08 | 1.56 | 1.13 | K7 | |
| 1485 | | 9.50 | 11.06 | 12.19 | 0.70 | 0.29 | G3 | |
| 1486 | | 12.16 | 12.85 | 13.15 | 0.88 | 0.30 | G8 | |
| 1487 | | 11.95 | 12.83 | 13.13 | 0.69 | 0.15 | G2 | |
| 1488 | | 11.14 | 11.83 | 11.98 | 0.03 | -0.08 | B9 | |
| 1489 | | 9.61 | 9.64 | 9.56 | 0.49 | +0.14 | F0 | |
| 1490 | 040191 | 8.35 | 8.84 | 8.98 | 0.47 | 0.41 | F2 | |
| 1491 | | 11.08 | 11.55 | 11.95 | 0.83 | 0.14 | G8 | |
| 1492 | | 12.53 | 13.36 | 13.50 | 0.69 | 0.12 | — | |
| 1493 | | 12.35 | 13.04 | 13.16 | 0.69 | 0.16 | G3 | |
| 1494 | | 12.65 | 13.34 | 13.50 | 0.65 | 0.21 | F8 | |
| 1495 | | 12.11 | 12.76 | 12.97 | 0.76 | 0.17 | G5 | |
| 1496 | | 12.44 | 13.20 | 13.37 | 0.41 | 0.17 | F0 | |
| 1497 | | 12.71 | 13.12 | 13.29 | 0.86 | 0.12 | K0 | |
| 1498 | | 12.31 | 13.17 | 13.29 | 0.55 | 0.18 | F7 | |
| 1499 | | 11.89 | 12.44 | 12.62 | 0.27 | 0.22 | A8 | |
| 1500 | | 10.61 | 10.88 | 11.10 | 0.83 | 0.67 | G7 | |
| 1501 | | 12.54 | 13.37 | 14.04 | 0.38 | 0.20 | F0 | |
| 1502 | | 11.58 | 11.96 | 12.16 | 0.88 | 0.23 | K0 | |
| 1503 | | 11.98 | 12.86 | 13.09 | 0.58 | 0.45 | F8 | |
| 1504 | | 11.40 | 11.98 | 12.43 | 1.51 | 0.92 | K3 | |
| 1505 | | 11.08 | 12.59 | 13.51 | 0.68 | 0.33 | G2 | |
| 1506 | | 12.61 | 13.29 | 13.62 | 0.67 | 0.03 | G0 | |
| 1507 | | 10.92 | 11.59 | 11.62 | 0.91 | 0.68 | K2 | |
| 1508 | | 12.07 | 12.98 | 13.66 | 0.68 | 0.24 | — | |
| 1509 | | 12.21 | 12.89 | 13.13 | 0.83 | 0.22 | K0 | |
| 1510 | 040148 | 11.80 | 12.63 | 12.85 | 0.04 | -0.40 | B8 | |
| 1511 | | 10.50 | 10.54 | 10.14 | 0.58 | +0.22 | F7 | |
| 1512 | | 12.08 | 12.66 | 12.88 | 1.32 | 0.98 | K7 | |
| 1513 | | 11.29 | 12.61 | 13.59 | 0.46 | 0.10 | F3 | |
| 1514 | | 12.41 | 12.87 | 12.97 | 1.16 | 0.51 | K2 | |
| 1515 | | 12.57 | 13.73 | 14.24 | 1.38 | 0.69 | K3 | |
| 1516 | | 11.32 | 12.70 | 13.39 | 0.55 | 0.04 | F7 | |
| 1517 | | 10.90 | 11.45 | 11.49 | 0.04 | -0.40 | B8 | |
| 1518 | | 9.51 | 9.55 | 9.15 | 0.82 | +0.09 | K0 | |
| 1519 | | 12.13 | 12.95 | 13.04 | 0.63 | 0.24 | K0 | |
| 1520 | | 12.00 | 12.63 | 12.87 | 0.38 | 0.31 | A8 | |
| 1521 | | 10.87 | 11.25 | 11.56 | | | | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| 1522 | | 12.52 | 13.10 | 13.38 | +0.58 | +0.28 | F8 | |
| 1523 | | 10.76 | 11.25 | 11.35 | 0.49 | 0.10 | F0 | |
| 1524 | | 11.92 | 12.70 | 12.79 | 0.78 | 0.09 | G6 | |
| 1525 | | 12.18 | 12.67 | 12.91 | 0.49 | 0.24 | G8 | |
| 1526 | | 11.37 | 12.09 | 12.16 | 0.72 | 0.07 | G2 | |
| 1527 | | 10.19 | 10.10 | 10.00 | -0.09 | -0.10 | B9 | |
| 1528 | | 10.03 | 11.42 | 12.59 | +1.39 | +1.17 | K3 | |
| 1529 | | 11.89 | 12.54 | 12.69 | 0.65 | 0.15 | G0 | |
| 1530 | | 12.70 | 13.24 | 13.46 | 0.54 | 0.22 | — | |
| 1531 | | 10.18 | 10.63 | 10.73 | 0.45 | 0.10 | F3 | |
| 1532 | | 11.26 | 11.78 | 12.00 | 0.52 | 0.22 | — | 3 |
| 1533 | | 12.84 | 12.96 | 12.92 | 0.12 | -0.04 | B9 | |
| 1534 | | 9.98 | 10.65 | 10.76 | 0.67 | +0.11 | G2 | |
| 1535 | | 9.73 | 10.57 | 11.09 | 0.84 | 0.46 | K0 | |
| 1536 | | 11.54 | 12.16 | 12.32 | 0.62 | 0.16 | F7 | |
| 1537 | | 10.67 | 10.93 | 11.14 | 0.26 | 0.21 | A7 | |
| 1538 | | 11.73 | 12.20 | 12.49 | 0.47 | 0.29 | F5 | |
| 1539 | | 11.27 | 12.65 | 13.41 | 1.38 | 0.76 | K3 | |
| 1540 | | 13.18 | 13.91 | 14.96 | 0.73 | 1.05 | G7 | |
| 1541 | | 10.68 | 11.10 | 11.16 | 0.42 | 0.06 | A8 | |
| 1542 | | 12.69 | 13.49 | 14.28 | 0.80 | 0.79 | — | |
| 1543 | | 11.73 | 13.22 | 14.58 | 1.49 | 1.36 | K8 | |
| 1544 | | 11.89 | 12.63 | 12.81 | 0.74 | 0.18 | G3 | |
| 1545 | | 11.07 | 11.66 | 11.77 | 0.59 | 0.11 | F7 | |
| 1546 | | 11.35 | 12.27 | 12.70 | 0.92 | 0.43 | K0 | |
| 1547 | | 12.38 | 12.78 | 12.90 | 0.40 | 0.12 | — | |
| 1548 | | 10.85 | 11.27 | 11.49 | 0.42 | 0.22 | F2 | |
| 1549 | | 11.41 | 12.17 | 12.38 | 0.76 | 0.21 | G5 | |
| 1550 | 040136 | 8.60 | 8.98 | 9.06 | 0.38 | 0.08 | F0 | 4 |
| 1551 | | 10.19 | 10.84 | 10.87 | 0.65 | 0.03 | F5 | |
| 1552 | | 12.15 | 12.98 | 13.18 | 0.83 | 0.20 | K0 | |
| 1553 | | 12.13 | 12.51 | 12.87 | 0.38 | 0.36 | F3 | |
| 1554 | | 12.52 | 13.28 | 13.71 | 0.76 | 0.43 | — | |
| 1555 | | 12.46 | 13.43 | 14.08 | 0.97 | 0.65 | K2 | |
| 1556 | | 11.72 | 12.29 | 12.64 | 0.57 | 0.35 | F8 | |
| 1557 | | 10.80 | 11.26 | 11.33 | 0.46 | 0.07 | — | 3 |
| 1558 | 040127 | 9.25 | 10.56 | 11.87 | 1.31 | 1.31 | K5 | |
| 1559 | | 11.15 | 11.54 | 11.67 | 0.39 | 0.13 | F2 | |
| 1560 | | 11.36 | 11.73 | 11.90 | 0.37 | 0.17 | F3 | |
| 1561 | | 12.43 | 13.09 | 13.86 | 0.66 | 0.77 | — | |
| 1562 | | 12.35 | 13.25 | 13.63 | 0.90 | 0.38 | K2 | |
| 1563 | | 9.60 | 9.84 | 9.92 | 0.24 | 0.08 | A5 | |
| 1564 | | 9.91 | 9.98 | 10.16 | 0.07 | 0.18 | A0 | |
| 1565 | | 11.20 | 12.64 | 13.80 | 1.44 | 1.16 | K7 | |
| 1566 | | 11.89 | 12.59 | 12.77 | 0.70 | 0.18 | G0 | |
| 1567 | 040137 | 9.39 | 9.59 | 9.42 | 0.20 | -0.17 | A0 | |
| 1568 | | 9.98 | 10.59 | 10.67 | 0.61 | +0.08 | F7 | |
| 1569 | | 10.48 | 11.24 | 11.32 | 0.76 | 0.08 | G5 | |
| 1570 | | 11.53 | 12.05 | 12.39 | 0.52 | 0.34 | F8 | |
| 1571 | | 11.63 | 12.61 | 12.77 | 0.98 | 0.16 | G8 | |
| 1572 | | 11.28 | 11.63 | 11.79 | 0.35 | 0.16 | F1 | |
| 1573 | | 12.02 | 12.81 | 12.91 | 0.79 | 0.10 | G7 | |
| 1574 | | 12.50 | 13.20 | 13.44 | 0.70 | 0.24 | — | |
| 1575 | | 11.67 | 12.32 | 12.47 | 0.65 | 0.15 | G0 | |
| 1576 | | 9.82 | 11.97 | 14.19 | 2.15 | 2.22 | M5 | |
| 1577 | | 12.45 | 12.65 | 12.75 | 0.20 | 0.10 | A5 | |
| 1578 | | 10.38 | 11.04 | 11.27 | 0.66 | 0.23 | G0 | |
| 1579 | | 10.74 | 10.78 | 10.52 | 0.04 | -0.26 | B9 | |
| 1580 | | 11.40 | 12.84 | 13.90 | 1.44 | +1.06 | — | |
| 1581 | | 9.52 | 10.39 | 10.72 | 0.87 | 0.33 | K0 | |
| 1582 | | 12.13 | 12.25 | 12.26 | 0.12 | 0.01 | B9 | |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| 1563 | | 12.13 | 12.75 | 13.10 | 0.62 | 0.35 | G0 | |
| 1584 | | 11.69 | 12.39 | 12.46 | 0.70 | 0.07 | G2 | |
| 1585 | | 11.55 | 12.10 | 12.40 | 0.55 | 0.30 | — | |
| 1586 | | 12.12 | 12.60 | 12.66 | 0.48 | 0.06 | K7 | |
| 1587 | | 11.07 | 12.62 | 14.36 | 1.55 | 1.74 | K3 | |
| 1588 | | 11.10 | 12.34 | 12.97 | 1.24 | 0.63 | F3 | |
| 1589 | | 12.71 | 13.17 | 13.24 | 0.46 | 0.07 | K0 | |
| 1590 | | 12.00 | 12.82 | 13.26 | 0.82 | 0.44 | K0 | |
| 1591 | | 11.02 | 11.86 | 12.35 | 0.84 | 0.49 | K0 | |
| 1592 | | 12.70 | 13.22 | 13.33 | 0.52 | 0.11 | — | 3 |
| 1592 | | 12.70 | 13.22 | 13.33 | 0.52 | 0.11 | F2 | |
| 1593 | | 12.08 | 12.45 | 12.90 | 0.37 | 0.45 | A0 | |
| 1594 | 040156 | 9.13 | 9.27 | 9.33 | 0.14 | 0.06 | A0 | |
| 1595 | | 9.78 | 11.15 | 12.04 | 1.37 | 0.89 | K2 | |
| 1596 | | 9.97 | 10.58 | 10.78 | 0.61 | 0.20 | F8 | |
| 1597 | | 11.49 | 12.14 | 12.27 | 0.65 | 0.13 | G0 | |
| 1598 | | 11.74 | 12.38 | 12.58 | 0.64 | 0.20 | G0 | |
| 1599 | | 11.61 | 12.10 | 12.27 | 0.49 | 0.17 | F3 | |
| 1600 | 040121 | 8.72 | 8.75 | 8.76 | 0.03 | 0.01 | A0 | |
| 1601 | | 9.42 | 9.79 | 9.92 | 0.37 | 0.13 | F0 | |
| 1602 | 040105 | 8.81 | 9.02 | 9.23 | 0.21 | 0.21 | A3 | 4 |
| 1603 | 040095 | 7.54 | 7.64 | 7.79 | 0.10 | 0.13 | A2 | 4 |
| 1604 | 040107 | 8.27 | 8.89 | 8.98 | 0.62 | 0.09 | G0 | 4 |
| 1605 | 040111 | 9.73 | 9.79 | 9.80 | 0.06 | 0.01 | A0 | |
| 1606 | | 9.65 | 9.70 | 9.79 | 0.05 | 0.09 | A0 | |
| 1607 | 040070 | 8.94 | 8.97 | 9.03 | 0.03 | 0.06 | A0 | 4 |
| 1608 | | 10.71 | 10.93 | 11.09 | 0.22 | 0.16 | A5 | |
| 1609 | | 11.03 | 11.16 | 10.93 | 0.13 | -0.23 | A2 | |
| 1610 | | 11.59 | 12.12 | 12.23 | 0.53 | +0.11 | — | |
| 1611 | | 10.64 | 12.20 | 14.13 | +1.56 | +1.93 | M0 | |
| 1612 | | 11.66 | 12.42 | 12.66 | 0.76 | 0.24 | G5 | |
| 1613 | | 11.42 | 12.66 | 13.72 | 1.24 | 1.06 | K7 | |
| 1614 | | 10.59 | 12.41 | 14.06 | 1.82 | 1.65 | M5 | |
| 1615 | | 11.60 | 12.14 | 12.27 | 0.54 | 0.13 | F7 | |
| 1616 | | 11.60 | 12.37 | 12.46 | 0.77 | 0.09 | G7 | |
| 1617 | | 10.23 | 11.25 | 12.37 | 1.02 | 1.12 | K0 | |
| 1618 | | 11.92 | 12.55 | 12.61 | 0.63 | 0.06 | G0 | |
| 1619 | | 11.91 | 12.49 | 12.59 | 0.58 | 0.10 | F8 | |
| 1620 | | 12.47 | 13.24 | 13.53 | 0.77 | 0.29 | — | |
| 1621 | | 11.32 | 11.79 | 11.86 | 0.47 | 0.07 | F3 | |
| 1622 | | 10.20 | 11.26 | 11.57 | 1.06 | 0.31 | G7 | 3 |
| 1623 | | 12.69 | 13.04 | 13.44 | 0.35 | 0.40 | F0 | |
| 1624 | | 11.09 | 12.50 | 13.30 | 1.41 | 0.80 | K3 | |
| 1625 | | 11.72 | 12.31 | 12.69 | 0.59 | 0.38 | F8 | |
| 1626 | | 10.56 | 11.67 | 12.37 | 1.11 | 0.70 | K2 | |
| 1627 | | 11.02 | 11.74 | 12.05 | 0.72 | 0.31 | G2 | |
| 1628 | | 12.30 | 12.66 | 13.11 | 0.36 | 0.45 | — | 3 |
| 1629 | | 11.94 | 12.81 | 13.15 | 0.87 | 0.34 | K0 | |
| 1630 | | 11.60 | 12.17 | 12.49 | 0.57 | 0.32 | F8 | |
| 1631 | | 12.42 | 13.08 | 13.59 | 0.66 | 0.51 | G2 | |
| 1632 | | 12.40 | 12.76 | 13.07 | 0.36 | 0.31 | F0 | |
| 1633 | | 12.63 | 13.11 | 13.50 | 0.48 | 0.39 | F5 | |
| 1634 | | 12.18 | 12.88 | 13.12 | 0.70 | 0.26 | G0 | |
| 1635 | | 12.55 | 12.74 | 12.98 | 0.19 | 0.24 | A5 | |
| 1636 | | 10.89 | 12.53 | 13.45 | 1.64 | 0.92 | K8 | |
| 1637 | | 11.34 | 12.76 | 13.38 | 1.42 | 0.62 | — | |
| 1638 | | 12.79 | 13.10 | 13.52 | 0.31 | 0.42 | A8 | |
| 1639 | | 11.91 | 12.76 | 13.29 | 0.85 | 0.53 | K0 | |
| 1640 | | 12.69 | 13.50 | 13.68 | 0.81 | 0.18 | — | |
| 1641 | | 11.56 | 12.01 | 12.26 | 0.45 | 0.25 | F3 | |
| 1642 | | 9.61 | 10.29 | 10.34 | 0.68 | 0.05 | G0 | |
| 1643 | | 11.29 | 11.79 | 11.95 | 0.50 | 0.16 | F5 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|-----|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| 644 | | 10.53 | 11.71 | 12.77 | +1.18 | +1.06 | — | |
| 645 | | 11.71 | 12.73 | 13.08 | 1.02 | 0.35 | — | |
| 646 | | 11.24 | 12.38 | 13.05 | 1.14 | 0.67 | K2 | |
| 647 | 040128 | 7.05 | 7.00 | 6.75 | -0.05 | -0.25 | B8 | 4 |
| 648 | | 7.54 | 7.48 | 7.22 | 0.06 | 0.26 | B8 | |
| 649 | | 12.77 | 13.45 | 13.54 | +0.68 | +0.09 | — | 3 |
| 650 | | 12.36 | 12.87 | 12.98 | 0.51 | 0.11 | F5 | |
| 651 | | 10.84 | 11.65 | 11.84 | 0.81 | 0.19 | K0 | |
| 652 | | 11.18 | 12.09 | 12.31 | 0.91 | 0.22 | G8 | |
| 653 | | 11.35 | 13.03 | 14.50 | 1.68 | 1.47 | M0 | |
| 654 | | 10.91 | 12.67 | 14.08 | 1.76 | 1.41 | M5 | |
| 655 | | 9.92 | 11.26 | 12.24 | 1.34 | 0.98 | K5 | |
| 656 | | 13.20 | 13.62 | 14.35 | 0.42 | 0.73 | — | |
| 657 | | 11.16 | 11.60 | 11.77 | 0.44 | 0.17 | F0 | |
| 658 | | 10.63 | 12.27 | 13.40 | 1.64 | 1.13 | K8 | |
| 659 | | 12.27 | 13.07 | 13.52 | 0.80 | 0.45 | G8 | |
| 660 | | 10.57 | 11.39 | 11.86 | 0.82 | 0.47 | — | |
| 661 | | 10.36 | 11.43 | 12.01 | 0.07 | 0.58 | K0 | |
| 662 | | 11.42 | 11.92 | 12.09 | 0.50 | 0.17 | F5 | |
| 663 | | 12.20 | 12.98 | 13.30 | 0.78 | 0.32 | — | |
| 664 | | 11.29 | 12.17 | 12.34 | 0.87 | 0.17 | G8 | |
| 665 | | 10.72 | 10.75 | 10.61 | 0.03 | -0.14 | — | |
| 666 | | 11.83 | 12.28 | 12.29 | 0.55 | +0.21 | — | |
| 667 | | 11.61 | 12.94 | 13.58 | 1.33 | 0.64 | K5 | |
| 668 | | 10.38 | 11.28 | 12.01 | 0.90 | 0.73 | G2 | |
| 669 | | 10.74 | 10.95 | 11.22 | 0.21 | 0.27 | A7 | |
| 670 | | 11.29 | 11.38 | 11.29 | 0.09 | -0.09 | A0 | |
| 671 | | 11.38 | 12.51 | 13.03 | 1.13 | +0.52 | K3 | |
| 672 | | 11.38 | 12.26 | 12.60 | 0.88 | 0.34 | G3 | |
| 673 | | 11.77 | 12.56 | 12.83 | 0.79 | 0.27 | K0 | |
| 674 | | 13.04 | | | | | G0 | 1 |
| 675 | | 11.27 | | | | | A0 | 1 |
| 676 | | 12.24 | | | | | G7 | 1 |
| 677 | | 12.40 | | | | | K5 | 1 |
| 678 | | 12.08 | | | | | K7 | 1 |
| 679 | | 11.95 | | | | | K8 | 1 |
| 680 | | 11.03 | | | | | F3 | 1 |
| 681 | | 13.27 | | | | | K3 | 1 |
| 682 | | 12.36 | | | | | M0 | 1 |
| 683 | | 12.66 | | | | | M5 | 1 |
| 684 | | 11.31 | | | | | — | 1 |
| 685 | | 12.02 | | | | | — | 1 |
| 686 | | 10.52 | 11.83 | 12.91 | 1.31 | 1.08 | K3 | |
| 687 | | 12.75 | 13.43 | | 0.68 | | G0 | 2 |
| 688 | | 12.07 | 12.88 | 13.15 | 0.81 | 0.27 | K0 | |
| 689 | | 12.85 | 13.73 | | 0.88 | | K0 | 2 |
| 690 | | 11.21 | 11.96 | 12.20 | 0.75 | 0.24 | G0 | 2 |
| 691 | | 11.92 | 12.55 | 12.93 | 0.63 | 0.38 | — | |
| 692 | | 11.87 | 12.43 | 12.72 | 0.56 | 0.29 | F8 | |
| 693 | | 10.46 | 11.09 | 11.38 | 0.63 | 0.29 | G0 | |
| 694 | | 11.45 | 12.19 | 12.56 | 0.74 | 0.37 | G3 | |
| 695 | | 11.83 | 12.85 | 13.61 | 1.02 | 0.76 | K2 | |
| 696 | | 12.27 | 13.20 | 13.41 | 0.93 | 0.21 | K0 | |
| 697 | | 11.29 | 12.74 | 13.86 | 1.45 | 1.12 | K7 | |
| 698 | | 12.09 | 12.63 | 13.04 | 0.64 | 0.40 | G0 | |
| 699 | | 12.72 | 13.23 | 13.30 | 0.51 | 0.07 | — | |
| 700 | 040093 | 9.05 | 9.04 | 8.68 | -0.01 | -0.36 | B8 | |
| 701 | 040089 | 7.60 | 8.23 | 8.47 | +0.63 | +0.24 | F5 | 4 |
| 702 | | 11.10 | 11.54 | 11.80 | 0.44 | 0.26 | F2 | |
| 703 | | 11.47 | 12.55 | 13.47 | 1.08 | 0.92 | K3 | |
| 704 | | 11.60 | 13.06 | 14.24 | 1.46 | 1.18 | K8 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1705 | | 12.05 | 12.63 | 12.75 | +0.58 | +0.12 | F7 | |
| 1706 | | 12.03 | 12.76 | 13.21 | 0.73 | 0.45 | G2 | |
| 1707 | | 11.78 | 12.99 | 13.93 | 1.21 | 0.94 | K5 | |
| 1708 | | 12.09 | 12.48 | 12.77 | 0.39 | 0.29 | F0 | |
| 1709 | | 12.38 | 13.00 | 13.52 | 0.62 | 0.32 | — | |
| 1710 | | 11.68 | 12.06 | 12.28 | 0.38 | 0.22 | F0 | |
| 1711 | | 11.73 | 11.92 | 12.03 | 0.19 | 0.11 | A5 | |
| 1712 | | 12.52 | 12.93 | 13.22 | 0.41 | 0.29 | — | |
| 1713 | | 12.03 | 12.45 | 12.58 | 0.42 | 0.13 | F2 | |
| 1714 | | 10.37 | 12.31 | 13.55 | 1.94 | 1.24 | M0 | |
| 1715 | | 10.42 | 10.91 | 10.98 | 0.49 | 0.07 | A7 | |
| 1716 | | 11.38 | 11.63 | 11.98 | 0.25 | 0.35 | A7 | |
| 1717 | | 9.82 | 10.24 | 10.66 | 0.42 | 0.44 | A8 | |
| 1718 | 040053 | 7.95 | 8.88 | 9.55 | 0.93 | 0.67 | G5 | 4 |
| 1719 | | 12.32 | 12.81 | 13.34 | 0.59 | 0.53 | — | |
| 1720 | | 10.99 | 12.67 | 14.46 | 1.68 | 1.79 | M5 | |
| 1721 | | 10.80 | 11.38 | 11.99 | 0.58 | 0.61 | F8 | |
| 1722 | 040059 | 9.48 | 9.55 | 9.46 | 0.07 | -0.09 | B9 | |
| 1723 | | 10.01 | 9.98 | 9.76 | -0.03 | 0.12 | B8 | |
| 1724 | | 10.87 | 11.22 | 11.50 | +0.65 | +0.28 | — | |
| 1725 | | 10.84 | | EM | 68° | 20' | 08'21 | 16'11 |
| 1726 | | 12.67 | 13.00 | 13.11 | 0.33 | 0.11 | A7 | |
| 1727 | | 11.85 | 13.16 | 14.55 | 1.31 | 1.39 | K7 | |
| 1728 | | 9.68 | 10.32 | 11.01 | 0.64 | 0.69 | F7 | |
| 1729 | | 12.47 | 13.10 | 13.35 | 0.63 | 0.25 | — | |
| 1730 | | 10.58 | 10.73 | 10.80 | 0.15 | 0.07 | A5 | |
| 1731 | 040045 | 9.36 | 9.92 | 10.56 | 0.56 | 0.64 | F3 | |
| 1732 | | 12.25 | 12.57 | 13.02 | 0.32 | 0.45 | — | |
| 1733 | | 11.46 | 11.97 | 12.05 | 0.51 | 0.08 | — | |
| 1734 | | 12.74 | 13.29 | 13.56 | 0.55 | 0.27 | — | |
| 1735 | | 11.21 | 11.39 | 11.55 | 0.18 | 0.16 | A3 | |
| 1736 | | 11.97 | 12.68 | 12.88 | 0.71 | 0.20 | G2 | |
| 1737 | 040056 | 10.12 | 10.56 | 10.99 | 0.44 | 0.43 | F5 | |
| 1738 | | 10.12 | 10.19 | 10.66 | 0.07 | -0.13 | A0 | |
| 1739 | | 12.16 | 12.84 | 13.35 | 0.68 | +0.51 | G0 | |
| 1740 | | 12.08 | 12.72 | 12.83 | 0.64 | 0.11 | G0 | |
| 1741 | | 10.95 | 11.44 | 11.49 | 0.49 | 0.05 | F5 | |
| 1742 | | 12.04 | 12.40 | 12.72 | 0.36 | 0.32 | F2 | |
| 1743 | | 11.27 | 11.97 | 12.07 | 0.70 | 0.10 | G2 | |
| 1744 | | 10.70 | 12.34 | 13.68 | 1.64 | 1.34 | M0 | |
| 1745 | | 11.60 | 11.82 | 12.14 | 0.22 | 0.32 | A7 | |
| 1746 | | 12.03 | 12.50 | 12.88 | 0.47 | 0.38 | — | |
| 1747 | 040055 | 9.44 | 9.63 | 9.82 | 0.19 | 0.19 | A2 | 4 |
| 1748 | | 11.74 | 12.53 | 12.72 | 0.79 | 0.19 | G8 | |
| 1749 | | 12.45 | 12.84 | 12.90 | 0.39 | 0.06 | F3 | |
| 1750 | | 11.00 | 11.67 | 11.76 | 0.67 | 0.09 | G0 | |
| 1751 | | 11.29 | 12.73 | 13.70 | 1.44 | 0.97 | K8 | |
| 1752 | | 11.06 | 11.14 | 11.15 | 0.08 | 0.01 | B9 | |
| 1753 | | 10.00 | 9.96 | 9.88 | -0.04 | -0.08 | B8 | |
| 1754 | | 10.43 | 10.69 | 10.91 | +0.26 | +0.22 | A7 | |
| 1755 | | 11.95 | 12.71 | 12.80 | 0.76 | 0.09 | G5 | |
| 1756 | | 12.64 | 13.08 | 13.28 | 0.44 | 0.30 | F3 | |
| 1757 | | 12.05 | 12.89 | 13.00 | 0.84 | 0.11 | K0 | |
| 1758 | | 11.03 | 11.65 | 11.82 | 0.62 | 0.17 | G0 | |
| 1759 | | 11.33 | 11.91 | 12.36 | 0.58 | 0.45 | — | |
| 1760 | | 12.20 | 12.92 | 12.99 | 0.72 | 0.07 | G2 | |
| 1761 | | 10.83 | 12.52 | 14.10 | 1.69 | 1.58 | M5 | |
| 1762 | | 11.00 | 12.06 | 12.80 | 1.06 | 0.74 | K3 | |
| 1763 | | 12.36 | 12.83 | 13.19 | 0.47 | 0.36 | F3 | |
| 1764 | | 9.78 | 10.62 | 10.70 | 0.84 | 0.08 | G7 | |
| 1765 | | 12.06 | 12.70 | 13.46 | 0.64 | 0.76 | G2 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|-------|-------|-------|---|-------|-------|----|---|
| 1766 | 11.60 | 11.89 | | | +0.29 | | — | |
| 1767 | 12.08 | 12.54 | | | 0.46 | | — | |
| 1768 | 9.45 | 10.49 | | | 1.04 | | — | |
| 1769 | 10.66 | 11.78 | 13.20 | | 1.12 | +1.42 | K7 | |
| 1770 | 11.83 | 12.67 | 13.63 | | 0.84 | 0.95 | K0 | |
| 1771 | 11.73 | 12.41 | 12.94 | | 0.68 | 0.53 | G0 | |
| 1772 | 11.87 | 12.56 | 13.02 | | 0.71 | 0.46 | G2 | |
| 1773 | 12.12 | 13.55 | 14.63 | | 1.43 | 1.08 | K7 | |
| 1774 | 12.58 | 12.98 | 13.52 | | 0.40 | 0.54 | K3 | |
| 1775 | 10.16 | 10.76 | 11.15 | | 0.60 | 0.39 | F0 | |
| 1776 | 10.15 | 10.56 | 11.22 | | 0.41 | 0.66 | F2 | |
| 1777 | 10.35 | 10.41 | 10.51 | | 0.05 | 0.10 | B9 | |
| 1778 | 12.32 | 12.89 | 13.12 | | 0.57 | 0.23 | F7 | |
| 1779 | 12.20 | 12.65 | 12.91 | | 0.45 | 0.26 | F3 | |
| 1780 | 11.97 | 12.26 | 12.63 | | 0.29 | 0.37 | A8 | |
| 1781 | 11.21 | 11.55 | 11.58 | | 0.34 | 0.03 | A0 | |
| 1782 | 12.11 | 12.86 | 12.94 | | 0.75 | 0.08 | G3 | |
| 1783 | 10.97 | 11.31 | 11.66 | | 0.34 | 0.35 | F0 | |
| 1784 | 11.30 | 12.60 | 13.94 | | 1.30 | 1.34 | K7 | |
| 1785 | 11.36 | 11.80 | 12.05 | | 0.44 | 0.26 | — | |
| 1786 | 11.12 | 12.29 | 12.89 | | 1.17 | 0.60 | K3 | |
| 1787 | 12.15 | 12.77 | 12.97 | | 0.62 | 0.20 | — | |
| 1788 | 12.63 | 13.10 | 13.61 | | 0.47 | 0.51 | F5 | |
| 1789 | 11.26 | 12.90 | 14.41 | | 1.64 | 1.51 | K7 | |
| 1790 | 12.95 | 13.33 | 13.50 | | 0.38 | 0.17 | — | |
| 1791 | 10.62 | 10.92 | 11.16 | | 0.30 | 0.24 | F0 | |
| 1792 | 10.95 | 12.23 | 13.32 | | 1.28 | 1.09 | K8 | |
| 1793 | 10.43 | 10.78 | 10.93 | | 0.35 | 0.15 | F0 | |
| 1794 | 11.95 | 12.71 | 12.84 | | 0.76 | 0.13 | G5 | |
| 1795 | 11.62 | 12.27 | 12.61 | | 0.65 | 0.34 | G0 | |
| 1796 | 11.63 | 11.90 | 12.06 | | 0.27 | 0.16 | A5 | |
| 1797 | 11.85 | 12.35 | 12.57 | | 0.50 | 0.22 | F5 | |
| 1798 | 10.96 | 11.34 | 11.90 | | 0.38 | 0.56 | — | |
| 1799 | 10.92 | 11.20 | 11.68 | | 0.28 | 0.48 | F0 | |
| 1800 | 12.24 | 12.86 | 13.18 | | 0.62 | 0.32 | G0 | |
| 1801 | 10.76 | 10.98 | 11.13 | | 0.22 | 0.15 | A0 | |
| 1802 | 12.20 | 12.97 | | | 0.77 | | G8 | |
| 1803 | 12.70 | 13.22 | 13.76 | | 0.52 | 0.54 | — | |
| 1804 | 10.63 | 11.70 | 13.04 | | 1.07 | 1.34 | K3 | |
| 1805 | 11.61 | 12.90 | | | 1.29 | | K5 | |
| 1806 | 11.68 | 11.93 | | | 0.25 | | A7 | |
| 1807 | 10.51 | 10.61 | | | 0.10 | | A3 | |
| 1808 | 12.30 | 12.71 | | | 0.41 | | F0 | |
| 1809 | 11.91 | 13.01 | | | 1.10 | | K3 | |
| 1810 | 12.72 | 12.86 | 12.75 | | 0.14 | -0.11 | B9 | |
| 1811 | 12.36 | 12.98 | 13.76 | | 0.62 | +0.78 | G0 | |
| 1812 | 11.90 | 13.08 | 14.36 | | 1.18 | 1.28 | K5 | |
| 1813 | 12.07 | 12.54 | 12.73 | | 0.47 | 0.19 | — | |
| 1814 | 9.84 | 11.07 | 11.90 | | 1.23 | 0.83 | K0 | |
| 1815 | 12.03 | 12.32 | 12.62 | | 0.29 | 0.30 | A8 | |
| 1816 | 12.10 | 12.31 | 12.39 | | 0.21 | 0.08 | A5 | |
| 1817 | 11.31 | 11.82 | 11.93 | | 0.51 | 0.11 | F5 | |
| 1818 | 12.38 | 12.67 | 12.97 | | 0.29 | 0.30 | A8 | |
| 1819 | 11.51 | 12.05 | 12.24 | | 0.54 | 0.19 | F3 | |
| 1820 | 12.14 | 12.58 | 12.70 | | 0.44 | 0.12 | F2 | |
| 1821 | 10.30 | 11.67 | 12.95 | | 1.37 | 1.28 | K7 | |
| 1822 | 11.91 | 12.26 | 12.28 | | 0.35 | 0.02 | — | |
| 1823 | 11.58 | 12.15 | 12.52 | | 0.57 | 0.37 | F7 | |
| 1824 | 10.30 | 10.81 | 10.87 | | 0.51 | 0.06 | F2 | |
| 1825 | 9.65 | 10.33 | 10.83 | | 0.68 | 0.50 | F8 | |
| 1826 | 10.67 | 10.80 | 10.89 | | 0.13 | 0.09 | A0 | |
| 1827 | 10.76 | 10.97 | 11.08 | | 0.27 | 0.11 | — | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|---|
| 1890 | 12.56 | 13.12 | 13.22 | +0.56 | +0.10 | — | — | — |
| 1891 | 9.96 | 11.00 | 12.02 | 1.04 | 1.02 | G7 | — | — |
| 1892 | 12.14 | 12.51 | 13.02 | 0.37 | 0.51 | — | — | — |
| 1893 | 11.63 | 12.31 | 12.73 | 0.68 | 0.42 | G5 | — | — |
| 1894 | 10.32 | 11.32 | 12.10 | 1.00 | 0.78 | K0 | — | — |
| 1895 | 11.01 | 10.97 | 10.91 | -0.04 | -0.06 | B8 | — | — |
| 1895 | 10.93 | 11.49 | 11.94 | +0.56 | +0.45 | F8 | — | — |
| 1897 | 10.74 | 12.00 | 13.14 | 1.26 | 1.14 | K5 | — | — |
| 1898 | 12.11 | 12.19 | 12.24 | 0.08 | 0.05 | A3 | — | — |
| 1899 | 11.91 | 12.36 | 12.89 | 0.45 | 0.53 | F2 | — | — |
| 1900 | 9.43 | 9.60 | 9.63 | 0.17 | 0.03 | B8 | — | — |
| 1901 | 10.10 | 10.04 | 9.90 | -0.06 | -0.14 | B8 | — | — |
| 1902 | 10.59 | 10.67 | 10.68 | +0.08 | +0.01 | B9 | — | — |
| 1903 | 10.72 | 11.14 | 11.40 | 0.42 | 0.26 | F0 | — | — |
| 1904 | 10.14 | 10.51 | 10.65 | 0.37 | 0.14 | F0 | — | — |
| 1905 | 9.72 | 11.12 | 12.78 | 1.40 | 1.66 | K5 | — | — |
| 1906 | 12.98 | 13.60 | 13.75 | 0.62 | 0.15 | — | — | — |
| 1907 | 11.88 | 12.24 | | 0.36 | | F0 | — | — |
| 1908 | 12.65 | 13.12 | | 0.47 | | F3 | — | — |
| 1909 | 12.04 | 13.33 | | 1.29 | | K7 | — | — |
| 1910 | 12.24 | 13.34 | 13.78 | 1.10 | 0.44 | K2 | — | — |
| 1911 | 11.91 | 12.26 | 12.70 | 0.35 | 0.44 | F0 | — | — |
| 1912 | 12.44 | 13.64 | 14.34 | 1.20 | 0.70 | K2 | — | — |
| 1913 | 12.47 | 12.92 | 13.16 | 0.45 | 0.24 | — | — | — |
| 1914 | 12.09 | 12.68 | 13.02 | 0.59 | 0.34 | F8 | — | — |
| 1915 | 12.51 | 12.79 | 13.07 | 0.28 | 0.28 | A8 | — | — |
| 1916 | 12.29 | 12.54 | 12.62 | 0.25 | 0.08 | A7 | — | — |
| 1917 | 12.09 | 12.68 | 13.02 | 0.59 | 0.34 | — | — | — |
| 1918 | 12.42 | 13.19 | 12.54 | 0.77 | 0.35 | K0 | — | — |
| 1919 | 12.04 | 12.72 | 12.91 | 0.68 | 0.19 | G5 | — | — |
| 1920 | 10.07 | 11.21 | 12.59 | 1.14 | 1.38 | K3 | — | — |
| 1921 | 11.26 | 11.46 | 11.62 | 0.20 | 0.16 | A5 | — | — |
| 1922 | 12.65 | 13.37 | 13.69 | 0.72 | 0.32 | — | — | — |
| 1923 | 10.10 | 11.16 | 12.14 | 1.06 | 0.98 | K2 | — | — |
| 1924 | 12.10 | 12.41 | 12.77 | 0.31 | 0.37 | F0 | — | — |
| 1925 | 12.24 | 12.66 | 13.02 | 0.42 | 0.36 | F2 | — | — |
| 1926 | 10.90 | 11.20 | 11.47 | 0.30 | 0.27 | F0 | — | — |
| 1927 | 12.09 | 12.81 | 13.36 | 0.72 | 0.55 | G5 | — | — |
| 1928 | 9.83 | 10.05 | 10.12 | 0.22 | 0.07 | A7 | — | — |
| 1929 | 10.33 | 11.74 | 13.04 | 1.41 | 1.33 | K8 | — | — |
| 1930 | 11.90 | 12.47 | 12.54 | 0.57 | 0.07 | F7 | — | — |
| 1931 | 12.46 | 12.98 | 13.11 | 0.52 | 0.16 | F5 | — | — |
| 1932 | 11.75 | 11.99 | 12.14 | 0.24 | 0.15 | A7 | — | — |
| 1933 | 10.53 | 12.28 | 13.73 | 1.75 | 1.65 | M5 | — | — |
| 1934 | 11.36 | 11.62 | 11.78 | 0.26 | 0.16 | A8 | — | — |
| 1935 | 12.05 | 12.74 | 12.76 | 0.69 | 0.02 | — | — | — |
| 1936 | 11.36 | 12.16 | 12.96 | 0.80 | 0.70 | — | — | — |
| 1937 | 12.00 | 12.41 | 12.65 | 0.41 | 0.24 | — | — | — |
| 1938 | 11.96 | 12.24 | | 0.28 | | — | — | — |
| 1939 | 11.00 | 12.91 | | 1.91 | | M5 | — | — |
| 1940 | 13.05 | 13.45 | | 0.40 | | — | — | — |
| 1941 | 9.89 | 11.83 | | 1.94 | | M5 | — | — |
| 1942 | 10.80 | 11.55 | | 0.75 | | G5 | — | — |
| 1943 | 10.73 | 11.10 | 11.69 | 0.37 | 0.59 | F0 | — | — |
| 1944 | 11.15 | 11.31 | 11.37 | 0.16 | 0.06 | A8 | — | — |
| 1945 | 11.99 | 12.28 | 12.42 | 0.29 | 0.14 | — | — | — |
| 1946 | 11.14 | 11.57 | | 0.43 | | F2 | — | — |
| 1947 | 11.13 | 11.33 | | 0.20 | | A7 | — | — |
| 1948 | 11.57 | 13.24 | | 1.67 | | M0 | — | — |
| 1949 | 12.57 | 13.13 | | 0.56 | | F8 | — | — |
| 1950 | 12.20 | 12.85 | | 0.65 | | G0 | — | — |
| 1951 | 12.81 | 13.45 | | 0.65 | | G2 | — | — |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|---|
| 1952 | | 10.55 | 11.76 | | +1.21 | | K5 | |
| 1953 | | 11.00 | 12.47 | | 1.47 | | K8 | |
| 1954 | | 13.03 | 13.60 | | 0.57 | | — | |
| 1955 | | 10.78 | 10.71 | | -0.07 | | B9 | |
| 1956 | 040021 | 9.57 | 9.60 | | +0.03 | | A | + |
| 1957 | | 12.50 | 13.06 | | 0.56 | | F8 | |
| 1958 | | 12.27 | 13.43 | | 1.16 | | K5 | |
| 1959 | | 10.77 | 11.28 | | 0.51 | | F5 | |
| 1960 | | 13.38 | | | | | — | 1 |
| 1961 | | 13.49 | | | | | K0 | 1 |
| 1962 | | 12.73 | 13.47 | | 0.74 | | G2 | 2 |
| 1963 | | 12.78 | 13.58 | | 0.80 | | — | 2 |
| 1964 | | 13.09 | 13.41 | | 0.32 | | — | |
| 1965 | | 12.26 | 12.46 | | 0.20 | | A7 | |
| 1966 | | 12.69 | 13.10 | | 0.41 | | F0 | |
| 1967 | | 11.80 | 13.21 | | 1.41 | | K7 | |
| 1968 | | 10.48 | 10.84 | | 0.36 | | F2 | |
| 1969 | | 12.22 | 12.79 | 13.18 | 0.57 | +0.39 | F8 | |
| 1970 | 040032 | 8.89 | 8.94 | 9.03 | 0.05 | 0.09 | A0 | + |
| 1971 | | 10.55 | 10.77 | 10.88 | 0.22 | 0.11 | A2 | |
| 1972 | 040048 | 9.18 | 9.17 | 8.88 | -0.01 | -0.29 | B9 | |
| 1973 | | 10.26 | 11.63 | 12.84 | +1.37 | +1.21 | K5 | |
| 1974 | | 12.63 | 13.33 | 13.97 | 0.70 | 0.64 | — | |
| 1975 | | 12.47 | 12.87 | 13.03 | 0.40 | 0.16 | F0 | |
| 1976 | | 12.52 | 12.97 | 13.35 | 0.45 | 0.38 | F3 | |
| 1977 | | 12.16 | 12.88 | 13.29 | 0.72 | 0.41 | G2 | |
| 1978 | | 12.82 | 13.24 | 13.34 | 0.42 | 0.10 | F2 | |
| 1979 | | 11.57 | 12.02 | 12.13 | 0.45 | 0.11 | — | |
| 1980 | 040047 | 9.38 | 9.57 | 9.68 | 0.19 | 0.11 | A2 | |
| 1981 | | 12.21 | 12.43 | 12.51 | 0.22 | 0.08 | A7 | |
| 1982 | | 12.29 | 12.89 | 13.68 | 0.60 | 0.79 | F8 | |
| 1983 | | 12.12 | 12.42 | 12.66 | 0.30 | 0.24 | A8 | |
| 1984 | | 11.67 | 12.04 | 12.56 | 0.37 | 0.52 | F2 | |
| 1985 | | 11.42 | 11.64 | 11.78 | 0.22 | 0.14 | A7 | |
| 1986 | | 12.05 | 12.80 | 12.89 | 0.75 | 0.09 | G3 | |
| 1987 | | 12.23 | 12.71 | 12.78 | 0.48 | 0.07 | F5 | |
| 1988 | | 12.18 | 12.84 | 13.07 | 0.66 | 0.23 | G0 | |
| 1989 | | 12.24 | 12.78 | 12.94 | 0.54 | 0.16 | F7 | |
| 1990 | | 11.11 | 11.47 | 11.94 | 0.33 | 0.47 | F5 | |
| 1991 | | 12.59 | 12.94 | 13.44 | 0.35 | 0.50 | — | |
| 1992 | | 11.66 | 11.98 | 12.35 | 0.32 | 0.37 | F0 | |
| 1993 | | 11.14 | 13.02 | 14.86 | 1.88 | 1.84 | M5 | |
| 1994 | | 12.61 | 13.05 | 13.29 | 0.44 | 0.24 | F2 | |
| 1995 | | 11.34 | 12.69 | 13.68 | 1.35 | 0.99 | K7 | |
| 1996 | | 10.60 | 12.01 | 13.34 | 1.41 | 1.31 | K7 | |
| 1997 | | 11.40 | 11.83 | 12.36 | 0.43 | 0.53 | — | |
| 1998 | | 12.29 | 12.87 | 13.30 | 0.58 | 0.43 | F7 | |
| 1999 | | 12.26 | 12.62 | 12.97 | 0.36 | 0.35 | F0 | |
| 2000 | | 12.21 | 12.93 | 13.22 | 0.72 | 0.29 | — | |
| 2001 | 040025 | 7.61 | 7.72 | | 0.11 | | A3 | 4 |
| 2002 | | 10.90 | 11.43 | | 0.53 | | — | |
| 2003 | | 11.54 | 11.73 | | 0.19 | | A5 | |
| 2004 | | 12.69 | 13.18 | | 0.49 | | F5 | |
| 2005 | | 11.21 | 11.78 | | 0.57 | | F7 | |
| 2006 | | 11.93 | 12.49 | | 0.56 | | — | |
| 2007 | | 12.21 | 12.54 | | 0.33 | | — | |
| 2008 | | 12.46 | 13.09 | | 0.63 | | G0 | |
| 2009 | | 12.80 | 13.35 | | 0.55 | | — | |
| 2010 | | 11.97 | 12.39 | | 0.42 | | — | |
| 2011 | | 13.36 | 13.90 | 14.45 | 0.54 | 0.55 | — | |
| 2012 | | 11.52 | 12.18 | 12.73 | 0.66 | 0.55 | G0 | |
| 2013 | | 12.25 | 12.71 | 12.92 | 0.46 | 0.21 | F3 | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|------|
| 2014 | | 11.23 | 11.88 | 12.05 | +0.65 | +0.17 | G0 | |
| 2015 | | 11.24 | 12.56 | 13.90 | 1.32 | 1.34 | K7 | |
| 2016 | | 10.25 | 10.66 | 10.99 | 0.41 | 0.33 | F3 | |
| 2017 | | 11.50 | 12.06 | 12.24 | 0.56 | 0.18 | — | |
| 2018 | | 12.01 | 12.56 | 12.87 | 0.55 | 0.32 | — | |
| 2019 | | 12.04 | 12.54 | 12.71 | 0.50 | 0.17 | F5 | |
| 2020 | | 12.77 | 13.46 | 13.67 | 0.69 | 0.21 | — | |
| 2021 | | 9.23 | 10.93 | 11.60 | 1.70 | 0.67 | K2 | 3 |
| 2022 | | 11.28 | 11.90 | 12.29 | 0.62 | 0.15 | G0 | |
| 2023 | | 11.60 | 12.24 | 12.63 | 0.64 | 0.39 | G2 | |
| 2024 | | 9.45 | 11.34 | | 1.89 | | M0 | |
| 2025 | | 11.23 | 12.54 | | 1.31 | | K7 | |
| 2026 | | 12.83 | 13.17 | | 0.34 | | — | |
| 2027 | | 12.57 | 13.17 | 13.48 | 0.60 | 0.31 | F8 | |
| 2028 | | 11.10 | 12.29 | | 1.19 | | K3 | |
| 2029 | | 10.83 | 11.14 | 11.51 | 0.31 | 0.37 | A5 | 3 |
| 2030 | 040036 | 8.58 | 9.06 | 9.32 | 0.48 | 0.26 | F2 | 3, 4 |
| 2031 | | 12.58 | 13.13 | 13.41 | 0.55 | 0.28 | F7 | |
| 2032 | | 11.64 | 12.40 | 12.68 | 0.76 | 0.28 | G5 | |
| 2033 | | 9.21 | 10.34 | 11.37 | 1.13 | 1.03 | K0 | 3 |
| 2034 | | 11.13 | 11.43 | | 0.30 | | F0 | |
| 2035 | | 11.38 | 11.92 | | 0.54 | | F7 | |
| 2036 | | 11.05 | 12.37 | 13.39 | 1.32 | 1.02 | K5 | |
| 2037 | | 11.43 | 12.83 | | 1.40 | | K7 | |
| 2038 | | 11.50 | 12.39 | 12.69 | 0.89 | 0.30 | K0 | |
| 2039 | | 11.81 | 12.34 | | 0.53 | | — | |
| 2040 | | 12.82 | 13.31 | | 0.49 | | — | |
| 2041 | | 12.83 | 13.54 | | 0.71 | | — | |
| 2042 | | 9.53 | 9.54 | | 0.01 | | B8 | |
| 2043 | | 12.93 | 13.50 | | 0.57 | | — | |
| 2044 | | 12.42 | 13.16 | | 0.74 | | — | |
| 2045 | | 11.02 | 11.05 | | 0.03 | | B9 | |
| 2046 | 040009 | 8.41 | 8.24 | | -0.17 | | B3 | 4 |
| 2047 | 039997 | 9.20 | | | | | A5 | 1, 4 |
| 2048 | | 12.10 | 12.67 | | +0.57 | | — | |
| 2049 | | 12.29 | 13.01 | | 0.72 | | G5 | |
| 2050 | | 11.36 | 12.91 | | 1.55 | | K8 | |
| 2051 | | 12.33 | 13.03 | | 0.70 | | — | |
| 2052 | | 12.07 | 12.60 | | 0.53 | | F7 | |
| 2053 | | 11.40 | 11.74 | | 0.34 | | F0 | |
| 2054 | | 11.69 | 12.11 | | 0.42 | | F2 | |
| 2055 | | 11.87 | 12.49 | | 0.62 | | F8 | |
| 2056 | | 12.87 | | | | | — | 1 |
| 2057 | | 12.82 | 13.08 | | 0.26 | | — | |
| 2058 | | 12.67 | | | | | K2 | 1 |
| 2059 | | 12.77 | | | | | — | 1 |
| 2060 | | 12.74 | 13.55 | | 0.81 | | K0 | |
| 2061 | | 11.49 | 12.26 | | 0.77 | | G0 | |
| 2062 | | 10.90 | 11.65 | | 0.75 | | F5 | |
| 2063 | | 12.69 | | | | | G8 | 1 |
| 2064 | | 12.50 | | | | | M0 | 1 |
| 2065 | | 12.22 | 12.75 | | 0.53 | | F7 | |
| 2066 | | 10.76 | 10.71 | | -0.05 | | B9 | |
| 2067 | | 12.32 | 13.31 | | +0.99 | | K0 | |
| 2068 | | 12.03 | 12.82 | | 0.79 | | — | |
| 2069 | | 12.40 | 13.37 | | 0.97 | | K2 | |
| 2070 | 040007 | 9.75 | 10.02 | | 0.27 | | F0 | |
| 2071 | | 10.63 | 12.30 | | 1.67 | | M0 | |
| 2072 | | 11.30 | 11.73 | | 0.43 | | A8 | |
| 2073 | | 12.58 | 13.53 | | 0.95 | | K2 | |
| 2074 | | 12.49 | | | | | G5 | 1 |
| 2075 | | 12.91 | | | | | F3 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|-----|
| | | | | | | | K5 | 1 |
| 2076 | | 11.89 | | | | | — | 1 |
| 2077 | | 12.33 | | | | | K0 | 1 |
| 2078 | | 12.57 | | | | | K2 | 1 |
| 2079 | | 12.79 | | | | | A8 | 1 |
| 2080 | | 10.66 | | | | | K8 | 1 |
| 2081 | | 12.76 | | | | | — | 1 |
| 2082 | | 12.49 | | | | | — | |
| 2083 | | 12.61 | 13.10 | | +0.58 | | K3 | |
| 2084 | | 10.82 | 11.96 | | 1.14 | | G0 | |
| 2085 | | 11.67 | 12.35 | | 0.68 | | F7 | 1 |
| 2086 | | 13.00 | | | | | G3 | |
| 2087 | | 12.34 | | | | | — | |
| 2088 | | 12.77 | | | | | K0 | |
| 2089 | | 11.98 | | | | | A2 | 1 |
| 2090 | 039988 | 6.60 | | | | | A2 | 1 |
| 2091 | | 11.22 | | | | | F3 | 1 |
| 2092 | | 10.95 | | | | | K2 | 1 |
| 2093 | | 12.19 | | | | | M0 | 1 |
| 2094 | | 12.99 | | | | | K0 | 1 |
| 2095 | | 12.90 | | | | | M0 | 1 |
| 2096 | | 12.80 | | | | | — | 1 |
| 2097 | | 13.10 | | | | | F6 | |
| 2098 | | 10.74 | 11.28 | 11.49 | 0.54 | +0.21 | A5 | |
| 2099 | | 11.95 | 12.16 | 12.34 | 0.21 | 0.18 | — | |
| 2100 | | 12.62 | 12.83 | 12.99 | 0.21 | 0.16 | — | |
| 2101 | | 11.88 | 12.51 | 12.63 | 0.63 | 0.12 | G0 | |
| 2102 | | 11.98 | 12.23 | 12.54 | 0.25 | 0.31 | A8 | |
| 2103 | | 11.15 | 11.41 | 11.58 | 0.26 | 0.17 | A7 | |
| 2104 | | 12.22 | 12.80 | | 0.58 | | F2 | |
| 2105 | | 12.22 | 12.65 | | 0.43 | | F0 | |
| 2106 | | 9.68 | 10.02 | | 0.34 | | F7 | |
| 2107 | | 11.39 | 12.09 | | 0.70 | | G0 | 1 |
| 2108 | | 12.45 | | | | | G3 | 1 |
| 2109 | | 12.96 | | | | | K8 | 1 |
| 2110 | | 12.85 | | | | | G7 | 1 |
| 2111 | | 13.01 | | | | | G5 | 1 |
| 2112 | | 13.05 | | | | | A8 | 1,3 |
| 2113 | | 11.36 | | | | | — | 1 |
| 2114 | 039983 | 9.48 | | | | | K2 | 1 |
| 2115 | | 12.50 | | | | | K0 | 1 |
| 2116 | 039987 | 9.68 | | | | | G2 | 1 |
| 2117 | | 13.32 | | | | | M0 | 1 |
| 2118 | | 13.85 | | | | | G0 | 1 |
| 2119 | | 12.85 | | | | | F0 | 1 |
| 2120 | | 12.08 | | | | | K5 | 1 |
| 2121 | | 12.29 | | | | | F3 | 1 |
| 2122 | | 11.30 | | | | | G2 | 1 |
| 2123 | | 12.90 | | | | | K8 | 1 |
| 2124 | | 12.05 | | | | | K5 | |
| 2125 | | 11.26 | 12.56 | | 1.30 | | F2 | |
| 2126 | | 12.48 | 12.84 | | 0.36 | | K0 | 1 |
| 2127 | | 12.46 | | | | | K0 | |
| 2128 | | 12.25 | 13.08 | | 0.83 | | — | |
| 2129 | | 13.24 | 13.45 | | 0.21 | | A0 | |
| 2130 | | 11.69 | 11.71 | | 0.02 | | K5 | |
| 2131 | | 11.51 | 12.75 | | 1.24 | | K7 | |
| 2132 | | 11.65 | 12.96 | | 1.31 | | K5 | |
| 2133 | | 11.76 | 12.99 | | 1.23 | | K5 | |
| 2134 | | 11.23 | 12.51 | | 1.28 | | F2 | |
| 2135 | | 12.42 | 12.76 | | 0.34 | | F3 | |
| 2136 | | 12.21 | 12.63 | | 0.42 | | F0 | |
| 2137 | | 10.97 | 11.29 | | 0.32 | | — | |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|----|------|
| 2138 | | 12.72 | 13.41 | 13.72 | +0.69 | +0.31 | — | |
| 2139 | | 9.33 | 10.25 | 11.42 | 0.92 | 1.17 | G7 | |
| 2140 | | 12.17 | 12.77 | 13.14 | 0.60 | 0.37 | F8 | |
| 2141 | | 10.14 | 10.22 | 10.13 | 0.08 | -0.09 | B9 | |
| 2142 | 040031 | 8.92 | 9.12 | 9.20 | 0.20 | +0.08 | A3 | |
| 2143 | | 9.70 | 11.19 | 12.73 | 1.49 | 1.54 | M0 | |
| 2144 | | 11.60 | 12.19 | 12.85 | 0.59 | 0.66 | G0 | |
| 2145 | | 12.38 | 12.74 | 13.16 | 0.36 | 0.42 | F0 | |
| 2146 | | 12.33 | 12.72 | | 0.39 | | F0 | |
| 2147 | | 10.75 | 11.06 | 11.41 | 0.31 | 0.35 | F0 | |
| 2148 | | 11.97 | 13.09 | | 1.12 | | K2 | |
| 2149 | | 10.95 | 11.75 | | 0.80 | | G8 | |
| 2150 | | 11.27 | 12.33 | | 1.06 | | K3 | |
| 2151 | | 11.24 | 11.08 | | -0.16 | | B5 | |
| 2152 | | 11.95 | 12.35 | | +0.40 | | F2 | |
| 2153 | | 12.56 | 13.68 | | 1.12 | | — | |
| 2151 | | 12.80 | 13.34 | | 0.54 | | — | |
| 2155 | | 10.91 | 12.80 | | 1.89 | | M5 | |
| 2156 | | 12.11 | 13.43 | | 1.32 | | K7 | |
| 2157 | | 12.68 | 13.09 | | 0.41 | | — | |
| 2158 | | 11.37 | | | | | A8 | 1 |
| 2159 | | 11.73 | 12.70 | | 0.97 | | K2 | |
| 2160 | | 12.17 | 12.49 | | 0.32 | | F0 | |
| 2161 | | 11.90 | 12.30 | | 0.40 | | F2 | |
| 2162 | | 11.93 | 12.43 | | 0.50 | | F5 | |
| 2163 | | 11.29 | 11.55 | | 0.26 | | A7 | |
| 2164 | | 11.93 | 11.87 | | -0.06 | | B8 | |
| 2165 | | 11.79 | 11.79 | | 0.00 | | B9 | |
| 2166 | | 12.94 | 13.36 | | +0.42 | | — | |
| 2167 | | 12.49 | 12.89 | | 0.40 | | F2 | |
| 2168 | | 12.34 | 12.69 | | 0.35 | | F0 | |
| 2169 | | 10.92 | 12.72 | | 1.80 | | M5 | |
| 2170 | | 10.94 | 10.99 | | 0.05 | | B9 | |
| 2171 | | 12.40 | 12.80 | | 0.40 | | F2 | |
| 2172 | | 12.80 | 12.98 | | 0.18 | | — | |
| 2173 | | 12.78 | | | | | — | 1 |
| 2174 | | 12.11 | | | | | A3 | 1 |
| 2175 | | 12.80 | | | | | A2 | 1 |
| 2176 | | 12.58 | | | | | — | 1 |
| 2177 | | 10.76 | | | | | K8 | 1 |
| 2178 | | 10.30 | 10.41 | | 0.11 | | A2 | |
| 2179 | | 12.19 | 13.40 | | 1.21 | | K3 | |
| 2180 | | 12.63 | | | | | F0 | 1 |
| 2181 | | 11.73 | | | | | F2 | 1 |
| 2182 | | 12.37 | 12.69 | | 0.32 | | A8 | |
| 2183 | | 10.88 | 11.44 | | 0.56 | | — | |
| 2184 | 040005 | 7.30 | | | | | F8 | 1, 4 |
| 2185 | | 12.24 | 12.33 | | 0.09 | | A0 | |
| 2186 | | 10.84 | 11.17 | | 0.33 | | — | |
| 2187 | | 13.32 | 13.79 | | 0.47 | | — | |
| 2188 | | 12.36 | 12.92 | | 0.56 | | — | |
| 2189 | | 12.55 | 12.69 | | 0.34 | | — | |
| 2190 | | 10.66 | 10.68 | | 0.02 | | B8 | 2 |
| 2191 | | 11.30 | | | | | — | 1 |
| 2192 | | 12.85 | | | | | — | 1 |
| 2193 | | 12.37 | | | | | F8 | 1 |
| 2194 | | 13.08 | | | | | K5 | 1 |
| 2195 | | 11.59 | | | | | F3 | 1 |
| 2196 | | 12.64 | | | | | F7 | 1 |
| 2197 | | 12.19 | | | | | K8 | 1 |
| 2198 | | 12.20 | | | | | K7 | 1 |
| 2199 | | 11.15 | | | | | G7 | 1 |

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
|------|--------|-------|---|---|---|---|----|------|
| | | | | | | | F0 | 1 |
| 2200 | | 9.98 | | | | | A8 | 1 |
| 2201 | | 11.87 | | | | | G2 | 1 |
| 2202 | | 12.03 | | | | | — | 1 |
| 2203 | | 11.13 | | | | | K5 | 1 |
| 2204 | | 11.71 | | | | | B9 | 1, 4 |
| 2205 | 039967 | 7.20 | | | | | G8 | 1 |
| 2206 | | 12.51 | | | | | F5 | 1 |
| 2207 | | 11.51 | | | | | F2 | 1 |
| 2208 | 039985 | 10.40 | | | | | F2 | 1 |
| 2209 | | 11.57 | | | | | A2 | 1 |
| 2210 | 039980 | 9.45 | | | | | K3 | 1 |
| 2211 | | 11.74 | | | | | G8 | 1 |
| 2212 | | 12.43 | | | | | K8 | 1 |
| 2213 | | 12.19 | | | | | G7 | 1 |
| 2214 | | 11.64 | | | | | K3 | 1 |
| 2215 | | 12.97 | | | | | | |

Примечания к табл. 2:

- 1 — фотографические величины (в графе V)
 2 — звезды на краю фотопластинок
 3 — двойные звезды
 4 — спектральные классы звезд по каталогу SAO

5. Сравнение с другими данными

С точки зрения проверки правильности примененного нами метода, особый интерес представляет сравнение найденных нами спектральных классов, хотя бы для небольшой части изученных звезд, со спектральными классами для этих же звезд, определенных другими методами. Сравнение проведено в отношении 86 звезд, часть из которых имеется в каталоге SAO; список этих звезд представлен в табл. 3. В первом столбце таблицы приведен номер звезды по [8], во втором — номер по каталогу SAO [9], в последующих четырех столбцах приведены спектральные классы звезд, найденные следующими методами (последовательно): по длине спектрограммы в ультрафиолете («Орион-2»); по результатам измерений непрерывного спектра в шкале интенсивностей [11], по эквивалентной ширине линии 2800 MgII [12], по данным колориметрических измерений (табл. 2 настоящей работы).

Как следует из приведенных в табл. 3 результатов, найденные нами спектральные классы (столбец 3) оказались в хорошем согласии с оценками, полученными другими методами классификации. Особо следует подчеркнуть почти полное совпадение (за исключением 2—3 случаев) нашей классификации с классификацией методом «непрерывного спектра в шкале интенсивностей». Последнее приводит к тому, что при массовых работах классификация звезд с помощью их непрерывных спектров, то есть без перехода к шкале интенсивностей, становится более выгодной и целесообразной.

Неплохо совпадают наши результаты и с классификацией, проведенной методом «линии 2800 MgII». Встречающиеся более частые случаи рас-

Таблица 3

Спектральные классы для группы звезд, найденные различными методами

| No. [8] | SAO | Sp (UV) | Sp (ints.) | Sp (MgII) | Sp (UBV) |
|---------|--------|---------|------------|-----------|----------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 30 | | A8 | F0 | F3 | A7 |
| 64 | | A8 | — | A5 | A9 |
| 100 | | A0 | — | A0 | — |
| 102 | | B9 | — | B5 | — |
| 103 | 040359 | F0 | F0 | F0 | — |
| 173 | | G3 | G3 | — | G5 |
| 245 | | B8 | — | B7 | — |
| 381 | 040330 | G3 | G5 | — | G5 |
| 384 | | G2 | G3 | — | G3 |
| 387 | 040301 | A8 | F0 | F0 | A7 |
| 424 | 040273 | A8 | — | F1 | A7 |
| 471 | | F0 | F0 | F0 | F0 |
| 520 | 040286 | F2 | F0 | F0 | F0 |
| 556 | 040284 | F5 | F5 | F9 | F2 |
| 577 | | A0 | — | A0 | B9 |
| 640 | | F0 | F0 | A9 | F0 |
| 643 | | A0 | — | A3 | B9 |
| 650 | | A0 | — | A1 | B9 |
| 664 | | F0 | — | — | A9 |
| 676 | | F0 | F0 | — | F0 |
| 697 | 040234 | F0 | F0 | F1 | A8 |
| 715 | 040240 | A8 | — | A9 | A5 |
| 717 | | A7 | F0 | — | — |
| 720 | | F2 | F2 | — | F0 |
| 733 | 040198 | G8 | — | G9 | G9 |
| 751 | 040171 | F5 | F5 | — | F5 |
| 754 | 040210 | F3 | — | F0 | — |
| 758 | | F0 | F2 | A9 | — |
| 767 | | F2 | F2 | — | F1 |
| 791 | | F8 | F8 | — | F7 |
| 807 | 040118 | G0 | F8 | G0 | G3 |
| 817 | 040140 | F5 | F0 | — | F0 |
| 824 | 040164 | B9 | — | A4 | B8 |
| 825 | | B8 | — | A2 | B7 |
| 850 | | A2 | — | A3 | A1 |
| 871 | | A7 | — | A5 | — |
| 877 | 040114 | A0 | — | B9 | B9 |
| 889 | 040096 | F0 | F0 | F6 | A8 |
| 914 | | F2 | — | A9 | A9 |
| 946 | | A8 | — | — | A5 |
| 952 | | G0 | F8 | — | — |
| 1023 | | B9 | — | B9 | B8 |
| 1030 | | A0 | — | A1 | B9 |
| 1032 | | F0 | F0 | — | F1 |
| 1039 | | B8 | — | A0 | B7 |
| 1093 | | B7 | — | B8 | — |
| 1113 | | F0 | F0 | — | F2 |
| 1116 | | F4 | — | — | F5 |
| 1134 | | F5 | — | — | F3 |
| 1142 | 040221 | B9 | — | A1 | B8 |
| 1143 | | A1 | — | A2 | A2 |
| 1150 | | F1 | F0 | — | F2 |

Таблица 3 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|------|--------|----|----|----|----|
| 1183 | | A8 | — | — | A8 |
| 1200 | | F4 | F5 | — | F5 |
| 1341 | | A0 | — | A2 | B9 |
| 1342 | 040166 | F2 | F5 | F0 | F5 |
| 1450 | 040191 | F0 | F0 | F0 | F2 |
| 1518 | | B8 | — | B8 | B7 |
| 1563 | | A5 | — | — | A5 |
| 1564 | | A0 | — | A0 | A0 |
| 1567 | 040137 | A0 | — | B8 | B9 |
| 1594 | 040156 | A0 | — | A1 | A0 |
| 1605 | 040111 | A0 | — | A2 | B9 |
| 1606 | | A0 | — | A2 | B9 |
| 1648 | | B8 | — | B1 | B8 |
| 1693 | | G0 | F8 | — | F8 |
| 1700 | 040093 | B8 | — | B4 | B7 |
| 1722 | 040059 | B9 | — | B9 | B9 |
| 1731 | 040045 | F3 | F3 | A9 | F5 |
| 1737 | 040056 | F5 | F5 | — | F2 |
| 1738 | | A0 | — | A3 | B9 |
| 1841 | | A0 | — | A4 | A0 |
| 1844 | | A3 | — | A9 | A5 |
| 1858 | | F0 | F2 | F1 | F5 |
| 1859 | | A7 | — | — | A5 |
| 1888 | | F3 | F5 | F0 | F2 |
| 1900 | | B8 | — | B6 | A0 |
| 1901 | | B8 | — | B8 | B7 |
| 1968 | | F2 | F2 | — | F0 |
| 2016 | | F3 | F0 | — | F0 |
| 2042 | | B8 | — | A2 | B8 |
| 2070 | 040007 | F0 | F0 | F0 | A7 |
| 2106 | | F0 | F0 | F0 | A9 |
| 2116 | 039987 | K0 | — | K2 | — |
| 2142 | 040031 | A3 | — | A3 | A3 |
| 2210 | 039980 | A2 | — | A5 | — |

хождения, в особенности у ранних классов, следует приписать недостаточной высокой чувствительности метода классификации по линии MgII в случае ранних типов звезд, у которых эта линия очень слаба.

Следует считать удовлетворительными также результаты, полученные в случае классификации по данным UVV фотометрии. В этом случае было учтено влияние межзвездного поглощения, соответствующего среднему значению $B-V = 0^m1$ по данному направлению неба; эта величина была найдена по колориметрическим данным звезд известных спектральных классов из каталога SAO.

Точность нашей классификации, судя по данным табл. 3, не хуже 2—3 подклассов по всему спектральному диапазону. Точность классификации, однако, улучшается по мере перехода в сторону ранних классов и ухудшается при переходе к поздним классам.

Обращает на себя внимание тот факт, что в каталоге SAO класс G представлен — для нашей области неба — только подклассами G0 и G5. Спектрофотометрические записи этих же звезд были использованы нами

качестве звезд сравнения. Несмотря на это, удалось добиться более высокого спектрального разрешения при классификации звезд класса G.

Для классифицированных нами звезд, если сравнение проводилось между микрофотометрическими записями спектрограмм, полученными с более короткими экспозициями, должно иметь место следующее условие:

$$(S_p)_{\text{ист}}^* > (S_p)_{\text{набл}}$$

где справа дан найденный из наблюдений спектральный класс, а слева — истинный класс данной звезды. Разница между истинными и наблюдаемыми спектрами обусловлена межзвездным поглощением. Более слабые звезды как правило относили к несколько позднему классу, чем они принадлежат на самом деле. Поэтому всякие поправки сделают звезду более раннего класса, чем найденный из наблюдений спектральный класс.

Эти замечания, однако, относятся к звездам слабее 10^m ; для звезд ярче 10^m влиянием межзвездного поглощения можно пренебречь по той причине, что спектрограммы звезд сравнения, с помощью которых была осуществлена классификация остальных звезд, искажены влиянием межзвездного поглощения примерно в той же степени, что и классифицированные звезды.

6. Проверка примененного метода спектральной классификации

Почти все звезды с известными спектральными классами в области Капеллы были использованы нами в качестве стандартов. Поэтому для проверки правильности метода классификации «по длине ультрафиолетовых спектрограмм» были использованы звезды из областей неба вокруг γ Cas и β Aug, спектрограммы которых также были получены с помощью «Ориона-2». Данные наблюдений этих областей представлены в табл. 1.

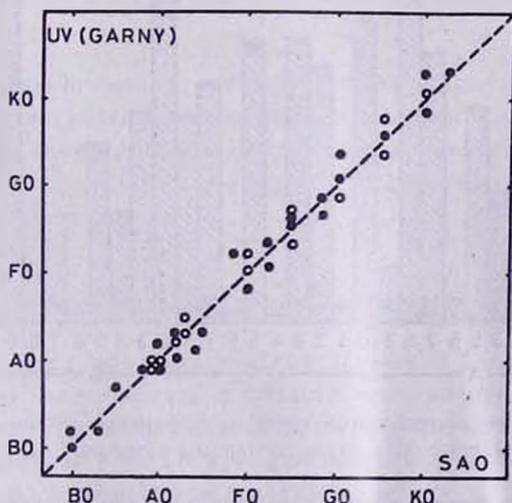


Рис. 8. Сопоставление результатов классификации звезд по методу их ультрафиолетовых спектрограмм и данных каталога SAO для группы звезд из области γ Cas.

нии—для 4500 звезд из восьми избранных площадей Каптейна до 13^m [14]. Как следует из приведенного рисунка, распределение классифицированных звезд по спектральному классу почти ничем не отличается от того, что дает классификация Абастуманской обсерватории. Во всяком случае, расхождение у всех спектральных классов между нашими и абастуманскими данными не больше 1—2%, только у типа К оно доходит до 3%. Как нам кажется, это может быть следствием того, что для звезд слабее 10^m наша классификация дает несколько поздний тип данного спектрального класса, что и приводит к искусственному повышению числа звезд поздних типов. Некоторое повышенное значение В типов звезд в нашем случае, по

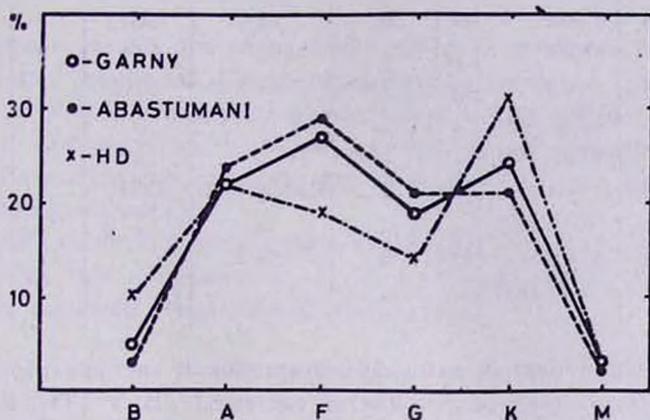


Рис. 10. Распределение звезд (в процентах) по спектральному типу по данным табл. 2 (для области неба вокруг Капеллы), Абастуманской обсерватории (избранные площади Каптейна) и по каталогу HD (звезды ярче $8^m.5$ для всего неба).

сравнению с абастуманскими данными, по-видимому, реально и носит местный для рассматриваемого звездного населения характер.

Что касается некоторого расхождения с данными каталога HD, то, по-видимому, оно обусловлено разницей предельных звездных величин сравниваемых групп звезд.

8. Фотометрическое изучение звезд группы Капеллы

Ввиду отсутствия фотометрических данных о блеске интересующих нас слабых звезд, находящихся в области неба вокруг Капеллы, нами в феврале и августе 1974 г. был получен фотографический материал специально для этой области неба на 21- и 40-дюймовом телескопах системы Шмидга Бюраканской астрофизической обсерватории.

Данные о собранном нами материале для области Капеллы и стандартов приведены в табл. 4.

Данные об использованном фотометрическом материале для звезд
из области неба вокруг Капеллы

| Дата | Объект набл. | Телескоп | Область фото- граф. | Тип плас- тинки | Фильтр | Кол-во пласти- нок | Время экспозиции |
|---------------|-----------------|----------|---------------------------|--------------------|--------|--------------------------|---------------------|
| 18—19/II.74 | z Aur | 21" | Pg | Zu-2 | б.ф | 6 | 1 мин. 6 мин |
| | NPS | " | " | " | " | 4 | 1 мин. 6 мин |
| 15—16 VIII.74 | z Aur | 40" | V | Kodak-103D | GG11 | 4 | 30 сек |
| | NPS | " | " | " | " | 3 | " |
| 15—16 VIII.74 | z Aur | 40" | B | Zu-2 | GG13 | 4 | 30 сек |
| | NPS | " | " | " | " | 3 | " |
| 16—17 VIII.74 | z Aur | 40" | U | Zu-2 | UG2 | 4 | 2.5 мин |
| | NGC 1664 | " | " | " | " | 2 | " |
| | NGC 1444 | " | " | " | " | 3 | " |
| 17—18 VIII.74 | z Aur | 40" | V | Kodak-103D | GG11 | 2 | 40 сек |
| | NGC 1664 | " | " | " | " | 2 | " |
| 17—18 VIII.74 | z Aur | 40" | B | Zu-2 | " | 2 | 40 сек |
| | NGC 1664 | " | " | " | " | 2 | " |

Комбинация взятых нами фотопластинок и светофильтров дает наилучшее приближение к общепринятой системе U, B, V [15]. Как показали исследования характеристических кривых, согласование между нашей системой U, B, V и системой U, B, V Джонсона таково, что нет необходимости строить цветовые уравнения.

Характеристические кривые для измерения изучаемых нами звезд были построены с помощью звезд NPS [16, 17], а также звездных скоплений NGC 1664 и NGC 1444 [18], находящихся очень близко к области Капеллы.

Обработка полученного наблюдательного материала проведена на микрофотометре МФ-2 с помощью круглой диафрагмы диаметром 4.2 мм и 2.6 мм.

В результате измерений были найдены звездные величины более двух тысяч звезд в лучах U, B, V и фотографических лучах; они представлены в табл. 2. В первом столбце этой таблицы приведены номера обработанных звезд по [8], во втором — нумерация по каталогу SAO [9], в третьем, четвертом и пятом — звездные величины в V, B и U лучах, в шестом и седьмом — показатели цветов B—V и U—B, в восьмом — спектральный тип звезд, классификация которых проведена описанным в настоящей работе методом, в девятом — примечания. Так как 21-дюймовый телескоп более широкоугольный, чем 40-дюймовый, то для некоторых звезд данные U, B, V не удалось получить и в таблице для таких звезд представлены только фотографические звездные величины.

Таблица 5

Среднеквадратичные ошибки фотометрических измерений для звезд, приведенных в табл. 2

| Цвет | Зв. вел. | 8 ^m 0 | 9 ^m 0 | 10 ^m 0 | 11 ^m 0 | 12 ^m 0 | 13 ^m 0 |
|------|----------|------------------|------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| Rg | | ±0.05 | ±0.07 | ±0.09 | ±0.10 | ±0.12 | ±0.13 |
| V | | 0.05 | 0.07 | 0.09 | 0.11 | 0.12 | 0.14 |
| B | | 0.07 | 0.09 | 0.12 | 0.14 | 0.15 | 0.17 |
| U | | 0.09 | 0.11 | 0.13 | 0.15 | 0.17 | 0.20 |

Для каждой звезды при определении звездной величины было использовано от 4 до 7 пластинок. Среднеквадратичная ошибка в зависимости от звездной величины и для разных цветов представлена в табл. 5.

В наших измерениях не были учтены ошибки, обусловленные «эффектом поля» и атмосферным поглощением, ввиду того, что они не превышают ошибок наших измерений.

Выражаю глубокую благодарность О. Чаушяну и М. Цветкову за оказанную помощь при получении U, B, V фотографического материала на 40-дюймовом телескопе Бюраканской обсерватории.

В ы в о д ы

Результаты спектральной классификации коротковолновых спектрограмм 2000 звезд вокруг Капеллы, полученных с помощью «Ориона-2», позволяют сделать следующие выводы.

1. Спектральная классификация звезд может быть проведена как по длине полученных спектрограмм в ультрафиолете, так и по их микрофотометрическим записям. Точность классификации, как и следовало ожидать, во втором случае более высокая, поскольку полностью исключаются ошибки, обусловленные субъективными факторами.

2. Наличие межзвездного поглощения приводит к тому, что слабые звезды мы относим к более позднему спектральному классу, чем они есть в действительности.

3. По распределению энергии в непрерывном спектре в ультрафиолете — короче 3000 Å и до 2000 Å — нельзя определить класс светимости звезды, поскольку в этой области невозможно отличить карлик от гиганта (рис. 6).

4. Метод классификации звезд по длине их ультрафиолетовых спектрограмм хорошо согласуется с классификацией методом «непрерывного спектра в шкале интенсивностей» (табл. 3).

5. Результаты нашей классификации также хорошо согласуются с данными спектральной классификации по калориметрическим значениям этих звезд (табл. 3).

6. Некоторые случаи расхождения метода классификации по ультрафиолетовым спектрам с методом «линии 2800 MgII», в особенности у звезд ранних классов, объясняются, по-видимому, слабостью указанной линии в спектрах этих звезд (табл. 3).

7. Полученное нами процентное распределение звезд в зависимости от их спектрального класса находится в хорошем согласии с аналогичными данными, полученными в Абастуманской обсерватории.

Հ. Վ. ՆՈՎԱՆԵՍՅԱՆ

ԱՍՏՂԵՐԻ ՍՊԵԿՏՐԱԼ ԴԱՍԱԿԱՐԳՈՒՄԸ ՈՒՆՏՐՎՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆ ՍՊԵԿՏՐՈԳՐԱՄԵՆԵՐԻ ՕԳՆՈՒԹՅԱՄԲ

Ա մ փ ո փ ու մ

Սովորաբար օպտիկական դիապազոնում (7000—3000 Å) անընդհատ սպեկտրի ձևը և երկարությունը զգալուն չեն աստղերի սպեկտրալ դասի նկատմամբ: Ի տարբերություն դրան, ուլտրամանուշակագույն դիապազոնում 3000-ից մինչև 2000 Å տիրույթում, անընդհատ սպեկտրի բնույթը և հատկապես նրա երկարությունը խիստ կախված է աստղի սպեկտրալ դասից: Այդ հանգամանքը կարելի է ընդունել որպես հիմք իրենց ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամներով աստղերի սպեկտրալ դասակարգման նոր մեթոդի մշակման համար, առանց ներգրավելու սպեկտրալ գծերը: Այդ մեթոդը կարող է հատկապես էֆեկտիվ լինել 10^m -ից թույլ աստղերի համար, նրանց ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամների մասսայական օբյեկտիվ պրիզմայի լայնզաշտ դիտակներով ստացման դեպքում:

Ներկա աշխատանքում բերված են այդ մեթոդի գործնական կիրառման արդյունքները կապելայի շրջակայքում սփռված մինչև 13-րդ աստղային մեծության 2000 թույլ աստղերի խմբի նկատմամբ, որոնց ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամները ստացվել էին «Օրիոն—2» տիեզերական աստղադիտարանի օդնութայնքում: Այդ արդյունքները ներկայացված են աղյուսակ 2-ում: Կատարված է առաջարկված դասակարգման համեմատումը այլ մեթոդների հետ:

Աշխատանքում բերված են նաև UBV լուսաչափական (երկրային դիտումներով) մեր շփումների արդյունքները դասակարգված աստղերի համար:

O. V. OHANESYAN

SPECTRAL CLASSIFICATION OF STARS BY THEIR ULTRAVIOLET SPECTROGRAMS

S u m m a r y

The stellar continuous spectra are not sensitive enough to the spectral class even in the photographic range to be useful for the spectral

classification of stars. However, in the ultraviolet range between 3000 Å and 2000 Å the general character of the continuum spectra, in particular, its length depends strongly from the spectral class of the star.

This circumstance may be used for the classification of stars by their ultraviolet spectral images. This method may be quite efficient for the faint stars, fainter than 10^m , for which the ultraviolet spectrograms may be obtained on mass using wide-angle telescopes with the objective prism.

The practical application of this method is realized in to relation of a group of stars scattered around the Capella, the ultraviolet spectral images of which were obtained by space observatory „Orion-2“. As a result a list of nearly 2000 classified stars fainter than 10^m up to 13^m (in the B rays) is presented. The classification precision is not worse than two or three subclasses.

ЛИТЕРАТУРА

1. Страйжис В. Л. Методы исследования переменных звезд. Изд. «Наука», стр. 225, 1971.
2. Stratzys V. L. Spectral Cl and multicolour photometry Symp. No 50, Dordrecht—Boston, p. 183, 1973.
3. Харадзе Е. К., Бартая Р. А. Бюлл. Абастуманской астрофиз. obs., 25, 139, 1960.
4. Ворошилов В. И., Каландадзе Н. Б., Кузнецов В. И. Астрометрия и Астрофизика, 15, 15, 1972.
5. Гурзадян Г. А. *Astron. Astrophys.*, 35, 493, 1974.
6. Гурзадян Г. А., Кашиш А. Л., Крмоян М. Н., Оганесян Дж. Б. *Астрофизика*, 19, ч. 2, 177, 1974.
7. Гурзадян Г. А., Джаракян А. Л., Крмоян М. Н., Кашиш А. Л., Лорещян Г. М., Оганесян Дж. Б. *Astrophys. Space Sci.* 40, 393, 1976.
8. Гурзадян Г. А. *Сообщ. Бюраканской obs.*, 48, 5, 1976.
9. *Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalogue*, 1966.
10. Humphries C. M., Nandy K., Kuntz E. Ar. J., 195, 111, 1975.
11. Епремян Р. А. *Сообщ. Бюраканской obs.*, 48, 154, 1976.
12. Асатрян Р. С. *Сообщ. Бюраканской obs.*, 48, 187, 1976.
13. Allen C. W. *Astrophysical Quantities*, p. 244, 1973.
14. Чуадзе А. Д. Бюлл. Абастуманской астрофиз. obs., 44, 105, 1973.
15. Johnson H. L., Morgan W. W. *Ap. J.*, 117, 313, 1953.
16. Альбицкий и др. *Курс астрономии и астрофизики*, т. I, стр. 518, 1951.
17. Johnson H. J. *Ann. d'Aph.*, 18, 292, 1955.
18. Hoag A. A., Johnson H. L., Iriarte B., Mitchell R. I., Hallam K. L., Sharpless S. *Naval Obs. Publ.*, ser. 2, 17, 343, 1961.

Дж. Б. ОГАНЕСЯН

УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД

1. В в е д е н и е

Спектральные снимки звезд в области неба вокруг Капеллы (α Аиг) оказались в числе наилучших, полученных с помощью обсерватории «Орион-2» [1]. На трех кадрах этой области, сфотографированных с использованием кварцевого менискового телескопа и объективной призмы с экспозициями 15 сек (кадр F 19), 1,5 мин (F 20) и 18 мин (F 21), выявились спектрограммы большого числа горячих звезд, коротковолновая граница которых достигает иногда 2000 Å . Спектрофотометрическому изучению в диапазоне длин волн 2000—3800 Å группы из 26 таких звезд, принадлежащих спектральному классу В3—А5, и посвящена настоящая работа.

Список исследованных звезд представлен в табл. 1. В первых двух столбцах даны номера звезд по каталогам HD и SAO, в третьем и четвертом столбцах — фотовизуальная звездная величина и спектральный тип звезды по HD и SAO, а в последующих трех столбцах — фотовизуальная звездная величина V, показатели цвета В—V и U—B по новейшим измерениям [2].

Микрофотометрические записи спектрограмм получены на саморегистрирующих микрофотометрах МФ-4 и ИФО-451 с $37\times$ и $50\times$ увеличением. Переход от плотности почернения к интенсивности осуществлен с помощью общей характеристической кривой для всего спектрального интервала 2000—4000 Å , найденной в результате совмещения четырех характеристических кривых с практически одинаковым наклоном в пределах ошибок измерений и соответствующих спектральным интервалам 2300—2500, 2500—3200, 3200—3500 и 3500—4000 Å . При этом были использованы лабораторные спектрограммы, полученные с помощью кварцевого спектрографа ИСП-30 и ртутной лампы ПРК-4 через 9-ступенчатый кварцевый ослабитель. Важно отметить, что фотографирование стандартных спектрограмм было осуществлено на кусках штатной фотопленки Кодак 103-О-UV, побывавшей в космосе и оставшейся неиспользованной в штатной кассете «Ориона-2». Эти куски проявлялись в проявителе D-19 в общей кювете одновременно с летной фотопленкой ($T=20^\circ\text{C}$, $t=6$ мин). До проведения обычной процедуры проявки фотопленка была выкупана в изопропиловом спирте (~ 2 мин) по методике фирмы Кодак с целью удаления слоя sensi-

Таблица 1

Данные об исследованных звездах

| HD | SAO | V | Спектр | V | B-V | U-B |
|-------|--------|------|--------|-------|--------|-------|
| 32446 | 040009 | 8,4 | B3 | 8.41 | -0.17 | — |
| 33459 | 1648** | 7.49 | B8 | 7.54 | +0.06 | +0.26 |
| 33542 | 040128 | 7.3 | B8 | 7.05 | -0.05 | -0.25 |
| 33601 | 816** | 7.6 | B8 | 7.38 | -0.06 | -0.28 |
| 33460 | 040112 | 8.7 | B9 | 8.88 | — | — |
| 33853 | 040167 | 8.0 | B9 | 8.17 | -0.07 | -0.16 |
| 34806 | 040281 | 9.1 | B9 | 9.09 | +0.04 | +0.12 |
| 34985 | 040303 | 9.2 | B9 | 9.22 | -0.01 | -0.09 |
| 34131 | 040194 | 9.0 | A0 | 9.26 | +0.08 | +0.04 |
| 34580 | 040255 | 8.6 | A0 | 8.73 | +0.09 | +0.06 |
| 34788 | 010280 | 7.52 | A0 | 7.40 | +0.04 | +0.08 |
| 33277 | 040092 | 8.0 | A0 | 7.9 | -0.01 | +0.05 |
| 34299 | 040223 | 8.1 | A0 | 8.14 | -0.01 | +0.02 |
| 34300 | 040231 | 8.7 | A0 | 8.17 | +0.10 | +0.12 |
| 34399 | 040232 | 8.5 | A0 | 8.6 | +0.09 | -0.01 |
| 34920 | 040295 | 8.9 | A0 | 9.07 | +0.08 | 0.02 |
| 35099 | 040313 | 9.2 | A0 | 9.25 | +0.06 | +0.01 |
| 35848 | 040369 | 8.8 | A0 | 9.26 | — | — |
| 32296 | 039988 | 6.53 | A2 | 6.6 | — | — |
| 33332 | 040095 | 8.1 | A2 | 7.54 | +0.10 | +0.13 |
| 34268 | 040216 | 8.6 | A2 | 8.52 | +0.18 | +0.09 |
| 35170 | 040318 | 8.2 | A2 | 8.01 | +0.14 | +0.23 |
| 35252 | 040323 | 8.3 | A2 | 8.6 | +0.20 | +0.15 |
| 32619 | 040025 | 7.4 | A4V* | 7.48* | +0.16* | — |
| 32358 | 039997 | 8.8 | A5 | 9.2 | — | — |
| | 1518** | — | — | 9.51 | +0.04 | -0.40 |

* Взято из [32].

** По списку [20].

биллизатора А-3177 с поверхности фотопленки. На рис. 1 представлены характеристические кривые фотопленки Кодак 103-О-UV при работе с микрофотометрами МФ-4 и ИФО-451.

2. Спектральная чувствительность аппаратуры

В период подготовки обсерватории «Орион-2» к натурному эксперименту ее менисковый телескоп с объективной призмой был откалиброван энергетически на синхротронной установке электронного ускорителя Ереванского физического института [3]. При этом спектрограммы синхротронного излучения были получены на отечественной фотопленке УФС-4, чувствительной в ближней ультрафиолетовой области. В результате обработки этих спектрограмм была построена кривая относительной спектральной чувствительности или просто редуцированная кривая нашего телескопа при его работе с фотопленкой УФС-4.

Однако натурный эксперимент с телескопом был проведен, без предварительной энергетической калибровки, на фотопленке Кодак 103-О-UV, чувствительность которой оказалась в несколько раз выше чувствительно-

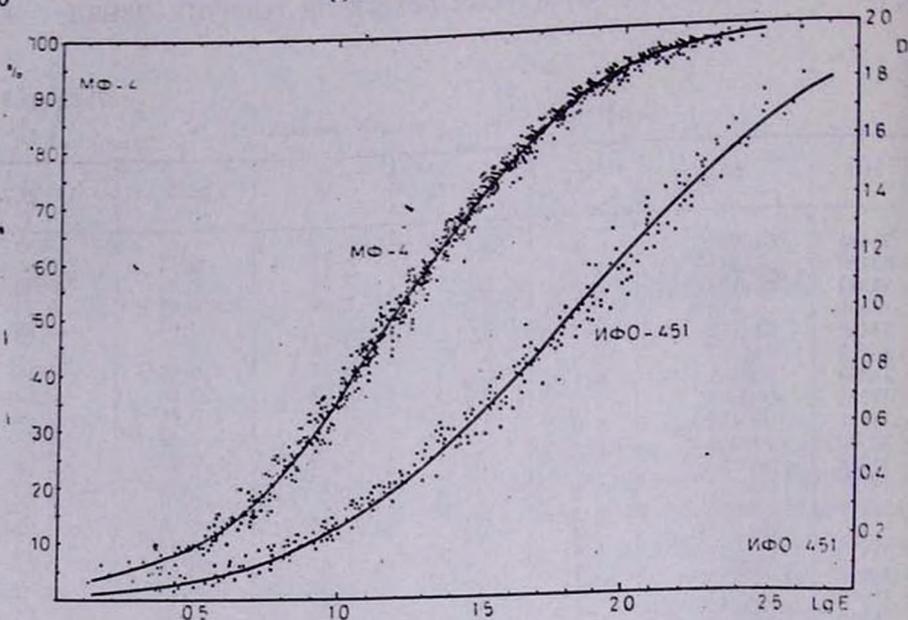


Рис. 1. Характеристические кривые для обработки спектрограмм, полученных с помощью менискообразного телескопа обсерватории «Орион-2» при их микрофотометрировании на ИФО-451 (шкала слева) и МФ-4 (шкала справа).

сти фотопленки УФС-4 в интересующей нас области спектра — 2000 — 3000 Å. Позднее, после завершения натурального эксперимента с «Орионом-2», был осуществлен переход редуциционной кривой от фотопленки УФС-4 к Кодак 103-О-UV в лабораторных условиях. К сожалению, большое число фотометрических переходов, неизбежных в подобных ситуациях, не обеспечили достаточной точности конечных результатов.

Более надежным в данном случае оказалось построение редуциционной кривой с помощью звезд класса A0, спектрограммы которых были получены тем же менисковым телескопом «Орион-2» во внеатмосферных условиях.

Уже имеется ряд экспериментальных подтверждений, что в области длин волн 2000—3000 Å разброс в относительных интенсивностях между нормальными и гигантами класса A0 не более 0^m25 и что эти интенсивности хорошо согласуются с теоретическими моделями их атмосфер [4—7]. Этот факт был принят за основу при построении редуциционной кривой нашего телескопа путем измерения «орионовских» спектрограмм звезд класса A0 и их сопоставления с теоретически предвычисленными спектрами. Для этого на «орионовских» снимках области неба вокруг Капеллы мы отобрали несколько относительно ярких звезд спектрального класса A0 и, что особо важно, почти с нулевыми показателями цвета — признак того, что непрерывные спектры этих звезд искажены межзвездным селективным поглощением света в наименьшей степени. Эти звезды следующие: HD 34788 ($V=7.52$), HD 34680 ($V=8.6$) и HD 34131 ($V=9.0$).

Описанный способ построения редуцированной кривой с помощью непрерывных спектров звезд удобен еще тем, что он автоматически учитывает эффект контаминации — возможного загрязнения оптики парами и остатками ракетного топлива, испарением различных химических соединений от тела самого космического корабля и просто пылью после вывода обсерватории на орбиту.

Таким образом, располагая усредненной кривой наблюдаемого распределения энергии в непрерывном спектре $J_{\lambda}(\text{набл})$ для трех упомянутых звезд класса А0, а также теоретическим распределением $J_{\lambda}(\text{теор})$, соответствующим той или иной модели фотосферы звезды класса А0, мы можем найти коэффициент редукиции δ_{λ} , то есть относительную спектральную чувствительность нашего телескопа при его работе с фотопленкой Кодак 103-О-UV из следующего соотношения:

$$\delta_{\lambda} = \frac{J_{\lambda}(\text{теор})}{J_{\lambda}(\text{набл})}. \quad (1)$$

При вычислениях нами была использована в качестве фотосферы звезды класса А0 теоретическая модель Веги ($T_{\text{эфф}} = 9650^{\circ}\text{K}$ и $\log g = 4.05$), предложенная Шильдом и др. [5]; впрочем, распределение энергии в непрерывном спектре для этой модели почти не отличается от модели Михаласа [8], по крайней мере в диапазоне волн 2000—3800 Å.

Числовые величины коэффициента редукиции δ_{λ} , найденные описанным выше способом для различных длин волн, нанесены на рис. 2 (точки), величины δ_{λ} нормированы к длине волны 3200 Å, то есть принято $\delta_{3200} = 1$.

Мы располагаем по меньшей мере одной благоприятной возможностью убедиться в правильности найденных нами величин δ_{λ} для «Ориона-2». Дело в том, что для одной звезды класса В3V в Тельцах — HD 35708 ($V=4.86$) было получено более двух десятков отличных ультрафиолетовых спектрограмм с помощью «Ориона-2», а еще раньше, с помощью орбитальной обсерватории ОАО-2 [9] была проведена широкополосная фотометрия этой звезды на нескольких эффективных длинах волн (1913, 2386, 2462, 2945, 2985, 3317 Å). Пользуясь этими данными, был построен график распределения энергии в непрерывном спектре в области 2000—3000 Å. Приняв последний за $J_{\lambda}(\text{теор})$ и определяя $J_{\lambda}(\text{набл})$ путем измерений «орионовских» спектрограмм, мы можем найти из (1) числовые величины δ_{λ} совершенно независимым путем. Это было сделано С. Рустамбековой [10] по результатам измерений 21 «орионовской» спектрограммы звезды HD 35708 (кадры F 3, F 4, F 5, F 22, F 24). Сопоставляя графически найденные таким путем значения δ_{λ} (кружки на рис. 2) с тем, что было найдено нами выше методом «трех звезд класса А0» (точки на рис. 2), видим, что они почти не отличаются друг от друга, во всяком случае в пределах ошибок порядка, по-видимому, 10—20% в области длин волн короче 3200 Å и до 2250 Å. В области длиннее 3200 Å совпадение между значениями

δ_{λ} , найденными обоими способами, полное, поэтому эти данные не приводятся на рис. 2.

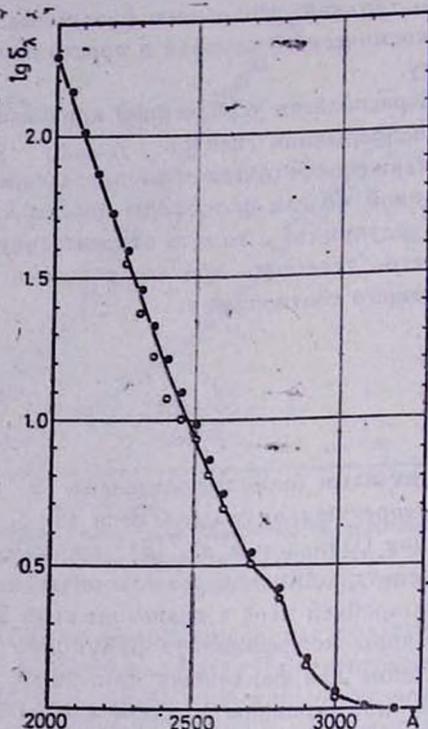


Рис. 2. Кривая относительной спектральной чувствительности (редукционная кривая) δ_{λ} для «Ориона-2», построенная с использованием трех звезд класса A0 (точки) и звезды HD 35708 (кружки).

Числовые величины коэффициента редукции, приведенные в табл. 2, получены в результате усреднения значений δ_{λ} , найденных обоими методами (сплошная линия на рис. 2), и приняты в качестве рабочих при обработке и расшифровке всех спектральных снимков, полученных на «Орионе-2». В частности, для нахождения истинных потоков излучения F_{λ} , исправленных за спектральную чувствительность менискового телескопа и использованной фотопленки, имеем

$$F_{\lambda} = F_{\lambda(\text{наб})} \cdot \delta_{\lambda}, \quad (2)$$

где $F_{\lambda(\text{наб})}$ — наблюдаемый поток, найденный непосредственно из измерений спектрограмм.

В дальнейшем результаты измерений потоков будут представлены в звездных величинах Δm_{λ} и относительно потока на $\lambda = 3000 \text{ \AA}$, то есть

$$\Delta m_\lambda = -2.5 \log (F_\lambda / F_{3000}) = 2.5 \log \frac{F_\lambda (\text{набл.})}{F_{3000} (\text{набл.})} - 2.5 \log \frac{\delta_\lambda}{\delta_{3000}}. \quad (3)$$

Зависимость Δm_λ от λ очевидно даст нам наблюдаемое распределение энергии в непрерывном спектре рассматриваемой звезды. Чтобы перейти затем к истинному распределению энергии Δm_λ^* , необходимо ввести поправку за влияние межзвездного селективного поглощения света следующим образом:

$$\Delta m_\lambda^* = \Delta m_\lambda - (a_\lambda - a_{3000}) r, \quad (4)$$

где r — расстояние звезды в килопарсеках, a_λ — коэффициент межзвездного поглощения в звездных величинах на данной волне и на 1 клс. Из-за отсутствия данных о межзвездном поглощении в ультрафиолете для интересующей нас области неба (созвездие Возничего) мы в дальнейшем будем пользоваться численными величинами a_λ , приведенными в [11] для диапазона длин волн 2000—4000 Å; эти данные выведены из среднесглаженной кривой межзвездного поглощения в направлении звезды α Сат, построенной Блессом и Саваджем [12] по результатам наблюдений QAO-2.

Таблица 2

Числовые величины коэффициента редукции δ_λ для различных длин волн (менисковый телескоп „Ориона-2“ с фотопленкой Кодак 103-O-UV)

| λ | $\log \delta_\lambda$ | λ | $\log \delta_\lambda$ |
|-----------|-----------------------|-----------|-----------------------|
| 3700 | -0.30 | 2650 | 0.64 |
| 3600 | -0.20 | 2600 | 0.74 |
| 3500 | -0.12 | 2550 | 0.84 |
| 3400 | -0.08 | 2500 | 0.96 |
| 3300 | -0.03 | 2450 | 1.06 |
| 3200 | 0.00 | 2400 | 1.13 |
| 3100 | 0.02 | 2350 | 1.30 |
| 3000 | 0.06 | 2300 | 1.43 |
| 2950 | 0.12 | 2250 | 1.57 |
| 2900 | 0.17 | 2200 | 1.73 |
| 2850 | 0.32 | 2150 | 1.87 |
| 2800 | 0.44 | 2100 | 2.01 |
| 2750 | 0.52 | 2050 | 2.15 |
| 2700 | 0.57 | 2000 | 2.28 |

3. Распределение энергии в ультрафиолетовом спектре звезд

Здесь и в последующих разделах будут проанализированы полученные нами результаты по распределению энергии в непрерывном спектре, в диапазоне 2000—3800 Å всех 23 звезд, вошедших в наш список исследованных объектов (то есть за исключением трех звезд класса A0 табл. 1, использованных для построения редукционной кривой δ_λ). Попутно эти результаты будут сравнены с теорией, главным образом с моделями звездных атмосфер Михаласа [8], соответствующих относительному содержа-

нию гелия $N(\text{He})/N(\text{H})=0.15$. ускорению силы тяжести $g=10^4$ см/сек и эффективной температуре звезды данного спектрального класса. Напомним, что в моделях Михаласа учитывается только непрерывное поглощение излучения, обусловленное водородными и гелиевыми атомами, то есть не учтено поглощение в спектральных линиях (эффект блокировки или блендирования). Для отдельных звезд в последующих разделах будет проведено сравнение также с моделями, построенными с учетом эффекта блокировки спектральными линиями.

В дальнейшем все наши результаты наблюдений будут представлены в табл. 3 и 4 в шкале относительных интенсивностей, нормированные к единице на $\lambda=3000 \text{ \AA}$. В табл. 3 приведены наблюдаемые F_λ и исправленные за эффект межзвездного поглощения F_λ^* интенсивности излучения в непрерывном спектре удаленных звезд, а в табл. 4 — наблюдаемые интенсивности F_λ для близлежащих звезд, не нуждающиеся в исправлении за межзвездное поглощение. Сравнение наших результатов наблюдений с теорией будет проведено графически — в виде зависимости Δm от λ и нормированные на длине волны 3000 \AA .

Начнем с рассмотрения звезд класса В. На рис. 3 представлены результаты наших измерений для четырех таких звезд, а именно, найденные и исправленные за эффект межзвездного поглощения величины наблюдаемых потоков излучения Δm_λ на данной длине волны в диапазоне $2000\text{--}3800 \text{ \AA}$ (здесь и на последующих рисунках величины Δm_λ , найденные по обработке материалов «Ориона-2», обозначены: наблюдаемые — кружками, исправленные за эффект межзвездного поглощения — точками). На этих же рисунках сплошными линиями нанесены теоретические кривые зависимости Δm_λ от λ по Михаласу [8], соответствующие той или иной эффективной температуре звезды данного спектрального класса (в настоящей работе мы исходим из шкалы эффективных температур WKN [13]).

Первое, что обращает на себя внимание на рис. 3, это резкое отклонение — в сторону меньших значений — наблюдений от теории, в особенности в области далекого ультрафиолета. Остановимся на этих звездах в отдельности.

HD 33459. Звезда спектрального класса В8. Наблюдаемые величины Δm_λ в области длин волн 2300 \AA и короче находятся ниже теоретической кривой почти на целую звездную величину. Исправленные с помощью (4) величины Δm_λ оказались в хорошем согласии с теоретической кривой $T_{\text{эфф}} = 12600 \text{ K}$, если принять расстояние до звезды равным 600 пс (точки на рис. 3). Тогда абсолютная светимость звезды на таком расстоянии получается равной $M_v = -1.4$ (согласно выражению для модуля расстояния $M_v = m + 5 - 5 \log r - A_v$, при $A_v = 0$). Вместе с тем заметна слабая депрессия в ходе непрерывного спектра на 2400 \AA .

HD 33460. Эта звезда (В9) несколько слабее предыдущей ($V=8.7$), а, стало быть, находится еще дальше нее. Отклонение Δm_λ от теории, например, на 2500 \AA , оказалось больше, чем в предыдущем случае. При этом наблюдается хорошее согласие с теорией во всем спектральном диапазоне

Таблица 3

Наблюдаемые и исправленные относительные интенсивности излучения в единицах $F(3000) = 1$ в ультрафиолете изученных звезд

| λ (А) | HD 32446 | | HD 33459 | | HD 33601 | | HD 33450 | | HD 34806 | | HD 34985 | | HD 35099 | | 1518* | |
|---------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------------|
| | F_λ | F_λ° |
| 2100 | — | — | 0.67 | 1.39 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2200 | — | — | 0.73 | 1.63 | 0.78 | 2.55 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2300 | 0.77 | 2.23 | 0.71 | 1.34 | 0.71 | 2.04 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2400 | 0.81 | 1.63 | 0.82 | 1.24 | 0.66 | 1.32 | — | — | — | — | 0.92 | 1.31 | — | — | — | — |
| 2500 | 0.96 | 1.53 | 0.98 | 1.29 | 0.81 | 1.29 | 0.88 | 1.39 | 0.91 | 1.32 | 0.96 | 1.22 | 0.82 | 1.17 | 1.07 | 1.42 |
| 2600 | 1.01 | 1.41 | 1.06 | 1.29 | 0.85 | 1.19 | 0.9 | 1.25 | 0.96 | 1.25 | 1.01 | 1.18 | 0.83 | 1.15 | 1.11 | 1.34 |
| 2700 | 1.0 | 1.26 | 1.09 | 1.24 | 0.93 | 1.19 | 0.95 | 1.19 | 1.05 | 1.26 | 1.07 | 1.18 | 0.95 | 1.1 | 1.11 | 1.27 |
| 2800 | 1.04 | 1.19 | 1.2 | 1.31 | 0.96 | 1.1 | 1.00 | 1.13 | 1.07 | 1.19 | 1.2 | 1.28 | 1.0 | 1.11 | 1.17 | 1.27 |
| 2900 | 1.01 | 1.08 | 1.10 | 1.14 | 1.1 | 1.17 | 1.01 | 1.08 | 0.98 | 1.04 | 1.09 | 1.11 | 1.04 | 1.09 | 1.05 | 1.09 |
| 3100 | 0.91 | 0.88 | 1.0 | 0.97 | 0.96 | 0.91 | 1.06 | 1.01 | 0.96 | 0.92 | 0.96 | 0.95 | 1.0 | 0.96 | 0.96 | 0.93 |
| 3200 | 0.91 | 0.84 | 0.98 | 0.93 | 0.96 | 0.87 | 1.08 | 0.98 | 0.94 | 0.87 | 0.92 | 0.88 | 1.07 | 0.99 | 0.94 | 0.89 |
| 3300 | 0.9 | 0.79 | 0.96 | 0.9 | 0.92 | 0.8 | 1.05 | 0.91 | 0.9 | 0.8 | 0.87 | 0.82 | 1.07 | 0.96 | 0.87 | 0.8 |
| 3400 | 0.89 | 0.75 | 0.94 | 0.85 | 0.96 | 0.8 | 1.0 | 0.84 | 0.82 | 0.71 | 0.83 | 0.77 | 1.02 | 0.89 | 0.83 | 0.75 |
| 3500 | 0.86 | 0.7 | 0.90 | 0.79 | 0.98 | 0.79 | 1.0 | 0.81 | 0.79 | 0.67 | 0.79 | 0.72 | 1.02 | 0.86 | 0.87 | 0.79 |
| 3600 | 0.79 | 0.63 | 0.94 | 0.82 | 1.07 | 0.85 | 1.04 | 0.82 | 0.72 | 0.6 | 0.77 | 0.69 | 1.0 | 0.83 | 0.87 | 0.79 |
| 3700 | 0.73 | 0.56 | 1.13 | 0.96 | 1.12 | 0.85 | 1.53 | 1.17 | 0.72 | 0.59 | 1.0 | 0.86 | 1.47 | 1.2 | 0.98 | 0.83 |
| 3800 | 0.77 | 0.57 | 1.56 | 1.32 | 1.61 | 1.2 | 2.38 | 1.79 | 0.91 | 0.72 | 1.33 | 1.25 | 2.01 | 1.62 | 1.17 | 0.99 |

 F_λ° для HD 33601 приведены при $r = 1000$ пс.

* По списку [20].

Таблица 4

Наблюдаемые относительные интенсивности излучения в единицах $F(3000) = 1$ в ультрафиолете изученных звезд

| λ (Å) | HD 33542 | HD 33853 | HD 33297 | HD 34299 | HD 34380 | HD 34399 | HD 34920 | HD 35848 | HD 32296 | HD 33332 | HD 34268 | HD 35170 | HD 35252 | HD 32619 | HD 32358 |
|---------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2000 | — | 2.03 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2100 | — | 1.94 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2200 | — | 1.66 | 1.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2300 | — | 1.49 | 0.86 | 0.69 | — | 0.86 | — | — | — | — | — | — | — | 1.05 | — |
| 2400 | — | 1.38 | 0.0 | 0.72 | 0.69 | 0.5 | — | — | 0.68 | 0.75 | — | — | — | 0.72 | — |
| 2500 | 1.54 | 1.41 | 1.15 | 0.9 | 0.69 | 1.06 | 1.0 | 0.98 | 0.48 | 0.75 | — | — | — | 0.6 | — |
| 2600 | 1.28 | 1.33 | 1.03 | 0.95 | 0.74 | 1.06 | 1.2 | 0.96 | 0.63 | 0.75 | 0.94 | 0.77 | 0.92 | 0.76 | 0.69 |
| 2700 | 1.15 | 1.24 | 0.98 | 0.86 | 0.81 | 1.06 | 1.15 | 1.0 | 0.83 | 0.83 | 1.0 | 0.79 | 0.9 | 0.86 | 0.83 |
| 2800 | 1.17 | 1.14 | 1.0 | 0.84 | 0.86 | 0.94 | 1.15 | 1.15 | 0.89 | 0.81 | 1.07 | 0.84 | 0.79 | 0.86 | 0.96 |
| 2900 | 1.05 | 1.06 | 1.0 | 0.96 | 0.96 | 1.01 | 1.07 | 1.1 | 0.83 | 0.72 | 0.98 | 0.88 | 0.79 | 0.78 | 1.05 |
| 3100 | 0.9 | 0.95 | 0.97 | — | 1.01 | 0.95 | 0.94 | 0.98 | 1.0 | 0.88 | 1.05 | 0.99 | 1.01 | 0.91 | 0.96 |
| 3200 | 0.86 | 0.92 | 0.95 | — | 0.97 | 0.88 | 0.88 | 0.98 | 1.0 | 1.06 | 0.98 | 1.01 | 0.99 | 1.02 | 0.99 |
| 3300 | 0.81 | 0.88 | 0.91 | — | 0.91 | 0.83 | 0.83 | 0.98 | 1.0 | 1.04 | 0.96 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 0.99 |
| 3400 | 0.76 | 0.86 | 0.89 | — | 0.91 | 0.76 | 0.78 | 0.91 | 1.0 | 1.0 | 0.91 | 0.96 | 0.93 | 0.95 | 0.98 |
| 3500 | 0.78 | 0.82 | 0.85 | — | 0.94 | 0.72 | 0.76 | 0.91 | 0.98 | 0.96 | 0.85 | 0.96 | 0.92 | 0.94 | 0.97 |
| 3600 | 0.86 | 0.77 | 0.8 | — | 1.01 | 0.75 | 0.78 | 0.83 | 0.98 | 0.9 | 0.85 | 0.99 | 0.98 | 0.93 | 0.97 |
| 3700 | 0.76 | 0.75 | 0.85 | — | 1.39 | 0.9 | 0.96 | 0.87 | 1.0 | 0.92 | 0.83 | 1.11 | 1.16 | 0.89 | 0.94 |
| 3800 | 1.20 | 1.01 | 1.33 | — | 1.8 | 1.11 | 1.24 | 1.32 | 1.11 | 1.01 | 0.96 | 1.8 | 1.82 | 0.82 | 0.99 |
| | | | | | | | | | 1.44 | 1.79 | 1.32 | 2.54 | 2.97 | 1.15 | 1.16 |

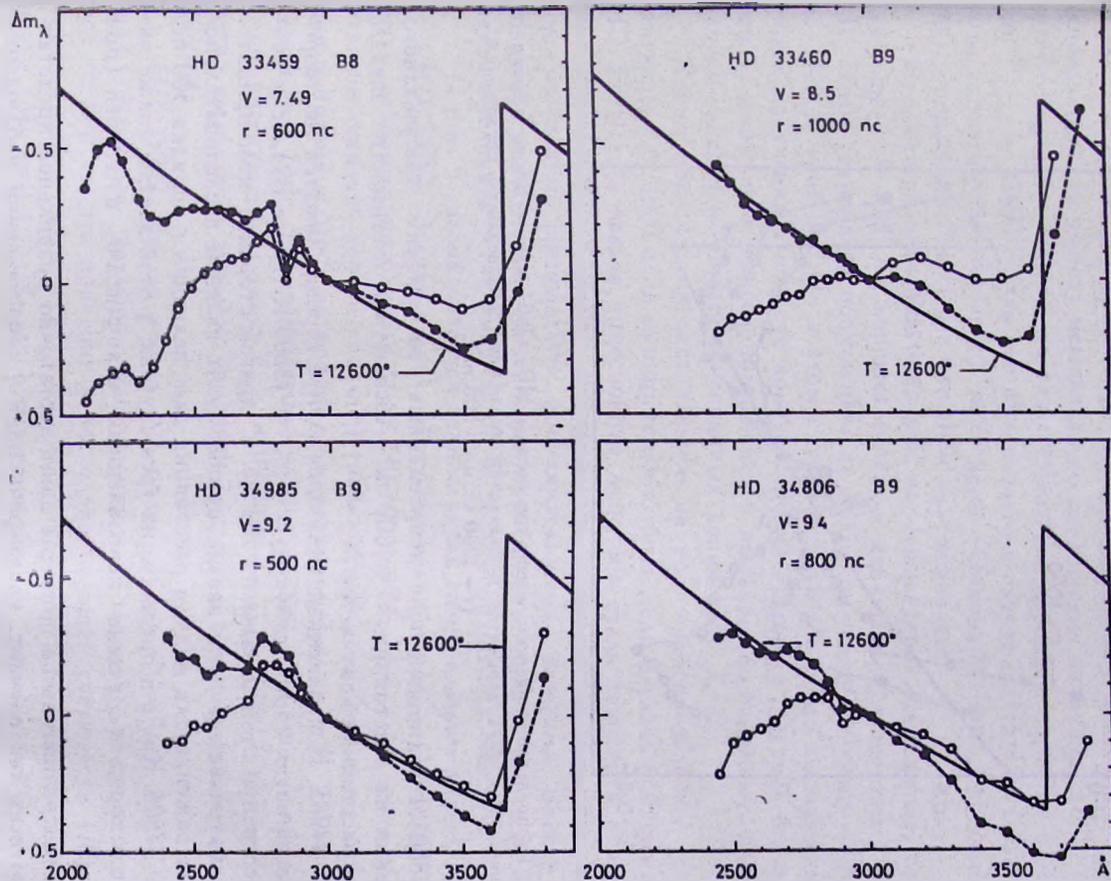


Рис. 3. Графическая зависимость наблюдаемых (кружки) и исправленных за эффект межзвездного поглощения (точки) потоков излучения Δm_λ от длины волны λ для четырех звезд класса В по данным „Ориона-2“. Сплошные кривые — теоретическая зависимость Δm_λ от λ , соответствующая эффективной температуре данной звезды [8].

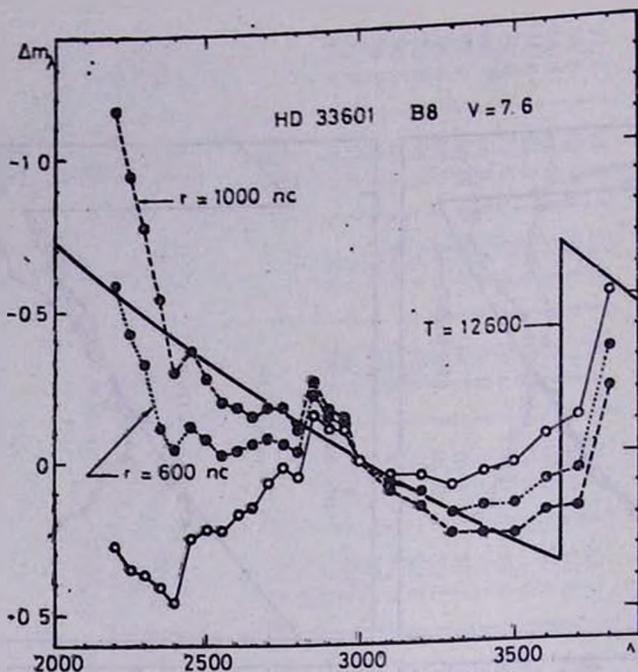


Рис. 4. Распределение энергии в спектре звезды HD 33601 класса B8 по данным «Ориона-2» для двух вариантов исправлений за эффект межзвездного поглощения ($r = 1000$ пс и $r = 600$ пс).

2500—3800 Å величин Δm_{λ} , исправленных за эффект межзвездного поглощения на расстоянии $r = 1000$ пс. Абсолютная светимость звезды на таком расстоянии получается $M_v = -1.1$.

HD 34985. Исправленные величины Δm_{λ} хорошо ложатся на теоретическую кривую, соответствующую $T_{\text{эфф}} = 12600^{\circ}\text{K}$ (класс B9), если считать расстояние этой звезды $r = 500$ пс. С другой стороны, если принять, что рассматриваемая нами звезда принадлежит главной последовательности, то выражение для модуля расстояния дает величину r порядка 500 пс.

HD 34806. Как и в предыдущих трех случаях, у этой звезды также наблюдается хорошее согласие исправленных величин Δm_{λ} с теорией (при $r = 800$ пс).

Рассмотренные выше примеры дают достаточно правильное представление во всех тех случаях, когда речь идет о сопоставлении наблюдений с теорией, о правомерности теории и т. д. Вместе с тем они характеризуют точность наших измерений; она, в частности, недостаточно высокая для того, чтобы можно было бы отличить звезду B8 от B9 только по относительному распределению энергии в непрерывном спектре в ближнем ультрафиолете.

HD 33601. Это — звезда спектрального класса B8. У нее наблюдаемое распределение энергии в ультрафиолете короче 2800 Å оказалось значи-

тельно ниже теоретической кривой при $T_{эфф} = 12600^\circ\text{K}$ (рис. 4). На первый взгляд оно очень похоже на распределение энергии в спектре звезды HD 33459 класса B8 (рис. 3) и той же визуальной величины. Однако распрямленные за эффект межзвездного поглощения величины Δm , соответствующие $r = 600$ пс, не дают такого же хорошего согласия с теорией при $T_{эфф} = 12600^\circ\text{K}$, как это имело место в случае HD 33459. Кстати, это пока единственная звезда из коллекции «Ориона-2», которая показывает такую мощную депрессию в ближнем ультрафиолете.

Однако при введении поправки на межзвездное поглощение, соответствующее $r = 1000$ пс, хорошее согласие наблюдений с теорией у звезды HD 33601 становится возможным на большом участке спектра — от 3500 до 2400 Å (рис. 4). Но в этом случае появляется резко выраженный излишек излучения в области короче 2400 Å. Подобное явление было замечено у нескольких эмиссионных звезд и вызвано, по-видимому, блендированием ультрафиолетовых эмиссионных линий [33].

Таким образом, представленное на рис. 4 распределение, соответствующее $r = 1000$ пс, в принципе объяснимо, если сделать допущение, что HD 33601 есть звезда эмиссионная либо она стала таковой в период наших наблюдений. Конечно, чтобы делать такое рискованное предположение, необходимо располагать дополнительными данными. Вместе с тем создается впечатление, что эмиссионную природу звезды при всех прочих равных условиях легче выявить по ее коротковолновому спектру.

На рис. 5 рассматривается группа звезд спектрального класса A.

HD 33297. Звезда класса A0 сравнительно яркая ($V=8.0$), стало быть, относительно близкая ($r = 240$ пс при $M_c = +1.1$), поэтому следовало бы ожидать хорошее согласие наблюдений с теорией даже без внесения поправки в Δm за эффект межзвездного поглощения. Так и есть на самом деле (рис. 5): наблюдаемые величины Δm хорошо ложатся на теоретическую кривую при $T_{эфф} = 10000^\circ\text{K}$ (точнее 10080°K). Вместе с тем четко выделяется довольно широкая депрессия в непрерывном спектре на 2350 Å.

HD 35099. Звезда класса A0, более слабая ($V=9.2$), чем предыдущая. Хорошее согласие наблюдений с теорией получается лишь при $r = 800$ пс, что приводит к несколько большей светимости ($M_c \sim 0$), чем следовало ожидать, если бы она принадлежала главной последовательности ($M_c = +1.1$). Из-за отсутствия данных наблюдений в области короче 2500 Å, ничего нельзя сказать о наличии или отсутствии депрессии на 2350 Å.

HD 32358. Если считать, что эта звезда спектрального класса A5 принадлежит главной последовательности ($M_c = +2.1$), то расстояние до нее получается равным 230 пс. Поэтому в данном случае мы имеем практически неискаженную — из-за межзвездного поглощения — картину истинного распределения энергии в ее непрерывном спектре. Она оказалась довольно интересной: полное согласие наблюдений с теорией при $T_{эфф} = 8400^\circ\text{K}$ от 3800 до 2750 Å и падение интенсивности в сторону коротких волн. Ка-

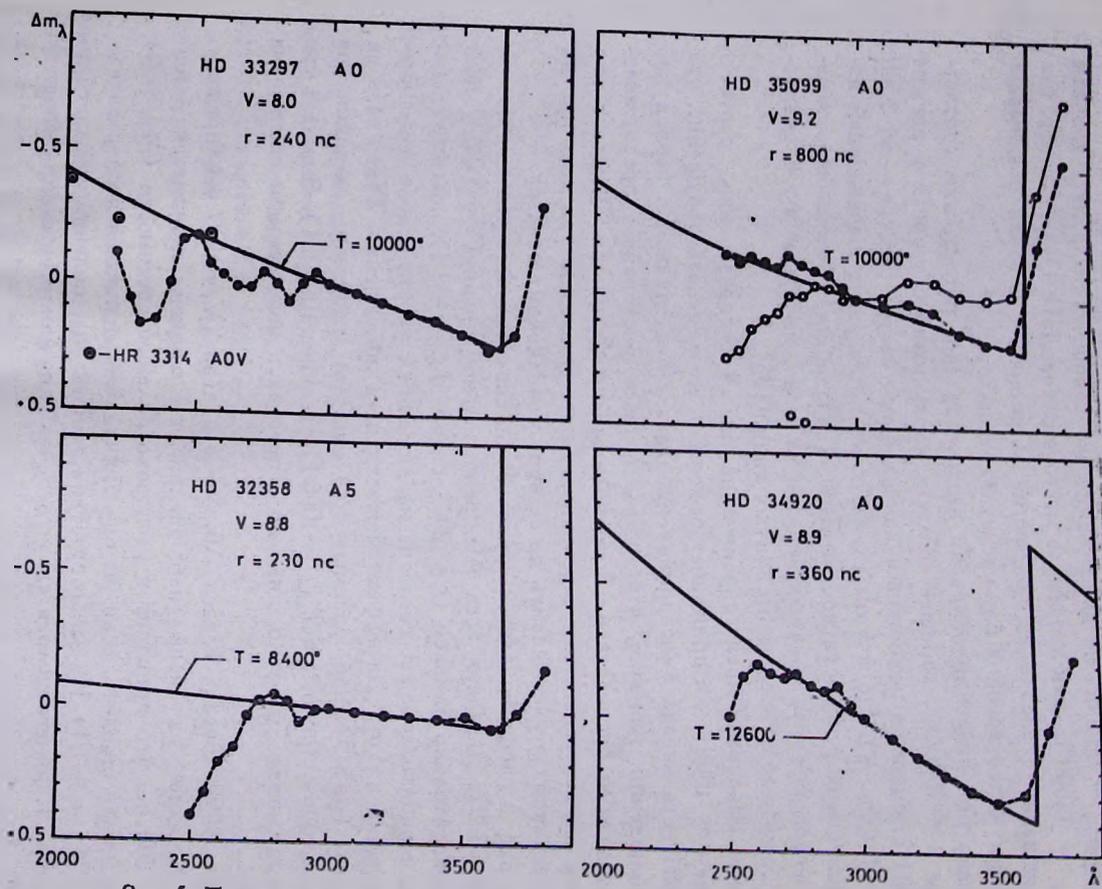


Рис. 5. То же, что и на рис. 3, но для группы звезд спектрального класса А.

естественно этот результат совпадает с тем, что было получено ранее Андерсеном [14] по результатам наблюдений ОАО-2 для звезд спектрального класса А5.

HD 34920. Эта звезда $V = 8.9$ величины представляет интерес с другой точки зрения. Дело в том, что в каталоге HD она классифицирована как звезда класса А0, между тем результаты наших наблюдений даже без поправки за эффект межзвездного поглощения уже лежат на теоретической кривой, соответствующей $T_{\text{эфф}} = 12600^\circ\text{K}$, то есть звезды класса В8—В9. Учитывая, что поглощение у этой звезды невелико ($B-V = +0.08$, $I-V = +0.02$ [2]), следует думать, что найденный спектральный класс этой звезды недалек от действительности, хотя и он будет характеризовать лишь коротковолновую область ее спектра. С другой стороны, если считать, что найденный по данным длинноволновой (оптической) области спектральный класс этой звезды точно установлен (в данном случае А0), то мы несомненно окажемся перед непривычной ситуацией: два разных спектральных класса одной и той же звезды для двух разных областей спектра. Так ли это? Без дополнительных данных, очевидно, нельзя ответить на этот вопрос.

На рассмотренных в настоящем разделе примерах были выявлены возможности ультрафиолетовых спектрофотометрических наблюдений звезд при решении некоторых задач, представляющих практический интерес. В частности, с помощью таких наблюдений можно найти в одних случаях состояние, то есть абсолютную светимость звезды (HD 35099, HD 33459), в других — спектральный класс звезды, соответствующий распределению энергии в коротковолновой области ее спектра (HD 34920) и т. д.

4. Сравнение с другими наблюдениями

Ни одна звезда из нашего списка (табл. 1) не была раньше наблюдалась во внеатмосферных условиях и поэтому мы лишены возможности провести сравнение результатов наших коротковолновых спектрофотометрических наблюдений с другими аналогичными наблюдениями, относящимися к одной и той же звезде. Поэтому в настоящем разделе мы ограничимся сопоставлением и сравнением наших результатов с результатами других наблюдений, привлекая в каждом отдельном случае хотя и две разные звезды, но принадлежащие к одному и тому же спектральному классу.

При сравнении наших результатов с результатами других наблюдений возникает еще одна трудность; она вызвана неоднородностью сопоставляемых величин, что неизбежно, когда эксперименты проводятся существенно разными методами и с применением аппаратур, действующих на крайне различных друг от друга принципах. Поэтому такое сопоставление должно носить в какой-то степени качественный характер.

Наиболее надежные результаты по распределению энергии в непрерывном спектре в ультрафиолете горячих звезд были получены Стэчером [15], Садбэри [16], Боттемиллери [17], Дохерти [18], с которыми мы и проведем наши сравнения. Данные [17] и [18] получены с помощью широ-

кополосных фотометров на ОАО-2 со средней шириной полосы пропускания порядка 300—400 Å и на эффективных длинах волн 2040, 2390, 2980 и 3320 Å. Наблюдения [16] соответствуют эффективным длинам волн 1850, 2000, 2200 и 2500 Å, а в [15] представлены абсолютные потоки через каждые 100 Å в области длин волн короче 3000 Å.

Для сравнения с упомянутыми наблюдательными данными мы выбрали семь звезд из нашего списка (табл. 1), принадлежащих спектральным классам В3—А4. Попутно мы продолжим начатый в предыдущем разделе анализ ультрафиолетовых спектров звезд по данным материалов «Ориона-2».

HD 32446. Наши измерения непрерывного спектра звезды спектрального класса В3, самого раннего среди звезд нашего списка, охватывают интервал длин волн 2250—3800 Å. Наблюдения, как в длинноволновой части длиннее 3000 Å, так и особенно в ультрафиолете, существенно расходятся с теоретически ожидаемым распределением, соответствующим $T_{\text{эфф}} = 20000^{\circ}\text{K}$ (рис. 6). Однако после внесения поправки за эффект межзвездного поглощения соответственно расстоянию $r = 1000$ пс ($M_v = -1.6$) согласно с теорией получилось полное.

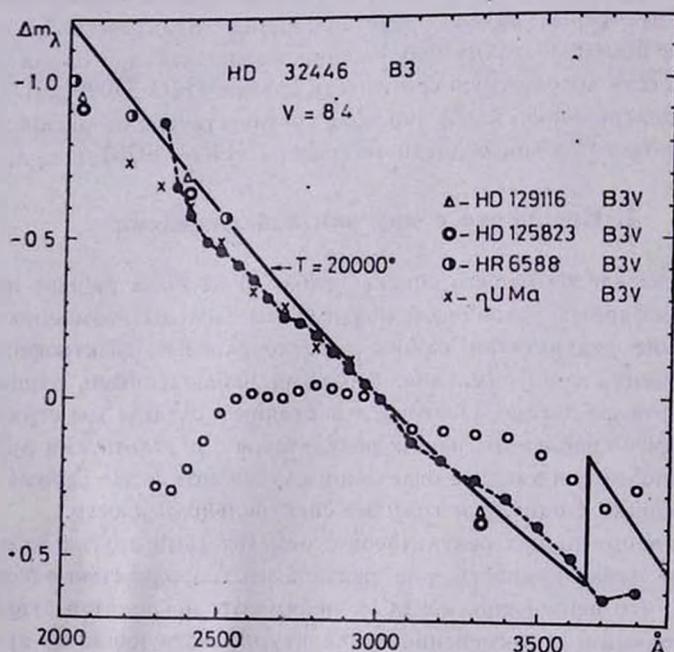


Рис. 6. Распределение энергии в спектре звезды HD 32446, класса В3, по данным «Ориона-2» (кружки и точки). Для сравнения нанесены также результаты наблюдений следующих звезд класса В3V: HD 129116 по [17]; HD 125823 по [17]; HR 6588 по [16] и η UMa по [15].

На рис. 6 мы нанесли также данные, полученные другими наблюдателями для ряда звезд того же класса В3V, в частности, звезд HD 129116.

HD 125823 [17], HR 6588 [16], а также η UMa [15]; все эти звезды очень горячие ($3\div 5^m$) и непокрашенные, поэтому полученные для них величины потоков излучения не нуждаются в поправке за эффект межзвездного поглощения.

Хорошее согласие найденного нами распределения энергии в ультрафиолете звезды HD 32446 с данными для других звезд класса B3V указывает на ее принадлежность к главной последовательности, то есть к классу светимости V. Кстати, величина $B-V = -0^m 17$, найденная для этой звезды [2], в равной мере характерна как для нормальной звезды класса B3, так и сверхгиганта того же класса. Но в последнем случае ее расстояние оказалось бы порядка 6000 пс, что вероятно привело бы к полному исчезновению ультрафиолетового конца ее спектра из-за чрезвычайно сильного межзвездного поглощения.

Характерным для ультрафиолетового спектра рассматриваемой звезды является спокойный ход кривой без всяких депрессий.

На рис. 7 приведены найденные нами результаты еще для трех звезд класса B8—B9.

HD 33542. Эта звезда класса B8 очень яркая ($V=7.3$), поэтому найденные непосредственно из наблюдений величины Δm_{λ} оказались в полном согласии с теорией (при $T_{\text{эфф}} = 12600^{\circ}\text{K}$) без внесения поправки за эффект межзвездного поглощения. На этом же рисунке нанесены также данные широкополосной фотометрии с ОАО-2 для звезды 41 Eri спектрального класса B8.5V [17], расхождение которых от теоретического распределения и, в равной мере от HD 33452, по-видимому, находится в пределах ошибок измерений ОАО-2.

HD 33853. Наши наблюдения этой довольно яркой ($V=7.7$) звезды класса B9, охватывающие диапазон длин волн 2000—3800 Å, оказались в очень хорошем согласии с теоретической моделью фотосферы, соответствующей $T_{\text{эфф}} = 12600^{\circ}\text{K}$. Это согласие подтверждается также результатами наблюдений звезд 14 CVn и HD 4622, обе класса B9V [17]. Принадлежность звезды HD 33853 к главной последовательности не вызывает сомнения, а расстояние до нее будет меньше или равно 350 пс ($M_v = +0.5$).

Два примера звезд класса A2—A4 с сопоставлением результатов наблюдений «Ориона-2» с другими данными рассматриваются на рис. 8.

HD 32296. Распределение энергии, практически неискаженное межзвездным поглощением, в спектре этой яркой звезды ($V=6.5$) хорошо согласуется с моделью при $T_{\text{эфф}} = 9150^{\circ}\text{K}$ в области 3000—3800 Å. В области короче 3000 Å наблюдается падение интенсивности с резко выраженным минимумом на 2400 Å. Такой ход кривой непрерывного спектра в ультрафиолете, пожалуй, следует считать наиболее характерным для звезд класса A. По-видимому, нашим результатам не противоречат данные, полученные на ОАО-2 для звезд σ Scl A2V и δ UMa A7V [18]. Кроме этого, распределение энергии в спектре β Aur [14] имеет ту же качественную структуру, что и исследуемая звезда.

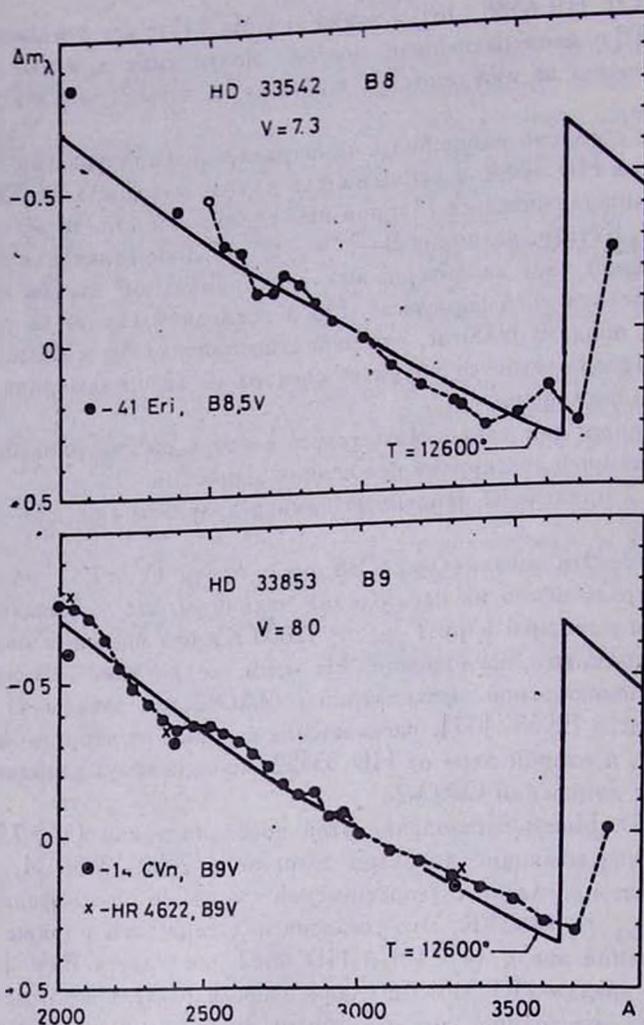


Рис. 7. Распределение энергии в спектре звезд HD 33542 и 33853 классов B8—B9 по данным «Орисна-2» (точки и кружки). Проводится также сравнение с результатами наблюдений других звезд тех же классов по [17, 16].

HD 32619. Кривая распределения энергии в спектре этой звезды очень похожа на аналогичную кривую предыдущей звезды. Однако депрессия в районе 2400 Å более мощная, кроме того, имеется дополнительная локальная депрессия в районе 2800 Å. Наши результаты оказались в хорошем согласии как с теоретической моделью при $T_{эфф} = 8400^{\circ}\text{K}$, так и с наблюдениями ОАО-2 [19] для звезды δ Cas (A5V).

Что касается различия между теорией и наблюдениями в ближнем ультрафиолете, которое наблюдается почти у всех рассмотренных нами звезд спектрального класса А, то на нем мы остановимся более подробно в одном из последующих разделов.

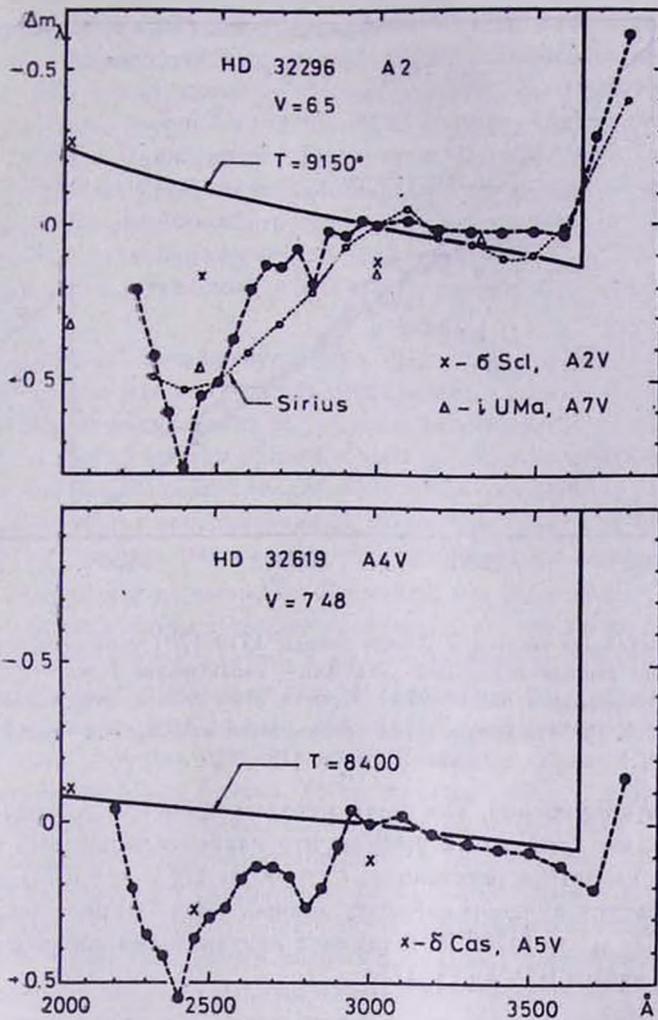


Рис. 8. Распределение энергии в спектре звезд HD 32296 (A2) и HD 32619 (A4V) по данным «Ориона-2» (точки). Для сравнения приведены также результаты наблюдений OAO-2 для звезд δ Scl (A2V) и i UMa (A7V) и δ Cas (A5V) [18].

В заключение этого раздела остановимся на звезде № 1518 (по нумерации [20]) неизвестного спектрального класса, результаты измерений которой, полученные на основе «орионовского» наблюдательного материала, приведены на рис. 9. Уже найденные из прямых измерений величины Δm , не исправленные за эффект межзвездного поглощения, указывают на принадлежность этой звезды к классу ранее A0 ($T_{\text{эфф}} = 10000^\circ\text{K}$). На это указывают также наблюдаемые величины показателей цвета, равные $B-V = +0.04$, $U-B = -0.40$ [2]. Наконец, относительная слабость звезды ($V=9.5$) говорит о неизбежности искажений в наблюдаемом спектре из-за

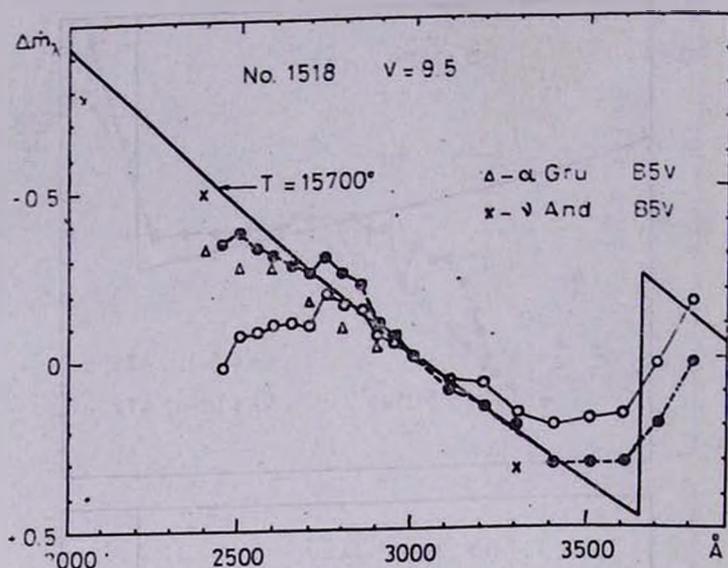


Рис. 9. Распределение энергии в спектре звезды 1518 [20] неизвестного спектрального класса по данным «Ориона-2» (кружки — наблюдения, точки — исправленные за эффект межзвездного поглощения). Кривая относится к теоретической модели $T_{\text{эфф}} = 15700^\circ \text{K}$ [8]. Нанесены также результаты наблюдений звезд γ Gru и γ And (B5V) по [15, 17].

межзвездного поглощения. Поступая методом проб или последовательного приближения, мы приходим к выводу, что наиболее вероятный класс этой звезды B5V и вероятное расстояние $r = 600 \text{ пс}$ ($M_v = -0.7$); в этом случае мы добиваемся лучшего согласия данных наблюдений с теоретической моделью при $T_{\text{эфф}} = 15700^\circ \text{K}$, а также с результатами наблюдений α Gru и γ And (обе класса B5V) [15, 17].

5. О постоянстве макроструктуры непрерывных спектров звезд в ультрафиолете

У нас есть основание полагать, что макроструктура непрерывных спектров изученных нами звезд в ультрафиолете непостоянна и может меняться уже в пределах данного спектрального класса, при переходе от звезды к звезде. Это предположение мы хотим проверить на примере пяти звезд класса A2, структура непрерывного спектра которых в ультрафиолете воспроизведена на рис. 10 в определенной последовательности, а именно, с ослабевающей депрессией непрерывного спектра. За исключением коротковолновой границы измерений, которая оказалась неодинаковой для спектрограмм этих пяти звезд (что вызвано, главным образом, наложением спектрограмм соседних звезд), выбранная группа оказалась во всех отношениях предельно однородной (мы имеем в виду не только идентичность ус-

ловий получения этих спектральных снимков, взятых из одного и того же кадра, но и их микрофотометрирования). Одинаковыми или почти одинаковыми оказались также видимые фотовизуальные величины всех членов выбранной группы, а именно $V=8^m0-8^m2$. Поэтому даже одно сравнение найденных кривых зависимости Δm_λ от λ , без внесения каких-нибудь поправок у отдельных представителей этой группы за эффект межзвездного поглощения, позволит прийти к выводам, достаточно убедительным, касающимся степени «устойчивости» или постоянства макроструктуры непрерывных спектров в ультрафиолете для звезд одного и того же спектрального класса.

Такое сравнение показывает (рис. 10), что по крайней мере в рассматриваемом случае макроструктура непрерывного спектра в области длин волн короче 3000 \AA непостоянна и, скорее всего, меняется при переходе от одной звезды к другой внутри одного и того же спектрального класса.

Это заключение, однако, сделано пока лишь в отношении звезд класса A2, к тому же число использованных звезд невелико. Для более уверенных выводов необходимо располагать дополнительными данными.

В настоящее время не вызывает сомнения, что учет эффекта блокировки спектральными линиями в теории переноса лучистой энергии в фотосферах звезд приводит к результатам, в количественном и качественном отношении существенно отличным от тех, что мы имеем в случае обычных теорий, не учитывающих этот эффект. Эффект блокировки очень большим числом линий поглощения, принадлежащих главным образом нейтральным и ионизованным металлам (титан, хром, железо, кобальт, никель и т. п.), искажает общий вид непрерывного спектра в области длин волн короче 3000 \AA до неузнаваемости (по отношению к нормальному уровню непрерывного спектра «неблокированной» модели). Почти десять лет тому назад Элст [21] предсказал эффект блокировки непрерывного спектра в ближнем ультрафиолете многочисленными слабыми линиями поглощения у горячих звезд. Дальнейшие внеатмосферные наблюдения на ОАО-2 [14] и ОАО-3 [22] показали реальное существование депрессии в ультрафиолете, разной для звезд разных спектральных классов и обусловленной, по всей вероятности, блокировкой непрерывного спектра линиями поглощения нейтральных и ионизованных металлов. Согласно [14], депрессия в области $2000-3000 \text{ \AA}$ очень слабая, почти незаметная у звезд В0—В3 и очень сильная у звезд А5—А6 с максимумом депрессии на 2400 \AA .

Таким образом, мы с достаточной уверенностью можем утверждать, что депрессия у рассматриваемой нами группы звезд класса А2 вызвана блокировкой линиями поглощения. Весь вопрос заключается в том, что согласно полученным нами данным сам эффект блокировки по каким-то причинам срабатывает с неодинаковой силой у звезд строго одного и того же спектрального класса или одной и той же эффективной температуры. В частности, этот эффект почти отсутствует или слаб у звезды HD 34268 и достаточно сильный у HD 33332.

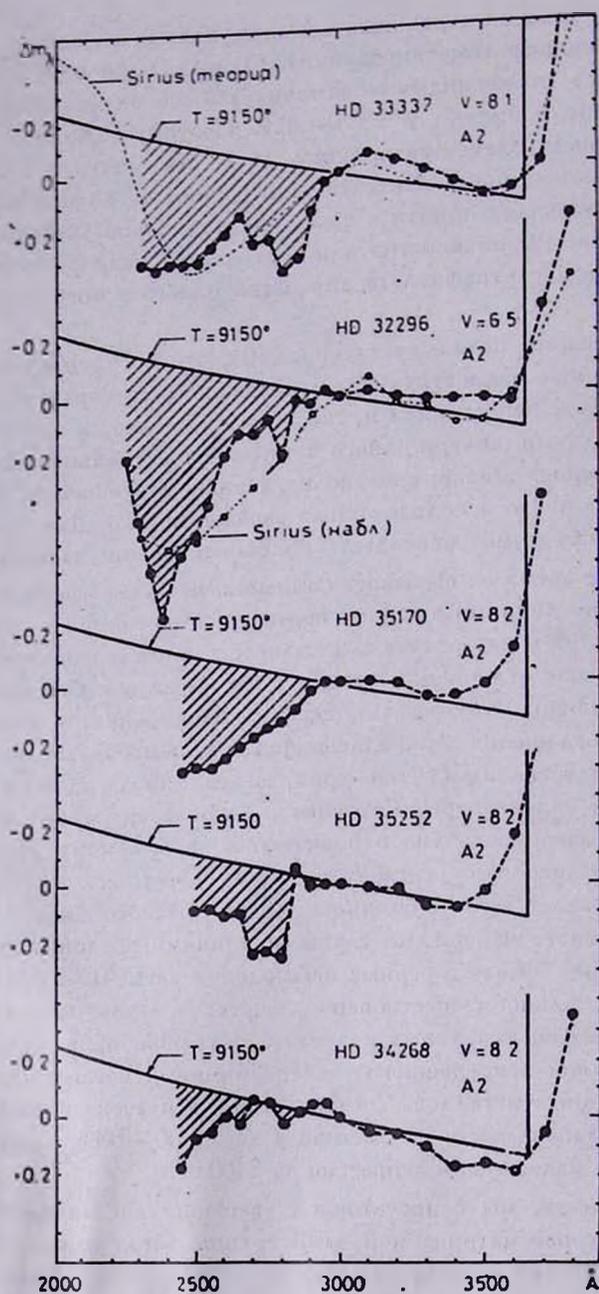


Рис. 10. Последовательность ультрафиолетовых спектров звезд класса A2 с меняющейся макроструктурой — разные мощности депрессии на 2400 Å и 2800 Å по данным «Орiona-2» (точки).

В настоящее время существует несколько попыток построения теории звездных фотосфер с учетом эффекта блокировки линиями поглощения. Наиболее значительной из них является попытка Кырукз и др. [23], учитывающих в своих вычислениях влияние 1760000 спектральных линий. Для одного частного случая — для модели Сириуса — звезды класса A1V ($T_{\text{эф}} = 9700^{\circ}\text{K}$, $\log g = 4.26$) подобные вычисления были осуществлены Фоулером [24]. На рис. 10, на графике звезды HD 33332, результаты Фоулера нанесены пунктирной линией, согласно с нашими наблюдениями (точки) для звезды класса A2, как видим, достаточно хорошее. Кстати, для Сириуса имеются и коротковолновые наблюдения [25] (они нанесены на графике звезды HD 32296, рис. 10), которые также оказались в хорошем согласии как с теорией, так и с нашими наблюдениями.

6. О структуре ультрафиолетового спектра звезд класса A0

Нечто подобное тому, что мы имели в случае звезд класса A2 в предыдущем разделе, наблюдается и в отношении звезд класса A0, может быть, даже в более резкой форме.

Нам удалось подобрать четыре звезды класса A0, почти одного и того же блеска ($V = 8.0 - 8.8$), структура непрерывного спектра которых оказалась существенно отличающейся в области длин волн короче 3000 Å и до 2300 Å. Графики зависимости Δm_{λ} от λ для этих четырех звезд, построенные по данным «Ориона-2», приведены на рис. 11. Так, например, если в случае звезды HD 34380 распределение энергии в ее непрерывном спектре по данным «Ориона-2» почти с абсолютной точностью следует теоретической кривой модели Фоулера для Сириуса [24], в частности, с максимумом депрессии на 2400 Å, то у следующих звезд наблюдается постепенное увеличение отклонения от этой «идеальной» модели. Обращает на себя внимание хотя и глубокая, но исключительно узкая депрессия на 2400 Å в спектре звезд HD 34399 (рис. 11).

Мы здесь не ставим вопроса о причинах такого резкого разброса в макроструктуре ультрафиолетовых непрерывных спектров звезд класса A0. Отметим лишь, что этот разброс по крайней мере не может быть следствием межзвездного поглощения, во-первых, потому, что все эти звезды находятся одинаково близко от нас, на расстоянии порядка 300 пс, и, во-вторых, найденные по результатам наземных наблюдений показатели цвета $B - V$ и $U - V$ оказались близкими к нулю (табл. 1). Учитывая высокую однородность выбранной группы звезд, трудно усмотреть также причину указанного разброса в экспериментальных тонкостях или в методике обработки спектрограмм. Несмотря на все это, необходимо располагать дополнительными данными, прежде чем делать какие-то окончательные выводы о реальном расхождении в макроструктуре ультрафиолетовых спектров этого класса звезд.

Из всего того, что было сказано в этом и предыдущем разделах, следует, что существующая спектральная классификация звезд (по крайней

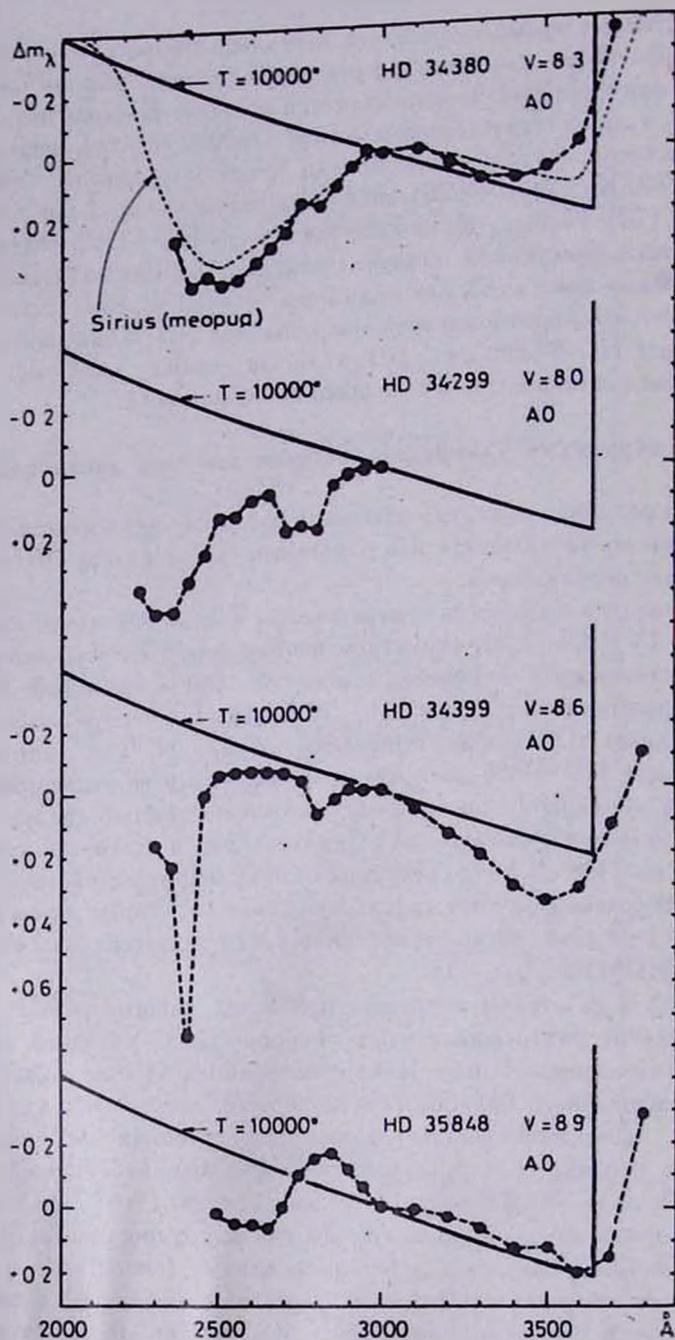


Рис. 11. Макроструктура ультрафиолетовых спектров группы из четырех звезд класса A0 по данным «Ориона-2» (точки). Представлены звезды как с предельно мощной депрессией на 2800 и 2400 Å (HD 34380), так и почти без заметных признаков указанной депрессии (HD 35848).

мере класса А) недостаточна для описания их непрерывных спектров в ультрафиолете. Если в дальнейшем подтвердится реальность разнообразия в макроструктуре спектров в ультрафиолете, то их спектральная классификация очевидно потребует введения нового параметра (к обычному обозначению подкласса), учитывающего ту или иную особенность в микроструктуре спектра в ультрафиолете (2000—3000 Å).

7. Уточнение характеристик горячих звезд по данным их ультрафиолетовых спектров

Мы почти завершили более или менее подробный анализ ультрафиолетовых спектров горячих звезд, входящих в наш список (табл. 1), на основе материалов «Ориона-2». Одно из следствий, к которому привел этот анализ, связано с пересмотром или уточнением некоторых параметров исследуемых звезд — спектрального класса, класса светимости, эффективной температуры, расстояния и т. д. В других случаях речь идет даже о нахождении ранее неизвестного параметра той или иной звезды, основываясь на данных ее ультрафиолетового спектра. Поэтому будет небезынтересным собрать и представить все эти пересмотренные, уточненные или просто впервые найденные параметры исследованных нами звезд отдельно в табл. 5. В эту таб-

Таблица 5

Расстояние, абсолютная светимость, спектральный класс, эквивалентная ширина линии поглощения 2800 MgII и величина депрессии Δm (2800) по данным «Ориона-2»

| HD | Спектр | r, pc | M_r | Спектр | $T_{эфф}$ | $W(2800)$ Å | $\Delta m(2800)$ |
|-------|--------|---------|-------|--------|-----------|----------------|------------------|
| 32446 | B3 | 1000 | -1.6 | B3V | 20000 | — | 0 |
| 33459 | B8 | 600 | -1.4 | B8III | 12600 | — | -0.17 |
| 33542 | B8 | 200 | 0.0 | B8V | 12600 | 9 | -0.04 |
| 33601 | B8 | 1000 | -2.4 | B8III | 12600 | 5.0 | 0 |
| 34920 | A0 | 300 | +1.6 | B8 | 12600 | 6.0 | 0 |
| 33460 | B9 | 1000 | -1.0 | B9III | 12600 | 6 | 0 |
| 33853 | B9 | 300 | +0.5 | B9V | 12600 | 6.4 | 0 |
| 34806 | B9 | 800 | -0.5 | B9IV | 12600 | — | -0.06 |
| 34985 | B9 | 500 | +0.7 | B9V | 12600 | — | -0.14 |
| 34131 | A0 | 400 | +1.1 | A0V | 10000 | 5.4 | — |
| 34680 | A0 | 300 | +1.1 | A0V | 10000 | 8.0 | — |
| 34788 | A0 | 200 | +1.1 | A0V | 10000 | 8.6 | — |
| 33297 | A0 | 240 | +1.1 | A0V | 10000 | 7.2 | 0.07 |
| 34299 | A0 | 250 | +1.1 | A0V | 10000 | — | 0.17 |
| 34380 | A0 | 300 | +1.0 | A0V | 10000 | 8.5 | 0.24 |
| 34399 | A0 | 300 | +1.0 | A0V | 10000 | 5.2 | 0.13 |
| 35099 | A0 | 800 | +0 | A0III | 10000 | 6.5 | -0.05 |
| 35848 | A0 | 300 | +1.4 | A0V | 10000 | — | -0.08 |
| 32296 | A2 | 100 | +1.6 | A2V | 9150 | 30 | 0.24 |
| 33332 | A2 | 100 | +1.6 | A2V | 9150 | 20 | 0.39 |
| 34268 | A2 | 250 | +1.6 | A2V | 9150 | 14.6 | 0.0 |
| 35170 | A2 | 200 | +2.1 | A2V | 9150 | 10 | 0.18 |
| 35252 | A2 | 250 | +1.6 | A2V | 9150 | 14 | 0.29 |
| 32619 | A4 | 100 | +2.0 | A4V | 8400 | 14 | 0.28 |
| 32358 | A5 | 230 | +2.1 | A5V | 8400 | 5 | 0 |
| 1518 | — | 600 | -0.7 | B5V | 15700 | — | -0.09 |

лицу включены также звезды, новое определение спектрального класса которых по данным их ультрафиолетовых спектров (столбец 5) подтверждает ранее известную классификацию (столбец 2). Значения эффективных температур (столбец 6) приведены по результатам сопоставления наблюдаемых непрерывных спектров с моделями Михаласа [8], а в одном случае — звезда HD 34380 — моделью Фоулера [24]. В третьем и четвертом столбцах приведены верхний предел расстояния до звезды и ее абсолютная светимость, определенная также на основе ультрафиолетовых спектров звезд, полученных с помощью «Ориона-2».

8. Депрессия непрерывного спектра на 2800 Å

Одной из примечательных особенностей непрерывного спектра звезд типа А является резкое различие между наблюдаемыми и расчетными величинами интенсивностей излучения в области спектра короче 3000 Å. Как уже говорилось выше, депрессия излучения у этих звезд обусловлена тем, что в используемых нами моделях Михаласа [8] не был учтен эффект блокировки непрерывного спектра спектральными линиями поглощения. Это явление ранее было обнаружено Андерхилл [14] у ряда звезд поздних В и ранних А классов. Согласно же Питерману [34] эффект блокирования спектральными линиями может иметь место даже у ранних В звезд, тем самым затрудняются наблюдения истинного континуума их спектров. На рис. 10 и 11 это наглядно продемонстрировано: приводятся две модели — небланкетинг Михаласа ($T_{\text{эфф}} = 9150^\circ\text{K}$ [8]) и бланкетинг Фоулера для Сириуса [24], в которой учтено влияние 28748 линий металлов. При сравнении со второй моделью депрессий как таковой не существует.

Однако обращает на себя внимание тот факт, что иногда наряду с основной депрессией — непрерывной и плавной — с максимумом на 2400 Å, наблюдается также локальная депрессия в районе 2800 Å. Сама депрессия довольно обширная, начинается примерно с 2900 Å и простирается до 2700 Å, то есть имеет ширину порядка 200 Å, почти независимую от спектрального класса. Однако глубина депрессии или ее мощность меняется по мере передвижения в сторону поздних спектральных классов. Это наглядно видно из рис. 12, где представлена последовательность фрагментов микрофотометрических записей спектров пяти звезд, охватывающих классы от В3 до А4. Для сравнения приведена также микрофотометрическая запись спектра одной звезды класса F0; этот класс как бы находится на «пути» дальнейшего роста депрессии, достигающей максимальной величины, согласно [26], у звезд класса F5—G0.

Величину или мощность депрессии в максимуме, то есть на 2800 Å, очевидно можно представить численно, в звездных величинах $\Delta m(2800)$; она характеризует глубину самой депрессии, до ее самой наименьшей точки, считая от уровня теоретического непрерывного спектра.

Величины $\Delta m(2800)$ для рассмотренных нами звезд, полученные в результате обработки их «орионовских» спектрограмм, представлены в по-

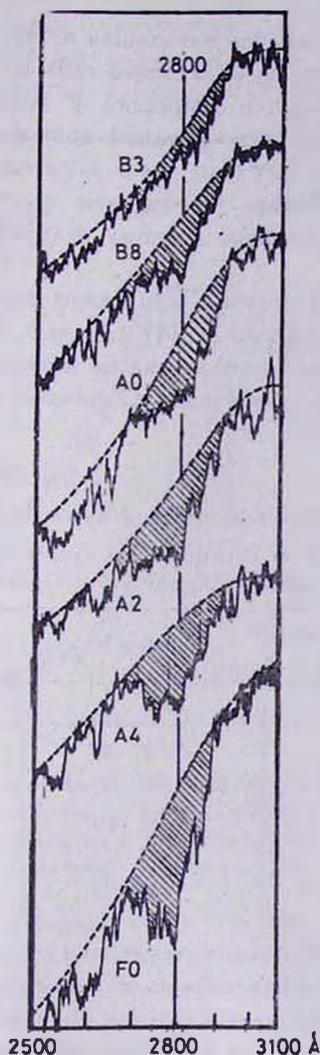


Рис. 12. Последовательность фрагментов микрофотометрических записей спектров звезд В3—F0, иллюстрирующая зависимость депрессии непрерывного спектра на 2800 Å от спектрального класса звезды. Все спектрограммы получены с помощью «Ориона-2» и принадлежат следующим звездам: В3—HD 32446, В8—HD 33542, А0—HD 34380, А2—HD 33332, А4—HD 32619, F0—HD 34331.

следнем столбце табл. 5. Заметно существование довольно четко выраженной корреляции между величиной $\Delta m(2800)$ и спектральным классом; в численном виде эта корреляция представлена во втором столбце табл. 6 (усредненные величины), в скобках дано число звезд, использованных для получения средней величины. Аналогичные измерения, проведенные А. С. Акопяном [27] для звезд спектрального класса А0 и А2, дают те же величины для $\Delta m(2800)$ — 0^m1 для А0 и 0^m23 для А2.

Обращает на себя внимание небольшая по величине, но отрицательная по знаку депрессия у звезд спектрального типа В. В данном случае она не реальна, поскольку небольшие депрессии у использованных нами звезд класса А0 для построения редуцированной кривой телескопа были игнорированы. В действительности, у этих звезд депрессия отнюдь не равна нулю (см. табл. 6). Следовательно, усредненные величины $\Delta m(2800)$ табл. 6 представляют заведомо нижнюю границу величин депрессии излучения около 2800 А.

В табл. 6. в третьем столбце, приведены также величины $\Delta m(2800)$, найденные по материалам ОАО-2 [14] для ряда звезд спектральных классов В3—А5; каждая величина получена по измерениям одной звезды. Как видим, согласие между результатами «Ориона-2» и ОАО-2 достаточно хорошее.

Таблица 6

Зависимость относительной мощности депрессии на 2800 А от спектрального класса звезды по данным «Ориона-2» и ОАО-2

| Спектральн. класс | «Орион-2» | ОАО-2 |
|-------------------|----------------------|------------------|
| В3 | 0 ^m 0 (1) | 0 ^F 1 |
| В8 | -0.05 (4) | 0.14 |
| В9 | -0.05 (4) | — |
| А0 | 0.08 (6) | 0.1 |
| А2 | 0.23 (5) | 0.23 |
| А4 | 0.28 (1) | 0.27 |

Что касается природы самой депрессии, то она ясна — слияние большого числа линий поглощения, принадлежащих главным образом нейтральным и однажды ионизованным металлам. Однако не подлежит сомнению исключительная роль однажды ионизованного магния в образовании указанной депрессии у звезд ранних классов, а также нейтрального магния — у поздних.

9. Об одной аномальной звезде класса А2

Звезда HD 32296 класса А2, входящая в наш список (табл. 1), по структуре непрерывного спектра как будто не отличается от обычных звезд этого класса. В частности, в ее спектре наблюдаются обычные депрессии, глубокне и достаточно широкие, на 2400 и 2800 А.

Однако в одном отношении эта звезда резко отличается от обычных звезд класса А2. Мы имеем в виду наличие в ее спектре исключительной мощной линии поглощения 2800 MgII. На рис. 13, где представлены микрофотометрические записи двух спектрограмм, полученных с помощью

«Ориона-2» с экспозициями 1,5 мин (кадр F 20) и 18 мин (F 21), эта линия, точнее, сумма четырех близлежащих линий, принадлежащих ионизованному магнию, выделяется весьма четко и уверенно. Величина эквивалентной ширины этой линии, найденная по обеим спектрограммам, оказы-

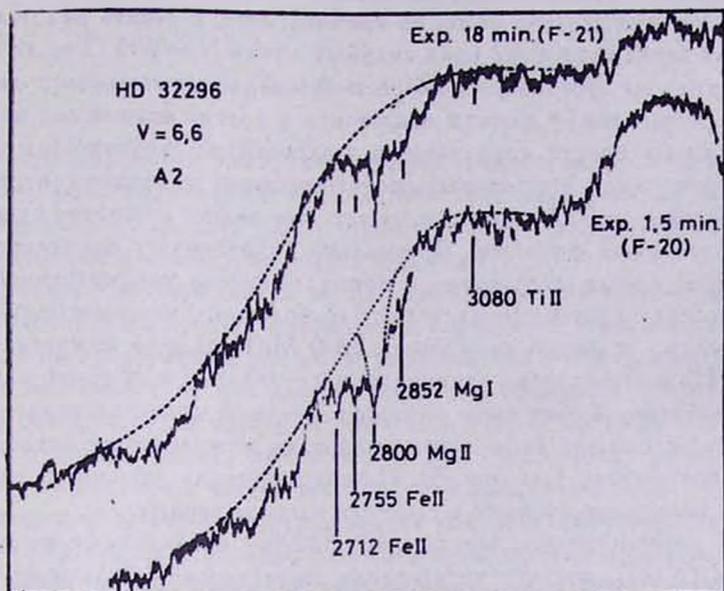


Рис. 13. Микрофотометрические записи двух спектрограмм аномальной звезды HD 32296 класса A2, полученных с экспозициями 1,5 мин (F 20) и 18 мин (F 21). Видна аномально сильная линия ионизованного магния на 2800 Å и нейтрального магния на 2852 Å.

лась почти одинаковой и равной 30 Å (1). Это до крайней мере в три раза больше, чем мы имеем у обычных звезд класса A2, у которых, согласно [26, 28], эквивалентная ширина линии 2800 MgII в среднем равна 8—10 Å. Более того, найденная величина $W(2800) = 30$ Å обычно характерна для звезд класса F0 и позднее. Усомниться в правильности классификации рассматриваемой звезды вряд ли есть основание; во всяком случае на ее принадлежность к классу A2, вернее, ранним подклассам A указывает не только найденное нами распределение непрерывного спектра (рис. 8), но даже простое сопоставление микрофотометрических записей ультрафиолетовых «орионовских» спектров звезд разных классов, в том числе F0 (разумеется, путем подбора одинаковых по плотности почернения снимков).

В отмеченной особенности — исключительно большая мощность линии 2800 MgII — и заключается аномальность звезды HD 32296. Такие звезды, по-видимому, не составляют большой редкости. Во всяком случае, еще одна звезда из табл. 1, HD 33332, класса A2, имеет сильную линию поглощения ионизованного магния $W(2800) = 20$ Å.

Две звезды класса A2 с аномально сильной линией 2800 MgII, — конечно, не мало, чтобы можно было пройти мимо такого примечательного

факта. Но вместе с тем этого пока недостаточно, чтобы делать из этого да-леко идущие выводы. Что касается причин указанной аномальности, то наиболее очевидное допущение — аномально высокое содержание магния в фотосферах указанных звезд приведет к тому, что полное количество ионов магния N у них должно быть, по крайней мере, в десять раз больше, чем у обычных звезд класса A_2 (для сильных линий $N \sim W^2$). Так ли это? Трудно ответить на этот вопрос, не располагая дополнительными данными. В всяком случае, мы не должны исключить и другие возможные причины указанной аномальности, связанные, в частности, со структурой и физическим состоянием самой фотосферы, специфическими условиями переноса лучистой энергии, отличающимися от тех, что лежат в основе существующих теорий звездных фотосфер. Формально указанную аномальность можно объяснить, сделав допущение о принадлежности рассмотренной звезды к группе сверхгигантов; тогда, в силу ее большой удаленности, можно иметь сколь угодно большую силу линии 2800 MgII за счет межзвездного поглощения. Но в этом случае должно быть $r \sim 6000 \text{ пс}$ и $M \sim -6$ или -7^m , что мало вероятно. Кроме того, ультрафиолетовый конец спектра рассмотренной звезды, должен быть сильно подавлен межзвездным поглощением, чего не наблюдается (см. рис. 8). Поэтому причину указанной аномальности следует искать скорее всего в самой фотосфере звезды.

На спектрограмме звезды HD 32296, полученной с экспозицией 1.5 мин (F 20), достаточно уверенно выделяется также линия 2852 MgI ; по нашим измерениям ее эквивалентная ширина равна 8 \AA , то есть тоже аномально высокая. Уверенно выделяются также две группы линий, принадлежащие однажды ионизованному железу: 2755 FeII и 2712 FeII ; эти линии впервые были обнаружены в спектре Канопуса [29] и Веги [30], а позднее в спектре Сириуса [31]. На длинноволновой части спектра удалось отождествить линию 3080 TiII , которая, согласно [26], является постоянным спутником линии 2800 MgII в звездных спектрах. Реальное количество линий поглощения, которые можно выделить достаточно уверенно путем сравнения спектрограмм с обоих фотоснимков (F 20 и F 21), значительно больше.

10. Эквивалентная ширина линии 2800 MgII

Линия 2800 MgII выделяется на наших спектрограммах не всегда четко и уверенно, особенно у звезд класса В. Поэтому найденные нами величины эквивалентной ширины этой линии носят оценочный характер; они приведены в последнем столбце табл. 5. По порядку величины эти результаты находятся в хорошем согласии с тем, что было известно ранее [26, 28].

Следует еще раз напомнить, что величины $W(2800)$, полученные на материале «Ориона-2» [26, 28], представляют заниженную оценку, поскольку в районе 2800 \AA наблюдается депрессия излучения, затрудняющая проведение точного уровня непрерывного спектра. Даже использование

уровня непрерывного спектра на 2700 или 2900 Å в качестве истинного не гарантирует нас от избежания ошибок по крайней мере в случае звезд класса А, поскольку и у них уровень непрерывного спектра на 2700 Å занижен.

В ы в о д ы

Результаты обработки ультрафиолетовых спектрограмм, полученных в области длин волн короче 3000 Å и до 2000 Å с помощью космической обсерватории «Орион-2» для 26 горячих звезд спектрального класса В3—А5, позволяют сделать следующие выводы.

1. Существуют звезды класса В, для которых наблюдаемое распределение энергии в ультрафиолете находится в согласии с теоретически предвычисленным распределением для ЛТР моделей, без учета влияния линий поглощения, при известной для данной звезды эффективной температуре и абсолютной светимости. В одном случае (HD 34920) согласие между наблюдениями и теорией может иметь место при значениях эффективной температуры, отличных от известных для этой звезды величин.

2. У звезд класса А0—А2 наблюдаемое распределение энергии в ультрафиолете (2000—3000 Å) резко отличается от теоретической модели, в которой не учтен эффект блокирования линиями поглощения (сетка моделей Михаласа), и находится в хорошем согласии с моделью, где этот эффект учитывается («бланкетинг» модель Фоулера).

3. Показано, что макроструктура непрерывного спектра у разных звезд класса А2 в области длин волн 3000—2000 Å может существенно отличаться друг от друга (рис. 10). Такая же картина наблюдается и у звезд класса А0 (рис. 11). При этом у одних звезд может иметь место одна крайность, то есть хорошее согласие наблюдений с «бланкетинг» моделью (HD 34380, 32296, 33332), у других — хорошее согласие с «небланкетинг» моделью (HD 35848).

4. Разнообразие в макроструктуре ультрафиолетовых спектров (2000—3000 Å) горячих звезд велико и оно не может быть представлено существующей классификацией звездных спектров. По-видимому, в будущем, по мере накопления новых, более надежных данных, станет необходимым введение нового параметра, учитывающего различие в макроструктуре ультрафиолетовых спектров звезд одного и того же подкласса.

5. Установлено, в согласии с Андерхилл [14], существование депрессии в непрерывном спектре горячих звезд на 2400 Å, едва заметной у звезд класса В3 и достаточно мощной у классов А2—А4. Сама депрессия вызвана эффектом блокировки непрерывного спектра линиями поглощения, принадлежащими нейтральным и ионизованным металлам.

6. Установлено существование депрессии в непрерывном спектре на 2800 Å, вызванной в основном дублетом 2800 MgII, а также 2852 MgI и группой линий ионизованного железа и никеля. Эта депрессия наименьшая

у звезд В3 и достигает значительной мощи как по протяженности (200—300 \AA), так и по глубине ($\sim 0^m 4$) уже у первых подклассов А.

7. Установлено существование аномальных звезд типа А2 с необычайно мощной линией 2800 MgII (HD 32296, рис. 13). Причина подобной аномальности не совсем ясна. Если, например, она связана с относительным содержанием самого магния, то оно у этих аномальных звезд должно быть в десять раз больше, чем у обычных звезд этого подкласса.

8. Результаты ультрафиолетовых спектрофотометрических наблюдений горячих звезд позволяют в принципе внести уточнения в основные характеристики исследованных звезд (табл. 2). Эти результаты указывают вместе с тем на недостаточность и неполноту существующих теорий звездных фотосфер для объяснения всего разнообразия наблюдаемых фактов, относящихся к ультрафиолетовой области спектра.

Ձ. Բ. ԱՆՆԻՍՅԱՆ

ՋԵՐՄ ԱՍՏՂԵՐԻ ՈՒՏՐԱՐԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆ ՍՊԵԿՏՐԱԼՈՒԿԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բերված են «Օրիոն-2» աստղադիտարանի օգնությամբ ստացված В3—А5 սպեկտրալ դասի 26 աստղերի համար սպեկտրալուսաչափական արդյունքները, սպեկտրի ուլտրամանուշակագույն մասում՝ 3000 \AA -ից մինչև 2000 \AA ալիքային երկարության տիրույթում:

Դիտումներից ստացված В դասի աստղերի անընդհատ սպեկտրներում էներգիայի բաշխումները 3800—2000 \AA ալիքային երկարությունների տիրույթում լավ են համընկնում տեսության հետ:

А դասի աստղերից մեծ մասի մոտ դիտված էներգիաների բաշխումները մոտիկ ուլտրամանուշակագույնում խիստ են տարբերվում՝ կլանման գծերի ազդեցությունը հաշվի չառած տեսական մոդելներին:

А0—А2 սպեկտրալ դասի աստղերի անընդհատ սպեկտրների մակրոկառուցվածքում նկատված է ուժեղ ցրվածություն՝ սպեկտրի 3000—2000 \AA տիրույթում:

Ջերմ աստղերի անընդհատ սպեկտրներում նկատված է լայն դեպրեսիա, որը մաքսիմումի է հասնում 2400 \AA ալիքային երկարության վրա: Այդ դեպրեսիան հագիվ նկատելի է В3 դասի աստղերում և բավական ուժեղ է А2—А4 տիպերում: Այդ երևույթը հետևանք է լուսաքաղցի և շեգոք մետաղների կլանման գծերի:

2800 \AA ալիքային երկարության վրա նույնպես նկատված է դեպրեսիայի առկայություն, որը թույլ է В3 տիպի աստղերում և հասնում է մեծ հզորության վաղ տիպի աստղերում ինչպես սպեկտրի խորությամբ ($-0^m 4$) այնպես էլ ձգվածությամբ (200—300 \AA):

Հայտնաբերված է, որ $\lambda 2800\text{MgII}$ և $\lambda 2852\text{MgI}$ կլանման գծերը ունեն անոմալ հզորություն А2 դասի 2 աստղերի (HD 32296, 33332) սպեկտրներ-

րում, Եթե այդ անոմալությունը հետևանք է այդ աստղերի լուսոլորտներում մագնեզիումի բաղադրությունը, ապա մագնեզիումի առատությունը նրանց մոտ կարող է 10 անգամ մեծ լինել, քան այդ նույն ենթադասի սովորական աստղերի մոտ է:

Ճշտված և որոշված է ուսումնասիրվող աստղերում նրանց ուլտրամանուշակագույն հարաբերական սպեկտրալուսաչափական արդյունքներով մի քանի պարամետրեր՝ հեռավորությունը, սպեկտրալ լուսավորությունը, էֆեկտիվ ջերմաստիճանը և այլն:

Ձերմ աստղերի անընդհատ սպեկտրների ուլտրամանուշակագույն մասի (2000—3000 Å) կառուցվածքը և առանձնահատկությունները, ցույց են տալիս գոյություն ունեցող աստղային լուսոլորտների մոդելների ոչ լիարժեքությունը բոլոր դիտողական փաստերի տարատեսակությունները բացատրելու համար:

J. B. OHANESYAN

ULTRAVIOLET SPECTROPHOTOMETRES OF HOT STARS

S u m m a r y

The results of the ultraviolet spectrophotometric measurements for 26 hot stars of B3—A5 spectral types in the wavelength region shorter than 3000 Å and up to 2000 Å. The shortwave spectrograms of those stars were obtained with the help of the space observatory "Orion-2".

The observed relative energy distributions in the continuous spectra of B class in the wavelength interval 2800—2000 Å turned out to be in good terms with the theory.

The observed energy distributions for the most A class stars in the near ultraviolet strongly differ from the theoretical model, in which the blocking effect by absorption lines is not taking into account.

A strong scatter in the macrostructure of the continuous spectra A0 and A2 spectral class in the wavelength 3000—2000 Å is discovered.

The existence of a wide depression in the continuous spectra of hot stars with the maximum on 2400 Å, hardly visible in the B3 class stars and powerful enough in the A2—A4 class stars, is fixed. The depression is caused by line absorption of the neutral and ionized metals.

The intensity and the power of the depression is offered to be used as a parameter for the spectral classification of stars.

Two anomalous A2 class stars (HD 32296, 33332) with the extraordinary powerful magnesium lines 2800 MgII and 2852 MgI are discovered. If this anomaly is evoked by the magnesium absorption in photosphere, the abundance of Mg should be 10 times as much as in the normal stars of this subclass.

Some parameters of the observed stars (distance, effective temperature, luminosity class) are specified, corrected and determined the results of their relative ultraviolet spectrophotometer.

The obtained results concerned with the structure and peculiarity of the continuous spectras of hot stars in the ultraviolet (2000—3000 Å) indicate to the inadequacy of the existed star photosphere models for the explaining of all variety of the observed facts.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурздян Г. А., Кашиш А. Л., Крмоян М. Н., Оганесян Дж. Б. *Астрофизика*, 177, 1974.
2. Оганесян О. В. *Сообщ. БАО*, 48, 14, 1976.
3. Гурздян Г. А., Оганесян Дж. Б. *Астр. ж.*, 48, 1289, 1971.
4. Malaise D., Gros M., Masau D. *Intern. Rep. ROF 72. COSPAR. Konstanz, F.R.G.* 1973.
5. Schild R., Peterson D. M., Oke J. B. *Ap. J.*, 166, 95, 1971.
6. Гурздян Г. А., Оганесян Дж. Б. *Астрофизика*, 9, 197, 1973.
7. Underhill A. B. *Astron. Astrophys.*, 25, 175, 1973.
8. Mihalas D. *Ap. J. Suppl. Ser.* 9, № 92, 321, 1965.
9. Bernacca P. L., Molnar M. R. *Ap. J.*, 178, 189, 1972.
10. Рустамбекова С. С. *Сообщ. БАО*, 48, 101, 1976.
11. Гурздян Г. А., Оганесян Р. Х. *Астрофизика*, 11, 397, 1975.
12. Bless R. C., Savage B. D. *Ap. J.*, 171, 293, 1972.
13. Wolf S. G., Kuhl L. V., Hayes D. *Ap. J.*, 152, 871, 1968.
14. Underhill A. B. *The Scientific Results from the OAO-2, ed. Code (NASA SP-310)* p. 367, 1972.
15. Stecher T. P. A. *J.*, 74, 96, 1969.
16. Sudbury G. C. *M.N.R.A.S.*, 153, 241, 1971.
17. Bottemiller R. L. *The Scientific Results from the OAO-2, ed. Code (NASA SP-310)*, p. 505, 1972.
18. Doherty L. R. *Ap. J.*, 178, 727, 1972.
19. Humphries C. M., Nandy K., Kantzas E. *Ap. J.*, 195, 111, 1975.
20. Гурздян Г. А. *Сообщ. БАО*, 48, 5, 1976.
21. Elst E. W. *Bull. Astron. Inst. Neth.*, 19, 50, 1966.
22. Underhill A. B. *Ap. J. Suppl. Ser.*, 27, № 249, 359, 1974.
23. Kurucz R. L., Peytremann E., Avertt E. N. *SAO Reprint 209—101, 1972 (KPA)*.
24. Fowler J. A. *Ap. J.*, 188, 295, 1974.
25. Evans D. C. *The Scientific Results from the OAO-2, ed. Code, (NASA SP-310)*, p. 321, 1972.
26. Гурздян Г. А. *PASP*, 87, 289, 1975.
27. Акопян А. С. *Сообщ. БАО*, 48, 177, 1976.
28. Асатрян Р. С. *Сообщ. БАО*, 48, 187, 1976.
29. Kondo Y., Henize K. G., Kotila C. L. *Ap. J.*, 159, 927, 1970.
30. Gurzadyan G. A., Ohanesyan J. B. *Astron. Astrophys.*, 20, 321, 1972.
31. Spear G. G., Kondo Y., Henize K. G. *Ap. J.*, 192, 615, 1974.
32. Blanco V. M., Demers S., Danglass G., Fitzgerald M. *Publ. of the US Naval Obs. Sec. Ser.*, 21, 1968.
33. Gurzadyan G. A. *Space Sci. rev.*, 18, 95, 1975.
34. Peytremann E. *Astron. Astrophys.*, 39, 393, 1975.

С. С. РУСТАМБЕКОВА

УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ СПЕКТРЫ ГРУППЫ ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД В ТЕЛЬЦЕ

1. В в е д е н и е

Для области неба вокруг звезды ζ Тав с помощью «Ориона-2» было получено шесть кадров F 3, F 4, F 5, F 22, F 23, F 24 с экспозициями 11.4, 20, 1, 1.3, 16, 1.3 мин соответственно. Эта область оказалась очень интересной, так как в группу исследуемых звезд вошли: одна звезда спектрального класса Об, четыре звезды типа Ве с эмиссионными характеристиками и еще восемнадцать звезд классов В—А, изучение каждой из которых может представить определенный интерес.

В табл. 1 приведены номера исследованных звезд по каталогам HD, SAO и AGK₂, а также данные об их спектральном классе, визуальной величине V и расстоянии, взятые из различных источников [1, 2, 3]. Наши измерения охватывают в основном спектральный диапазон 2300—3700 Å, лишь в нескольких случаях коротковолновая граница наших спектрограмм доходила до 2000 Å.

Количество спектрограмм, обработанных для каждой звезды, колеблется от четырех—пяти для слабых звезд (кадр F 23) до двадцати для сравнительно ярких звезд. Микрофотометрические записи спектрограмм получены на микрофотометрах МФ-4 и ИФО-451.

Целью данной работы являются изучение распределения энергии в ультрафиолете непрерывных спектров указанных звезд, сопоставление полученных результатов с различными теоретическими моделями, сравнение с другими данными (если такие имеются) в основном для звезд тех же спектральных классов, попытка выявления закона межзвездного поглощения в ультрафиолете в случаях удаленных звезд, а также вычисление эквивалентных ширин спектральных линий, если таковые имеются.

Характеристическая и редуцированная кривые, необходимые для обработки спектрограмм, взяты из [4]. Найденные относительные распределения энергии наших звезд представлены в графической форме на рис. 2—14. При этом интенсивность излучения, выраженная в звездных величинах $\Delta m_\lambda = -2.5 \lg (F_\lambda / F_{3200})$, принята за единицу на $\lambda = 3200$, то есть $\Delta m_{3200} = 0$.

Наблюдаемые распределения энергии исправлялись за эффект межзвездного поглощения следующим образом. Если для данной звезды из-

Данные об исследованных звездах

| HD | SAO | V | Sp | r (pc) |
|-----------|--------|------|-------------|-------------|
| 36879 | 077293 | 7.56 | O6 | 1600 [1] |
| E 245310 | 077308 | 8.87 | B1 V nne | 1200 [1] |
| 38191 | 077497 | 8.73 | B1 (V) ne | 1300 [1] |
| 36547 | 077253 | 8.81 | B1 III | 1800 [1] |
| 37202 | 077336 | 2.97 | B2 ne | 165 [10] |
| 37967 | 077450 | 6.1 | B3 ne III-V | 500 [12-14] |
| 35708 | 077184 | 4.86 | B3 V | 250 [17] |
| 36819 | 077285 | 5.36 | B3 V | 200 [19] |
| 36589 | 077255 | 6.01 | B6 V | — |
| 37752 | 077413 | 6.5 | B7 III | — |
| — | 077332 | 8.5 | B8 | 400* |
| 36113 | 077215 | 6.9 | B8 | 200* |
| 38063 | 077469 | 8.7 | B8 | 440* |
| 38442 | 094847 | 9.1 | B8 | 520* |
| 38192 | 077493 | 8.0 | B9 | 320* |
| 37925 | 077442 | 8.4 | B9 | 330* |
| 35943 | 077201 | 5.9 | B9 | 78** |
| 37939 | 077443 | 8.3 | B9 | 320* |
| 37821 | 077427 | 8.5 | A0 | 320* |
| 37999 | 077451 | 8.1 | A0 | 260* |
| 37740 | 094763 | 8.2 | A0 | 280* |
| 37439 | 077358 | 6.3 | A2 V | 100* |
| BD+21°971 | — | — | — | — |

* По известной визуальной величине и по среднему значению абсолютной звездной величины, взятой из [24—27].

** Каталог Бичвара.

вестно ее расстояние от нас r , то исправленная за эффект межзвездного поглощения величина Δm_λ^s может быть найдена из соотношения:

$$\Delta m_\lambda^s = \Delta m_\lambda - (a_\lambda - a_{3200}) r, \quad (1)$$

где a_λ — коэффициент межзвездного селективного поглощения, рассчитанный на 1 клс; его численные величины были найдены использованием данных о межзвездном поглощении, найденных Блессом и Саваджем [5] для направления звезды 139 Тау (выбор этой звезды объясняется тем, что она находится в Тельце).

Если же для данной звезды известна наблюдаемая величина E_{B-V} , исправление за эффект межзвездного поглощения осуществлялось иначе [6]:

$$\Delta m_\lambda^s = \Delta m_\lambda - (x_\lambda - x_{3200}) E_{B-V}, \quad (2)$$

где $x_\lambda = E_{i-V}/E_{B-V}$; числовые величины x_λ также взяты из [5] по усредненной кривой зависимости x_λ от $1/\lambda$.

2. Межзвездное поглощение

По наблюдениям в области $\lambda\lambda$ 1100—3600 Å, выполненным при помощи фотоэлектрических спектрометров на борту ОАО-2, получена весьма интересная информация о характере и величине межзвездного поглощения: по данным 17 ярких звезд ранних спектральных классов [5]. Позднее эти результаты были уточнены по данным спектрометрических измерений 36 звезд в диапазоне 1800—3600 Å [7].

Метод, с помощью которого были изучены в [5, 7] свойства межзвездного поглощения в ультрафиолете, основан на сопоставлении программных звезд со звездами сравнения того же класса, из которых первые — покрасневшие, а вторые — почти без всяких признаков покраснения. Было найдено, что межзвездное поглощение имеет четко выраженный максимум на λ 2175 Å. Хотя индивидуальные кривые поглощения для отдельных звезд заметно различаются, положение указанного максимума на λ 2175 Å сохраняется для большинства звезд. Пока нельзя сказать, являются ли отмеченные различия в кривых поглощения следствием изменения в различных направлениях Галактики, имея в виду, что наблюдавшиеся в [5, 7] звезды находятся от нас сравнительно недалеко, а их избытки цвета невелики.

В области Тельца оказались четыре звезды ранних спектральных классов, находящихся от нас на расстояниях более 1000 пс. Поэтому есть смысл заняться изучением межзвездного поглощения в ультрафиолете для этой области методом, в отличие от [5, 7], сопоставления наблюдаемых спектров той или иной звезды с их теоретическими спектрами, в частности, с моделью Михаласа [8].

Обозначим разницу между наблюдаемым распределением энергии Δm_λ и теоретической моделью Δm_λ^T , принятой за истинное распределение энергии для данного спектрального класса, через δ_{m_λ} . Очевидно, что

$$\delta_{m_\lambda} = \Delta m_\lambda - \Delta m_\lambda^T = A_\lambda - A_{3200} \quad (3)$$

Запишем это соотношение следующим образом:

$$\delta_{m_\lambda} = A_\lambda - A_V - (A_{3200} - A_V),$$

Так как $A_{3200}/A_V = 1.67$, если принять для межзвездного поглощения в оптическом диапазоне закон $\sim \lambda^{-1}$, а $A_\lambda - A_V = E_{\lambda-V}$, получим:

$$\delta_{m_\lambda} = E_{\lambda-V} - 0.67 A_V.$$

Учитывая, что $A_V = 3 \cdot E_{B-V}$, найдем:

$$E_{\lambda-V} = \delta_{m_\lambda} + 2.01 E_{B-V}.$$

Обозначая, как обычно, $E_{\lambda-V}/E_{B-V} = x_\lambda$, найдем отсюда окончательно

$$x_\lambda = \frac{\delta_{m_\lambda}}{E_{B-V}} + 2.01. \quad (4)$$

С помощью этого соотношения были построены зависимости x_λ от λ^{-1} для звезд HD 36879, E 245310, 38191 и 36547 спектральных классов O6, B1 V ппе, B1 (V) пе и B1 III соответственно. Полученные результаты приведены на рис. 1. Для сравнения там же нанесена зависимость средних величин \bar{x}_λ от λ^{-1} , построенная по данным Блесса и Саваджа [5], а также закон λ^{-1} .

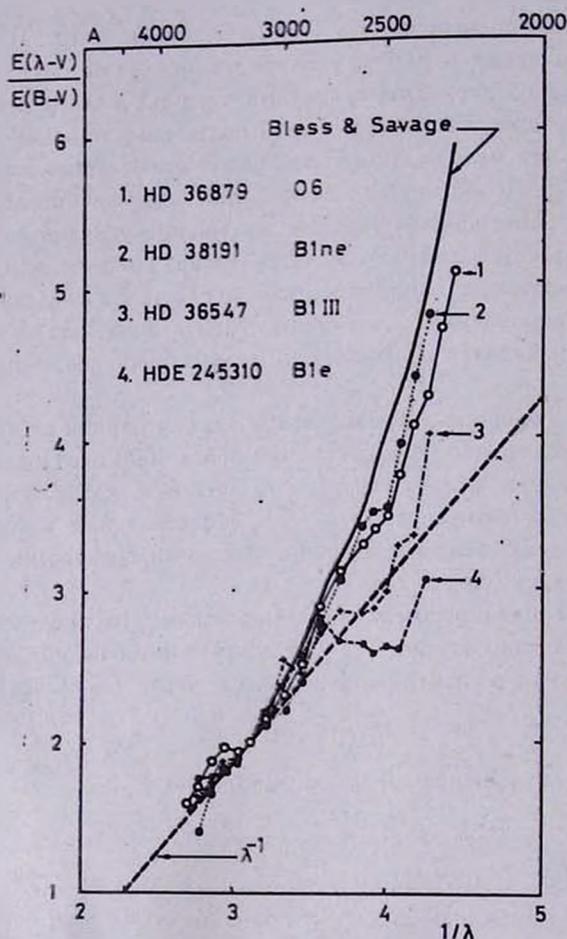


Рис. 1. Зависимость величины межзвездного поглощения в ультрафиолете x_λ от $1/\lambda$, найденная по результатам измерений ультрафиолетовых спектров звезд HD E 245310, 36547, 36879 и 38191. Для сравнения нанесена также аналогичная зависимость средних \bar{x}_λ величин по данным Блесса и Саваджа [5], а также «закон λ^{-1} ».

К сожалению, наши измерения не идут далее 2350 Å для HD E 245310, 38191 и 36547 и далее 2250 Å для HD 36879. Поэтому мы ничего не можем сказать о поведении приведенных кривых в области длин волн короче

2250 Å . Тем не менее, можно сказать, что по крайней мере до 2500 Å межзвездное поглощение следует закону λ^{-1} , а начиная с 2500 Å явно отклоняется от него в сторону резкого повышения поглощения.

Для звезды HD E 245310 межзвездное поглощение в окрестности 2500 Å мало. Это, по-видимому, можно объяснить наличием эмиссионных линий, быть может, особо обильных в этой области спектра, вероятное отождествление которых приведено в [9]. Найденные нами кривые для HD 36879 и HD 38191 в пределах ошибок хорошо согласуются, как следует из рис. 1, с результатами Блесса и Саваджа для средних λ . Что же касается средней зависимости поглощения от длины волны, то для объяснения ее поведения необходимо привлекать модели межзвездной среды, состоящей из смеси пылинок различного размера и химического состава.

3. Звезды типа Ве

Звезды класса В с эмиссионными линиями всегда привлекали внимание астрофизиков. Линии в спектрах этих звезд за короткие промежутки времени, порядка десятков лет, претерпевают большие изменения как в интенсивности и положении, так и в форме контуров. Иногда эмиссионные линии исчезают совсем и появляются вновь. Все это свидетельствует о неустойчивом характере физических процессов, протекающих в атмосфере этих звезд.

Нам довелось исследовать спектры четырех таких звезд: хорошо известной эмиссионной звезды ζ Тау спектрального класса В2пе [10], затем HD 37967 класса В3пе, а также уже упомянутых выше звезд HD 38191 типа В1(V)пе [1] и HD E 245310, горячей звезды класса В1V с газовой оболочкой. Остановимся на каждой из этих звезд в отдельности.

ζ Тау (HD 37202). Представляет собой спектрально двойную систему с периодом 132.9 дня, однако наблюдается только один ряд спектральных линий, соответствующих линиям быстро вращающейся звезды типа В2, у которой время от времени появляется оболочка. Распределение энергии в спектре ζ Тау приведено на рис. 2. Так как звезда находится на расстоянии 165 пс [11], поправка за эффект межзвездного поглощения не вводилась. Полученное нами распределение сравнивается с теоретической моделью при $T_{\text{eff}} = 22000^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$ [8]. На этом же рисунке приведены также данные Боттемиллера для ζ Тау по наблюдениям ОАО-2 [12]. Из рисунка видно, что в области 2500 Å распределение энергии имеет вид горба, вызванного, по-видимому, наличием эмиссионных линий 2473, 2520, 2535 и 2573 Å , о которых речь пойдет ниже.

HD 37967. Звезда спектрального класса В3пе [III—V], у которой $V-V = -0.06$, $U-V = -0.63$ [2], а расстояние $r = 500$ пс, среднее по [13, 14, 15]. Распределение энергии в спектре этой звезды представлено также на рис. 2, наряду с теоретической моделью при $T_{\text{eff}} = 20000^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$ [8].

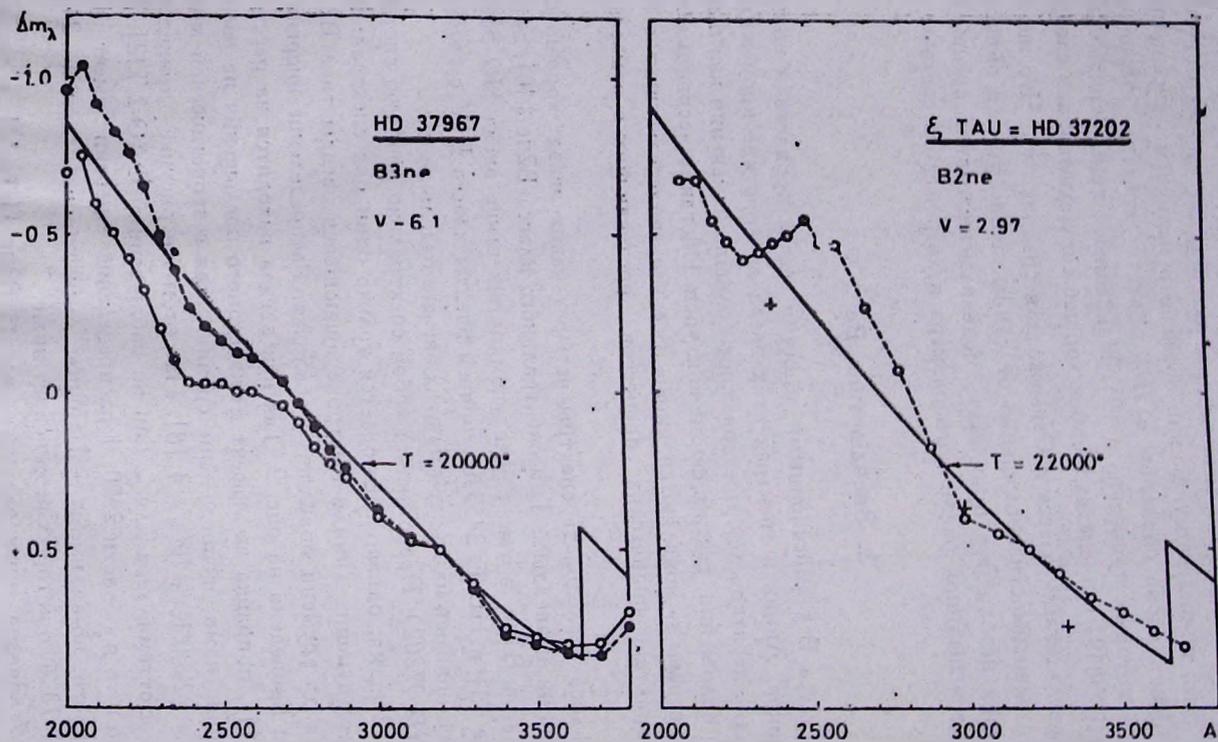


Рис. 2. Наблюдаемое распределение энергии в спектрах звезд HD 37967 и ζ Тау = HD 37202 по данным «Ориона-2» (кружки). Сплошные линии — теоретическая модель при $T_{\text{eff}} = 22000^{\circ}\text{K}$, $T_{\text{eff}} = 20000^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4$ [8]. Нанесены также данные ОАО-2 для ζ Тау [12].

Интересно отметить, что найденное для этой звезды распределение энергии оказалось похожим по характеру на распределение энергии в спектре γ Cas. звезды класса B0.5IVe [16], с той разницей, что избыток энергии в нашем случае приходится на 2050 Å, в то время как у γ Cas он находится на 2200 Å. Возможно, это вызвано тем, что, как указывалось выше, линии в спектрах эмиссионных звезд претерпевают изменения во времени. Что же касается избытка энергии у γ Cas на 2600 Å, то в нашем случае сказать что-либо определенное трудно, хотя у HD 37967 наблюдаются признаки нечто подобного в области 2500 Å. В связи с этим следует отметить, что у звезды k CMA, спектрального класса B2Ve, также обнаружен заметный избыток излучения, в частности, на 1850, 2000, 2200 и 2500 Å, который ассоциируется с эмиссионными линиями [17].

HD E 245310=SAO 077308. На рис. 3 представлено найденное нами распределение энергии в спектре этой звезды — как наблюдаемое (круж-

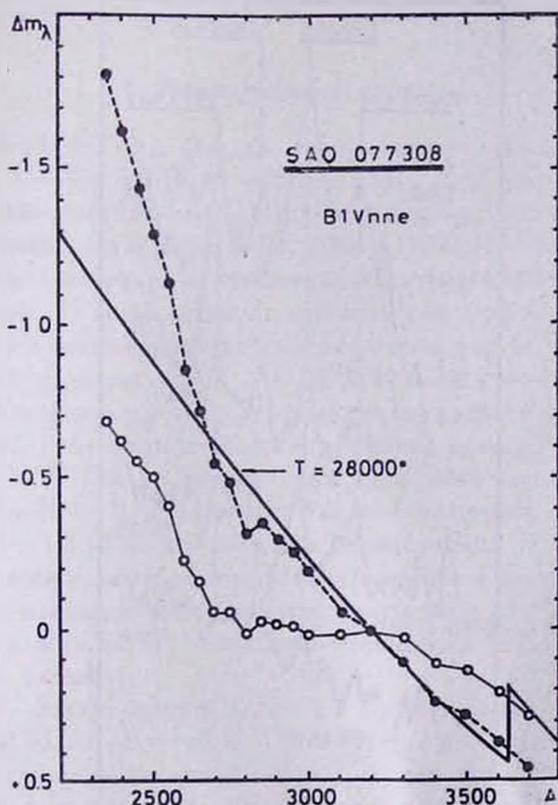


Рис. 3. Распределение энергии в спектре звезды HD E 245310=SAO 077308 по данным «Ориона-2». Сплошная линия — теоретическая модель при $T_{\text{eff}} = 28000^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4$ [8].

ки), так и исправленное с помощью соотношения (2) по известному эксцессу для этой звезды $E_{B-\Delta} = 0.54$ [1] (точки). На рисунке приведено также

теоретическое распределение при $T_{\text{eff}} = 28000^{\circ} \text{K}$ и $\lg g = 4$ [8]. Как видим, в области $2350\text{--}2500 \text{ \AA}$ истинное распределение резко отклоняется от теоретического в сторону больших потоков. Избыток энергии, по-видимому, следует объяснить наличием эмиссионных линий в указанном диапазоне. Кроме того, мы не должны забывать, что рассмотренная звезда обладает газовой оболочкой, а теоретическая модель, с которой она сравнивается, представляет собой нормальную фотосферу, без газовой оболочки. Поэтому подобные сравнения носят несколько формальный характер.

Сказанное относится ко всем звездам, имеющим газовые оболочки.

Звезда SAO 077308 представляет собой интерес и с другой точки зрения. Дело в том, что в ее спектре была обнаружена одна очень мощная эмиссионная линия с длиной волны $\sim 2520 \text{ \AA}$. Наиболее вероятным представляется отождествление этой линии с резонансным сикстетом нейтрального

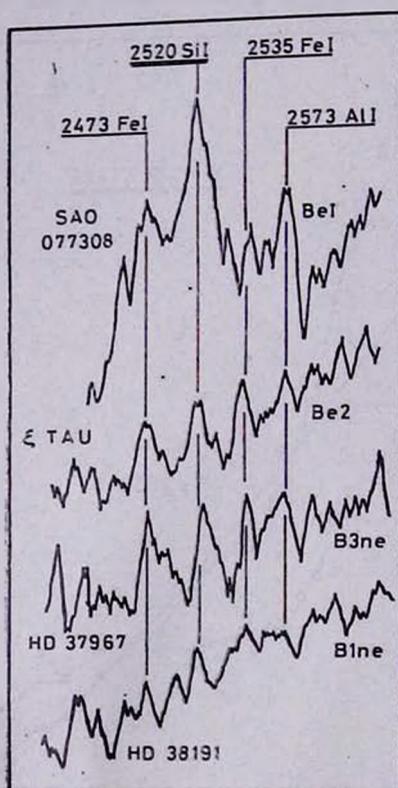


Рис. 4. Сопоставление денситометрических записей четырех «орлионских» спектров, принадлежащих эмиссионным звездам HD E 245310, ζ Tau, HD 37967 и HD 38191 около 2500 \AA .

ного кремния со средней длиной волны 2520 \AA ; подробно этот вопрос обсужден в [9]. Там же приведена микрофотометрическая запись спектра этой звезды, из которой видно, что линия 2520 SiI — самая сильная в

интервале длин волн от 5000 до 2300 Å. Хотя это отождествление нельзя считать окончательным и оно нуждается в проверке, сам факт наличия мощной эмиссионной линии ~ 2520 Å в спектре этой звезды не подлежит сомнению, и именно это обстоятельство мы считаем важным. Чтобы убедиться в аномальности силы линий ~ 2520 SiI в спектре рассмотренной звезды, на рис. 4 представлено сопоставление микрофотометрических записей области спектра около этой линии еще для трех эмиссионных звезд — ζ Tau (B2e), HD 37967 (B3ne) и HD 38191 (B1Ve), уже рассмотренных выше. Как следует из приведенного рисунка, линия 2520 SiI выделяется резко и уверенно по отношению к соседним эмиссионным линиям только в случае SAO 077308; у остальных трех звезд эта линия имеет одинаковую силу с соседними эмиссионными линиями (2473 FeI, 2573 AlI и т. д.). Вопрос же о том, в какой степени аномальное содержание кремния свойственно не только газовой оболочке, но и самой фотосфере звезды SAO 077308, может служить предметом отдельного рассмотрения с привлечением, в частности, средств наземной астрономии.

4. Непрерывные спектры

HD 35708 (114 Tau). Звезда спектрального класса B3V с $V=4.86$, $B-V=-0.16$, $U-B=-0.76$ и $l=250$ пс [18]. Для нее была измерена 21 «орионовская» спектрограмма. Полученное распределение, с указанием среднеквадратичных ошибок на 2400, 2800 и 3500 Å, приведено на рис. 5 (кружки). Введена поправка за межзвездное поглощение. Исправленная кривая (точки на рис. 5) сравнивалась с данными для этой же звезды, полученными методом широкополосной фотометрии с помощью ОАО-2 [19], а также с теоретической моделью при $T_{\text{eff}}=20000^\circ\text{K}$ и $\lg g=4$ [8]. Это сравнение было использовано для подтверждения правильности величин δ_r редуционной кривой, найденной методом «трех звезд класса A0» [4].

HD 36819 (121 Tau). Спектральный класс этой звезды B3V, $V=5.36$, $B-V=0.09$, $U-B=-0.62$. Известна также абсолютная светимость этой звезды: $M_V=-1.2$ [15], что даст для ее расстояния ~ 200 пс. На рис. 5 приведено найденное нами распределение энергии в спектре этой звезды. Для сравнения нанесены также данные, полученные для звезды HD 64503 спектрального класса B2.5V с помощью «Ориона-2» [6]. Как видим, согласие достаточно хорошее.

HD 36589. Звезда шестой величины спектрального класса B6V. Для нее $B-V=-0.08$, $U-B=-0.38$ [20]. Найденное нами распределение энергии представлено на рис. 6, наряду с теоретической моделью при $T_{\text{eff}}=15700^\circ\text{K}$ и $\lg g=4$ [8]. Как видно, в области 2500—3700 Å имеется хорошее согласие между наблюдениями и теорией. В области же короче 2500 Å имеются две депрессии на 2250 и 2350 Å; они вызваны эффектом физического слияния (блендирования) линий поглощения, неоднократно уже обсужденного в рамках полученных результатов «Ориона-2» [4, 6, 21].

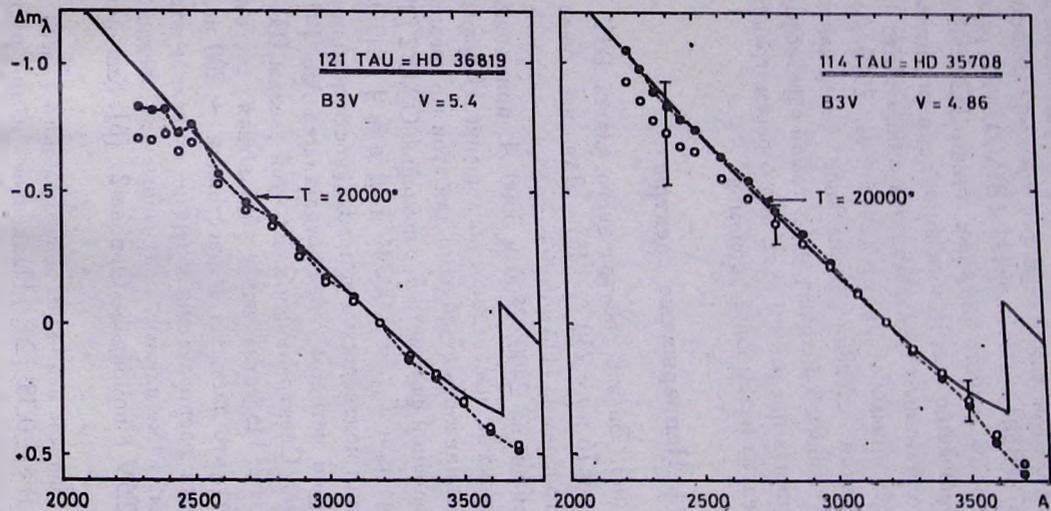


Рис. 5. Распределение энергии в спектре звезд 121 Тау и 114 Тау. Указаны сред-
неквадратичные ошибки измерений на 2400, 2800 и 3500 Å в спектре 114 Тау.
Сплошные линии — теоретическая модель при $T_{\text{eff}} = 20000^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4$ [8].

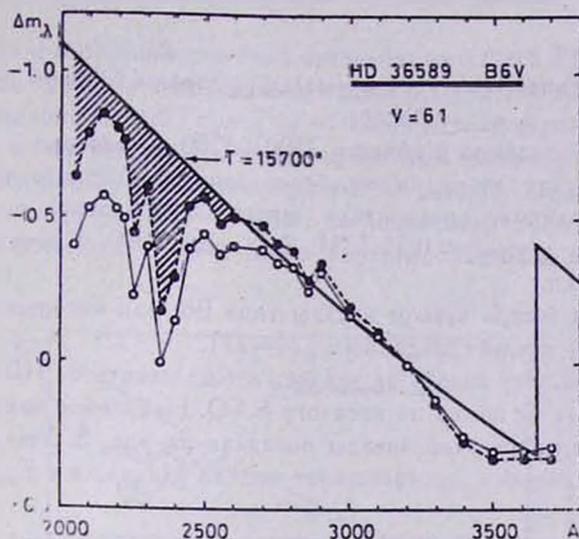


Рис. 6. Распределение энергии в спектре звезды HD 36589. Видны депрессии на 2050 и 2350 Å. Сплошная линия — теоретическая модель при $T_{\text{eff}} = 15700^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4$.

HD 37752. Эта звезда класса B7III. На рис. 7 представлено найденное нами распределение энергии в спектре — наблюдаемое (кружки) и исправленное за межзвездное поглощение, соответствующее значению

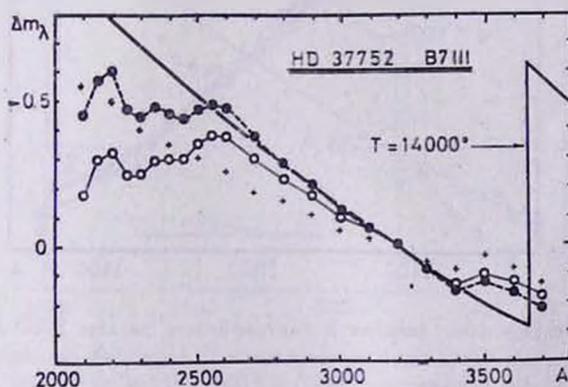


Рис. 7. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки) распределение энергии в коротковолновом спектре звезды HD 37752 по данным «Орнова-2». Нанесены результаты наблюдений ОАО-2 для звезды α Leo (B7V) [21].

$B-V = -0.06$ [20]. Последнее неплохо согласуется с теоретической моделью при $T_{\text{eff}} = 14000^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4$ [8]. Однако указанная температура соответствует, скорее, классу B6, чем B7. Для сравнения на нашем рисунке нанесено также распределение энергии, найденное Андеркилл [22] для

α Leo, звезды типа B7V, т. е. нормальной звезды главной последовательности.

Имеющаяся разница в области 2500—3700 Å говорит о том, что изученная нами звезда, по-видимому, более раннего класса, о чем свидетельствует также величина показателя цвета U—B, равная в одном случае — 0.51 [20], а в другом — 0.55 [23]. В области 2300 Å заметна некоторая депрессия энергии.

Рассмотрим теперь четыре звезды типа B8, для которых мы принимали $M_p = +0.2$ — среднее по данным [24—27].

SAO 077332. Эту звезду не удалось отождествить по HD каталогу, поэтому приводится ее номер по каталогу SAO. Найденное нами распределение энергии в спектре этой звезды показано на рис. 8. Уже наблюдаемое распределение энергии соответствует модели Михаласа с $T_{\text{eff}} = 15700^\circ\text{K}$ и

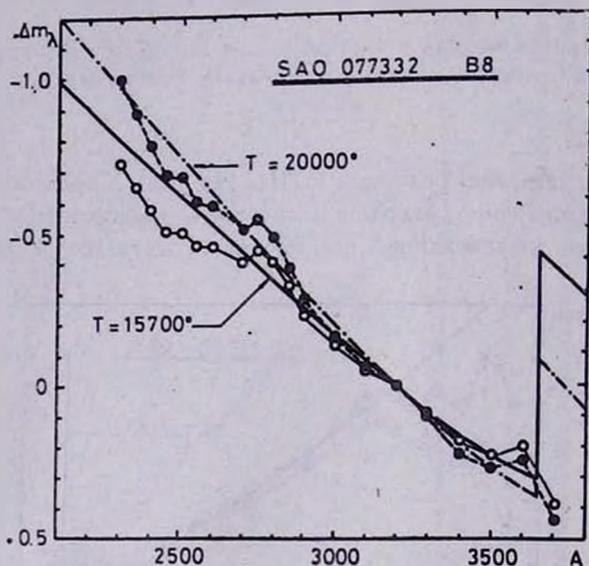


Рис. 8. Распределение энергии в ультрафиолете звезды SAO 077332.

$\lg g = 4$ [8], а исправленное за межзвездное поглощение — $T_{\text{eff}} = 20000^\circ\text{K}$ [8]. По всей видимости, указанная звезда принадлежит по меньшей мере спектральному классу B3.

HD 36113. Это первая из трех звезд класса B8, вошедших в наш список. Ее расстояние оценено в 200 пс. Найденное распределение энергии в ее спектре (рис. 9) соответствует теоретической модели при $T_{\text{eff}} = 11200^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$ [8]. В области 2300 Å наблюдается депрессия. Для сравнения приведено также распределение звезды 18 Таи класса B8V по наблюдениям ОАО-2 [19].

HD 38063. Расстояние для этой звезды тоже класса В8 оказалось равным 440 пс. Полученное распределение энергии (рис. 9) хорошо согласуется с теоретической моделью при $T_{\text{eff}} = 12600^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$ [18]. Так как определенное нами расстояние носит оценочный характер, то, вполне вероятно, что эта звезда может оказаться и на расстоянии 200 пс от нас. В этом случае в области 2300—2500 Å, по-видимому, также обнаружится депрессия, то есть будет иметь место картина, подобная описанной выше для HD 36113.

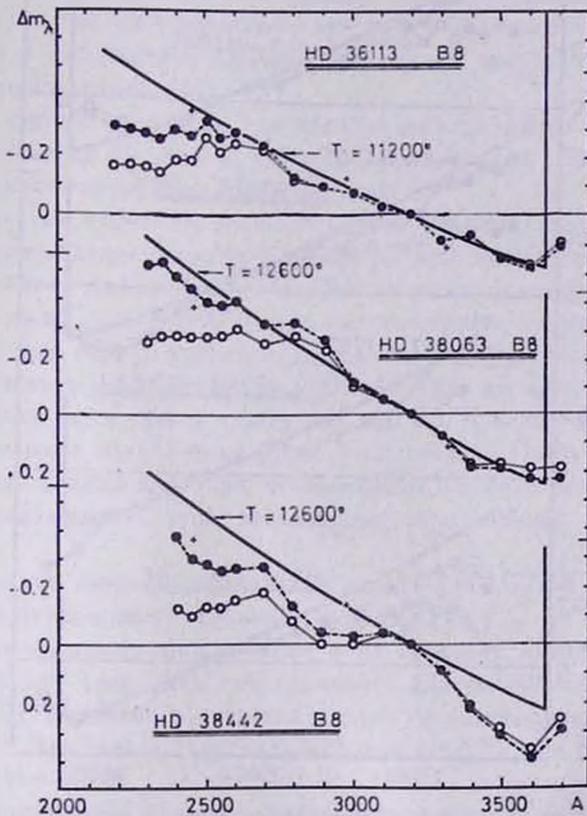


Рис. 9. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки) распределение энергии в ультрафиолете звезд HD 36113, 38063 и 38442 по наблюдениям «Ориона-2». Приведены также данные ОАО-2 для звезды 18 Тау класса B8V [19].

HD 38442. Эта звезда класса В8 — самая отдаленная в нашей группе, ее расстояние равно 520 пс. Полученное распределение энергии (рис. 9) сопоставляется с результатами для 18 Тау [19] и теоретической моделью при $T_{\text{eff}} = 12600^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$ [8]. Характерно, что в найденном нами распределении для этой звезды имеются три депрессии — на 2500, 2900 и 3600 Å.

Далее следуют четыре звезды спектрального класса В9, для которых

было принято $M_V = +0.8$, среднее по данным [24—27] для звезды этого класса, принадлежащей главной последовательности. Коротко остановимся на каждой из этих звезд в отдельности.

HD 38192 ($V=8.0$). Расстояние до нее порядка 300 пс. Исправленное за межзвездное поглощение распределение энергии (рис. 10) сравнивается

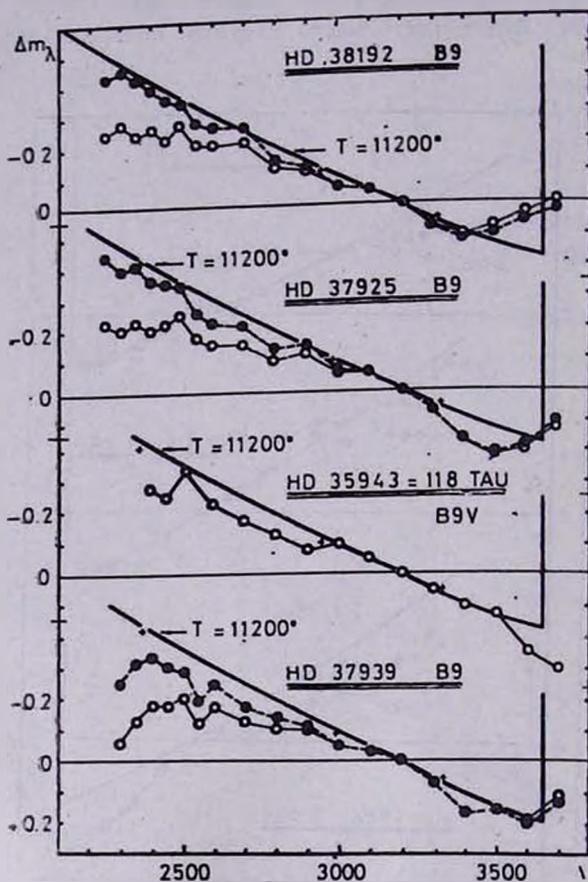


Рис. 10. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки) распределение энергии в ультрафиолете звезд класса B9 HD 38192, 37925, 35943 и 37939 по наблюдениям «Орiona-2». Нанесены также результаты наблюдений ОАО-2 — средние для двух звезд класса B9V (14 CVп и HD 4622) [12].

с данными Боттемиллера [12], средними по наблюдению двух звезд B9V (14 CVп и HD 4622). Как видим, совпадение наших результатов с данными ОАО-2 и теоретической моделью достаточно убедительное. У этой звезды не обнаружилось депрессии в изученном нами диапазоне длин волн.

HD 37925 ($V=8.4$). Расстояние до нее оценено в 330 пс. На рис. 10 сопоставляются исправленное за межзвездное поглощение истинное распределение для этой звезды, средние результаты по наблюдениям ОАО-2

двух звезд B9V (14 CVп и HD 4622) [12] и теоретическая модель. У этой звезды имеется едва заметный след депрессии в области 2300 Å.

HD 35943 (118 Tau). Это — двойная звезда, для которой по данным [20] $V=6.64+5.86$, $B-V=-0.04$ и $U-B=-0.14$. Приведенное расстояние для нее по каталогу Бичвара равно 78 пс. Полученное распределение приведено на рис. 10 наряду с теоретической моделью и данными для двух звезд B9V (14 CVп и HD 4622) [12]. В области 2400 Å имеется некоторая депрессия.

HD 37939. Расстояние до этой звезды ($V=8.3$) оценено в 320 пс. На рис. 10 представлено распределение энергии в ее спектре, теоретическое распределение и наблюдения ОАО-2 для тех же звезд [12]. На 2300 Å имеется некоторая депрессия.

В нашем списке оказалось три звезды спектрального класса A0, для которых принималось $M_v = +1$ [24—27], среднее для звезды главной последовательности этого спектрального класса.

Сразу следует отметить, что для одной из этих звезд — HD 37821 найденное распределение энергии в ультрафиолете не соответствует указанному спектральному классу (рис. 11). Оно неплохо согласуется с теоретической моделью при $T_{\text{eff}} = 15700^\circ\text{K}$, что соответствует, скорее, спектральному классу B5, чем A0. С другой стороны, нас смущает наличие заметной депрессии в спектре этой звезды на 2800 Å; судя по ее величине, звезда, наоборот, должна быть скорее класса A0, чем B5. К сожалению, мы не располагаем данными о показателях цвета этой звезды. По-видимому, нужны дополнительные данные для того, чтобы выйти из этого запутанного положения — принадлежность этой звезды тому или иному спектральному классу.

Распределения энергии двух других звезд — HD 37999 и HD 37740 — хорошо согласуются с теоретической моделью для $T_{\text{eff}} = 10000^\circ\text{K}$. Кроме того, истинные распределения энергии в их спектрах сравнивались с распределением α Луг (рис. 11), спектрального класса A0, средним по данным [28, 29, 30]. Согласие получается вполне удовлетворительное.

HD 37439. Эта звезда спектрального класса A2V. Ее показатели цвета равны $B-V=+0.06$, $U-B=+0.10$ [20] — нормальные для типа A2V. Поэтому поправка за межзвездное поглощение не была введена. Полученное распределение с указанием среднеквадратичных ошибок по измерениям восьми спектрограмм для этой звезды приведено на рис. 12. Проводилось сравнение также с теоретической моделью Карбона и Гингерича [31], построенной с учетом эффекта блокировки непрерывного спектра спектральными линиями поглощения, а также с моделью Фоулера [32] для Сириуса (A1V) при $T_{\text{eff}} = 9700^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4.26$. Из рисунка видно, что в области 2400—2700 Å имеется хорошее согласие с первой моделью, а начиная с 2700 и до 3700 Å — со второй.

BD+21°971. Среди наших звезд оказалась одна, которую не удалось отождествить ни в каталоге SAO, ни в HD. Только в AGK₂ приведен номер этой звезды по BD каталогу, координаты α , δ по эпохе 1950 и фото-

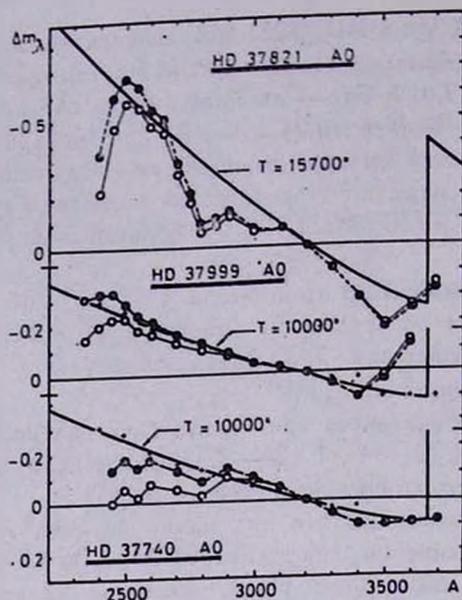


Рис. 11. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки) распределение энергии в ультрафиолете звезд класса A0 HD 37821, 37999 и 37740 по данным «Ориона-2».

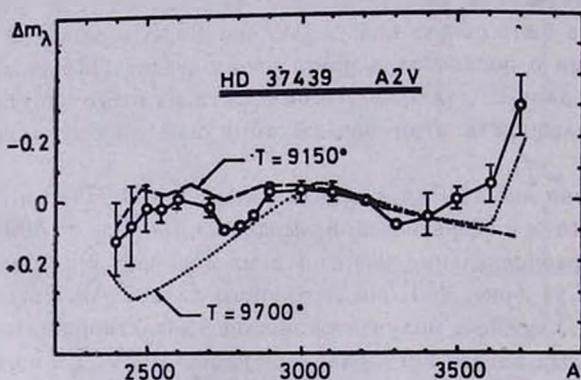


Рис. 12. Распределение энергии в ультрафиолете (кружки с указанием среднеквадратичных ошибок) для звезды HD 37439 по наблюдениям «Ориона-2». Там же приведена теоретическая модель Карбона и Гингерича [31] для $T_{\text{eff}} = 9150^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4.26$, а также модель Сириуса (AIV) для $T_{\text{eff}} = 9700^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4.26$.

графическая величина $m_{\text{PK}} = 9^{\text{m}6}$. Спектральный класс не указан. Найденное из наших наблюдений распределение энергии в ультрафиолете этой звезды приведено на рис. 13. Уже наблюдаемое распределение указывает на принадлежность этой звезды классу не позднее A0. С другой стороны, отсутствие депрессии на 2800 \AA , характерной для звезд класса A0 [4], недостаточная сила линии 2800 MgII в спектре этой звезды (рис. 14) наводят на мысль о ее принадлежности более раннему спектральному классу, то есть о ее большой удаленности от нас. При предположении, что звезд

да находится на расстоянии $r=1000$ пс от нас, ее спектр соответствует В8—В5 (рис. 13), а при $r=2000$ пс — В3—В2. Следовательно, можно сказать, что спектральный класс этой звезды, скорее всего, В, а для указания подкласса необходимы дополнительные данные.

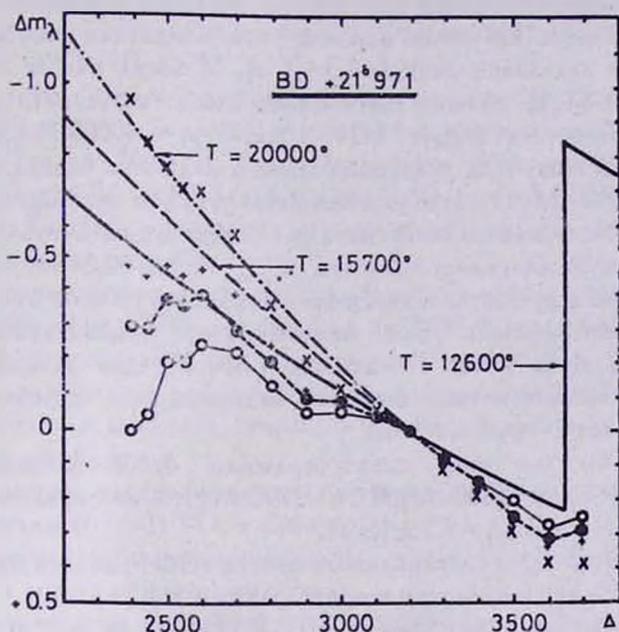


Рис. 13. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки для $r=650$ пс, крестики для $r=1000$ пс, перевернутые крестики для $r=2000$ пс) распределение энергии в ультрафиолете звезды BD+21°971. Приведены также теоретические модели Михаласа при $T_{\text{eff}} = 12600^\circ \text{K}$, $T_{\text{eff}} = 15700^\circ \text{K}$ и $T_{\text{eff}} = 20000^\circ \text{K}$, $\lg g = 4$ во всех случаях.

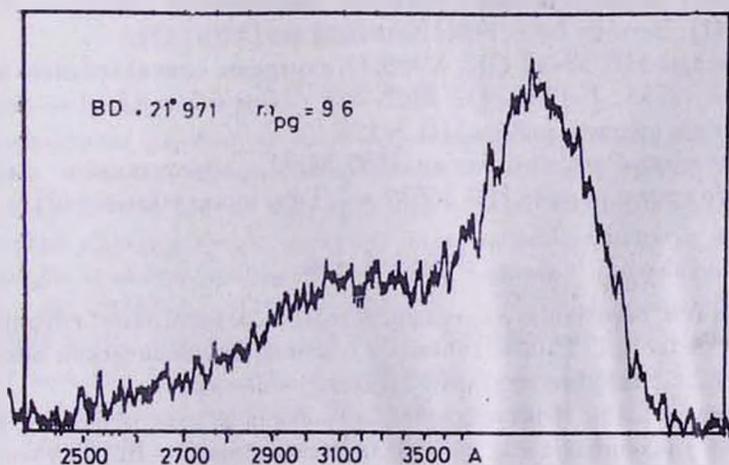


Рис. 14. Микрофотометрическая запись коротковолновой спектрограммы звезды BD+21°971, полученной с помощью «Ориона-2».

5. Эквивалентные ширины линий поглощения

Сделана попытка оценить эквивалентные ширины некоторых ультрафиолетовых линий поглощения, отождествление которых в спектрах изученных нами звезд представляется нам надежным.

По результатам измерений двенадцати спектрограмм звезды HD 36879 спектрального класса O6 была найдена эквивалентная ширина линии 2800 MgII, она оказалась равной 3.3 ± 1 Å. У звезд класса O собственная линия 2800 MgII должна быть очень слаба: ее теоретическая эквивалентная ширина составляет 0.24 Å при $T_{eff} = 40000^\circ\text{K}$ [33]. Отсюда следует, что найденная для указанной звезды величина эквивалентной ширины дублета 2800 MgII обусловлена почти целиком поглощением в облаках межзвездного ионизованного магния. Тогда будем иметь для эквивалентной ширины межзвездного магния $W_{меж.} = 3.3 - 0.24 \approx 3.0$ Å.

Рассмотренная звезда находится на расстоянии 1600 пс от нас [1], поэтому будем иметь отсюда для межзвездного ионизованного магния $W_{меж.} = 1.9 \pm 0.6$ Å на 1 клс. По данным [34—40] для разных направлений Галактики эквивалентная ширина межзвездного компонента MgII 2800 Å составляет 2—6 Å на 1 клс.

Для ζ Тау по семи спектрограммам были найдены эквивалентные ширины для 2800 MgII и 2852 MgI. Они оказались равными $W_{2800} = 7.2 \pm 1.5$ Å, а $W_{2852} = 5.7 \pm 1.3$ Å.

У HD 37967, звезды спектрального класса B3pe, удалось выделить линию 2852 MgI. Ее эквивалентная ширина равна 4.5 Å.

На трех спектрограммах звезды HD 36113 (B8, V=6^m9) зафиксирована линия 2655 Å; ее вероятное отождествление — NiII. Эквивалентная ширина этой линии равна 2.5 Å. В спектре этой звезды выделены также линии 2712 FeII, 2755 FeII и 2852 MgI; их эквивалентные ширины оказались равными 2.2, 3.4 и 2.2 Å соответственно. Заметим, что наличие линии 2755 FeII зафиксировано другими авторами в спектрах Сириуса (α CMa) [41], Веги (α Lyr) [42], Канопуса (α Car) [43].

Для звезды HD 38442 (B8, V=9,1) измерены эквивалентные ширины двух линий 2755 FeII и 2852 MgI, они равны 6.5 и 4.6 Å — несколько больше, чем мы имеем у звезды HD 36113.

Эквивалентные ширины линии 2800 MgII, определенные для всех звезд нашего списка, кроме HD 36879 и ζ Тау, приведены в [40].

В ы в о ы

Результаты обработки ультрафиолетовых спектрограмм группы горячих звезд в области ζ Тау, полученных с помощью космической обсерватории «Орион-2», позволяют сделать следующие выводы.

1. Выявлен закон межзвездного поглощения в ультрафиолете по данным четырех удаленных звезд спектральных классов O—B. Полученные результаты в пределах ошибок измерения хорошо согласуются с данными Блесса и Саваджа [5].

2. В спектрах четырех звезд с эмиссионными характеристиками — HD E 45310, HD 38191, ζ Tau и HD 37967 — выделены эмиссионные линии 2473, 2520, 2535 и 2573 Å с вероятным отождествлением FeI, SiI, FeI и AlI. соответственно.

3. Для звезды HD 37752 уточнен ее спектральный класс: найденное нами распределение энергии в ее спектре соответствует скорее спектральному классу B6, чем B7III [20].

4. Найденное нами распределение энергии в спектре звезды SAO 077332 находится в хорошем согласии с теоретической моделью Михаласа для $T_e = 20000^\circ\text{K}$. Отсюда следует, что спектральный класс этой звезды скорее B3, чем B8, как указано в каталоге SAO.

5. Звезда HD37821 спектрального класса A0, по нашим наблюдениям, оказалась звездой класса B5.

6. В непрерывных спектрах двух из трех изученных нами звезд класса A0—HD 37999 и HD 37740 — депрессия на 2800 Å , характерная для звезд этого спектрального класса [4], отсутствует. Спектральный класс третьей звезды, как указывалось выше, по нашим наблюдениям оказался B5, а не A0, хотя наличие и величина депрессии в спектре этой звезды свидетельствует скорее об обратном.

7. По данным ультрафиолетовых наблюдений был оценен спектральный класс звезды BD+21°971, а именно, B.

8. Найденны эквивалентные ширины ряда ультрафиолетовых линий поглощения в спектрах изученных звезд.

9. По результатам измерений спектрограмм звезды HD 36879, типа O, была найдена величина эквивалентной ширины межзвездного ионизованного магния: она оказалась равной около 2 Å на 1 клс.

Ս. Ս. ԻՌԻՍԱՄԻՐԵԿՈՎԱ

ՅՈՒՆԻ ՏԻՐՈՒՅՑՈՒՄ ՄԻ ԽՈՒՄՐ ՏԱՔ ԱՍՏՂԵՐԻ ՈՒՆՏՐԱՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆ ՍՊԵԿՏՐՆԵՐԸ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Աշխատանքում բերված են Յուլի տիրույթի O6—A2 սպեկտրալ դասի մի խումբ տաք աստղերի ուտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամների շարքի մասնաշրջանները 2300—3700 Å ալիքային տիրույթում: Փորձ է արված 4 հեռավոր աստղերի միջոցով որոշել սպեկտրի ուտրամանուշակագույն տիրույթում միջաստղային կլանման օրենքը: Be տիպի 4 աստղերի սպեկտրներում հայտնաբերվել են 2473FeI, 2520SiI, 2535FeI և 2573AlI առաքման գծեր: SAO 077332 և HD 37821 աստղերի համար ճշգրտվել են սպեկտրալ դասերը: Որոշվել է նաև BD 21° 971 աստղի սպեկտրալ դասը: Հաշվվել են որոշ կլանման գծերի էկվիվալենտ լայնությունները O6 սպեկտրալ տիպի մի աստղի մոտ դիտված 2800MgII գծի էքվիվալենտ լայնությամբ գտնվել է իոնացված մագնեզիումի միջաստղային բաղադրիչի մեծությունը. այն հավասար է մոտ 2 Å մեկ կպս-ի վրա:

ULTRAVIOLET SPECTRA OF A GROUP OF HOT STARS IN TAURUS

Summary

The results of measurements of the ultraviolet spectrograms (2300—3700 Å) of a group of O6—A2 spectral type stars in Taurus are presented. An attempt is made to obtain the law of interstellar extinction in ultraviolet by four remote stars. The spectral classes for the stars SAO 077332, BD + 21°971 and HD 37821 are examined. The equivalent widths for some absorption lines are measured. The value of interstellar component of ionized magnesium is found out by observed equivalent width of 2800 MgII line in the spectrum of one O6 type star; it turned out to be equal to 1.9 Å per 1 kps.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hiltner W. A.* Ap. J. Suppl., 11, 389, 1956.
2. *Blanco V. M., Demers S., Douglass G. G., Fitzgerald M. P.* Publ. U. S. Naval Obs., second ser., p. 21, 1968.
3. *Wilson R. E.* General Catalogue of Stellar Radial Velocities, 1953.
4. *Оганесян Дж. Б.* Сообщ. Бюраканской обс., 48, 68, 1976.
5. *Bless R. C., Savage B. D.* Ap. J., 171, 293, 1972.
6. *Оганесян Р. Х., Акопян А. С.* Сообщ. БАО, 48, 122, 1976.
7. *Savage B. D.* Ap. J., 199, 92, 1975.
8. *Mihalas D.* Ap. J. Suppl. Ser. 9, № 92, 321, 1965.
9. *Гурздяк Г. А., Рустамбекова С. С.* Nature, No4, 1, 1975.
10. *Underhill A. B.* The early type stars. Dordrecht—Holland, p. 226, 1966.
11. *Savage B. D., Code A. D.* IAU Symposium № 36, p. 302, 1970.
12. *Bottemiller R. L.* The Scientific Results from the OAO—2 ed. Code (NASA SP—310) p. 505, 1972.
13. *Mendoza E. E.* Ap. J., 128, 207, 1958.
14. *Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E.* Ap. J., 91, 20, 1941
15. *Crawford D. L.* Ap. J., 137, 523, 1963.
16. *Гурздяк Г. А.* Astron. Astrophys., 40, 447, 1975.
17. *Sudbury G. C.* Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., 153, № 2, 241—249, 1971.
18. *Andrews P. J.* Memoirs Roy. Ast. Soc., 72, part 2, 35, 1968.
19. *Bernacca R. L., Molnar M. R.* Ap. J., 178, 189, 1972.
20. *Ozawa K., Hata S.* Ann. Tokyo obs., 6, 143, 1950.
21. *Гурздяк Г. А.* Space Science Rev., 23, 362, 1975.
22. *Underhill A. B.* The Scientific Results from the OAO—2 ed. Code (NASA SP—310), p. 367, 1972.
23. *Crawford D. L.* Ap. J., 137, 530, 1963.
24. *Allen C. W.* Astrophysical Quantities. The Athlone Press, p. 200, 1973.
25. *Slettebak A.* Ap. J., 138, № 1, 118, 1963.
26. *Мельников О. А.* Курс астрофизики и звездной астрономии. Под ред. Михайлова А. А., том 2, стр. 9, изд. физ.-мат. лит., М., 1962.

27. *Morton D. C., Adams T. F.* Ap. J., 151, 611, 1968.
28. *Witt A. N., Johnson M. W.* Ap. J., 181, 363, 1973.
29. *Beeckmans F., Macau D., Milztes D.* Astron. Astrophys., 31, № 1, 93, 1974.
30. *Underhill A. B.* Astron. Astrophys., 25, 175, 1973.
31. *Carbon D. F., Gingertch O. J.* Theory and Observation of Normal Stellar Atmospheres, ed. O. Gingerich, (Cambridge MIT Press), p. 377, 1969.
32. *Fowler J. B.* Ap. J., 188, 295, 1974.
33. *Mihalas D.* Ap. J., 177, 115, 1972.
34. *Boksenberg A., Kirkhan B., Towlson W. A., Vents T. E.* Nature, Phys. Sci., v. 240, 127, 1972.
35. *Morton D. C., Drake J. F., Jenkins E. B., Rogerson J. B., Spitzer, York. D. G.,* Ap. J., 181, L103—L109, 1973.
36. *Grewing M., Lamers H. J., Walmsley C. M., Wulf-Muthies C.* Astron. Astrophys., 27, 115, 1973.
37. *Boer K. S., Hoekstra R., Hucht K. A., Kamperman T. M., Lamers H. J., Potash S. R.* Astron. Astrophys., 21, 447, 1972.
38. *Morton D. C.* Ap. J., 197, 85, 1975.
39. *Асатрян Р. С.* Сообщения БАО, 48, 187, 1976.
40. *Асатрян Р. С.* Сообщения БАО, 48, 209, 1976.
41. *Spear G. G., Kondo J., Henize K. G.* Ap. J., 192, 615, 1974.
42. *Гурзадян Г. А., Оганесян Дж. Б.* Astr. Astrophys., 20, 321, 1972.
43. *Kondo J., Henize K. G., Kotila C. L.* Ap. J., 159, 927, 1970.

Р. Х. ОГАНЕСЯН, А. С. АКОПЯН

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ ГРУППЫ ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД В ОРИОНЕ И КОРМЕ

Среди наблюдательного материала «Ориона-2» имеются кадры (F 46, 47, 48, 49, 50, 51, 52), на которых зафиксированы достаточно удачные ультрафиолетовые спектрограммы ярких звезд — иногда до 10 и больше спектрограмм для одной и той же звезды, сфотографированные с экспозициями 5—10 сек, в интервале длин волн 2000—3700 Å. В настоящей статье приводятся результаты обработки части из этих спектрограмм для 13 горячих звезд, 8 из которых находятся в окрестностях κ Ori, остальные 5 — в созвездии Корма. Список изученных звезд приведен в табл. 1, где даны о спектральном классе, визуальной величине V и показателе цвета $B-V$ взяты из [1—10], а расстояния — из [3, 4, 9, 10]. Все эти звезды, за исключением одной (HD 40136, типа F0), принадлежат спектральным классам B0.5—A5. В последнем столбце таблицы приведено число измеренных спектрограмм n для данной звезды; всего для 13 изученных звезд использовано 55 спектрограмм, микрофотометрические записи которых получены на микрофотометрах ИФО-451 и МФ-4.

Все звезды, входящие в табл. 1, за исключением κ Ori, наблюдаются впервые во внеатмосферных условиях. Целью наших измерений было нахождение относительного распределения энергии в ультрафиолете непрерывных спектров изучаемых звезд и сопоставление найденных при этом результатов с рассчитанными теоретическими моделями. Измерения проведены в основном в диапазоне длин волн 2500—3700 Å; для звезды HD 40967 измерения были доведены до 2200 Å, а для κ Ori — до 2000 Å.

Найденные в результате измерений спектрограмм значения относительных интенсивностей представлены в звездных величинах Δm_λ , при этом поток в непрерывном спектре излучения звезды на 3200 Å принят за единицу, то есть

$$\Delta m_\lambda = -2.5 \lg (F_\lambda / F_{3200}). \quad (1)$$

Характеристическая и редуцированная кривые, необходимые для нахождения числовой величины F_λ , взяты из [11]. В случае, если для данной звезды имелось больше одной спектрограммы, величина Δm_λ представлена как среднеарифметическая из n измерений и, кроме того, для каждой измеримой длины волны найдены величины среднеквадратичных ошибок.

Таблица 1

Основные данные исследованных звезд

| HD | Спектр | V | B-V | <i>r</i> (пс) | <i>n</i> |
|-------|------------------|-------------------|--------------------|---------------|----------|
| 38678 | A3V | 3 ^m 54 | +0 ^m 10 | 26 | 8 |
| 38735 | A4V | 6.02 | +0.16 | 65 | 6 |
| 38771 | B0.5Ia | 2.06 | -0.18 | 440 | 7 |
| 39319 | B9 | 7.07 | — | 200 | 4 |
| 39421 | A2V | 5.95 | +0.10 | 73 | 3 |
| 40136 | F0V | 3.72 | +0.32 | 16 | 10 |
| 40536 | A5-6 | 5.02 | +0.18 | 71 | 6 |
| 40967 | B5IV | 4.95 | -0.12 | 200 | 6 |
| 64503 | B2.5V | 4.50 | -0.20 | 183 | 1 |
| 66358 | A2 | 5.85 | — | 70 | 1 |
| 66624 | B9 | 5.53 | -0.10 | 200 | 1 |
| 67888 | B4V _e | 6.33 | -0.05 | 264: | 1 |
| 69253 | B4V | 6.62 | -0.16 | 360 | 1 |

Результаты наших измерений Δm_{λ} представлены в табл. 2 и 3. Сопоставление этих результатов с теоретическими моделями осуществлено графически на рис 1—9. В двух случаях (κ Ori и HD 40967) указаны также

Таблица 2

Поток излучения Δm_{λ} (в звездных величинах) в ультрафиолетовой области непрерывного спектра звезд κ Ori и HD 40967 ($\Delta m_{\lambda} = 0$ на $\lambda = 3200 \text{ \AA}$)

| $\lambda, \text{ \AA}$ | κ Ori B0.5 Ia | HD 40967 B5 IV | $\lambda, \text{ \AA}$ | κ Ori B0.5 Ia | HD 40967 B5 IV |
|------------------------|-------------------------|-------------------|------------------------|-------------------------|-------------------|
| 2000 | -1.10 | — | 2600 | -0.72 | -0.49 |
| 2050 | -1.08 | — | 2700 | -0.66 | -0.40 |
| 2100 | -1.04 | — | 2800 | -0.48 | -0.33 |
| 2150 | -1.03 | — | 2900 | -0.32 | -0.23 |
| 2200 | -1.06 | -0.65 | 3000 | -0.22 | -0.13 |
| 2250 | -1.02 | -0.64 | 3100 | -0.13 | -0.07 |
| 2300 | -1.02 | -0.65 | 3300 | +0.11 | +0.09 |
| 2350 | -1.00 | -0.65 | 3400 | +0.22 | +0.14 |
| 2400 | -0.96 | -0.67 | 3500 | +0.27 | +0.17 |
| 2450 | -0.96 | -0.63 | 3600 | +0.33 | +0.29 |
| 2500 | -0.90 | -0.56 | 3700 | +0.44 | +0.36 |

среднеквадратичные ошибки в виде вертикальных черточек. Эти ошибки составляют 15—20% для области 2000—2500 \AA и 10—15% для 2500—3700 \AA (в случае κ Ori рис. 1).

Если исследуемая звезда находится достаточно далеко от нас или же ее избыток цвета E_{B-V} заметно отличается от нуля, найденные из непосредственных измерений величины Δm_{λ} необходимо исправить за эффект межзвездного селективного поглощения.

Имеем для истинных и наблюдаемых монохроматических звездных величин на длине волны λ

$$m_{\lambda} = m_{\lambda} + A_{\lambda}, \tag{2}$$

Таблица 3

Поток излучения Δm_λ (в звездных величинах) в ультрафиолетовой области непрерывного спектра исследованных звезд ($\Delta m_\lambda = 0$ на $\lambda = 3200 \text{ \AA}$)

| $\lambda, \text{ \AA}$ | HD 64503 B2.5V | HD 69253 B4V | HD 67888 B4V _e | HD 39319 B9 | HD 66624 B9si | HD 39421 A2V | HD 66358 A2 | HD 38678 A3V | HD 38735 A4V | HD 40536 A5-6m | HD 40136 FOV |
|------------------------|----------------------|--------------------|---------------------------------|-------------------|---------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------------------|--------------------|
| 2400 | — | — | — | — | — | — | — | -0.10 | — | — | — |
| 2450 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | +0.35 |
| 2500 | -0.69 | -0.67 | — | — | -0.24 | -0.12 | — | -0.10 | — | — | +0.38 |
| 2600 | -0.62 | -0.60 | -0.56 | -0.30 | -0.18 | -0.07 | -0.07 | -0.09 | +0.08 | +0.08 | +0.30 |
| 2700 | -0.50 | -0.50 | -0.47 | -0.25 | -0.15 | -0.05 | -0.11 | -0.07 | +0.02 | +0.08 | +0.35 |
| 2800 | -0.36 | -0.31 | -0.32 | -0.18 | -0.10 | -0.05 | -0.07 | -0.02 | +0.02 | +0.08 | +0.33 |
| 2900 | -0.25 | -0.22 | -0.25 | -0.10 | -0.11 | -0.03 | -0.02 | -0.03 | +0.03 | +0.03 | +0.08 |
| 3000 | -0.15 | -0.17 | -0.14 | -0.07 | -0.07 | 0.00 | -0.01 | -0.02 | +0.03 | +0.05 | +0.01 |
| 3100 | -0.07 | -0.05 | -0.07 | -0.02 | -0.08 | 0.00 | -0.02 | +0.01 | +0.01 | +0.01 | 0.00 |
| 3300 | +0.13 | +0.09 | +0.08 | +0.05 | +0.01 | +0.03 | +0.01 | +0.05 | +0.01 | +0.01 | 0.00 |
| 3400 | +0.19 | +0.14 | +0.13 | +0.09 | +0.11 | +0.05 | +0.05 | +0.08 | +0.01 | +0.03 | +0.03 |
| 3500 | +0.31 | +0.24 | +0.25 | +0.13 | +0.17 | +0.03 | +0.07 | +0.08 | 0.00 | -0.02 | +0.03 |
| 3600 | +0.29 | +0.23 | +0.25 | +0.16 | +0.18 | +0.05 | +0.00 | +0.10 | +0.08 | -0.07 | +0.03 |
| 3700 | +0.48 | +0.33 | +0.29 | +0.20 | +0.09 | +0.05 | -0.33 | +0.05 | +0.06 | -0.25 | +0.05 |

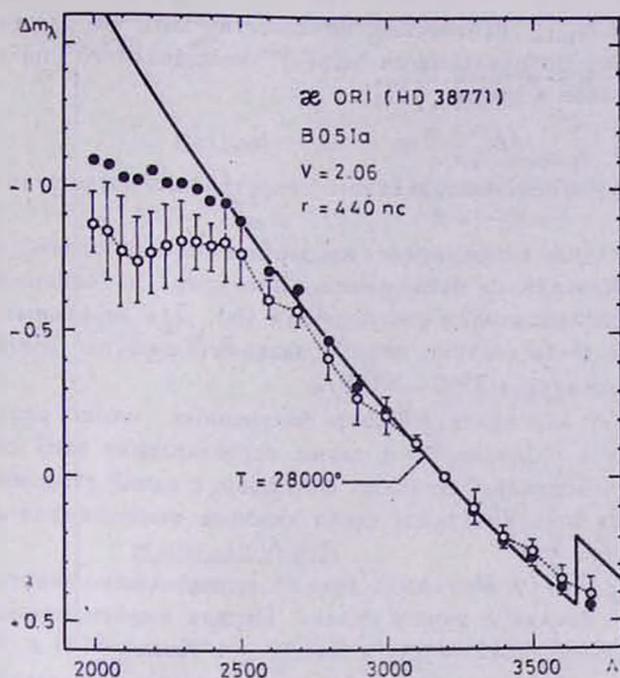


Рис. 1. Распределение энергии в спектре звезды α Ори по данным «Ориона-2»; кружки — наблюдения с указанием среднеквадратичных ошибок, точки — исправленное за межзвездное поглощение распределение. Сплошная линия — теоретическая модель Михаласа при $T_{эфф} = 28000^\circ \text{K}$ и $\lg g = 4.0$.

где A_λ — величина межзвездного поглощения для данной звезды и на длине волны λ , выраженная в звездных величинах. Поскольку наши измерения проводились относительно потока на $\lambda = 3200 \text{ \AA}$, то можно написать:

$$\Delta m_\lambda = m_\lambda - m_{3200} = \Delta m_\lambda^\circ + (A_\lambda - A_{3200}) \quad (3)$$

или

$$\Delta m_\lambda^\circ = \Delta m_\lambda - (A_\lambda - A_{3200}). \quad (4)$$

Отсюда следует, что $A_\lambda - A_{3200}$ есть не что иное, как избыток цвета $E_{\lambda-3200}$. Его величина может быть найдена из следующего соотношения:

$$E_{\lambda-3200} = (X_\lambda - X_{3200}) E_{B-V}, \quad (5)$$

где обозначено $X_\lambda = E_{\lambda-V} / E_{B-V}$. Усредненные величины X_λ для ультрафиолета, использованные нами, приведены в работе Блесса и Саваджа [12].

Таким образом, в случае, если для данной звезды известна наблюдаемая величина E_{B-V} , исправленная за эффект межзвездного поглощения, величина Δm_λ° может быть найдена из соотношения:

$$\Delta m_\lambda^\circ = \Delta m_\lambda - (X_\lambda - X_{3200}) E_{B-V} \quad (6)$$

В случае, если E_{B-V} неизвестно, но известно хотя бы расстояние данной звезды r от нас, исправление за эффект межзвездного поглощения осуществляется иначе, а именно [13]:

$$\Delta m_{\lambda}^* = \Delta m_{\lambda} - (a_{\lambda} - a_{3200}) \cdot r, \quad (7)$$

где a_{λ} — коэффициент межзвездного селективного поглощения, рассчитанный на 1 клс.

В нашем случае исправление найденных из наблюдений величин Δm за эффект межзвездного поглощения выполнено в отношении к $O\delta 1$ и HD 40967 с использованием соотношения (6). Для остальных звезд такое исправление не было внесено ввиду незначительности соответствующих поправок для интервала 2500—3700 Å.

Ниже будет дан краткий обзор полученных нами результатов для каждой звезды в отдельности, а также сопоставление этих результатов с теоретическими моделями звездных фотосфер, с одной стороны, и с наблюдениями других исследователей (если таковые имеются для данной звезды) — с другой.

к *Ori* (HD 38771). Это самая яркая и одновременно самого раннего типа — B0.5 Ia — звезда в нашем списке. Первая коротковолновая спектрограмма этой звезды была получена Бэггесом и Кондо [14] в 1968 г. Затем одна за другой появляется ряд работ, посвященных наблюдению коротковолнового спектра этой звезды — Стэчер [15]; Навач и др. [16]; Эванс [17] и, последняя, Морган и др. [18], где обобщены и сопоставлены все имеющиеся к тому времени данные о спектре к $O\delta 1$ в диапазоне длин волн 2000—3700 Å.

Для к $O\delta 1$ нами было измерено 7 коротковолновых спектрограмм, полученных «Орионом-2» в диапазоне длин волн 2000—3700 Å. Относительное распределение энергии в спектре этой звезды, найденное нами в результате этих измерений и исправленное за эффект межзвездного поглощения, используя известный для этой звезды избыток цвета $E_{B-V} = +0.06$ [9], представлено в табл. 2 и на рис. 1. На этом же рисунке нанесена кривая, соответствующая теоретической модели Михаласа [19] для эффективной температуры фотосферы $T_{\text{эфф}} = 28000^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4$. Как видим, согласие наблюдений с теорией хорошее по крайней мере до 2400 Å, после чего начинается депрессия — дефицит энергии в непрерывном спектре по сравнению с теоретически ожидаемой величиной. Депрессия усиливается по мере продвижения в сторону коротких волн, вплоть до предела наших наблюдений — 2000 Å.

На рис. 2 приведено графическое сопоставление результатов «Ориона-2» с другими коротковолновыми наблюдениями этой звезды, выполненными в различное время. Обращает на себя внимание почти полное совпадение наших измерений с измерениями Стэчера [15], а также Моргана и др. [18] (в последнем случае коротковолновая граница наблюдений находится на 2650 Å). Вместе с тем обнаруживаются значительные расхождения с наблюдениями Эванса [17] — в сторону меньших потоков излучения в

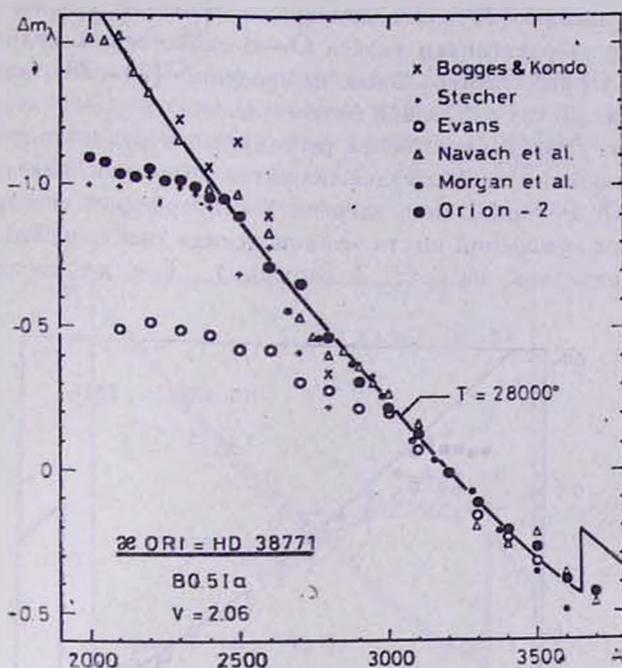


Рис. 2. Сводка всех существующих измерений коротковолнового спектра ξ Ori за период 1968—1975 гг. в диапазоне длин волн 2000—3700 Å.

ультрафиолете и Навач и др. [16] — в сторону больших потоков, причем в последнем случае настораживает почти полное совпадение результатов наблюдений с теоретической кривой также в области длин волн 2400—2000 Å, то есть без признаков депрессии.

При допущении, что все шесть наблюдений, приведенные на рис. 2, верны и, во всяком случае, не содержат в себе систематических ошибок, мы вынуждены будем прийти к выводу о реальности разброса по времени в распределении энергии в ультрафиолете этой звезды. Так ли это? Трудно сказать. Во всяком случае допущение о том, что ξ Ori является переменной в ультрафиолете, но относительно стационарной звездой в оптическом диапазоне, требует дополнительного обоснования. В принципе, конечно, такую переменность в ультрафиолете можно объяснить переменной по мощности газовой оболочкой, окружающей звезду. В этом случае эмиссионные линии, принадлежащие нейтральным и ионизованным металлам и, кстати, достаточно многочисленные в ультрафиолете, могут занять депрессии фотосферического происхождения — в одних случаях или же, сливаясь друг с другом, образовать «выступ» на непрерывном спектре звезды — в других случаях.

По-видимому, допущение о существовании газовой оболочки или протяженной атмосферы вокруг ξ Ori не является совсем уж невероятным. На это указывает, в частности, факт обнаружения линии H_{γ} в эмиссии в

спектре этой звезды [20]. Это допущение становится более вероятным в силу того, что сверхгигантам класса О—В свойственно, судя по результатам внеатмосферных спектральных наблюдений [21—23], явление истечения газового вещества с большой скоростью.

Как видим, дальнейшие более регулярные и разносторонние внеатмосферные наблюдения этой звезды являются более чем желательными.

HD 40967. Распределение энергии в непрерывном спектре, найденное по результатам измерений шести «орионовских» спектрограмм этой звезды типа B5IV, приведено на рис. 3 (кружки). Там же точками показано

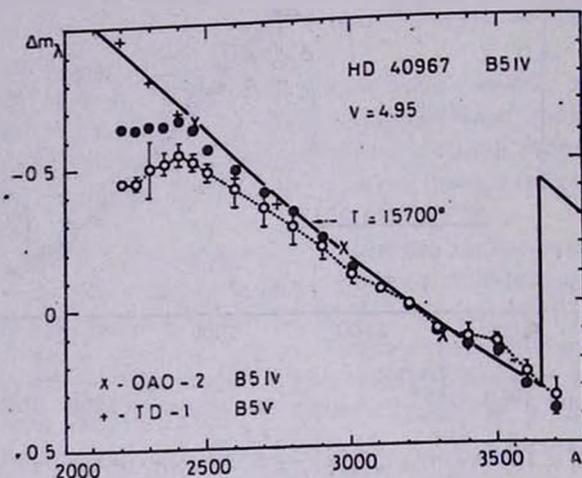


Рис. 3. Наблюдаемое (кружки) и исправленное (точки) распределение энергии в коротковолновом спектре звезды HD 40967 по данным «Ориона-2». На графике нанесены также результаты наблюдений OAO-2 — средние для двух звезд типа B5 IV (δ For и HD 4169) величины Δm_λ [25] и наблюдения TD-1 для звезды α Gju типа B5V [24].

исправленное за влияние межзвездного поглощения распределение, соответствующее избытку цвета этой звезды $E_{B-V} = +0.04$ [10]. Найденный непрерывный спектр, начиная от 3700 до 2400 Å, оказался в хорошем согласии с теоретической моделью [19] при $T_{\text{эфф}} = 15700^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$. Аналогично к Ogi, у этой звезды также наблюдается депрессия в непрерывном спектре в области длин волн короче 2400 Å и до 2200 Å — предела наших наблюдений. Величина (глубина) депрессии на 2200 Å составляет 0^m25 по сравнению с теоретической моделью или 0^m30 по сравнению с наблюдаемым потоком от другой звезды — HD 209952 класса B5 V на этой же длине волны. Эти наблюдения, выполненные с помощью обсерватории TD-1 [24], наряду с наблюдениями OAO-2 звезд HD 4169 и δ For (среднее значение Δm_λ) [25], также нанесены на рис. 3.

HD 64503. Найденное из наших наблюдений распределение энергии в спектре этой звезды типа B2.5V представлено на рис. 4. Оно оказалось в

полном согласии с теоретической моделью Михаласа при $T_{\text{эфф}} = 20000^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$.

Других коротковолновых наблюдений для этой звезды не имеется. Поэтому мы ограничиваемся сопоставлением найденного нами распределения с аналогичными распределениями, полученными с помощью ОАО-2 для другой звезды почти того же класса — HD 35708 (114 Тау) типа B2.5V [26]: они отмечены на рис. 4 крестиками. Согласие, как видим, вполне удовлетворительное.

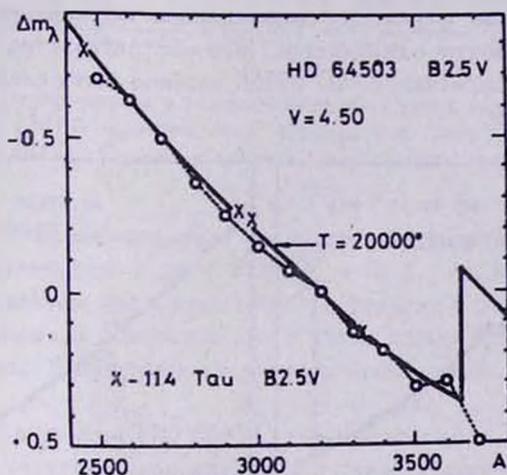


Рис. 4. Распределение энергии в ультрафиолете (кружки) для звезды HD 64503. Нанесены также данные ОАО-2 для звезды 114 Тау типа B2.5V [26]. Теоретическая кривая — модель Михаласа при $T_{\text{эфф}} = 20000^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4.0$.

HD 69253 и HD 67888. Обе эти звезды — класса B4 V, вторая (HD 67888) эмиссионная (B4eV). Показатель цвета первой звезды (HD 69253) равен, согласно [7], $B-V = -0^m16$. Нормальный цвет ($B-V$), для спектрального класса B4V равен -0^m18 [27], следовательно, для избытка цвета получим величину $E_{B-V} = +0^m02$ — достаточно малую, чтобы ввести поправку за межзвездное поглощение (в интервале 2500—3700 A). Поэтому найденное из наблюдений распределение энергии Δm_λ в спектре этой звезды будет одновременно истинным распределением; оно приведено на рис. 5 (слева).

То же самое можно сказать и о звезде HD 67888, распределение энергии в спектре которой, найденное нами, также приведено на рис. 5 (справа). В обоих случаях наблюдаемое распределение находится в хорошем согласии с теоретической моделью при $T_{\text{эфф}} = 15700^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$. Сходство между непрерывными спектрами этих звезд полное, во всяком случае нам не удалось найти признаков того, что одна из этих звезд эмиссионная.

Последнее обстоятельство мы отмечаем особо, ввиду того, что, судя по результатам наших наблюдений, звезда HD 67888 по своим колориметрическим показателям существенно отличается от остальных звезд того же

класса. Так, для нее было найдено $B-V = -0^m03$ или -0^m05 [6, 7], то есть звезда аномально красная для данного спектрального класса. Трудно предположить, что это покраснение вызвано межзвездным поглощением — звезда недостаточно далека от нас (табл. 1). Скорее всего это покраснение связано с излучением газовой оболочки, окружающей звезду. Между тем, по сообщению Хилтнера и др. [6], эта звезда во время их наблюдений (1969 г.) имела мощную оболочку, наличие которой выражалось в появлении эмиссионных ядер в линиях водорода, вплоть до H_2 . Кстати, звезда HD 67888 находится в той же области неба, что и HD 69253, по блеску они почти одинаковые и поэтому межзвездное поглощение в обоих случаях должно быть почти одинаковым. Это обстоятельство также говорит в пользу того, что покраснение HD 67888 должно быть следствием излучения газовой оболочки.

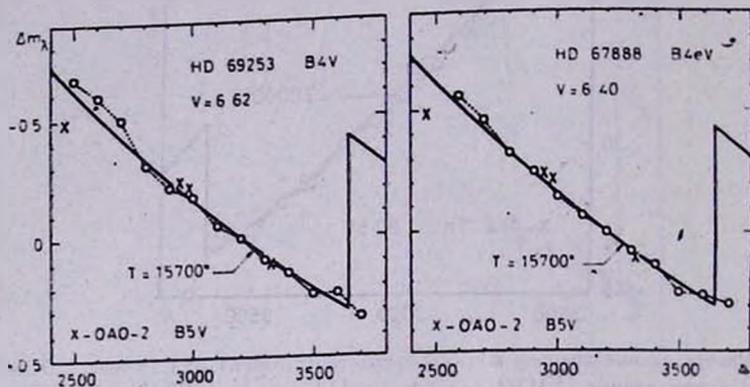


Рис. 5. Распределение энергии в ультрафиолете двух звезд типа B4 V. Нанесены также данные OAO-2 [26] — величины Δm_λ , средние для четырех звезд класса B5 V (ρ Aug, 115 Tau, 16 Pup и HD 39194). Сплошная линия — модель Михаласа при $T_{эфф} = 15700^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4.0$.

Однако найденное нами распределение энергии в непрерывном спектре этой звезды не указывает на наличие такой оболочки. Означает ли это, что период наших наблюдений совпал с минимальной активностью звезды, вернее, ее газовой оболочки? Не располагая дополнительными данными, трудно ответить на этот вопрос. Следует отметить, что уже имеется немало случаев, когда по характеру непрерывного спектра в ультрафиолете можно судить о наличии газовой оболочки вокруг той или иной звезды (см., например, [28]).

HD 39319 и HD 66624. Обе эти звезды — класса B9. Данные о расстоянии и межзвездном поглощении для HD 39319 отсутствуют. По средней абсолютной светимости звезд класса B9 V ($M_v = +0.8$) и по видимому блеску можно оценить расстояние этой звезды. Оно оказалось порядка 200 пс. На таком же расстоянии [5] находится и вторая звезда. Поэтому найденные нами распределения энергии в ультрафиолете этих звезд (рис. 6) можно принять за подлинные и не исправлять за межзвездное поглощение.

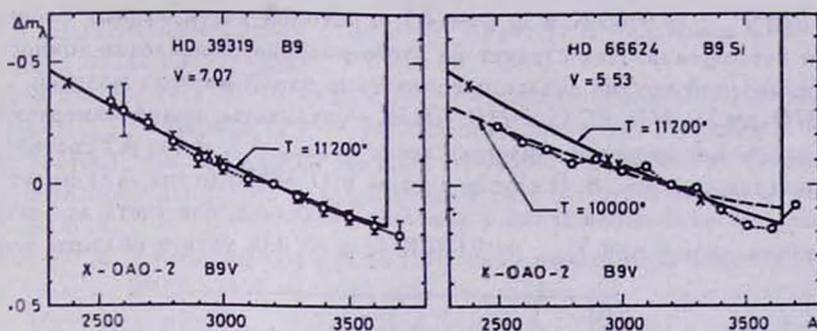


Рис. 6. Распределение энергии в ультрафиолете двух звезд типа B9. Нанесены также данные OAO-2 [29] — величины Δm_λ , средние для двух звезд класса B9 V (14 CVп и HD 4622). Сплошная линия — модель Михаласа при $T_{эфф} = 11200^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$.

Для HD 39319 наблюдаемое распределение хорошо согласуется с теоретической моделью при $T_{эфф} = 11200^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$. Найденное распределение для этой звезды находится также в согласии с наблюдениями OAO-2 [29], проведенными в отношении двух звезд класса B9 V — HD 113797 и HD 4622 (на рис. 6 нанесены средние по этим двум звездам величины Δm_λ).

Что касается звезды HD 66624, для нее не наблюдается однозначного совпадения полученного распределения с теоретической моделью. Как следует из рис. 6, в диапазоне 2500—3000 Å распределение энергии в спектре этой звезды соответствует модели $T_{эфф} = 10000^\circ\text{K}$, а в интервале 3000—3700 Å — модели $T_{эфф} = 11200^\circ\text{K}$.

HD 39421 и HD 66358. Найденные нами распределения энергии в спектрах этих двух довольно ярких звезд класса A2 показаны на рис. 7.

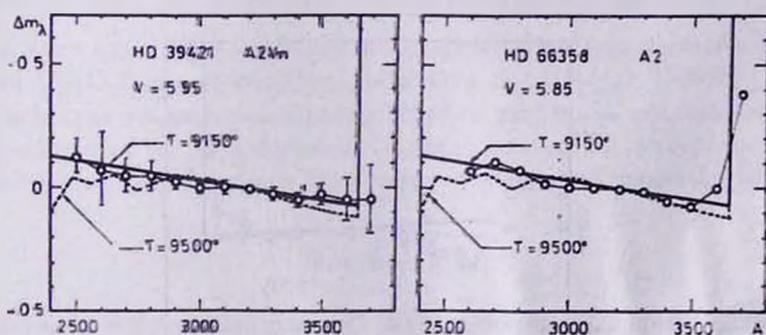


Рис. 7. Распределение энергии в спектрах двух звезд типа A2. Сплошная линия — модель Михаласа при $T_{эфф} = 9150^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4.0$, пунктирная линия — модель Карбона и Гингерича [30] при $T_{эфф} = 9500^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4.5$.

Там же нанесены теоретические кривые, соответствующие модели Михаласа [19] при $T_{эфф} = 9150^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4$, а также модели Карбона и Гингерича

[30] при $T_{\text{эфф}} = 9500^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4.5$, в которой учтен эффект блокировки линий поглощения. Как следует из этого рисунка, в пределах точности наших измерений трудно отдать предпочтение одной из этих моделей.

HD 38678, HD 38735 и HD 40536. Результаты наших измерений ультрафиолетовых спектров этих трех звезд класса A3, A4 и A5 соответственно приведены на рис. 8. В случае звезды HD 38678 (типа A3) имеет место хорошее согласие наблюдений с моделью Михаласа, без учета эффекта блокирования линий, при $T_{\text{эфф}} = 9150^{\circ}\text{K}$ $\lg g = 4.0$, хотя в области длин

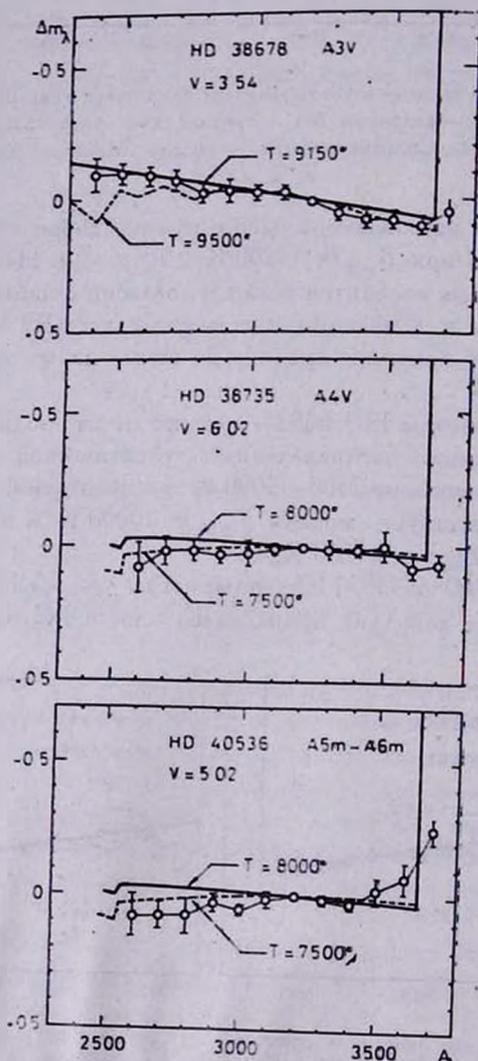


Рис. 8. Распределение энергии в спектрах трех звезд типов A3 V, A4 V и A5 V соответственно. Сплошная линия в случае HD 38678 — модель Михаласа при $T_{\text{эфф}} = 91150^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4.0$. Сплошные линии в остальных двух случаях и пунктирные линии везде — модель Карбона и Гингерича при $T_{\text{эфф}} = 7500^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 4.0$.

3000 Å согласно наблюдений с моделью Карбона и Гингерича [30] представляется более вероятным.

Для звезды HD 38735 класса A4 V согласно наблюдений с моделью [30] при $T_{\text{эфф}} = 7500^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4.0$ кажется достаточно хорошим. Почти так же обстоит дело и в случае звезды HD 40536 типа A5—A6. Однако заметна некоторая депрессия в непрерывном спектре этой звезды в области 2800—2400 Å.

HD 40136. У этой звезды класса F0V нами обнаружена мощная депрессия в области 2900—2450 Å с явным расхождением с теоретической моделью Михаласа при $T_{\text{эфф}} = 7200^\circ\text{K}$ и $\lg g = 4.0$ (рис. 9) в указанном ин-

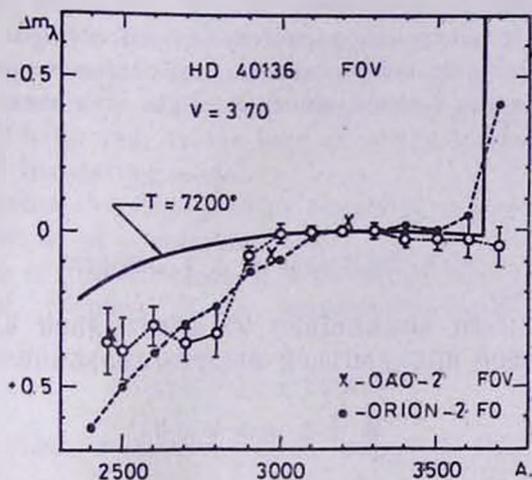


Рис. 9. Распределение энергии в спектре звезды HD 40136 типа F0 V. Нанесены также наблюдения ОАО-2 [31] для звезды HD 128898 типа F0, а также усредненные величины Δm_λ для 13 звезд класса F0 по данным «Ориона-2» [32].

тервале длин волн. Наши измерения находятся в полном согласии с наблюдениями ОАО-2 для другой звезды класса F0V—HD 128898 [31]. На рис. 9 нанесена также кривая распределения энергии в непрерывном спектре, усредненная по наблюдениям 13 звезд класса F0, ультрафиолетовые спектрограммы которых были получены с помощью «Ориона-2» [32].

В ы в о д ы

Результаты измерений, полученных с помощью «Ориона-2» 55 коротковолновых спектрограмм 13 горячих звезд классов B0.5—A5 в Орионе и Корме позволяют сделать следующие выводы.

1. Установлено расхождение в характере и мощности спектра звезд χ Ogi раннего класса (B0.5 Ia) в ультрафиолете (2000—2500 Å) в разные периоды наблюдений. Это расхождение может быть объяснено существованием газовой оболочки переменной мощности вокруг этого сверхгиганта.

2. Найденное из наблюдений распределение энергии в сглаженных (без учета спектральных линий) непрерывных спектрах звезд класса В в ультрафиолете хорошо согласуется с теоретической моделью звездных фотосфер Михаласа при соответствующих эффективных температурах.

3. Для звезд класса А наблюдаемое распределение энергии в ультрафиолете хорошо следует распределению, соответствующему модели Карбона и Гингерича с учетом эффекта блокировки непрерывного спектра линиями поглощения.

4. Для одной эмиссионной звезды класса В4 (HD 67888) наблюдаемое распределение энергии в ультрафиолете не показывает признаков наличия газовой оболочки, что, возможно, вызвано падением ее активности в период наших наблюдений.

5. Результаты измерений коротковолнового спектра одной звезды класса F0 V подтверждают реальность существования ранее установленной мощной депрессии в непрерывных спектрах этих звезд в области длин волн 2900—2450 Å.

Ռ. Խ. ՉՈՎՀԱՆՆԻՍՅԱՆ, Ն. Ս. ՀԱԿՈՔՅԱՆ

ՕՐԻՈՆՈՒՄ ԵՎ ՆԱՎԱԽԵԼՈՒՄ ՄԻ ԽՈՒՄԲ ԶԵՐՄ ԱՍՏՂԵՐԻ
ԷՆԵՐԳԻԱՆԵՐԻ ԲԱՇԽՈՒՄՆԵՐԸ ՈՒՆՏՐԱՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բերված է «Օրիոն—2» աստղադիտարանի օգնությանը, Օրիոն և Նավասելի համաստեղություններում գտնվող 13 շերմ աստղերի 55 ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամների չափման արդյունքները:

Մի գերհսկա աստղի (x Ori) համար հաստատված է սպեկտրի ուլտրամանուշակագույն մասում անընդհատ էներգիայի փոփոխություն տարբեր ժամանակների դիտումների ընթացքում, որը կարելի է բացատրել այդ աստղի շուրջը գոյություն ունեցող գազային թաղանթի հզորության փոփոխությամբ:

Յ սպեկտրալ դասի աստղերի անընդհատ սպեկտրներում դիտումներից ստացված էներգիաների բաշխումները լավ են համապատասխանում Միհալասի [19] տեսական մոդելներին, իսկ A տիպի աստղերինը՝ Կարբոնի և Գինգերիչի [30] գծերի ծածկման ազդեցությունը հաշվի առած մոդելային հաշվարկներին:

Կան նշաններ, որ HD 67888 B4Ve դասի աստղի շուրջը եղած գազային թաղանթը ունի փոփոխական հզորություն:

Հաստատված է F0 տիպի աստղերում էներգիայի ուժեղ անկման իրական լինելը սպեկտրի $\lambda\lambda 2900-2450$ Å տիրույթում:

R. Ch. OHANESYAN, A. S AKOPYAN

ENERGY DISTRIBUTION IN THE ULTRAVIOLET OF THE
GROUP OF HOT STARS IN ORION AND PUPPIS

S u m m a r y

The results of measurements of 55 shortwave spectrograms, obtained by means of „Orion-2“ for 13 hot stars in the Orion and Puppis are presented.

In the case of a supergigant star, α Ori, the distribution of the energy in spectra discovered to be different in different observations. This fact may be explained by the spontaneous appearance of the gaseous envelope around the star with variable power.

The obtained energy distributions in the spectra of B-type stars, are in good accordance with the theoretical nonblanketing model developed by Mihalas and, in the case of A-type stars, with the Carbon and Gingerich's blanketing model.

It is suggested that the gaseous envelope around a B4-type star (HD 67888) must be of a variable power.

The reality of the existence of a powerful depression in the continuous spectra of F0 stars in the wavelength region of 2900—2450 Å is confirmed.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Blanco V. N., Demers S., Douglass G. G., Fitzgerald M. P. Publ. U. S. Nav. obs., 21, 1963.
2. Cowley A., Cowley C., Jaschek M., Jaschek C. A. J., 74, 375, 1969.
3. Perry C. L. A. J., 74, 139, 1969.
4. Lesh J. R. Astron. Astrophys. Suppl., 5, 129, 1972.
5. Eggen O. J. PASP, 86, 241, 1974.
6. Hiltner W. A., Garrison R. F., Schild R. E. Ap. J., 157, 313, 1969.
7. Thackeray A. D., Tritton S. B., Walker E. N. Mem. of the Roy. Astron. Soc., 77, № 5, 199, 1973.
8. Humphreys R. M. A. J., 75, 602, 1970.
9. Honeycutt R. K. A. J., 77, 24, 1972.
10. Neckel T. Len. Dassternwarta Heidelberg—Königstuhl Veröffentlichungen band. 19, 1967.
11. Оганесян Дж. Б. Сообщ. БАО, 48, 68, 1976.
12. Bless R. C., Savage B. D. Ap. J., 171, 293, 1972.
13. Гурвадян Г. А., Оганесян Р. Х. Астрофизика, 11, 397, 1975.
14. Vogges A., Kondo Y. Ap. J., 151, L5, 1968.
15. Stecher T. P. A. J., 74, 98, 1969.
16. Navach C., Lehmann M., Huguenin P. Astron. Ap., 22, 371, 1973.
17. Evans D. C. 1972, The Scientific Results from (OAO—2), Orbiting Astronomical Observatory ed. A. Code (NASA Sp—310), p. 347.
18. Morgan T. H., Spsar G. G., Kondo Y., Henize K. G. Ap. J., 197, 371, 1975.
19. Mihalas D. Ap. J., Suppl. Ser., 9, 321, 1965.
20. Rosendhal J. P. Ap. J., 186, 909, 1973.

21. *Morton D. C.* Ap. J., 144, 1, 1966.
22. *Morton D. C., Jenkins E. B., Bohlin R. C.* Ap. J., 154, 661, 1967.
23. *Morton D. C.* Ap. J., 147, 1017, 1967.
24. *Humphries M. C., Nandy K., Kontizas E.* Ap. J., 195, 111, 1972.
25. *Leckrone D. S.* Ap. J., 185, 577, 1973.
26. *Bernacca P. L., Molnar M. R.* Ap. J., 178, 189, 1972.
27. *Johnson H. L.* Star Stellar Systems Vol. 7, ed. B. M. Middlehurst and L. Aller 1968, the University of Chicago press. Chicago—London, p. 167.
28. *Гурзадян Г. А.* Astron. Astrophys., 40, 447, 1975.
29. *Bottemiller R. L.* The Scientific Results from the Orbiting Astronomical Observatory (OAO-2), ed. by A. D. Code (NASA Sp-310), p. 321, 1972.
30. *Carbon D. F., Gingerich O. J.* Theory and Observation of Normal Stellar Atmospheres ed. O. Gingerich (Cambridge MIT Press), p. 377, 1969.
31. *Doherty L. R.* The Scientific Results from the Orbiting Astronomical Observatory (OAO-2) ed. by A. D. Code (Nasa Sp-310), 411, 1972.
32. *Епремян Р. А.* Сообщ. БАО, 48, 154, 1976.

Р. А. ЕПРЕМЯН

СТРУКТУРА НЕПРЕРЫВНЫХ СПЕКТРОВ ЗВЕЗД ТИПА F—G В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

1. В в е д е н и е

Среди обширного наблюдательного материала «Ориона-2» оказалось немало интересного для звезд промежуточных классов F—G, о природе и особенностях непрерывных спектров которых в ультрафиолете известно очень немного. В настоящей работе приводятся первые результаты по ультрафиолетовой спектрофотометрии группы из 14 таких звезд, рассеянных в созвездиях Возничего и Кассиопеи. Список изученных нами звезд, их координаты, фотовизуальные величины и спектральные классы приведены в табл. 1 согласно данным каталога Смитсоновской обсерватории (SAO). Ультрафиолетовые спектрофотометрические исследования всех этих звезд проводятся впервые.

Таблица 1

Список исследованных звезд

| Звезда SAO | α (1950) | δ (1950) | V | Спектр |
|---------------|----------------------------------|-----------------|------------------|--------|
| 011551 | 1 ^h 00 ^m 5 | +60°48' | 5 ^m 9 | F0 |
| 040226 | 5 15.3 | 45 12 | 8.4 | F0 |
| 040256 | 5 17.3 | 45 13 | 8.3 | F0 |
| 040251 | 5 16.9 | 46 55 | 6.5 | F2 |
| 011652 | 1 11.6 | 60 41 | 7.5 | F5 |
| 040077 | 5 07.0 | 46 54 | 5.6 | F5 |
| 040104 | 5 08.6 | 46 23 | 8.2 | F5 |
| 040170 | 5 11.9 | 44 17 | 8.2 | F5 |
| 011444 | 0 50.1 | 60 51 | 4.9 | F8 |
| 011557 | 1 01.2 | 61 19 | 5.9 | F8 |
| 040008 | 5 01.7 | 46 51 | 6.6 | F8 |
| 021693 | 0 43.8 | 59 18 | 6.5 | G5 |
| 011491 | 0 54.3 | 61 09 | 6.6 | G5 |
| 021855 | 0 53.7 | 58 55 | 4.8 | K0 |

Спектральные снимки исследованных звезд получены — по три снимка для каждой звезды — с помощью менискового телескопа и объективной призмы «Ориона-2» в интервале длин волн 2000—3800 Å с экспозициями в 1 мин (кадр F 16), 2.5 мин (F 18) и 16 мин (F 17) для области вокруг γ Cas и 15 сек (F 19), 1.5 мин (F 20) и 18 мин (F 21) — вокруг α Aug. Микрофотометрические записи спектрограмм получены на саморегистрирующих микрофотометрах МФ-4 и ИФО-451, а их денситометрические из-

Таблица 2 (продолжение)

| λ, A | SAO 040170 | SAO 011444 | SAO 011557 | SAO 040008 | SAO 021693 | SAO 011491 | SAO 021855 |
|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 2300 | — | 0.21 | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | .22 | 0.22 | — | — | — | — |
| 2400 | 0.35 | .22 | .22 | — | — | — | — |
| 2450 | .38 | .24 | .23 | — | — | — | 0.14 |
| 2500 | .23 | .26 | .26 | 0.31 | — | — | .15 |
| 2550 | .26 | .19 | .30 | .25 | — | — | .16 |
| 2600 | .32 | .19 | .24 | .26 | — | 0.23 | .18 |
| 2650 | .51 | .25 | .30 | .41 | 0.33 | .29 | .17 |
| 2700 | .45 | .43 | .33 | .33 | .39 | .21 | .16 |
| 2725 | .39 | .39 | .36 | .35 | .32 | .23 | .17 |
| 2750 | .31 | .30 | .28 | .26 | .25 | .20 | .13 |
| 2775 | .33 | .31 | .32 | .26 | .29 | .22 | .15 |
| 2800 | .24 | .26 | .26 | .21 | .24 | .17 | .12 |
| 2850 | .52 | .33 | .36 | .39 | .31 | .28 | .19 |
| 2900 | .75 | .63 | .51 | .68 | .40 | .44 | .37 |
| 2950 | .79 | .77 | .66 | .72 | .50 | .59 | .50 |
| 3000 | .83 | .81 | .81 | .78 | .71 | .64 | .57 |
| 3050 | .88 | .86 | .87 | .84 | .77 | .71 | .66 |
| 3100 | .94 | .90 | .93 | .91 | .85 | .81 | .78 |
| 3150 | .97 | .94 | .97 | .96 | .93 | .91 | .89 |
| 3250 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.06 | 1.07 | 1.09 |
| 3300 | .04 | .06 | .03 | .06 | .14 | .13 | .17 |
| 3350 | .05 | .08 | .04 | .08 | .22 | .19 | .26 |
| 3400 | .06 | .09 | .04 | .10 | .31 | .23 | .38 |
| 3450 | .08 | .16 | .07 | .15 | .40 | .30 | .52 |
| 3500 | .14 | .25 | .10 | .23 | .49 | .39 | .69 |
| 3600 | .19 | .38 | .13 | .28 | .64 | .45 | .95 |
| 3700 | .20 | .51 | .11 | .34 | .75 | .43 | 2.10 |
| 3800 | .26 | .82 | .40 | .57 | 2.07 | .72 | 2.55 |

не дальше 100—130 лс, и, стало быть, влияние межзвездного избирательного поглощения практически не будет сказываться на непрерывных спектрах этих звезд. Поэтому найденные наблюдаемые величины F_{λ} одновременно представляют собой истинные распределения энергии в ультрафиолете непрерывных спектров исследованных звезд.

С целью сопоставления найденных из наблюдений величин F_{λ} с теорией, эти результаты представлены также на рис. 1—4 в виде графической зависимости F_{λ} от λ . На этих же рисунках нанесены теоретические кривые зависимости F_{λ} от λ , соответствующие моделям звездных фотосфер, рассчитанным Парсонсом [2, 3] при $T_{\text{эф}}$ равной 6900°K и меньше. В этих моделях учитывается только влияние непрерывного поглощения, обусловленное водородом и гелием, и совершенно не учитывается поглощение в спектральных линиях. Между тем, как раз у звезд типа F—G, в силу присутствия очень большого количества линий поглощения в их спектрах, эффект блокировки линий, влияющий на общий характер непрерывного спектра, должен быть особо значительным. Поэтому не будет ничего удивительного, если у всех изученных нами звезд обнаружатся значительные расхождения между наблюдениями и теорией на отдельных участках спектра.

На рис. 1 приведены найденные нами распределения энергии в непрерывных спектрах трех звезд класса F0. Наиболее характерным в этих рас-

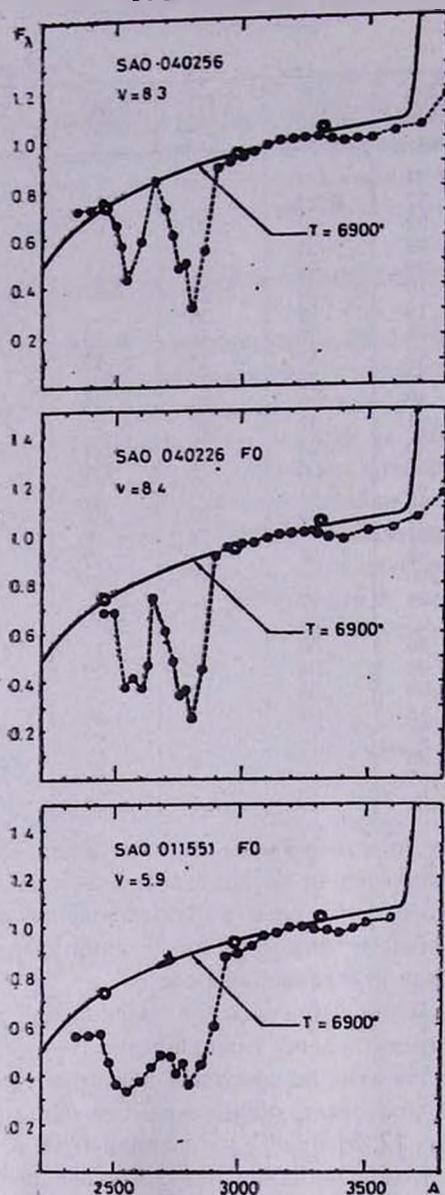


Рис. 1. Наблюдаемое распределение (точки с пунктирной линией) энергии в ультрафиолетовом спектре трех звезд класса F0, SAO 040256, 040226, 011551 по данным «Ориона-2». Сплошные линии соответствуют теоретической модели при $T = 6900^\circ\text{K}$ и $\lg g = 2$ [3]. Кружками обозначены результаты широкополосных измерений ОАО-2 для звезды HD 128898 типа F0V [4].

пределениях следует считать наличие двух широких и мощных депрессий на 2800 и 2550 Å; ширина каждой из них порядка 200 Å. Если у первых двух звезд SAO 040256 и 040226 — эти депрессии выступают раздельно, то в случае SAO 011551 происходит их слияние, в результате чего в не-

прерывном спектре этой звезды образуется настоящий провал с огромной протяженностью — от 2950 до 2450 Å .

Таким образом, уже в этом примере — три звезды класса F0 — мы сталкиваемся с фактом существования заметных расхождений в структуре непрерывных спектров в ультрафиолете у звезд одного и того же класса. Поскольку сама депрессия возникает в результате физического слияния отдельных линий поглощения, блокирующих выход непрерывного излучения из фотосферы, то разброс в мощностях и протяженностях депрессий, естественно, будет означать разброс в густоте и мощности самих спектральных линий.

В нашу задачу не входит анализ тонкой структуры отдельных депрессий, в частности, расшифровка всех линий поглощения, образующих «букет» депрессии. Отметим лишь, что основную роль при образовании депрессии на 2800 Å играют четыре линии, в том числе один резонансный дублет ионизованного магния около 2800 Å , резонансная линия нейтрального магния 2852 Mg I, довольно сильная линия 2755 Fe II, линии нейтрального и ионизованного никеля, титана, хрома и т. д. Депрессия же на 2550 Å обусловлена исключительно линиями нейтральных и ионизованных металлов — железа, хрома, никеля, титана и т. д.

С вычетом депрессий, общая структура найденных нами распределений энергии в непрерывных спектрах этих трех звезд типа F0 хорошо согласуется, как следует из рис. 1, с теоретической моделью фотосферы при $T_{\text{эфф}} = 6900^\circ\text{K}$ и $\lg g = 2$.

Не имея других данных по ультрафиолетовым спектрофотометрическим наблюдениям исследованных нами звезд, мы, с целью сравнения, нанесли на графики рис. 1 результаты широкополосных фотометрических измере-

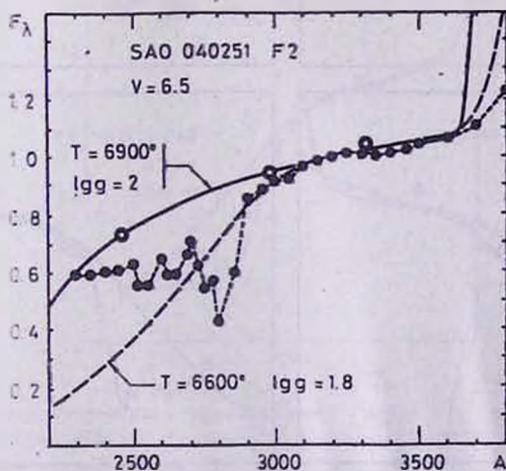


Рис. 2. Распределение энергии в ультрафиолетовом спектре звезды SAO 040251 класса F2 (точки с пунктирной линией). Пунктирная и сплошная кривые — теоретические модели при $T = 6600^\circ\text{K}$ и $\lg g = 1.8$ и $T = 6900^\circ\text{K}$ и $\lg g = 2$ [2, 3]. кружки — наблюдения ОАО-2 для звезды HD 128898 типа F0V [4].

ний ОАО-2 [4], выполненных в отношении звезды HD 128898 класса F0V (кружки на рис. 1); они оказались в хорошем согласии с нашими результатами.

Несколько иначе обстоит дело со звездой SAO 040251 класса F2 (рис. 2). Депрессия на 2800 \AA у этой звезды такая же, как у звезд F0. Но депрессия на 2550 \AA выражена значительно слабее, вернее, она как бы раздвоена на две слабые впадины — на 2550 и 2650 \AA . У этой звезды наблюдаемое общее распределение непрерывного спектра в интервале длин волн $2300\text{--}3600 \text{ \AA}$ не соответствует какой-то одной определенной теоретической кривой, оно скорее всего находится между кривыми для моделей $T_{\text{эфф}} = 6900^\circ \text{K}$, $\lg g = 2$ и $T_{\text{эфф}} = 6600^\circ \text{K}$ и $\lg g = 1.8$. Возможно, все эти несоответствия вызваны тем, что звезда SAO 040251 является двойной системой с компонентом звезды класса A [5].

Четыре звезды класса F5 представлены на рис. 3. Общий характер их непрерывных спектров в ультрафиолете хорошо согласуется с теоретической моделью при $T_{\text{эфф}} = 6600^\circ \text{K}$ и $\lg g = 1.8$. Имеет место достаточно

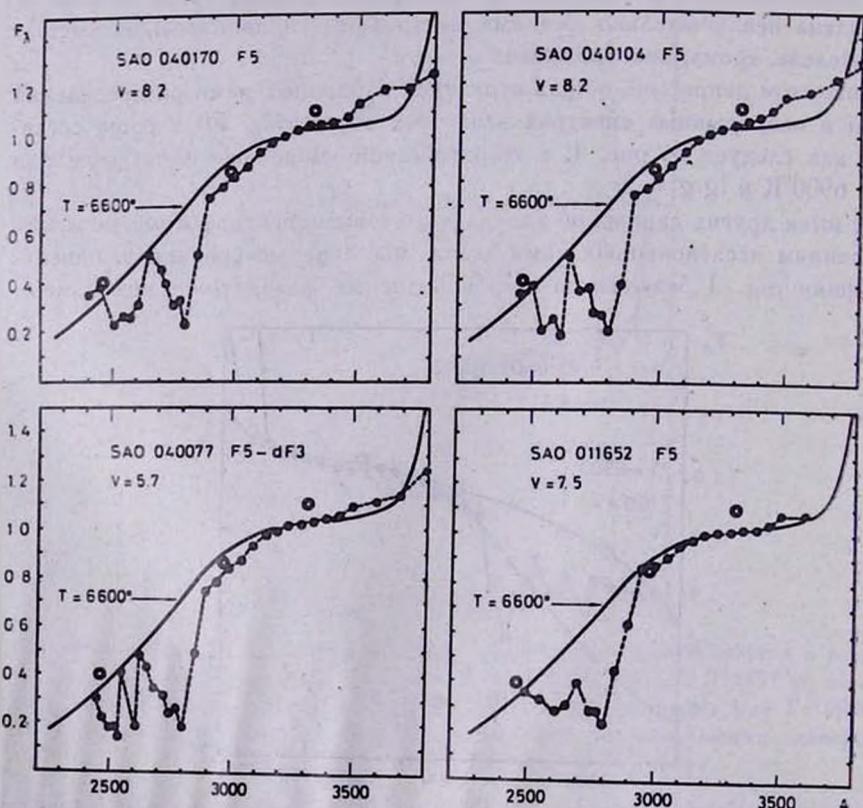


Рис. 3. Распределение энергии в ультрафиолетовых спектрах четырех звезд типа F5: SAO 040170, 040104, 040077, 011652 (точки с пунктирной линией). Сплошные линии — теоретическая модель при $T = 6600^\circ \text{K}$ и $\lg g = 1.8$ [2], кружки — наблюдения ОАО-2 для звезды HD 185395 типа F4V [4].

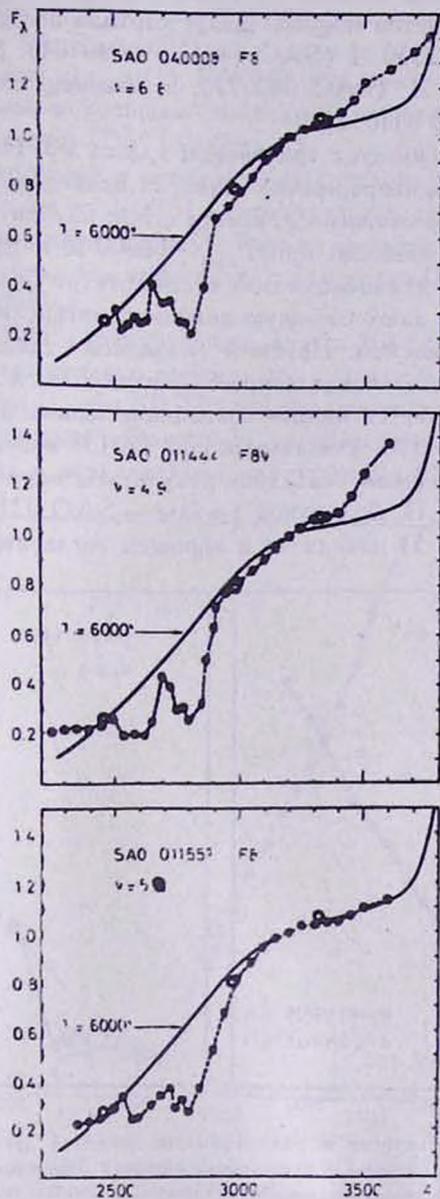


Рис. 4. Распределение энергии в ультрафиолете излучения трех звезд типа F8: SAO 040008, 011444, 011552 (точки с пунктирной линией). Сплошные линии — теоретическая модель при $T = 6000^{\circ}\text{K}$ и $\lg g = 1.8$ [2], кружки — наблюдения ОАО-2 для звезды HD 170153 типа F7V [4].

хорошее согласие также с результатами наблюдений ОАО-2 в отношении звезды HD 185395 класса F4V (кружки). Что касается структуры непрерывного спектра, то она в основном такая же, как и в случае звезд F0—F2.

В частности, депрессия на 2800 \AA присутствует во всех четырех случаях, причем здесь она заметно мощнее. Далее картина повторяется почти в точности: депрессия на 2550 \AA (SAO 040170 и 040104), раздвоенная депрессия на 2550 и 2600 \AA (SAO 040077), и, наконец, слияние депрессий на 2550 и 2800 \AA (SAO 011652).

В нашем списке имеется три звезды класса F8. Наблюдаемые распределения энергии в их непрерывных спектрах приведены на рис. 4. Эти распределения оказались схожими и, вместе с тем, находятся в хорошем согласии с теоретической моделью при $T_{\text{эфф}} = 6000^\circ\text{K}$ и $\lg g = 1.8$, за исключением, может быть, длинноволновой части спектра (длиннее 3400 \AA), для которой наблюдения дают большую величину интенсивности по сравнению с теоретически ожидаемой. Похожей оказалась также структура части спектра этих звезд, охваченная депрессиями на 2800 и 2550 \AA .

Наконец, наблюдается полное совпадение наших измерений с результатами измерений ОАО-2 для звезды HD 170153 класса F7V [5].

Не менее интересными оказались результаты «орионовских» наблюдений для звезд класса G. Для одной звезды — SAO 021693 результаты наших измерений (рис. 5) находятся в хорошем согласии с наблюдениями

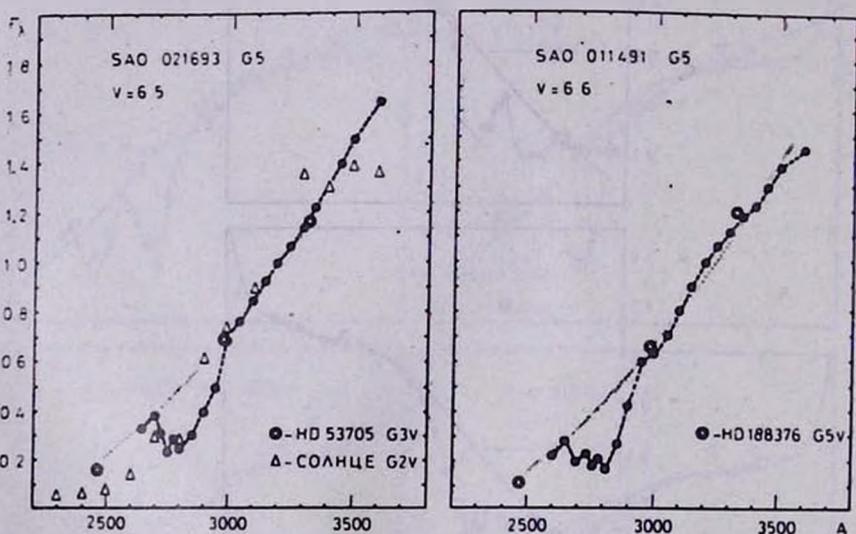


Рис. 5. Распределение энергии в ультрафиолете спектров двух звезд класса G5: SAO 021693 и 011491 (точки с пунктирной линией). Нанесены также результаты коротковолновых наблюдений звезды HD 53705 типа G3V [6] и Солнца [7] — в случае SAO 021693 и звезды HD 188376 типа G5V [6] — в случае SAO 011491.

ОАО-2 для звезды HD 53705 класса G3V [6] и даже для Солнца, звезды класса G2V [7]. Между тем, в каталоге SAO звезда SAO 021693 классифицируется как G5. На принадлежность этой звезды к классу, более раннему чем G5, указывают также ее колориметрические характеристики ($B-V = +1.08$, $U-V = +1.8$), соответствующие спектральному классу G0 Ib [8]. Отсутствие теоретических моделей для фотосфер звезд классов

G и позднее делает невозможным прийти к тому или иному заключению о правдоподобности полученных с помощью «Ориона-2» и ОАО-2 результатов для этого класса звезд вообще.

Для другой звезды класса G5, SAO 011491, результаты «орионовских» наблюдений оказались в хорошем согласии с наблюдениями ОАО-2 для звезды HD 188376, класса G5V [6] (рис. 5).

Что касается депрессий в непрерывных спектрах у звезд класса G, то одна из них — депрессия на 2800 Å — присутствует, причем довольно явно, у обеих рассмотренных звезд типа G. Трудно что-либо сказать о депрессии на 2550 Å, ввиду того, что коротковолновая граница спектрограмм этих звезд оказалась на 2600 Å.

Звезда SAO 021855, спектрального класса K0 (согласно SAO), была включена в наш список только потому, что она принадлежит скорее всего к поздним подклассам G, чем K0. На это указывает почти полное совпадение найденного с помощью «Ориона-2» распределения энергии в спектре этой звезды (рис. 6) с результатами наблюдений ОАО-2 для звезды

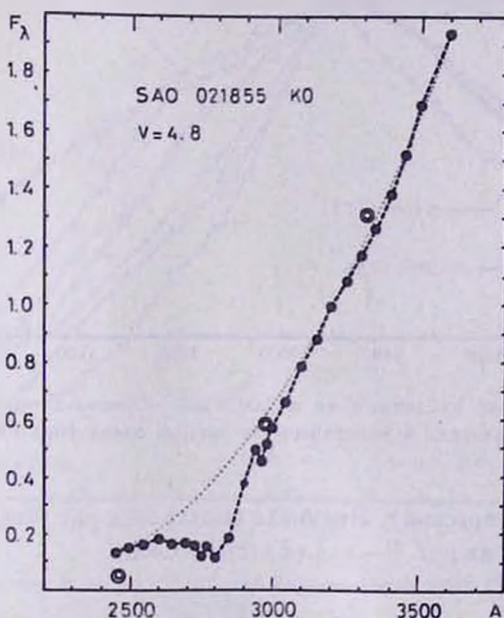


Рис. 6. Распределение энергии в спектре звезды SAO 021855 типа K0 (точки с пунктирной линией) по данным «Ориона-2». Кружки соответствуют наблюдениям ОАО-2 звезды HD 180711 типа G9 III [4].

HD 180711 класса G9 III [4]. Кроме того, весьма четко наблюдаемая депрессия в спектре этой звезды на 2800 Å не является, судя по «орионовским» спектрограммам, характерной для звезд класса K.

Представляет интерес сопоставление друг с другом найденных из наблюдений относительных распределений энергии в ультрафиолете этих

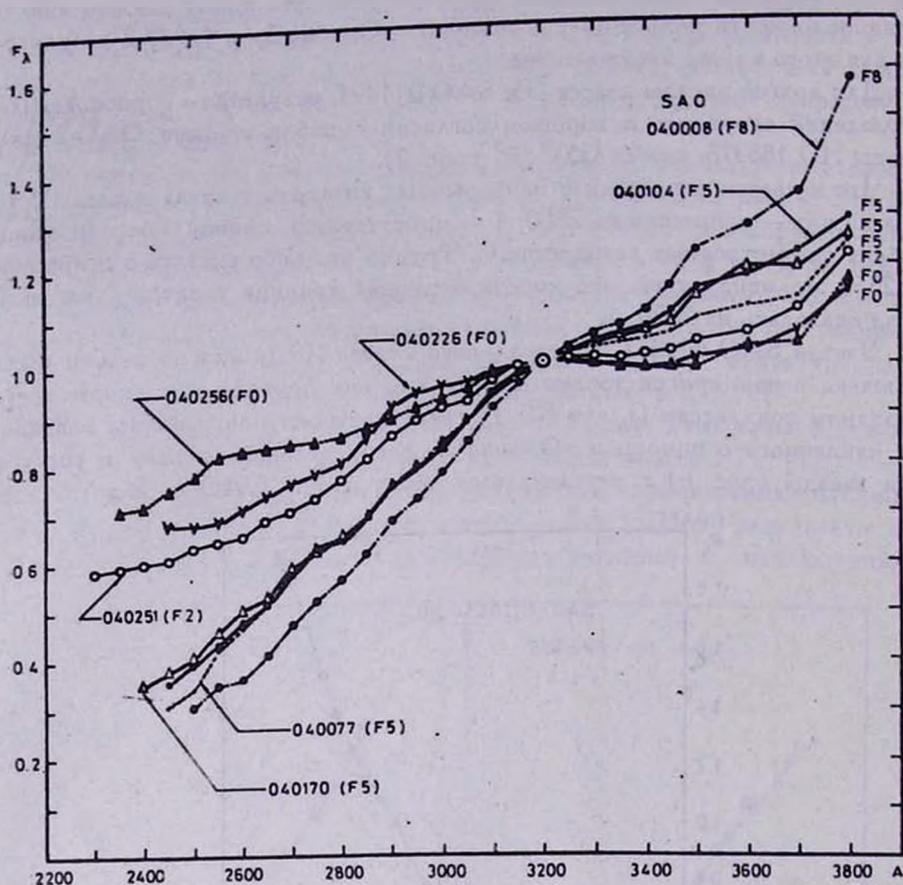


Рис. 7. Сопоставление найденных из наблюдений «Орiona-2» кривых относительного распределения энергии в ультрафиолете группы звезд типа F0—F8 из области α Aug.

звезд (без учета депрессии). Это было сделано на рис. 7 для группы звезд из области α Aug и на рис. 8—для области γ Cas.

3. Зависимость депрессии от спектрального класса звезды

Коль скоро депрессии в непрерывных спектрах звезд вызваны блокирующим эффектом многочисленных линий поглощения, густота и сила которых в свою очередь зависит от эффективной температуры звезды, то было бы естественным ожидать существование определенной зависимости между энергетической мощностью депрессии и спектральным классом звезды. Нами была сделана попытка построения такой зависимости эмпирическим путем для депрессии на 2800 Å.

Депрессия на 2800 Å интересна по ряду причин. Во-первых, она наблюдается почти у всех спектральных классов, начиная от ранних подклас-

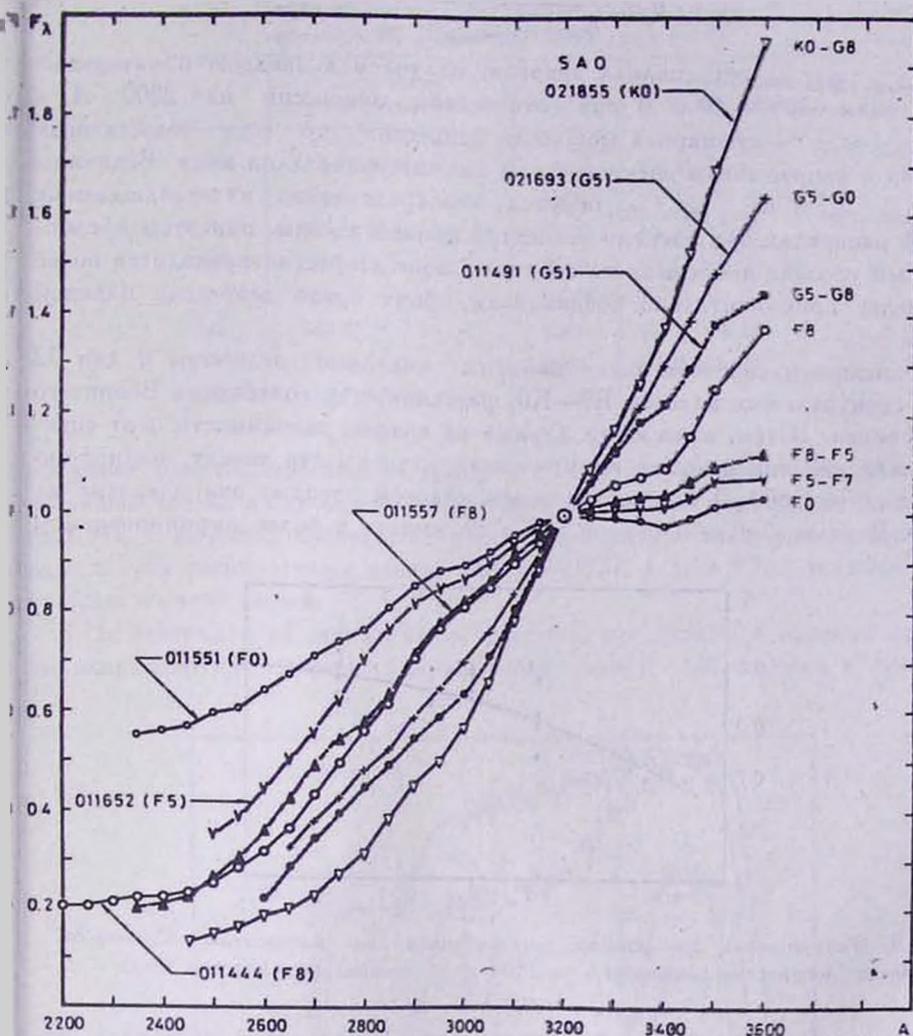


Рис. 8. То же самое, что и на рис. 7, но для группы звезд типа F0—K0 из области γ Cas.

ов В [1] и кончая ранними подклассами К. Во-вторых, ширина самой депрессии почти не зависит от спектрального класса звезды и порядка 250—300 \AA , стало быть, при переходе от одного класса к другому должна меняться только глубина (мощность) депрессии. Наконец, область спектра около 2800 \AA легко фиксируется даже у слабых звезд при умеренных экспозициях, что дает возможность использовать для искомой зависимости по-возможности наблюдательного материала.

Назовем «величиною» или «мощностью» депрессии отношение q ,
 (главное

$$q = \frac{E_{\text{депр. (2650-2900)}}}{E_{\text{непр. (2650-2900)}},$$

где $E_{\text{непр. (2650-2900)}}$ есть полная энергия, излучаемая звездой в интервале длин волн 2650—2900 Å при отсутствии депрессии на 2800 Å, $E_{\text{депр. (2650-2900)}}$ — суммарная мощность депрессии, то есть недостающая энергия в непрерывном спектре в том же интервале длин волн. Величины $E_{\text{непр. (2650-2900)}}$ и $E_{\text{депр. (2650-2900)}}$ берутся непосредственно из наблюдаемой кривой распределения энергии в спектре данной звезды, при этом предполагаемый уровень непрерывного спектра в зоне депрессии проводится более или менее приблизительно соединением обоих краев депрессии плавной линией.

Описанным способом были найдены числовые величины q для звезд спектральных классов В9—К0, рассеянных в созвездиях Возничего и Кассиопеи. Затем, нанеся эти данные на график зависимости q от спектра, была найдена искомая эмпирическая зависимость между мощностью депрессии на 2800 Å и спектральным классом звезды; она показана на рис. 9. В дальнейшем, построив эту зависимость в более рафинированном

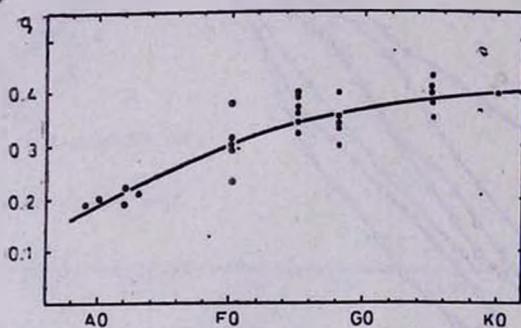


Рис. 9. Эмпирическая зависимость, установленная по материалам «Ориона-2», между мощностью депрессии q на 2800 Å и спектральным классом звезд.

виде, с привлечением более обширного наблюдательного материала, вероятно, можно будет использовать ее для целей спектральной классификации звезд.

4. Линии поглощения

Спектральные снимки «Ориона-2» из-за недостаточно высокого спектрального разрешения не были предназначены для выделения и отождествления спектральных линий. Тем не менее, в спектрах исследованных нами звезд удалось выделить с достаточной уверенностью полтора десятка линий поглощения. Длины волн этих линий приведены в табл. 3 с указанием их вероятного отождествления. Все эти линии принадлежат, по-видимому, нейтральным и ионизованным металлам — магнию, железу, титану,

Таблица 3

Наиболее слабые ультрафиолетовые линии
поглощения в спектрах звезд типа F—G

| λ , Å | Вероятное отождествление | λ , Å | Вероятное отождествление |
|---------------|--------------------------|---------------|--------------------------|
| 3080 | Fe I, Ti II, VI | 2610 | Fe II, Ni II |
| 2967 | Fe I | 2570 | Fe II, Ti II, Ni II |
| 2937 | Fe I, Ti II, Mg II | 2540 | Fe II, Cr II |
| 2882 | Si I | 2512 | Si I, VII, Cr II |
| 2852 | Mg I | 2470 | Fe II |
| 2800 | Mg II | 2405 | Fe II, Ni II |
| 2755 | Fe II | 2385 | Fe II, Mo II |
| 2640 | Fe II, Ti II | | |

кремнию, никелю, молибдену, хрому и т. д. Присутствие линии считается реальным только в случае ее обнаружения по крайней мере на двух спектрограммах. В качестве примера на рис. 10 приведены микрофотометрические записи трех спектрограмм звезды SAO 040077, класса F5, с указанием некоторых из этих линий.

Не претендуя на достаточную точность, мы пытались оценить величины эквивалентных ширин обнаруженных линий поглощения в спектрах

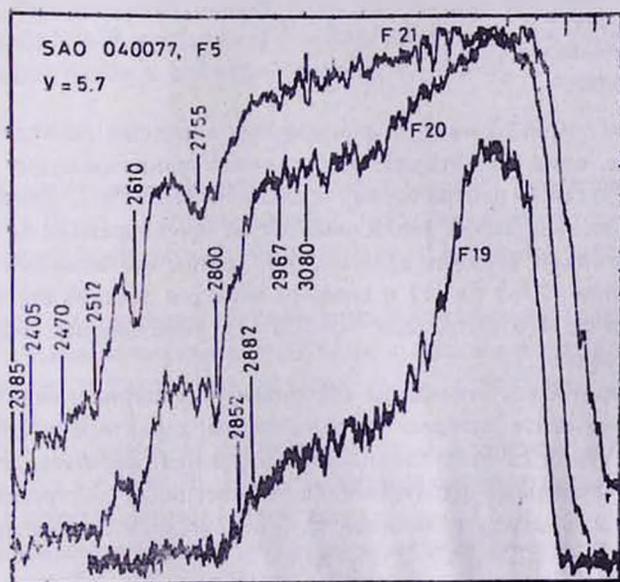


Рис. 10. Микрофотометрические записи трех коротковолновых спектрограмм звезды SAO 040077 типа F5, полученных «Орنيом-2» при экспозициях 18 мин (F 21), 1.5 мин (F 20) и 15 сек (F 19). Указаны некоторые линии поглощения.

изученных звезд; результаты представлены в табл. 4. Делать какие-нибудь окончательные выводы на основании этих данных преждевременно. Тем не менее обращают на себя внимание большие значения эквивалентных ширин мультиплета № 5 ионизованного титана со средней длиной волны 3080 Å у звезд классов F5—F8. Такая же картина наблюдается и в отношении дублета 2800 Mg II, что было отмечено и раньше [9].

Таблица 4

Эквивалентные ширин (в Å-ах) некоторых ультрафиолетовых линий поглощения в спектрах исследованных звезд

| Звезда SAO | Спектр | 3080 Fe I, Ti II | 2967 Fe I | 2852 Si I | 2852 Mg I | 2800 Mg II | 2755 Fe II | 2640 Fe II, Ti II | 2610 Fe II, Ni II |
|---------------|--------|---------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------|
| 011551 | F0 | 2.6 | 3.3 | 7.4 | 16 | 25 | 14.7 | 3.9 | 6.6 |
| 040226 | F0 | * | 3.3 | 14.5? | 16 | 27 | 15.8 | •• | 8.7 |
| 040256 | F0 | *** | 3.2 | 6.2 | 13 | 26 | 15.1 | 5.3 | 5.7 |
| 040251 | F2 | *** | 3.4 | 5.1 | 13 | 23 | 16.5 | 4.8 | 4.9 |
| 011652 | F5 | 2.9 | 3.9 | 7.0 | 16 | 38 | 18.6 | 6.3 | 8.3 |
| 040077 | F5 | 5.8 | 4.1 | 8.4 | 15 | 42 | 18.5 | 6.6 | 11.8 |
| 040104 | F5 | 5.9 | 4.0 | 7.8 | 15 | 44 | 18.4 | 8.7 | 7.8 |
| 040170 | F5 | 4.7 | 3.9 | 10.3 | 15 | 35 | 18.2 | •• | 10.2 |
| 011444 | F8 | 5.0 | 4.2 | 9.0 | 24 | 43 | 17.3 | 6.4 | 10.1 |
| 011557 | F8 | 7.5 | 4.2 | 10.0 | 21 | 42 | 17.2 | 4.3 | 6.4 |
| 040008 | F8 | 6.5 | 4.2 | 12.0 | 14 | 36 | 17.4 | 6.1 | 7.4 |
| 021693 | G5 | 4.0 | 5.6 | 12.4 | 14 | 30 | 13.4 | ••• | ••• |
| 011491 | G5 | 4.1 | 6.0 | 10.2 | 15 | 33 | 12.8 | ••• | ••• |
| 021855 | K0 | *** | 5.8 | 8.2 | 17 | 34 | 11.5 | ••• | ••• |

* — есть след.

** — сомнительно.

*** — отсутствует.

Представляет особый интерес поведение в звездных спектрах двух линий поглощения, одна из которых принадлежит ионизованному железу — 2755 Fe II, а другая — нейтральному железу — 2967 Fe I. Эквивалентная ширина второй из этих линий увеличивается по мере перехода от звезд ранних классов к звездам поздних классов, в то время как эквивалентная ширина первой линии (2755 Fe II) в среднем остается постоянной или увеличивается незначительно — в интервале F0—F8 — с уменьшением эффективной температуры звезды.

В надежде на то, что отношение эквивалентных ширин линий 2755 Fe II и 2967 Fe I может стать интересным параметром, характеризующим эффективную температуру или спектральный класс звезды, мы пытались на основе более многочисленного наблюдательного материала построить эмпирическую зависимость между величиной Q — отношением эквивалентных ширин линий 2755 Fe II и 2967 Fe I, то есть

$$Q = \frac{W(2755 \text{ Fe II})}{W(2967 \text{ Fe I})}, \quad (2)$$

и спектральным классом. Для этой цели были дополнительно микрофотометрированы и измерены ультрафиолетовые «оризоновские» спектрограммы.

еще для 50 звезд спектральных классов F0—K2, не вошедших в наш список. Найденные таким путем величины Q для 64 звезд нанесены на рис. 11 в виде графика зависимости Q от спектрального класса. Несмотря на невысокую точность наших измерений, указанная зависимость все-таки получается достаточно четкой и, во всяком случае, ее можно использовать для

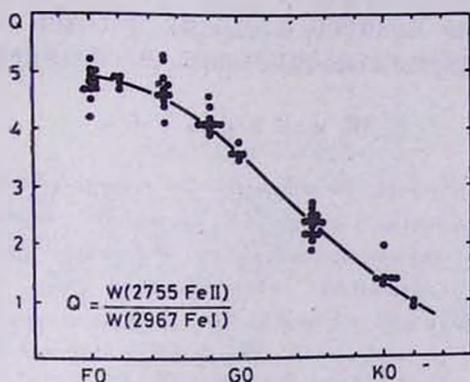


Рис. 11. Эмпирическая зависимость между величиной Q —отношением относительных интенсивностей линий 2755 Fe II и 2967 Fe I—и спектральным классом, построенная по данным «Ориона-2».

спектральной классификации звезд. Не исключена возможность использования этой эмпирической зависимости также для решения других задач, связанных с физикой звездных фотосфер, например, для определения электронной концентрации в фотосферах звезд F—G—K.

В ы в о д ы

Ультрафиолетовые спектрофотометрические исследования группы звезд классов F—G, коротковолновые спектрограммы которых были получены с помощью космической обсерватории «Орион-2», позволяют сделать следующие выводы.

1. Эффект блокировки, обусловленный линиями поглощения нейтральных и ионизованных металлов, приводит к образованию мощной и устойчивой депрессии в ультрафиолете этих звезд, с центрами депрессии на 2550 и 2800 Å.

2. Введен параметр q , характеризующий мощность депрессии непрерывного спектра на 2800 Å. Найдена эмпирическая зависимость между величиной q и спектральным классом звезды (рис. 7).

3. Наблюдаемые кривые распределения энергии в непрерывных спектрах звезд типа F0—F8 оказались, с вычетом депрессий, в хорошем согласии с теоретически предвычисленным распределением, соответствующим той или иной эффективной температуре фотосферы звезды.

4. Установлено существование четко выраженной эмпирической зависимости между величиной Q —отношением эквивалентных ширин линий 2755 Fe II и 2967 Fe I—и спектральным классом звезды.

5. Предлагаются два новых критерия — величины q и Q , с помощью которых можно осуществить спектральную классификацию звезд по их ультрафиолетовым спектрограммам.

Ռ. Ա. ԵՓՐԵՄՅԱՆ

F—G ՏԻՊԻ ԱՍՏՂԵՐԻ ԱՆԸՆԴՉԱՏ ՍՊԵԿՏՐԻ ԲՆՈՒՅԹԸ
ՈՒՆՏՐԱՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆ ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում բերված են «Օրիոն—2» աստղադիտարանի օգնությամբ ստացված F—G սպեկտրալ դասի 14 աստղերի ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամների շափման արդյունքները: Բացահայտված է ուլտրամանուշակագույն տիրույթում կլանման գծերի կարևոր դերը աստղի անընդհատ սպեկտրի իջեցման մեջ, որը բերում է հզոր և կայուն դեպրեսիայի առաջացմանը 2550 և 2800 Å ալիքային երկարություններում: Պարզվում է, որ դեպրեսիայի q հզորությունը 2800 Å ալիքային տիրույթում կախված է աստղի սպեկտրալ դասից (նկ. 7): F0—F8 սպեկտրալ դասի աստղերի անընդհատ սպեկտրում էներգիայի դիտված բաշխումը, ի նկատի առնելով նաև դեպրեսիայի առկայությունը, լավ համընկնում է տեսական հաշվումների հետ: Հետազոտված աստղերի սպեկտրում առանձնացվել են մի շարք կլանման ուլտրամանուշակագույն գծեր, որոնցից մի քանիսի համար գտնվել են նաև էկվիվալենտ լայնությունները: Ի հայտ է բերված էմպիրիկ կապ 2755 FeII և 2967 FeI կլանման գծերի ինտենսիվությունների հարաբերության՝ Q մեծության և աստղի սպեկտրալ դասի միջև: Առաջարկվել է 2 նոր շափանիչներ՝ q և Q մեծություններ աստղերի ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամներով նրանց սպեկտրալ դասակարգման համար:

R. A. EPREMYAN

STRUCTURE OF THE CONTINUOUS SPECTRA OF F—G
TYPE STARS IN THE ULTRAVIOLET

S u m m a r y

The results of the ultraviolet spectrophotometric measurements for 14 F—G type stars, the shortwave spectrograms of which were obtained with the help of the space observatory "Orion-2", are produced. The important role of the blocking effect the continuous spectra by the ultraviolet absorption lines is confirmed. This effect, in particular, brings to the formation of the powerful and stable depressions on 2550 Å and 2800 Å. The strength of the depression on 2800 Å turned out to be depending on the spectral class of stars (picture 7). Without having on

account the depression, the observed energy distribution in the continuous spectra of F0—F8 type stars turned out to be in good accordance with the theoretical models. Some ultraviolet absorption lines in the spectra of observed stars were fixed with the measured equivalent widths. The existence of an empirical dependence between the Q—ratio of the intensities of absorption lines 2755 Fe II and 2967 Fe I—and the spectral class is discovered. Two parameters— q and Q —were suggested for the realization of the spectral classification of stars by their ultraviolet spectrograms.

ЛИТЕРАТУРА

1. Огансян Дж. Б. Сообщ. БАО, 48, 68, 1976.
2. Parsons B. Ap. J., Suppl. 18, 159, 127, 1969.
3. Kondo Y., Hentze K. G., Kottla C. L., Ap. J., 159, 927, 1970.
4. Dpnerly L. R. Ap. J., 178, 727, 1972.
5. Aitken R. New General Catalogue of double stars, 1932.
6. Savage B. D., Caldwell J. J. Ap. J., 187, 197, 1974.
7. Landolt—Börnstein new series VI Astronomy and astrophysics volume 1, p. 100, 1965.
8. Argue A. N. M. N. R. A. S., 133, 475, 1966.
9. Асатрян Р. С. Сообщ. БАО, 48, 187, 1976.

Р. А. ЕПРЕМЯН

СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ЗВЕЗД КЛАССОВ F, G, K В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ

1. Введение

Среди объектов, наблюдаемых «Орионом-2», оказались также сравнительно слабые звезды типа F, G и K, непрерывные спектры которых почти не были исследованы в ультрафиолетовом диапазоне. Широкополосная фотометрия, выполненная с помощью ОАО-2 [1, 2], относится к ярким звездам и не обеспечивает достаточного разрешения для измерения непрерывного спектра. В настоящей работе приводятся результаты спектрофотометрических исследований в ультрафиолете большого количества звезд типа F, G, K до $10^m 5$, коротковолновые спектральные снимки которых получены с помощью «Ориона-2». Исследованные звезды взяты из областей неба вокруг α Aur, β Aur и γ Cas. Основные данные наблюдательного материала приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные данные наблюдательного материала

| Область | Кадр | Экспозиция, мин |
|--------------|---------------|-----------------|
| α Aur | F19, F20, F21 | 0.25; 1.5; 18.4 |
| β Aur | F13 | 15.3 |
| γ Cas | F16, F17, F18 | 1; 2.5; 16 |

Среди изученных нами 98 звезд типа F, G, K спектральные классы были известны всего для 60 звезд, а для остальных 38 звезд, предположительно классов F—G, спектральная классификация до сих пор не была проведена. В табл. 2 приведены список изученных нами звезд (по каталогу SAO) с известными спектральными классами, их координаты и фотовизуальные звездные величины. Список же звезд неизвестных классов представлен в табл. 3, где карты отождествления приведены в [3], а величины V взяты из [4]. Основной целью настоящей работы являлось определение относительного распределения энергии непрерывных спектров исследуемых звезд в диапазоне 3800—2300 Å. Наряду с этим была сделана попытка классифицировать звезды неизвестных классов, а также измерить эквивалентные ширины некоторых линий поглощения.

Таблица 2

Список исследованных звезд известных спектральных классов

| Звезда SAO | Спектр | V | α (1950) | δ (1950) |
|---------------|--------|------------------|-----------------------------------|-----------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 011319 | F0 | 8 ^m 9 | 00 ^h 41 ^m 0 | +61°00' |
| 021809 | F0 | 8.6 | 00 50.6 | 58 56 |
| 021858 | F0 | 8.8 | 00 53.8 | 59 23 |
| 022122 | F0 | 8.7 | 01 11.6 | 59 45 |
| 040136 | F0 | 8.6 | 05 10.0 | 45 30 |
| 040617 | F0 | 8.0 | 05 45.1 | 45 13 |
| 040717 | F0 | 8.9 | 05 53.1 | 46 38 |
| 040800 | F0 | 8.2 | 05 58.8 | 46 39 |
| 040840 | F0 | 5.9 | 06 01.5 | 42 59 |
| 011393 | F | 8.8 | 00 44.6 | 61 13 |
| 011398 | F2 | 8.4 | 00 45.1 | 60 03 |
| 021935 | F2 | 8.1 | 00 59.0 | 59 17 |
| 022011 | F2 | 8.8 | 01 03.8 | 59 01 |
| 040036 | F2 | 8.3 | 05 03.9 | 45 12 |
| 011326 | F5 | 8.7 | 00 37.9 | 60 03 |
| 011417 | F5 | 8.4 | 00 46.7 | 60 29 |
| 011523 | F5 | 8.4 | 00 58.1 | 60 05 |
| 011529 | F5 | 8.7 | 00 58.3 | 60 46 |
| 021723 | F5 | 8.8 | 00 45.7 | 58 17 |
| 021726 | F5 | 8.8 | 00 45.8 | 59 20 |
| 022022 | F5 | 9.0 | 01 04.4 | 59 39 |
| 040370 | F5 | 8.7 | 05 26.2 | 46 32 |
| 040689 | F5 | 8.5 | 05 51.1 | 44 30 |
| 040729 | F5 | 8.5 | 05 54.2 | 46 42 |
| 040771 | F5 | 8.5 | 05 56.8 | 46 38 |
| 011511 | F8 | 8.7 | 00 56.7 | 61 59 |
| 040733 | F8 | 8.2 | 05 54.6 | 42 51 |
| 040777 | F8 | 8.1 | 05 57.1 | 42 45 |
| 040780 | F8 | 8.7 | 05 57.3 | 45 10 |
| 040827 | F8 | 8.5 | 06 00.6 | 46 54 |
| 040830 | F8 | 6.7 | 06 00.9 | 44 16 |
| 040836 | F8 | 8.4 | 06 01.1 | 47 06 |
| 011547 | G0 | 8.6 | 01 00.1 | 61 40 |
| 011602 | G0 | 7.8 | 01 06.5 | 61 17 |
| 040124 | G0 | 8.4 | 05 09.4 | 46 48 |
| 040856 | G0 | 8.8 | 06 03.1 | 43 03 |
| 011401 | G5 | 7.9 | 00 45.4 | 61 19 |
| 011507 | G5 | 8.5 | 00 56.2 | 61 38 |
| 011515 | G5 | 7.2 | 00 57.0 | 60 14 |
| 011544 | G5 | 8.2 | 01 00.0 | 61 30 |
| 022028 | G5 | 8.4 | 01 05.2 | 59 52 |
| 040053 | G5 | 8.7 | 05 05.3 | 43 03 |
| 040142 | G5 | 8.8 | 05 10.5 | 43 51 |
| 040146 | G5 | 8.2 | 05 10.9 | 46 20 |
| 040158 | G5 | 7.0 | 05 11.5 | 47 07 |
| 040213 | G5 | 8.1 | 05 14.7 | 47 00 |
| 040289 | G5 | 8.1 | 05 19.3 | 46 56 |
| 040726 | G5 | 6.6 | 05 53.9 | 45 54 |
| 040742 | G5 | 7.6 | 05 55.3 | 45 52 |
| 040769 | G5 | 6.4 | 05 56.7 | 44 35 |
| 040818 | G5 | 6.1 | 05 59.7 | 42 55 |
| 040859 | G5 | 8.8 | 06 03.1 | 43 01 |
| 040921 | G5 | 7.6 | 06 07.6 | 44 58 |
| 021832 | K0 | 5.0 | 00 52.0 | 58 42 |
| 040242 | K0 | 6.7 | 05 16.4 | 44 23 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|----|------------------|-----------------------------------|--------|
| 040305 | K0 | 8 ^m 5 | 05 ^h 20 ^m 4 | 43°55' |
| 040329 | K0 | 8.1 | 05 22.5 | 46 47 |
| 040352 | K0 | 8.2 | 05 24.3 | 44 52 |
| 040196 | K2 | 8.1 | 05 13.7 | 45 21 |
| 040341 | K2 | 7.9 | 05 23.7 | 47 17 |

Таблица 3

Список исследованных звезд неизвестных спектральных классов

| № по [3] | Звезда SAO или AGK ₂ | V [4] | z (1950) | z (1950) |
|----------|---------------------------------|-------------------|-----------------------------------|----------|
| 30 | +46°486 | 9 ^m 57 | 05 ^h 18 ^m 8 | +46°18' |
| 103 | 040359 | — | 05 24.9 | +41 31 |
| 173 | — | 9.36 | — | — |
| 381 | 040330 | 9.12 | 05 22.5 | +45 45 |
| 384 | — | 9.17 | — | — |
| 387 | 040301 | 9.26 | 05 20.1 | +45 12 |
| 471 | +45°524 | 9.24 | 05 17.4 | +45 47 |
| 520 | 040286 | 9.28 | 05 19.1 | +46 57 |
| 556 | 040284 | 9.20 | 05 19.0 | +47 52 |
| 640 | — | 9.66 | — | — |
| 676 | — | 9.92 | — | — |
| 685 | — | 9.99 | — | — |
| 697 | 040234 | 9.40 | 05 15.9 | +47 45 |
| 717 | — | — | — | — |
| 720 | — | 10.44 | — | — |
| 751 | 040171 | 9.90 | 05 12.0 | +47 49 |
| 758 | +48°554 | 9.40 | 05 12.8 | +48 20 |
| 767 | — | 10.34 | — | — |
| 791 | — | 9.64 | — | — |
| 807 | 040118 | 8.94 | 05 09.3 | +46 29 |
| 817 | 040140 | 9.74 | 05 10.3 | +47 03 |
| 889 | 040096 | 9.52 | 05 08.3 | +47 54 |
| 952 | — | — | — | — |
| 1032 | — | 9.84 | — | — |
| 1113 | +44°537 | 9.71 | 05 15.9 | +44 05 |
| 1150 | — | 9.88 | — | — |
| 1200 | — | 9.83 | — | — |
| 1342 | 040166 | 9.13 | 05 11.8 | +44 09 |
| 1490 | 040191 | 8.35 | 05 13.5 | +45 46 |
| 1693 | +44°512 | 10.46 | 05 07.3 | +44 18 |
| 1731 | 040045 | 9.36 | 05 04.6 | +44 12 |
| 1737 | 040056 | 10.12 | 05 05.4 | +44 26 |
| 1858 | +46°462 | 9.73 | 05 07.7 | +46 03 |
| 1888 | — | 9.19 | — | — |
| 1968 | — | 10.48 | — | — |
| 2016 | — | 10.25 | — | — |
| 2070 | 040007 | 9.75 | 05 01.7 | +45 16 |
| 2106 | — | 9.68 | — | — |

Микрофотометрические записи спектрограмм были получены на само-регистрирующих микрофотометрах МФ-4 и ИФО-451, а их денситометрические измерения проводились с использованием единых для всех снимков «Ориона-2» характеристической и редуциционной кривых [5].

2. Непрерывные спектры звезд известных спектральных классов

Были найдены наблюдаемые величины относительных интенсивностей F_λ в спектрах изученных нами звезд спектральных классов F, G и K в области длин волн 3800—2300 Å (приняв интенсивность на длине волны 3200 Å за единицу); эти величины приведены в табл. 4 и 5. Расстояния большинства из исследуемых нами звезд хотя и неизвестны, но не превышают 200 пс. Поэтому результаты, приведенные в табл. 4 и 5, не исправлены за эффект межзвездного поглощения.

Остановимся на анализе полученных результатов для каждого спектрального подкласса в отдельности.

F0. Для девяти из исследуемых звезд, классифицированных по SAO как звезды типа F0, распределение энергии в непрерывных спектрах нанесено на рис. 1 (точки, там же приведены 3 звезды из [6]). Усредненное по результатам измерений всех звезд этого спектрального класса (здесь и далее привлечены также данные работы [6]) среднее распределение \bar{F}_λ представлено там же сплошной линией. На рис. 1 имеются точки, значительно отклоняющиеся от средней кривой. Как пример, отметим звезду

Таблица 4

Относительные потоки излучения F_λ в спектрах звезд (обозначения по каталогу SAO) известных спектральных классов (поток на 3200 Å принят за единицу)

| $\lambda, \text{Å}$ | 011349 | 021809 | 021858 | 022122 | 040136 | 040617 | 040717 | 040800 | 040840 | 011393 |
|---------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.60 | — |
| 2350 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.61 | — |
| 2400 | — | — | — | — | 0.59 | — | — | — | 0.62 | — |
| 2450 | — | 0.76 | 0.72 | — | 0.61 | 0.61 | — | 0.60 | 0.63 | — |
| 2500 | — | 0.77 | 0.74 | — | 0.62 | 0.65 | 0.64 | 0.64 | 0.69 | 0.62 |
| 2550 | — | 0.77 | 0.75 | 0.60 | 0.42 | 0.65 | 0.65 | 0.66 | 0.70 | 0.63 |
| 2600 | 0.83 | 0.79 | 0.77 | 0.63 | 0.36 | 0.69 | 0.68 | 0.69 | 0.72 | 0.66 |
| 2650 | 0.85 | 0.63 | 0.78 | 0.68 | 0.75 | 0.68 | 0.72 | 0.73 | 0.76 | 0.69 |
| 2700 | 0.87 | 0.53 | 0.60 | 0.70 | 0.49 | 0.54 | 0.74 | 0.46 | 0.68 | 0.60 |
| 2725 | 0.80 | 0.56 | 0.54 | 0.33 | 0.53 | 0.57 | 0.58 | 0.48 | 0.70 | 0.58 |
| 2750 | 0.72 | 0.62 | 0.52 | 0.32 | 0.41 | 0.54 | 0.47 | 0.50 | 0.59 | 0.62 |
| 2775 | 0.87 | 0.55 | 0.52 | 0.38 | 0.42 | 0.68 | 0.57 | 0.43 | 0.64 | 0.58 |
| 2800 | 0.52 | 0.50 | 0.45 | 0.41 | 0.33 | 0.47 | 0.39 | 0.33 | 0.52 | 0.44 |
| 2850 | 0.76 | 0.55 | 0.50 | 0.54 | 0.60 | 0.74 | 0.50 | 0.49 | 0.69 | 0.70 |
| 2900 | 0.89 | 0.59 | 0.56 | 0.65 | 0.91 | 0.90 | 0.68 | 0.74 | 0.89 | 0.84 |
| 2950 | 0.94 | 0.74 | 0.78 | 0.77 | 0.94 | 0.93 | 0.91 | 0.86 | 0.93 | 0.88 |
| 2970 | 0.94 | 0.82 | 0.86 | 0.84 | 0.93 | 0.93 | 0.91 | 0.89 | 0.94 | 0.89 |
| 3000 | 0.95 | 0.95 | 0.96 | 0.91 | 0.96 | 0.94 | 0.93 | 0.94 | 0.96 | 0.90 |
| 3050 | 0.96 | 0.97 | 0.99 | 0.93 | 0.97 | 0.96 | 0.97 | 0.97 | 0.98 | 0.93 |
| 3100 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | 0.96 | 1.00 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.96 |
| 3150 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 0.98 |
| 3250 | 1.01 | 1.01 | 1.00 | 1.01 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 0.99 | 1.01 |
| 3300 | 1.01 | 1.00 | 0.98 | 1.02 | 0.99 | 0.99 | 0.99 | 1.00 | 0.98 | 1.02 |
| 3350 | 1.00 | 0.99 | 0.97 | 1.02 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 1.02 |
| 3400 | 0.99 | 0.99 | 0.97 | 1.02 | 0.97 | 0.97 | 0.97 | 0.96 | 0.97 | 1.02 |
| 3450 | 1.01 | 1.00 | 0.98 | 1.04 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.96 | 1.05 |
| 3500 | 1.02 | 1.02 | 1.00 | 1.05 | 1.02 | 0.99 | 1.00 | 1.01 | 0.98 | 1.07 |
| 3600 | 1.05 | 1.02 | 0.98 | 1.07 | 1.03 | 0.98 | 1.01 | 1.02 | 0.96 | 1.07 |
| 3700 | 1.08 | 1.06 | 1.01 | 1.12 | 1.08 | 1.01 | 1.02 | 1.04 | — | 1.10 |
| 3800 | 1.19 | 1.18 | 1.12 | 1.22 | 1.19 | 1.12 | 1.12 | 1.14 | — | 1.19 |

| λ, А | 011398 | 021935 | 022011 | 040036 | 011326 | 011417 | 011523 | 011529 | 021723 | 021726 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | — | — | 0.57 | — | — | — | — | — | — |
| 2400 | — | — | — | 0.58 | — | — | — | — | — | — |
| 2450 | — | — | — | 0.59 | — | — | — | — | — | — |
| 2500 | 0.63 | — | — | 0.49 | — | 0.33 | — | — | — | — |
| 2550 | 0.64 | — | — | 0.39 | — | 0.38 | 0.37 | 0.43 | 0.46 | 0.46 |
| 2600 | 0.69 | 0.65 | 0.66 | 0.40 | 0.47 | 0.45 | 0.44 | 0.48 | 0.48 | 0.50 |
| 2650 | 0.74 | 0.70 | 0.68 | 0.71 | 0.54 | 0.48 | 0.48 | 0.54 | 0.53 | 0.55 |
| 2700 | 0.49 | 0.73 | 0.72 | 0.53 | 0.58 | 0.54 | 0.48 | 0.58 | 0.60 | 0.63 |
| 2725 | 0.56 | 0.75 | 0.74 | 0.49 | 0.49 | 0.57 | 0.51 | 0.52 | 0.60 | 0.64 |
| 2750 | 0.49 | 0.77 | 0.76 | 0.42 | 0.53 | 0.60 | 0.46 | 0.48 | 0.56 | 0.54 |
| 2775 | 0.51 | 0.69 | 0.75 | 0.48 | 0.41 | 0.57 | 0.39 | 0.52 | 0.63 | 0.64 |
| 2800 | 0.43 | 0.59 | 0.69 | 0.35 | 0.25 | 0.48 | 0.31 | 0.34 | 0.48 | 0.66 |
| 2850 | 0.51 | 0.54 | 0.67 | 0.69 | 0.59 | 0.61 | 0.51 | 0.48 | 0.59 | 0.71 |
| 2900 | 0.61 | 0.64 | 0.86 | 0.86 | 0.74 | 0.71 | 0.73 | 0.60 | 0.62 | 0.77 |
| 2950 | 0.89 | 0.88 | 0.89 | 0.88 | 0.79 | 0.77 | 0.78 | 0.79 | 0.78 | 0.79 |
| 2970 | 0.91 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.81 | 0.79 | 0.60 | 0.80 | 0.80 | 0.80 |
| 3000 | 0.92 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.83 | 0.81 | 0.82 | 0.83 | 0.83 | 0.82 |
| 3050 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.93 | 0.90 | 0.86 | 0.88 | 0.89 | 0.88 | 0.87 |
| 3100 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.96 | 0.94 | 0.92 | 0.94 | 0.94 | 0.94 | 0.93 |
| 3150 | 0.99 | 0.98 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.97 | 0.98 | 0.97 | 0.98 |
| 3250 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.03 |
| 3300 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.05 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.05 |
| 3350 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.06 | 1.07 | 1.05 | 1.06 | 1.07 | 1.06 |
| 3400 | 1.02 | 1.02 | 1.01 | 1.01 | 1.07 | 1.08 | 1.06 | 1.10 | 1.08 | 1.07 |
| 3450 | 1.03 | 1.04 | 1.02 | 1.03 | 1.10 | 1.12 | 1.10 | 1.12 | 1.11 | 1.10 |
| 3500 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.15 | 1.16 | 1.16 | 1.18 | 1.16 | 1.15 |
| 3600 | 1.07 | 1.08 | 1.07 | 1.08 | 1.20 | 1.18 | 1.21 | 1.23 | 1.22 | 1.20 |
| 3700 | 1.12 | 1.12 | 1.10 | 1.10 | 1.25 | 1.23 | 1.28 | 1.29 | 1.26 | 1.23 |
| 3800 | 1.20 | 1.26 | 1.25 | 1.23 | 1.37 | 1.43 | 1.41 | 1.38 | 1.35 | 1.31 |

| λ, А | 022022 | 040370 | 040689 | 040729 | 040771 | 011511 | 040733 | 040777 | 040780 | 040827 |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2450 | — | — | — | 0.34 | — | — | — | — | — | — |
| 2500 | — | 0.36 | — | 0.40 | — | — | 0.40 | — | — | — |
| 2550 | — | 0.40 | 0.43 | 0.44 | — | — | 0.45 | 0.39 | 0.52 | 0.33 |
| 2600 | — | 0.22 | 0.48 | 0.50 | 0.49 | 0.35 | 0.51 | 0.48 | 0.38 | 0.36 |
| 2650 | 0.53 | 0.50 | 0.52 | 0.48 | 0.54 | 0.41 | 0.56 | 0.54 | 0.40 | 0.40 |
| 2700 | 0.59 | 0.57 | 0.55 | 0.43 | 0.58 | 0.48 | 0.47 | 0.54 | 0.47 | 0.46 |
| 2725 | 0.61 | 0.42 | 0.60 | 0.40 | 0.49 | 0.47 | 0.40 | 0.60 | 0.48 | 0.44 |
| 2750 | 0.60 | 0.31 | 0.63 | 0.35 | 0.42 | 0.42 | 0.45 | 0.60 | 0.33 | 0.43 |
| 2775 | 0.57 | 0.41 | 0.63 | 0.37 | 0.46 | 0.49 | 0.46 | 0.60 | 0.31 | 0.41 |
| 2800 | 0.54 | 0.24 | 0.57 | 0.28 | 0.38 | 0.39 | 0.38 | 0.48 | 0.22 | 0.40 |
| 2850 | 0.68 | 0.44 | 0.55 | 0.47 | 0.53 | 0.50 | 0.54 | 0.52 | 0.37 | 0.44 |
| 2900 | 0.77 | 0.73 | 0.64 | 0.76 | 0.63 | 0.70 | 0.74 | 0.76 | 0.55 | 0.70 |
| 2950 | 0.82 | 0.77 | 0.81 | 0.73 | 0.81 | 0.74 | 0.74 | 0.79 | 0.67 | 0.62 |
| 2970 | 0.83 | 0.78 | 0.82 | 0.77 | 0.82 | 0.76 | 0.67 | 0.81 | 0.71 | 0.64 |
| 3000 | 0.84 | 0.81 | 0.85 | 0.85 | 0.85 | 0.79 | 0.81 | 0.83 | 0.79 | 0.78 |
| 3050 | 0.89 | 0.86 | 0.90 | 0.90 | 0.90 | 0.85 | 0.86 | 0.88 | 0.84 | 0.85 |
| 3100 | 0.93 | 0.92 | 0.93 | 0.94 | 0.95 | 0.91 | 0.93 | 0.93 | 0.91 | 0.91 |
| 3150 | 0.98 | 0.96 | 0.98 | 0.98 | 0.98 | 0.96 | 0.96 | 0.97 | 0.96 | 0.96 |
| 3250 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.03 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.03 | 1.04 | 1.04 |
| 3300 | 1.04 | 1.06 | 1.05 | 1.04 | 1.04 | 1.05 | 1.06 | 1.05 | 1.06 | 1.06 |
| 3350 | 1.04 | 1.07 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.08 | 1.08 | 1.06 | 1.07 | 1.08 |
| 3400 | 1.05 | 1.10 | 1.06 | 1.05 | 1.05 | 1.09 | 1.10 | 1.06 | 1.08 | 1.11 |
| 3450 | 1.07 | 1.14 | 1.09 | 1.08 | 1.08 | 1.14 | 1.15 | 1.09 | 1.12 | 1.15 |
| 3500 | 1.12 | 1.20 | 1.14 | 1.13 | 1.12 | 1.22 | 1.20 | 1.13 | 1.19 | 1.22 |
| 3600 | 1.15 | 1.23 | 1.17 | 1.18 | 1.17 | 1.26 | 1.21 | 1.15 | 1.25 | 1.29 |
| 3700 | 1.23 | 1.25 | 1.22 | 1.23 | 1.25 | 1.36 | 1.25 | 1.19 | 1.31 | 1.38 |
| 3800 | 1.35 | 1.32 | 1.34 | 1.36 | 1.39 | 1.62 | 1.37 | 1.33 | 1.51 | 1.60 |

Таблица 4 (продолжение)

| $\lambda, \text{ \AA}$ | 040830 | 040836 | 011547 | 011602 | 040124 | 040856 | 011401 | 011507 | 011515 | 011544 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2400 | 0.22 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2450 | 0.23 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2500 | 0.27 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2550 | 0.30 | — | — | — | 0.30 | — | — | — | — | — |
| 2600 | 0.35 | 0.37 | 0.34 | 0.35 | 0.25 | 0.31 | — | 0.34 | 0.29 | 0.30 |
| 2650 | 0.39 | 0.41 | 0.39 | 0.39 | 0.39 | 0.37 | — | 0.38 | 0.32 | 0.33 |
| 2700 | 0.34 | 0.43 | 0.38 | 0.45 | 0.37 | 0.42 | 0.38 | 0.43 | 0.37 | 0.36 |
| 2725 | 0.35 | 0.46 | 0.37 | 0.43 | 0.34 | 0.44 | 0.41 | 0.45 | 0.36 | 0.38 |
| 2750 | 0.32 | 0.47 | 0.37 | 0.39 | 0.30 | 0.46 | 0.43 | 0.46 | 0.33 | 0.41 |
| 2775 | 0.33 | 0.38 | 0.38 | 0.36 | 0.34 | 0.48 | 0.46 | 0.42 | 0.39 | 0.43 |
| 2800 | 0.25 | 0.38 | 0.39 | 0.38 | 0.25 | 0.38 | 0.49 | 0.37 | 0.30 | 0.46 |
| 2850 | 0.40 | 0.51 | 0.42 | 0.58 | 0.42 | 0.48 | 0.53 | 0.47 | 0.52 | 0.52 |
| 2900 | 0.58 | 0.69 | 0.56 | 0.63 | 0.66 | 0.66 | 0.57 | 0.64 | 0.58 | 0.57 |
| 2950 | 0.74 | 0.67 | 0.71 | 0.72 | 0.65 | 0.70 | 0.63 | 0.70 | 0.63 | 0.63 |
| 2970 | 0.70 | 0.66 | 0.73 | 0.74 | 0.63 | 0.72 | 0.64 | 0.71 | 0.64 | 0.64 |
| 3000 | 0.71 | 0.78 | 0.77 | 0.77 | 0.66 | 0.76 | 0.68 | 0.75 | 0.69 | 0.68 |
| 3050 | 0.85 | 0.86 | 0.83 | 0.84 | 0.80 | 0.82 | 0.75 | 0.80 | 0.75 | 0.74 |
| 3100 | 0.91 | 0.91 | 0.90 | 0.90 | 0.67 | 0.89 | 0.83 | 0.86 | 0.85 | 0.84 |
| 3150 | 0.96 | 0.96 | 0.94 | 0.95 | 0.93 | 0.95 | 0.92 | 0.93 | 0.92 | 0.92 |
| 3250 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.04 | 1.05 | 1.05 | 1.07 | 1.05 | 1.06 | 1.07 |
| 3300 | 1.06 | 1.06 | 1.07 | 1.06 | 1.09 | 1.09 | 1.14 | 1.09 | 1.12 | 1.13 |
| 3350 | 1.08 | 1.08 | 1.11 | 1.09 | 1.12 | 1.13 | 1.18 | 1.12 | 1.18 | 1.17 |
| 3400 | 1.10 | 1.10 | 1.14 | 1.12 | 1.15 | 1.16 | 1.24 | 1.16 | 1.20 | 1.23 |
| 3450 | 1.15 | 1.14 | 1.20 | 1.18 | 1.20 | 1.21 | 1.32 | 1.21 | 1.28 | 1.31 |
| 3500 | — | 1.20 | 1.28 | 1.25 | 1.29 | 1.29 | 1.45 | 1.29 | 1.37 | 1.43 |
| 3600 | — | 1.26 | 1.37 | 1.34 | 1.35 | 1.38 | 1.55 | 1.36 | 1.48 | 1.57 |
| 3700 | — | 1.34 | 1.41 | 1.41 | 1.38 | 1.47 | 1.68 | 1.48 | 1.60 | 1.70 |
| 3800 | — | 1.54 | 1.66 | 1.62 | 1.45 | 1.68 | 1.91 | 1.66 | 1.91 | 1.95 |

| $\lambda, \text{ \AA}$ | 022028 | 040053 | 040142 | 040146 | 040158 | 040213 | 040289 | 040726 | 040742 | 040769 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2450 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2500 | — | — | — | — | 0.20 | — | — | — | — | — |
| 2550 | — | — | 0.28 | 0.24 | 0.17 | — | 0.25 | 0.21 | — | — |
| 2600 | — | 0.28 | 0.30 | 0.20 | 0.25 | 0.26 | 0.29 | 0.26 | — | 0.21 |
| 2650 | — | 0.30 | 0.33 | 0.21 | 0.30 | 0.29 | 0.34 | 0.26 | 0.34 | 0.20 |
| 2700 | 0.39 | 0.24 | 0.33 | 0.40 | 0.29 | 0.26 | 0.25 | 0.19 | 0.38 | 0.17 |
| 2725 | 0.41 | 0.22 | 0.34 | 0.37 | 0.33 | 0.30 | 0.25 | 0.19 | 0.41 | 0.19 |
| 2750 | 0.44 | 0.18 | 0.25 | 0.38 | 0.29 | 0.25 | 0.26 | 0.22 | 0.45 | 0.22 |
| 2775 | 0.46 | 0.23 | 0.39 | 0.41 | 0.38 | 0.38 | 0.36 | 0.25 | 0.43 | 0.27 |
| 2800 | 0.48 | 0.17 | 0.23 | 0.25 | 0.35 | 0.24 | 0.28 | 0.20 | 0.33 | 0.21 |
| 2850 | 0.52 | 0.25 | 0.38 | 0.35 | 0.39 | 0.35 | 0.51 | 0.26 | 0.44 | 0.42 |
| 2900 | 0.58 | 0.46 | 0.58 | 0.60 | 0.56 | 0.52 | 0.46 | 0.56 | 0.58 | 0.34 |
| 2950 | 0.63 | 0.52 | 0.55 | 0.54 | 0.55 | 0.56 | 0.46 | 0.63 | 0.49 | 0.25 |
| 2970 | 0.65 | 0.50 | 0.55 | 0.54 | 0.50 | 0.54 | 0.55 | 0.54 | 0.50 | 0.33 |
| 3000 | 0.68 | 0.53 | 0.69 | 0.58 | 0.66 | 0.65 | 0.65 | 0.69 | 0.57 | 0.43 |
| 3050 | 0.76 | 0.71 | 0.76 | 0.75 | 0.72 | 0.73 | 0.73 | 0.75 | 0.73 | 0.66 |
| 3100 | 0.85 | 0.80 | 0.83 | 0.83 | 0.82 | 0.83 | 0.82 | 0.85 | 0.82 | 0.79 |
| 3150 | 0.93 | 0.90 | 0.91 | 0.92 | 0.92 | 0.90 | 0.91 | 0.93 | 0.92 | 0.89 |
| 3250 | 1.07 | 1.07 | 1.06 | 1.07 | 1.08 | 1.05 | 1.07 | 1.06 | 1.08 | 1.08 |
| 3300 | 1.12 | 1.15 | 1.12 | 1.12 | 1.15 | 1.10 | 1.14 | 1.13 | 1.15 | 1.15 |
| 3350 | 1.17 | 1.19 | 1.18 | 1.17 | 1.20 | 1.15 | 1.22 | 1.19 | 1.22 | 1.25 |
| 3400 | 1.23 | 1.26 | 1.29 | 1.20 | 1.28 | 1.23 | 1.26 | 1.24 | 1.28 | 1.35 |
| 3450 | 1.29 | 1.34 | 1.29 | 1.26 | 1.36 | 1.31 | 1.35 | 1.32 | 1.38 | 1.48 |
| 3500 | 1.38 | 1.44 | 1.38 | 1.34 | 1.48 | 1.42 | 1.45 | 1.41 | 1.47 | 1.66 |
| 3600 | 1.50 | 1.48 | 1.46 | 1.42 | 1.62 | 1.53 | 1.55 | 1.51 | 1.59 | 2.00 |
| 3700 | 1.58 | 1.55 | 1.53 | 1.51 | 1.75 | 1.66 | 1.70 | 1.62 | 1.67 | 2.24 |
| 3800 | 1.78 | 1.66 | 1.91 | 1.80 | 1.97 | 1.92 | 1.96 | 1.86 | 1.98 | 2.51 |

| $\lambda, \text{ \AA}$ | 040818 | 040859 | 040921 | 021832 | 040242 | 040305 | 010329 | 040352 | 040196 | 040341 |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2450 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2500 | 0.19 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2550 | 0.20 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2600 | 0.22 | — | 0.30 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2650 | 0.26 | — | 0.35 | 0.23 | 0.23 | 0.22 | 0.23 | 0.18 | — | — |
| 2700 | 0.22 | — | 0.43 | 0.23 | 0.28 | 0.27 | 0.26 | 0.23 | 0.19 | 0.21 |
| 2725 | 0.18 | — | 0.37 | 0.26 | 0.29 | 0.25 | 0.26 | 0.23 | 0.22 | 0.23 |
| 2750 | 0.20 | 0.43 | 0.32 | 0.28 | 0.32 | 0.25 | 0.25 | 0.22 | 0.26 | 0.25 |
| 2775 | 0.20 | 0.39 | 0.44 | 0.29 | 0.34 | 0.24 | 0.25 | 0.24 | 0.29 | 0.27 |
| 2800 | 0.15 | 0.34 | 0.34 | 0.31 | 0.36 | 0.16 | 0.26 | 0.18 | 0.33 | 0.30 |
| 2850 | 0.22 | 0.43 | 0.51 | 0.38 | 0.42 | 0.27 | 0.44 | 0.36 | 0.40 | 0.37 |
| 2900 | 0.52 | 0.56 | 0.62 | 0.46 | 0.47 | 0.49 | 0.41 | 0.48 | 0.45 | 0.43 |
| 2950 | 0.37 | 0.62 | 0.67 | 0.52 | 0.52 | 0.34 | 0.33 | 0.41 | 0.51 | 0.48 |
| 2970 | 0.43 | 0.63 | 0.68 | 0.54 | 0.54 | 0.40 | 0.36 | 0.33 | 0.53 | 0.51 |
| 3000 | 0.45 | 0.67 | 0.71 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.58 | 0.46 | 0.57 | 0.55 |
| 3050 | 0.63 | 0.74 | 0.78 | 0.65 | 0.67 | 0.68 | 0.66 | 0.66 | 0.64 | 0.64 |
| 3100 | 0.79 | 0.83 | 0.86 | 0.76 | 0.77 | 0.79 | 0.77 | 0.77 | 0.75 | 0.76 |
| 3150 | 0.90 | 0.92 | 0.93 | 0.88 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.89 | 0.86 | 0.87 |
| 3250 | 1.08 | 1.08 | 1.06 | 1.12 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.09 | 1.12 | 1.10 |
| 3300 | 1.16 | 1.14 | 1.10 | 1.23 | 1.18 | 1.17 | 1.18 | 1.18 | 1.26 | 1.20 |
| 3350 | 1.25 | 1.19 | 1.14 | 1.36 | 1.25 | 1.24 | 1.28 | 1.27 | 1.42 | 1.29 |
| 3400 | 1.31 | 1.25 | 1.18 | 1.48 | 1.32 | 1.32 | 1.38 | 1.37 | 1.59 | 1.41 |
| 3450 | 1.41 | 1.32 | 1.26 | 1.65 | 1.44 | 1.41 | 1.51 | 1.51 | 1.77 | 1.57 |
| 3500 | 1.51 | 1.40 | 1.34 | 1.80 | 1.55 | 1.52 | 1.65 | 1.66 | 1.97 | 1.72 |
| 3600 | 1.70 | 1.51 | 1.45 | 1.98 | 1.74 | 1.64 | 1.85 | 1.85 | 2.23 | 1.96 |
| 3700 | 1.86 | 1.65 | 1.48 | 2.27 | 1.92 | 1.81 | 2.01 | 2.09 | 2.42 | 2.23 |
| 3800 | 2.09 | 1.86 | 1.66 | 2.75 | 2.25 | 2.08 | 2.36 | 2.34 | 2.74 | 2.56 |

SAO 022122, распределение энергии которой очень хорошо совпадает со средней кривой, соответствующей классу F2. Это свидетельствует о том, что эта звезда скорее всего принадлежит спектральному классу F2, нежели F0.

F2. Разброс точек в распределении энергии непрерывных спектров имеющихся пяти звезд данной работы и еще одной из [6] (рис. 1) невелик. Одна из этих звезд — SAO 011393 — в каталоге SAO классифицирована как F. Полученное нами относительное распределение энергии непрерывного спектра этой звезды хорошо согласуется со средней кривой распределения энергии спектрального класса F2.

F5. На рис. 2 приведены распределения энергии 15 звезд спектрального класса F5 (4 взяты из работы [6]). Распределения энергии двух из них, SAO 011417 и SAO 011523, заметно отклоняются от средней кривой. Исходя из этого, можно предположить, что они принадлежат к спектральному классу позднее F5. К тому же в [7, 8] они классифицированы как F5 и F7 V соответственно.

F8. Распределения энергий двух звезд — SAO 040733 и SAO 040777 — из десяти (три из [6]) звезд спектрального класса F8 (рис. 2) хорошо согласуются со средней кривой спектрального класса F5. По-видимому, эти две звезды принадлежат спектральному типу F5.

G0. Были исследованы 4 звезды спектрального класса G0 (рис. 3).

Разброс точек вокруг средней кривой в этом случае оказался невелик.

G5. Распределения энергии непрерывного спектра имеющих 19 звезд класса G5 (две взяты из [6]) представлены на рис. 3. В них имеются случаи значительных отклонений от средней кривой. Это относится к звездам SAO 011507, 040146, 040769, 040818 и 040921. По всей вероятности, это следствие недостаточно точной классификации этих звезд. Распределение энергии в спектре SAO 011507 хорошо согласуется со средней кривой, соответствующей классу G0. Кроме того, на основании фотоэлектрических и фотометрических данных эта звезда классифицирована как G0 V [8].

Распределения энергии двух звезд, SAO 040146 и SAO 040921, заметно отклоняются от средней кривой G5 и находятся между средними кривыми для типов G0 и G5. Эти звезды принадлежат скорее всего классу G2. Распределения энергии в случае звезд SAO 040769 и SAO 040818 отклоняются от средней кривой в сторону более поздних классов и находятся между средними кривыми классов G5 и K0, скорее всего G8. Заметим, что звезда SAO 040818 в каталоге Бичвара классифицирована как gG8.

K0. Шесть из исследованных нами звезд (одна взята из работы [6]) относятся к спектральному классу K0; результаты измерений их непрерыв-

Таблица 5

Относительные потоки излучения F_{λ} в спектрах звезд (обозначения по списку [3]) неизвестных спектральных классов (поток на 3200 Å принят за единицу)

| $\lambda, \text{Å}$ | 30 | 103 | 173 | 381 | 384 | 387 | 471 | 520 | 556 | 640 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | — | — | — | — | — | 0.68 | — | — | — |
| 2400 | — | — | — | — | — | — | 0.69 | — | — | — |
| 2450 | — | 0.66 | — | — | — | — | 0.73 | 0.72 | 0.34 | 0.68 |
| 2500 | — | 0.72 | — | — | — | 0.69 | 0.75 | 0.74 | 0.39 | 0.72 |
| 2550 | 0.69 | 0.75 | — | — | — | 0.70 | 0.76 | 0.75 | 0.43 | 0.74 |
| 2600 | 0.74 | 0.78 | — | — | — | 0.75 | 0.77 | 0.76 | 0.48 | 0.79 |
| 2650 | 0.76 | 0.80 | — | — | — | 0.78 | 0.78 | 0.77 | 0.54 | 0.81 |
| 2703 | 0.66 | 0.63 | 0.39 | 0.38 | 0.40 | 0.70 | 0.80 | 0.68 | 0.59 | 0.83 |
| 2725 | 0.64 | 0.61 | 0.42 | 0.40 | 0.44 | 0.65 | 0.76 | 0.63 | 0.45 | 0.66 |
| 2750 | 0.58 | 0.57 | 0.44 | 0.43 | 0.47 | 0.58 | 0.65 | 0.55 | 0.40 | 0.59 |
| 2775 | 0.59 | 0.63 | 0.45 | 0.45 | 0.48 | 0.61 | 0.71 | 0.60 | 0.39 | 0.67 |
| 2800 | 0.39 | 0.46 | 0.41 | 0.48 | 0.46 | 0.51 | 0.50 | 0.48 | 0.32 | 0.52 |
| 2850 | 0.56 | 0.58 | 0.54 | 0.52 | 0.56 | 0.70 | 0.69 | 0.66 | 0.47 | 0.68 |
| 2900 | 0.89 | 0.91 | 0.48 | 0.56 | 0.60 | 0.67 | 0.92 | 0.90 | 0.76 | 0.85 |
| 2950 | 0.91 | 0.93 | 0.53 | 0.60 | 0.43 | 0.93 | 0.95 | 0.92 | 0.74 | 0.93 |
| 2970 | 0.91 | 0.93 | 0.54 | 0.62 | 0.52 | 0.95 | 0.95 | 0.92 | 0.71 | 0.94 |
| 3000 | 0.92 | 0.94 | 0.68 | 0.66 | 0.52 | 0.95 | 0.96 | 0.94 | 0.73 | 0.95 |
| 3050 | 0.94 | 0.96 | 0.75 | 0.72 | 0.78 | 0.97 | 0.98 | 0.96 | 0.88 | 0.97 |
| 3100 | 0.98 | 0.99 | 0.84 | 0.83 | 0.86 | 0.99 | 1.00 | 0.99 | 0.94 | 1.00 |
| 3150 | 1.00 | 1.00 | 0.92 | 0.93 | 0.93 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 1.00 |
| 3250 | 1.00 | 1.00 | 1.07 | 1.08 | 1.07 | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 1.03 | 1.00 |
| 3300 | 1.01 | 1.00 | 1.12 | 1.14 | 1.12 | 1.01 | 0.99 | 1.01 | 1.05 | 0.99 |
| 3350 | 1.00 | 0.99 | 1.17 | 1.20 | 1.16 | 1.00 | 0.99 | 1.00 | 1.06 | 0.98 |
| 3400 | 1.00 | 1.00 | 1.21 | 1.26 | 1.20 | 1.00 | 0.98 | 0.99 | 1.07 | 0.96 |
| 3450 | 1.01 | 0.98 | 1.31 | 1.35 | 1.26 | 1.01 | 0.98 | 1.01 | 1.09 | 0.98 |
| 3500 | 1.03 | 1.01 | 1.41 | 1.47 | 1.36 | 1.02 | 0.99 | 1.04 | 1.14 | 1.00 |
| 3600 | 1.04 | 1.02 | 1.59 | 1.66 | 1.48 | 1.04 | 1.00 | 1.05 | 1.17 | 1.01 |
| 3700 | 1.05 | 1.05 | 1.73 | 1.82 | 1.62 | 1.05 | 1.01 | 1.08 | 1.26 | 1.02 |
| 3800 | 1.15 | 1.18 | 2.00 | 2.07 | 1.95 | 1.19 | 1.07 | 1.20 | 1.35 | 1.15 |

| г. А | 676 | 685 | 697 | 717 | 720 | 751 | 759 | 767 | 791 | 807 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2400 | — | — | 0.68 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2450 | — | — | 0.70 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2500 | — | 0.70 | 0.72 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2550 | 0.68 | 0.72 | 0.74 | — | — | — | — | — | — | — |
| 2600 | 0.74 | 0.76 | 0.76 | — | — | 0.51 | 0.68 | 0.68 | 0.35 | 0.39 |
| 2650 | 0.79 | 0.77 | 0.78 | 0.71 | 0.66 | 0.57 | 0.71 | 0.68 | 0.39 | 0.42 |
| 2700 | 0.81 | 0.81 | 0.79 | 0.76 | 0.71 | 0.60 | 0.52 | 0.60 | 0.46 | 0.36 |
| 2725 | 0.76 | 0.63 | 0.59 | 0.71 | 0.65 | 0.54 | 0.47 | 0.65 | 0.48 | 0.38 |
| 2750 | 0.60 | 0.55 | 0.51 | 0.66 | 0.56 | 0.48 | 0.44 | 0.69 | 0.50 | 0.34 |
| 2775 | 0.52 | 0.47 | 0.54 | 0.60 | 0.52 | 0.54 | 0.47 | 0.70 | 0.52 | 0.37 |
| 2800 | 0.42 | 0.34 | 0.42 | 0.57 | 0.47 | 0.34 | 0.38 | 0.69 | 0.51 | 0.29 |
| 2850 | 0.58 | 0.62 | 0.62 | 0.58 | 0.76 | 0.70 | 0.62 | 0.76 | 0.55 | 0.46 |
| 2900 | 0.67 | 0.91 | 0.90 | 0.88 | 0.85 | 0.76 | 0.88 | 0.87 | 0.69 | 0.61 |
| 2950 | 0.77 | 0.93 | 0.91 | 0.91 | 0.87 | 0.80 | 0.67 | 0.89 | 0.56 | 0.50 |
| 2970 | 0.84 | 0.94 | 0.92 | 0.92 | 0.88 | 0.82 | 0.72 | 0.90 | 0.58 | 0.60 |
| 3000 | 0.95 | 0.94 | 0.93 | 0.93 | 0.89 | 0.84 | 0.91 | 0.91 | 0.78 | 0.78 |
| 3050 | 0.97 | 0.95 | 0.95 | 0.95 | 0.94 | 0.89 | 0.94 | 0.93 | 0.84 | 0.85 |
| 3100 | 1.00 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.97 | 0.94 | 0.97 | 0.97 | 0.89 | 0.91 |
| 3150 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.99 | 0.94 | 0.96 |
| 3250 | 1.00 | 1.01 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.03 | 1.01 | 1.02 | 1.04 | 1.03 |
| 3300 | 0.99 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.02 | 1.05 | 1.01 | 1.01 | 1.06 | 1.06 |
| 3350 | 0.98 | 1.00 | 1.00 | 0.99 | 1.02 | 1.06 | 1.01 | 1.01 | 1.08 | 1.07 |
| 3400 | 0.96 | 1.00 | 0.99 | 0.96 | 1.02 | 1.07 | 1.02 | 1.01 | 1.10 | 1.08 |
| 3450 | 0.96 | 1.00 | 1.01 | 0.98 | 1.04 | 1.10 | 1.03 | 1.02 | 1.15 | 1.15 |
| 3500 | 0.96 | 1.03 | 1.02 | 1.01 | 1.07 | 1.15 | 1.06 | 1.05 | 1.22 | 1.22 |
| 3500 | 1.00 | 1.03 | 1.03 | 1.02 | 1.12 | 1.20 | 1.10 | 1.07 | 1.26 | 1.29 |
| 3700 | 1.02 | 1.04 | 1.07 | 1.04 | 1.15 | 1.26 | 1.12 | 1.10 | 1.33 | 1.39 |
| 3800 | 1.10 | 1.14 | 1.18 | 1.12 | 1.26 | 1.41 | 1.29 | 1.24 | 1.51 | 1.62 |

| г. А | 817 | 889 | 952 | 1032 | 1113 | 1150 | 1200 | 1342 | 1490 | 1693 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.58 | — |
| 2450 | — | 0.71 | — | — | — | — | — | — | 0.60 | — |
| 2500 | — | 0.72 | — | — | — | — | — | 0.41 | 0.65 | — |
| 2550 | 0.76 | 0.74 | — | — | — | 0.63 | 0.45 | 0.44 | 0.67 | — |
| 2600 | 0.79 | 0.75 | — | 0.72 | — | 0.71 | 0.50 | 0.49 | 0.48 | 0.38 |
| 2650 | 0.81 | 0.77 | 0.44 | 0.73 | 0.76 | 0.75 | 0.54 | 0.55 | 0.72 | 0.42 |
| 2700 | 0.83 | 0.64 | 0.47 | 0.68 | 0.79 | 0.67 | 0.61 | 0.44 | 0.62 | 0.48 |
| 2725 | 0.83 | 0.59 | 0.50 | 0.68 | 0.70 | 0.61 | 0.63 | 0.34 | 0.55 | 0.46 |
| 2750 | 0.69 | 0.55 | 0.52 | 0.62 | 0.65 | 0.46 | 0.65 | 0.31 | 0.60 | 0.44 |
| 2775 | 0.70 | 0.60 | 0.52 | 0.55 | 0.64 | 0.54 | 0.55 | 0.30 | 0.50 | 0.46 |
| 2800 | 0.49 | 0.39 | 0.44 | 0.53 | 0.51 | 0.45 | 0.37 | 0.26 | 0.39 | 0.34 |
| 2850 | 0.71 | 0.66 | 0.47 | 0.75 | 0.60 | 0.68 | 0.55 | 0.43 | 0.65 | 0.64 |
| 2900 | 0.93 | 0.91 | 0.68 | 0.89 | 0.78 | 0.89 | 0.70 | 0.76 | 0.91 | 0.71 |
| 2950 | 0.94 | 0.93 | 0.72 | 0.90 | 0.91 | 0.91 | 0.79 | 0.64 | 0.92 | 0.77 |
| 2970 | 0.94 | 0.94 | 0.73 | 0.91 | 0.91 | 0.91 | 0.81 | 0.63 | 0.92 | 0.79 |
| 3000 | 0.95 | 0.94 | 0.76 | 0.92 | 0.92 | 0.91 | 0.83 | 0.83 | 0.93 | 0.81 |
| 3050 | 0.96 | 0.98 | 0.82 | 0.96 | 0.95 | 0.92 | 0.88 | 0.88 | 0.97 | 0.85 |
| 3100 | 0.99 | 0.99 | 0.87 | 0.99 | 0.98 | 0.96 | 0.94 | 0.93 | 0.99 | 0.91 |
| 3150 | 1.00 | 1.00 | 0.93 | 1.00 | 0.99 | 0.99 | 0.98 | 0.98 | 1.00 | 0.96 |
| 3250 | 1.00 | 1.00 | 1.04 | 1.00 | 1.00 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.00 | 1.04 |
| 3300 | 1.00 | 1.00 | 1.07 | 0.98 | 1.00 | 1.02 | 1.05 | 1.05 | 1.00 | 1.07 |
| 3350 | 0.99 | 1.01 | 1.10 | 0.98 | 1.03 | 1.01 | 1.06 | 1.06 | 0.99 | 1.08 |
| 3400 | 0.98 | 1.00 | 1.13 | 0.96 | 1.00 | 1.01 | 1.06 | 1.07 | 0.98 | 1.10 |
| 3450 | 0.99 | 1.01 | 1.18 | 0.96 | 1.01 | 1.02 | 1.10 | 1.10 | 0.99 | 1.15 |
| 3500 | 1.00 | 1.03 | 1.25 | 0.99 | 1.02 | 1.05 | 1.14 | 1.14 | 1.01 | 1.23 |
| 3600 | 1.02 | 1.05 | 1.33 | 1.01 | 1.03 | 1.06 | 1.18 | 1.19 | 1.02 | 1.30 |
| 3700 | 1.03 | 1.07 | 1.38 | 1.02 | 1.06 | 1.09 | 1.22 | 1.24 | 1.05 | 1.36 |
| 3800 | 1.15 | 1.18 | 1.55 | 1.06 | 1.18 | 1.23 | 1.35 | 1.34 | 1.18 | 1.57 |

Таблица 5 (продолжение)

| λ, A | 1731 | 1737 | 1853 | 1888 | 1968 | 2016 | 2070 | 2106 |
|---------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2300 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2350 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2400 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2450 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2500 | — | — | 0.62 | — | — | — | — | — |
| 2550 | 0.59 | — | 0.63 | — | 0.61 | — | 0.68 | 0.70 |
| 2600 | 0.62 | 0.52 | 0.66 | 0.51 | 0.65 | 0.74 | 0.72 | 0.74 |
| 2650 | 0.65 | 0.55 | 0.69 | 0.55 | 0.68 | 0.78 | 0.77 | 0.79 |
| 2700 | 0.68 | 0.59 | 0.60 | 0.55 | 0.66 | 0.79 | 0.79 | 0.55 |
| 2725 | 0.66 | 0.53 | 0.56 | 0.56 | 0.60 | 0.68 | 0.58 | 0.49 |
| 2750 | 0.63 | 0.46 | 0.50 | 0.54 | 0.63 | 0.64 | 0.51 | 0.56 |
| 2775 | 0.70 | 0.45 | 0.65 | 0.45 | 0.55 | 0.60 | 0.45 | 0.57 |
| 2800 | 0.47 | 0.48 | 0.46 | 0.34 | 0.46 | 0.59 | 0.34 | 0.35 |
| 2850 | 0.63 | 0.69 | 0.55 | 0.55 | 0.66 | 0.66 | 0.51 | 0.56 |
| 2900 | 0.78 | 0.76 | 0.65 | 0.63 | 0.87 | 0.89 | 0.68 | 0.76 |
| 2950 | 0.81 | 0.79 | 0.75 | 0.70 | 0.88 | 0.91 | 0.90 | 0.91 |
| 2970 | 0.82 | 0.81 | 0.79 | 0.75 | 0.89 | 0.91 | 0.92 | 0.92 |
| 3000 | 0.85 | 0.83 | 0.89 | 0.83 | 0.90 | 0.92 | 0.93 | 0.93 |
| 3050 | 0.89 | 0.88 | 0.93 | 0.88 | 0.93 | 0.95 | 0.96 | 0.95 |
| 3100 | 0.94 | 0.93 | 0.96 | 0.93 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 0.98 |
| 3150 | 0.98 | 0.98 | 0.99 | 0.97 | 0.98 | 0.99 | 1.00 | 1.00 |
| 3250 | 1.02 | 1.03 | 1.01 | 1.03 | 1.01 | 1.01 | 1.01 | 1.00 |
| 3300 | 1.03 | 1.05 | 1.01 | 1.05 | 1.02 | 1.01 | 1.00 | 1.00 |
| 3350 | 1.04 | 1.06 | 1.02 | 1.06 | 1.02 | 1.01 | 0.99 | 1.00 |
| 3400 | 1.04 | 1.07 | 1.02 | 1.07 | 1.02 | 1.00 | 0.98 | 1.00 |
| 3450 | 1.05 | 1.10 | 1.04 | 1.10 | 1.05 | 1.02 | 0.98 | 1.00 |
| 3500 | 1.10 | 1.16 | 1.06 | 1.15 | 1.09 | 1.04 | 1.00 | 1.01 |
| 3600 | 1.12 | 1.21 | 1.09 | 1.20 | 1.10 | 1.05 | 1.01 | 1.00 |
| 3700 | 1.18 | 1.26 | 1.11 | 1.24 | 1.13 | 1.07 | 1.04 | 1.00 |
| 3800 | 1.28 | 1.33 | 1.23 | 1.38 | 1.26 | 1.18 | 1.14 | 1.07 |

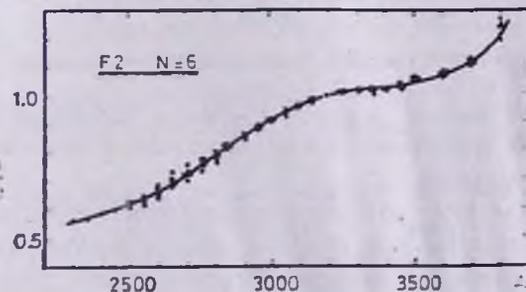
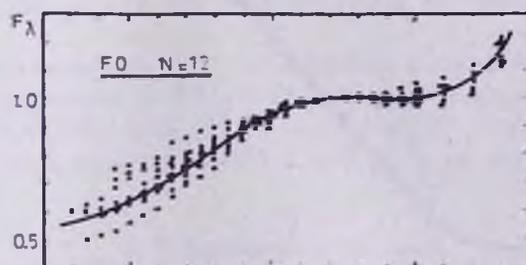


Рис. 1. Наблюдаемые распределения энергии в ультрафиолетовых спектрах звезд спектральных классов F0—F2 без учета депрессии (точки). Сплошные линии — средние кривые распределения энергии тех же спектральных классов.

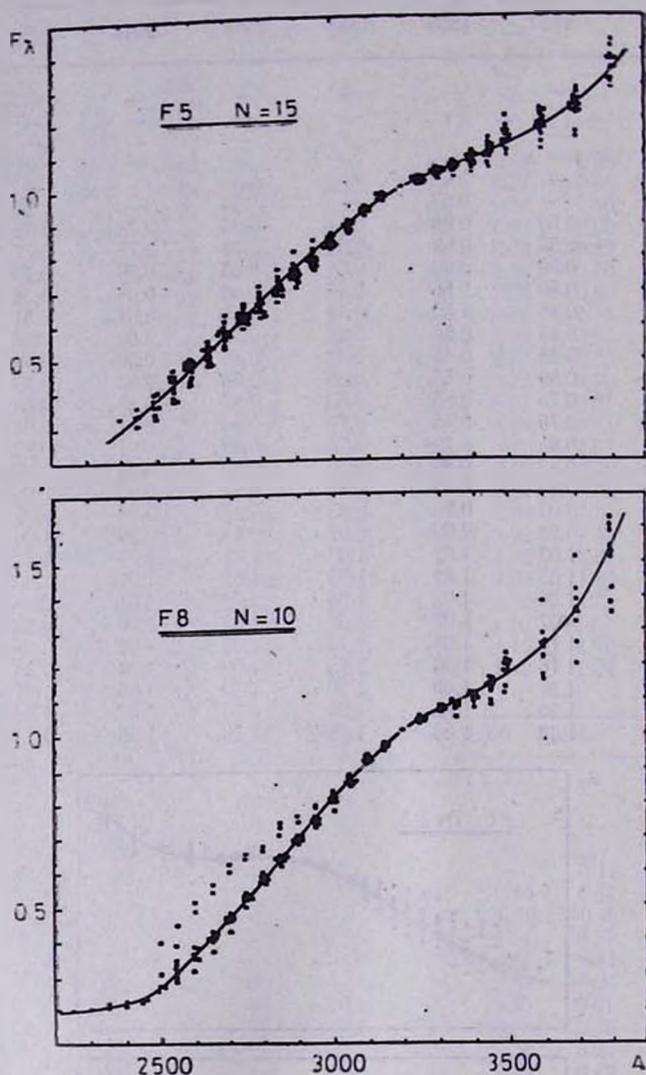


Рис. 2. То же, что и на рис. 1, для спектральных классов F5—F8.

ных спектров представлены на рис. 4. Разброс точек вокруг средней кривой в коротковолновой части спектра невелик, однако в области $\lambda > 3400 \text{ \AA}$ он становится значительным.

K2. Найденные нами распределения энергии в спектрах двух звезд спектрального класса K2 представлены на рис. 4. Результаты для обеих звезд оказались почти совпадающими друг с другом. Сводка полученных нами результатов по усредненным величинам \bar{F}_λ — по относительному распределению энергии в непрерывных спектрах звезд спектральных классов F0, F2, F5, F8, G0, G5, K0 и K2 — представлена в табл. 6. Среднеквадра-

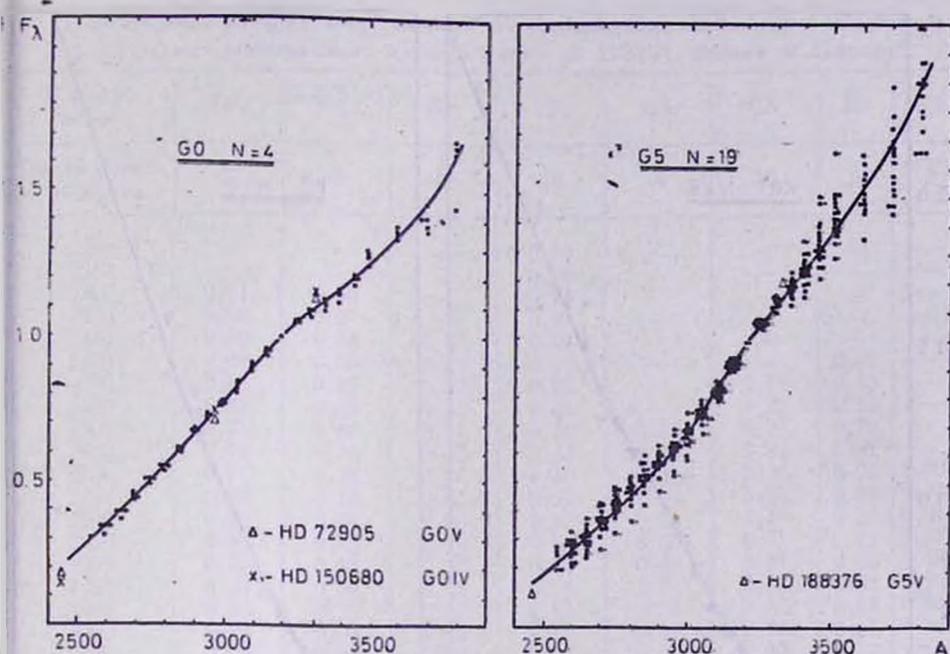


Рис. 3. Наблюдаемые распределения энергии в ультрафиолетовых спектрах звезд спектральных классов G0—G5 (точки). Сплошные линии — средние кривые распределения энергии тех же спектральных классов. Приведены также данные ОАО-2 [2] для звезд HD 72905, HD 150680, HD 188376.

тичный разброс в величинах \overline{F}_λ , найденный по данным N звезд для каждого подкласса, составляет ± 0.01 — 0.07 — на коротковолновой границе наших измерений (2500—2700 Å) и ± 0.01 — 0.05 — на длинноволновой (3600 Å) для звезд класса F0—G5 и ± 0.13 — 0.19 — для звезд K0—K2.

6. Сравнение с теорией

Перейдем к сравнению найденных нами средних кривых распределения энергии в непрерывных спектрах звезд класса F с теоретическими моделями звездных фотосфер, рассчитанными Парсонсом [9, 10] при различных величинах эффективной температуры и ускорения силы тяжести на ее поверхности.

На рис. 5 представлена средняя кривая распределения энергии в спектре звезд типа F0 (кружки) наряду с теоретической кривой при $T_{\text{eff}} = 6900^\circ\text{K}$ и $\lg g = 2$ [9] (сплошная линия). Там же нанесены результаты наблюдений ОАО-2 [1] для звезды HD 128898 класса F0 V и Gemini XI [11] для звезды α Car класса F0 Ia. В пределах ошибок измерений наши результаты оказались в хорошем согласии с теорией, а также с наблюдениями ОАО-2.

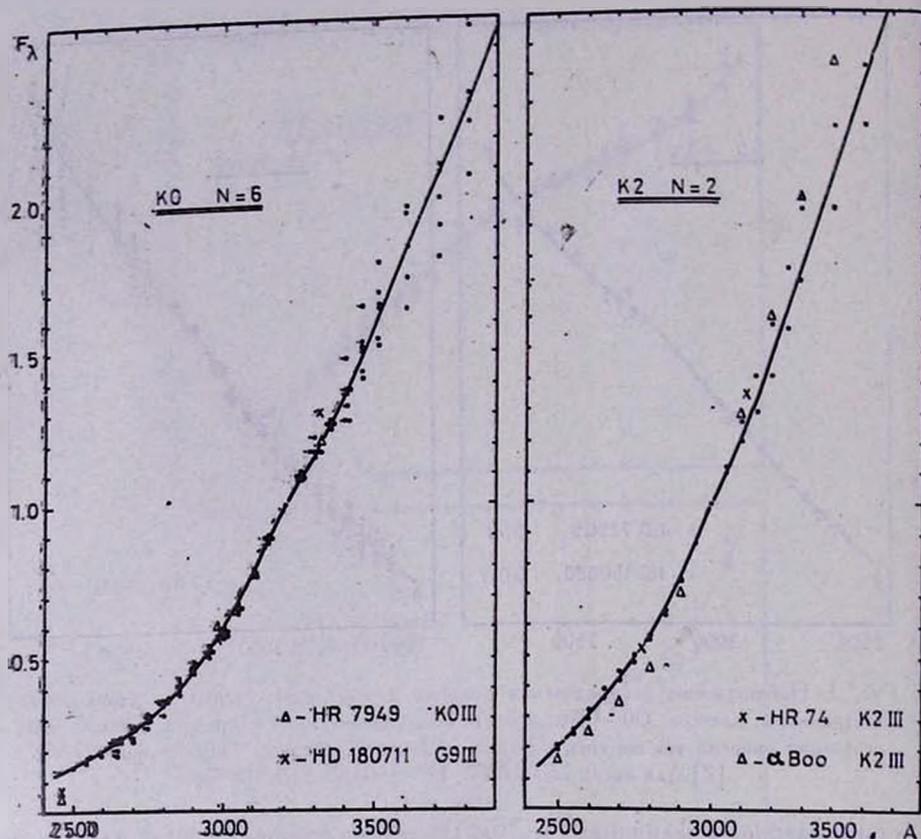


Рис. 4. То же, что и на рис. 3, для спектральных классов K0—K2. Приведены также данные ОАО-2 [1] и Аегорве 150 [12] для звезд HD 180711, HR 7949, HR 74 и α Boo.

На рис. 5 проводится аналогичное сравнение среднего наблюдаемого распределения \bar{F}_λ для звезд класса F2 (кружки) с теоретическими кривыми при $T_{\text{eff}} = 6900^\circ\text{K}$ и $\lg g = 2$ [9] и $T_{\text{eff}} = 6600^\circ\text{K}$ и $\lg g = 1.8$ [10]. Хотя найденное нами распределение оказалось между обеими теоретическими кривыми, однако наши наблюдения не могут быть представлены определенными величинами T_{eff} и $\lg g$, выведенными в результате простой интерполяции между указанными величинами. Мы полагаем, что найденные нами кривые \bar{F}_λ в случае звезд F0 и F2 соответствуют моделям, представленным на рис. 5 сплошными кривыми, а отклонения вызваны эффектом блокировки непрерывного спектра линиями поглощения, не учтенными в теоретической модели Парсонса.

Сравнение средней кривой распределения энергии в случае спектрального класса F5 (рис. 6) проводится с теоретической моделью при $T_{\text{eff}} = 6600^\circ\text{K}$ и $\lg g = 1.8$ [10], а также с наблюдениями ОАО-2 [1]

Таблица 6

Относительное распределение энергии \bar{F}_λ (усредненные величины) в спектрах звезд разных спектральных классов (поток на 3200 Å принят за единицу)

| Спектр. класс | F0 | F2 | F5 | F8 | G0 | G5 | K0 | K2 |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Число спектрограмм | 12 | 6 | 15 | 10 | 4 | 19 | 6 | 2 |
| 2200 .1 | — | — | — | 0.20 | — | — | — | — |
| 2250 | — | — | — | 0.20 | — | — | — | — |
| 2300 | 0.57 | 0.56 | — | 0.21 | — | — | — | — |
| 2350 | 0.58 | 0.57 | — | 0.21 | — | — | — | — |
| 2400 | 0.60 | 0.58 | 0.30 | 0.22 | — | — | — | — |
| 2450 | 0.62 | 0.60 | 0.33 | 0.23 | — | — | 0.13 | — |
| 2500 | 0.64 | 0.62 | 0.37 | 0.26 | — | 0.19 | 0.15 | — |
| 2550 | 0.67 | 0.63 | 0.41 | 0.31 | — | 0.23 | 0.16 | — |
| 2600 | 0.71 | 0.66 | 0.47 | 0.36 | 0.34 | 0.28 | 0.19 | — |
| 2650 | 0.74 | 0.70 | 0.52 | 0.41 | 0.39 | 0.32 | 0.22 | — |
| 2700 | 0.77 | 0.73 | 0.57 | 0.46 | 0.44 | 0.38 | 0.25 | 0.20 |
| 2750 | 0.80 | 0.76 | 0.61 | 0.52 | 0.49 | 0.42 | 0.30 | 0.25 |
| 2800 | 0.82 | 0.79 | 0.66 | 0.57 | 0.55 | 0.47 | 0.35 | 0.31 |
| 2850 | 0.85 | 0.82 | 0.70 | 0.64 | 0.60 | 0.52 | 0.41 | 0.37 |
| 2900 | 0.89 | 0.85 | 0.75 | 0.70 | 0.66 | 0.57 | 0.46 | 0.43 |
| 2950 | 0.92 | 0.88 | 0.79 | 0.74 | 0.71 | 0.62 | 0.52 | 0.49 |
| 3000 | 0.94 | 0.91 | 0.82 | 0.80 | 0.76 | 0.68 | 0.58 | 0.56 |
| 3050 | 0.96 | 0.94 | 0.89 | 0.85 | 0.83 | 0.75 | 0.66 | 0.64 |
| 3100 | 0.98 | 0.96 | 0.94 | 0.91 | 0.89 | 0.83 | 0.77 | 0.75 |
| 3150 | 1.00 | 0.99 | 0.97 | 0.96 | 0.95 | 0.92 | 0.89 | 0.87 |
| 3250 | 1.00 | 1.01 | 1.03 | 1.03 | 1.04 | 1.07 | 1.09 | 1.11 |
| 3300 | 1.00 | 1.01 | 1.04 | 1.06 | 1.08 | 1.13 | 1.17 | 1.23 |
| 3350 | 0.99 | 1.01 | 1.06 | 1.08 | 1.11 | 1.19 | 1.26 | 1.35 |
| 3400 | 0.99 | 1.02 | 1.07 | 1.10 | 1.15 | 1.25 | 1.37 | 1.47 |
| 3450 | 0.99 | 1.03 | 1.09 | 1.13 | 1.20 | 1.32 | 1.48 | 1.63 |
| 3500 | 1.00 | 1.05 | 1.13 | 1.17 | 1.25 | 1.39 | 1.61 | 1.80 |
| 3600 | 1.03 | 1.07 | 1.18 | 1.26 | 1.35 | 1.53 | 1.84 | 2.08 |
| 3700 | 1.08 | 1.11 | 1.25 | 1.35 | 1.45 | 1.68 | 2.05 | 2.36 |
| 3800 | 1.19 | 1.23 | 1.35 | 1.53 | 1.64 | 1.90 | 2.33 | 2.65 |

для звезд HD 185395 класса F4 V и HD 38393 класса F6 V. В этом случае совпадение наших результатов с теорией вполне удовлетворительное. На рис. 6 сравнивается также наблюдаемая средняя кривая распределения энергии для спектрального класса F8 с теоретической кривой при $T_{\text{eff}} = 6000^\circ\text{K}$ и $\lg g = 1.8$ [10], а также с данными ОАО-2 [1] для звезды HD 170153 типа F7 V.

Теория непрерывных спектров звезд класса G и позднее отсутствует. Поэтому для этих классов звезд мы ограничимся сравнением найденных нами результатов с данными ОАО-2 для аналогичных классов звезд. Такое сопоставление для звезд классов G0 и G5 показывает (рис. 3) хорошее согласие наших измерений с данными ОАО-2 [2].

Как уже указывалось выше, имеется несколько звезд класса G5, распределение энергии в спектрах которых заметно отклоняется от средней кривой. Для уточнения их классификации полученные нами результаты сравнивались с данными ОАО-2 [2] для звезд HD 72905 класса G0 V и HD 150680 класса G0 IV (рис. 3). В результате мы приходим к выводу,

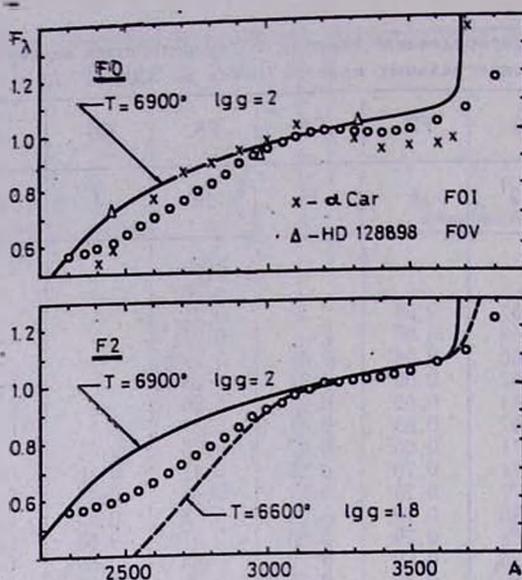


Рис. 5. Средние кривые распределения энергии спектральных классов F0—F2 (кружки). Сплошные и пунктирная линии — теоретические модели Парсонса [9, 10]. Для сравнения нанесены данные OAO-2 [1] и Gemini XI [11] для звезд HD 128898 и α Car.

что звезда SAO 011507, должно быть, скорее всего типа G0 IV—V, а не G5, как указано в каталоге SAO.

Аналогичным путем мы приходим к заключению о принадлежности звезд SAO 040769 и SAO 040818 спектральным типам G7 или G8 соответственно.

На рис. 4 приведено сопоставление результатов «Ориона-2» с OAO-2 для звезд K0. Совпадение обоих наблюдений для этого спектрального класса достаточно хорошее.

Так же обстоит дело и в случае средней кривой распределения энергии для звезд класса K2 (рис. 4); при этом результаты «Ориона-2» сравниваются с данными OAO-2 [1] для звезд HR 74 типа K2 III, а также с данными Аегеве 150 [12] для звезды α Воо класса K2 III.

4. Непрерывные спектры звезд неизвестных спектральных классов

Нами найдены также наблюдательные относительные распределения энергии в ультрафиолете для 38 звезд, спектральные типы которых хотя и неизвестны, но характер спектров которых указывает на их принадлежность к классам F—G. В табл. 5 приведены относительные интенсивности F_λ в интервале длин волн 2300—3800 Å в спектрах этих звезд с учетом депрессий в разных областях непрерывного спектра. Нами сделана попыт-

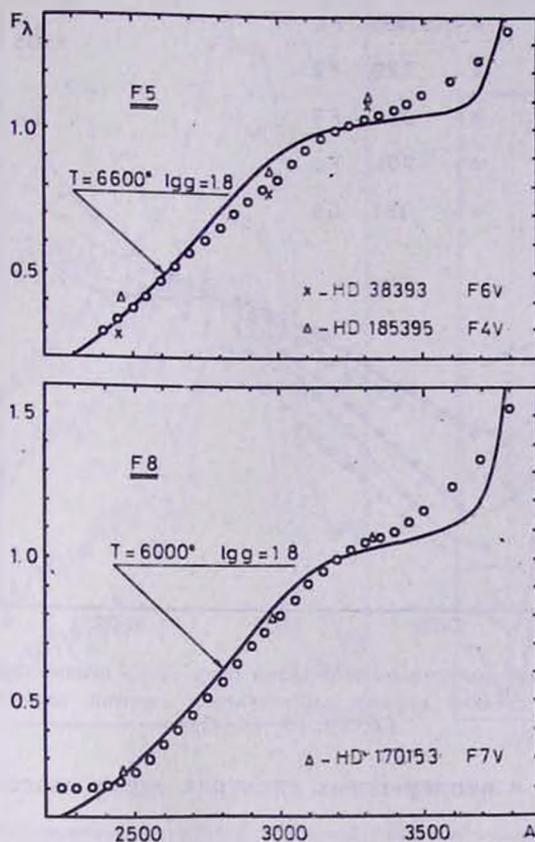


Рис. 6. Средние кривые распределения энергии спектральных классов F5—F8 (кружки). Сплошные линии — теоретические модели Парсонса [10]. Приведены также данные ОАО-2 [1] для звезд HD 185395, HD 38393 и HD 170153.

ка классифицировать эти 38 звезд неизвестных спектральных типов путем сопоставления их ультрафиолетовых спектров со средними кривыми распределения энергии в спектрах звезд классов F, G, выведенными нами выше (рис. 1—4 и табл. 6). Результаты этой классификации приведены в табл. 8 (второй столбец). В качестве примера на рис. 7 нанесены найденные нами распределения энергии в спектрах пяти звезд неизвестных спектральных классов (№ 1490, 720, 556, 791 и 381) наряду со средними кривыми распределения энергии для звезд классов F0, F2, F5, F8 и G5. Разумеется, до тех пор, пока можно пренебречь влиянием межзвездного селективного поглощения, классификация звезд этим способом может дать правильные результаты. Примеры микрофотометрических записей классифицированных нами звезд разных спектральных типов приведены на рис. 8.

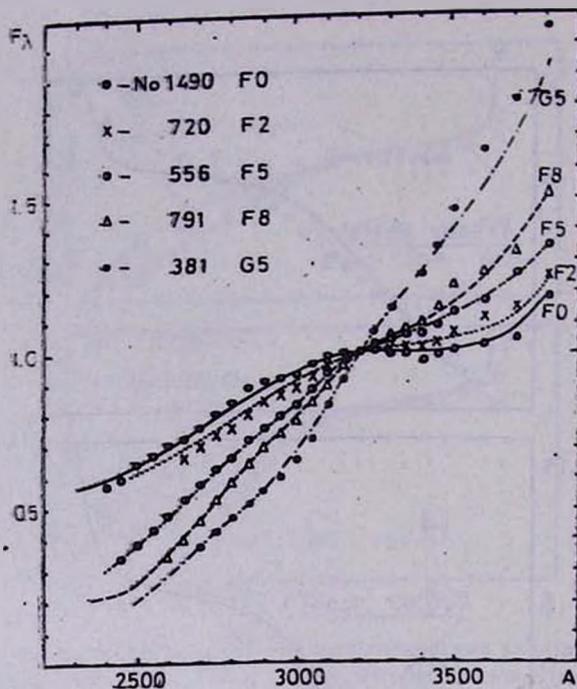


Рис. 7. Наблюдаемые распределения энергии пяти звезд неизвестных спектральных классов. Линии — средние кривые распределения энергии спектральных классов F0, F2, F5, F8, G5.

5. Депрессия в непрерывных спектрах звезд классов F, G, K

В спектрах исследованных нами звезд поздних спектральных классов присутствует большое количество сильных линий поглощения, слияние которых ведет к образованию депрессии в непрерывном спектре (эффект блокировки). Для звезд классов F и G наиболее характерны глубокие депрессионные полосы на 2950, 2800 и 2550 Å, ширина которых достигает 250 Å. Депрессия на 2950 Å обусловлена, в основном, двумя сильными полосами поглощения — 2937 и 2967 Å, принадлежащими нейтральным и ионизованным металлам (железо, титан и магний). Депрессия на 2800 Å обусловлена, в основном, резонансным дублетом ионизованного магния около 2800 Å, резонансной линией нейтрального магния 2852 Å, довольно сильной линией 2755 Fe II, а также линиями нейтрального и ионизованного никеля, титана, хрома и т. д. Следующая депрессия на 2550 Å обусловлена линиями нейтральных и ионизованных металлов (железо, хром, никель, титан и т. д.). Величина или мощность депрессии ощутимо меняется при переходе от одного спектрального класса к другому. Изменение характера и величины депрессии в зависимости от спектрального класса проиллюстрировано на рис. 9, представляющего собой фрагменты распределений энергии непрерывных спектров разных классов звезд в интервале 2500—3200 Å.

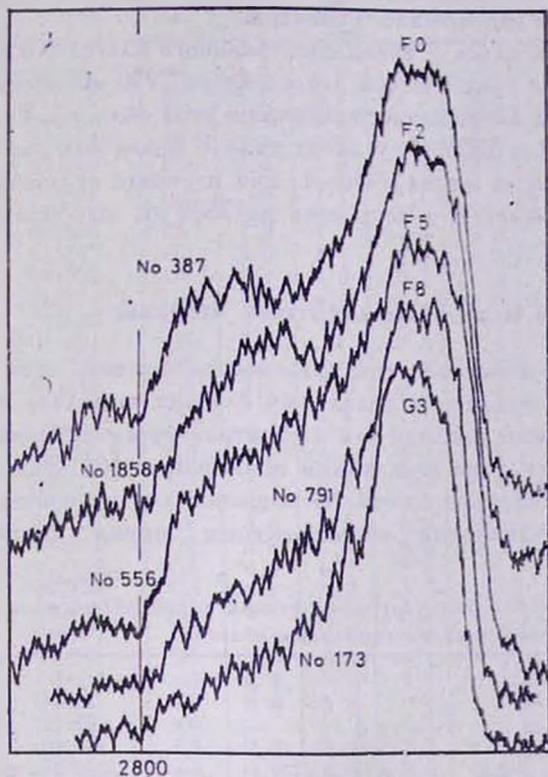


Рис. 8.

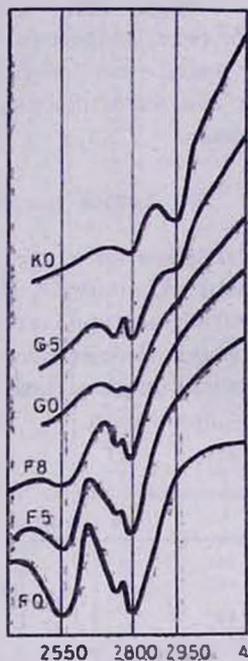


Рис. 9.

Рис. 8. Микрофотометрические записи классифицированных нами пяти звезд неизвестных спектральных классов.

Рис. 9. Фрагменты распределений энергии непрерывных спектров звезд разных классов в интервале длины волны 2500—3200 Å (усредненные кривые), иллюстрирующие изменение депрессии в зависимости от спектрального класса звезды.

Следует отметить, что на рисунке приведены средние кривые распределения энергии по данным нескольких звезд с учетом депрессий. Сразу бросается в глаза тот факт, что депрессии на 2800 и 2550 Å у звезд класса F0 намного сильнее, чем у звезд более поздних спектральных типов.

У звезд класса F5 также наблюдаются депрессии на 2800 и 2550 Å, но они несколько слабее, чем у звезд типа F0. Депрессия на 2800 Å у звезд типа F8 почти в 3—4 раза слабее, чем у F0, депрессия же на 2550 Å небольшая.

У звезд спектрального класса G0 депрессия на 2550 Å почти отсутствует, но появляется заметная депрессия на 2950 Å.

Депрессия на 2800 Å у звезд типа G5 довольно слабая по сравнению со спектральным типом F, зато ощутимой становится депрессия на 2950 Å.

Слияние этих депрессий вызывает общую депрессию, приведшую к понижению уровня в обширной части непрерывного спектра.

Депрессия на 2800 Å очень слаба у звезд спектрального класса К0 и почти исчезает у класса К2. Для этих классов депрессия на 2950 Å очень сильна и существенно меняет вид непрерывного спектра в этой области. Таким образом, депрессия на 2800 и 2550 Å у звезд типа F более сильны, чем у звезд типа G—K. Депрессия же на 2950 Å при переходе от звезд класса F к более поздним усиливается, а депрессия на 2800 Å, наоборот, ослабевает.

6. Линии поглощения и их эквивалентные ширины

Несмотря на относительно невысокое спектральное разрешение спектрограмм «Ориона-2», все-таки удалось в отдельных случаях выделить и измерить ультрафиолетовые линии поглощения в спектрах рассмотренных нами звезд. Вероятное отождествление этих линий приведено в [6]. Эквивалентные ширины некоторых из этих линий поглощения для изученных звезд приведены в табл. 7 (значения эквивалентных ширин линий

Таблица 7
Эквивалентные ширины (в Å-ах) некоторых ультрафиолетовых линий поглощения в спектрах звезд известных спектральных классов

| Звезда SAO | Спектр | 3080 Fe I, Ti II | 2967 Fe I | 2937 Fe I, Ti II, Mg II | 2882 Si I | 2852 Mg I | 2800 Mg II | 2755 Fe II | 2640 Fe II, Ti II | 2610 Fe II, Ni II |
|---------------|--------|---------------------|--------------|----------------------------|--------------|--------------|---------------|---------------|----------------------|----------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| 011349 | F0 | 2.6 | 3.3 | 3.5 | 5.3 | 8 | 27.9 | 15.7 | *** | *** |
| 021809 | F0 | 3.2 | 3.2 | 3.4 | 6.5 | 18 | 30.2 | 16.2 | *** | *** |
| 021858 | F0 | 2.7 | 3.1 | 3.3 | 5.3 | 16 | 24.4 | 15.2 | ** | 5.7 |
| 022122 | F0 | 3.2 | 3.0 | 2.9 | 6.0 | 12 | 22.3 | 15.6 | *** | *** |
| 040136 | F0 | *** | 3.3 | 3.2 | 5.1 | 12 | 29 | 15.4 | 4.8 | 3.2 |
| 040617 | F0 | 2.9 | 3.1 | 3.3 | 5.9 | — | 21.8 | 15.6 | 4.0 | 5.3 |
| 040717 | F0 | 2.9 | 3.3 | 2.6 | 6.7 | — | 27.3 | 15.4 | ** | ** |
| 040800 | F0 | 2.9 | 3.3 | 3.3 | 6.2 | — | 26.9 | 15.8 | 3.8 | 5.5 |
| 040840 | F0 | 3.3 | 3.4 | 3.2 | 6.3 | — | 22.7 | 14.4 | 2.8 | 6.9 |
| 011393 | F | 3.3 | 3.2 | 3.2 | 5.6 | — | 38.3 | 16.0 | *** | *** |
| 011398 | F2 | 3.3 | 3.6 | 3.8 | 8.2 | 18 | 29.5 | 17.4 | *** | 7.3 |
| 021935 | F2 | 4.3 | 3.5 | 3.9 | 6.1 | 16 | 26.5 | 16.4 | *** | *** |
| 022011 | F2 | 4.3 | ** | 3.9 | 6.9 | — | — | ** | *** | 6.0 |
| 040036 | F2 | 3.1 | 3.5 | 3.3 | 5.2 | 12 | 33 | 17.2 | 4.4 | 10.2 |
| 011326 | F5 | 5.8 | 4.0 | 4.1 | 6.5 | 19 | 38.3 | 18.3 | *** | *** |
| 011417 | F5 | 5.1 | ** | 4.3 | 5.9 | 15 | 29.0 | ** | *** | 7.3 |
| 011523 | F5 | ** | 3.7 | 4.5 | 6.5 | 12 | 28.7 | 18.0 | *** | ** |
| 011529 | F5 | 7.4 | 4.1 | 4.5 | 6.9 | 14 | 25.7 | 18.2 | *** | 8.7 |
| 021723 | F5 | 5.5 | 3.4 | 4.0 | 7.1 | 17 | 34.9 | 17.5 | ** | ** |
| 021726 | F5 | 6.4 | 3.8 | 4.1 | 8.1 | 15 | 36.0 | 18.3 | *** | *** |
| 022022 | F5 | 7.1 | ** | 4.5 | 7.3 | — | — | ** | *** | ** |
| 040370 | F5 | 5.3 | 3.9 | 3.8 | 7.1 | — | 36 | 18.0 | ** | 8.9 |
| 040689 | F5 | 4.7 | 4.1 | 4.3 | 7.0 | — | 23.9 | 16.9 | ** | ** |
| 040729 | F5 | 3.7 | 3.5 | 4.3 | 7.1 | — | 35.8 | 18.6 | 3.7 | 8.0 |

Таблица 7 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
|--------|----|-----|-----|------|------|----|------|------|-----|-----|
| 040771 | F5 | 4.3 | 4.0 | 4.2 | 7.1 | — | 33.7 | 19.6 | ** | ** |
| 011511 | F8 | 6.5 | 4.1 | 4.7 | 8.9 | 14 | 31.1 | 16.8 | ** | 9.0 |
| 040733 | F8 | 4.9 | 4.3 | 4.5 | 8.8 | — | 35.3 | 16.7 | * | 8.2 |
| 040777 | F8 | 4.1 | 3.9 | 4.6 | 7.3 | — | 23.5 | 17.8 | 6.3 | 7.2 |
| 040780 | F8 | 4.3 | 4.1 | 4.6 | 10.4 | — | 32.8 | 16.9 | ** | ** |
| 040827 | F8 | 5.1 | 4.2 | 4.7 | 5.0 | — | 31.1 | 17.0 | ** | ** |
| 040830 | F8 | 5.0 | 4.2 | ** | 7.3 | — | 46.3 | 17.6 | 4.6 | 4.4 |
| 040836 | F8 | 4.2 | 4.1 | 4.5 | 9.0 | — | 38.8 | 18.1 | ** | ** |
| 011547 | G0 | 4.9 | 4.4 | 6.0 | 8.3 | 14 | 39.7 | 16.0 | *** | *** |
| 011602 | G0 | 5.1 | 4.3 | 5.3 | 5.4 | — | — | 16.4 | *** | *** |
| 040124 | G0 | 5.3 | 4.6 | 5.1 | 7.0 | 16 | 50 | 16.0 | 4.2 | 8.7 |
| 040856 | G0 | 5.1 | 4.5 | 4.8 | 7.5 | — | — | 16.0 | *** | *** |
| 011401 | G5 | 2.2 | ** | 7.5 | 6.5 | 9 | 18.1 | ** | *** | *** |
| 011507 | G5 | 3.7 | ** | 7.2 | 5.1 | 14 | 28.2 | ** | *** | 5.6 |
| 011515 | G5 | 3.0 | ** | 6.6 | 7.0 | 15 | 29.1 | ** | *** | *** |
| 011544 | G5 | 3.9 | 5.4 | 7.1 | 6.0 | 10 | 22.5 | 13.0 | *** | *** |
| 022028 | G5 | 4.4 | ** | 7.6 | 6.5 | — | — | ** | *** | *** |
| 040053 | G5 | 4.9 | 5.4 | 5.7 | 7.0 | 15 | 31.5 | 14.1 | *** | *** |
| 040142 | G5 | 4.3 | 5.2 | 5.3 | 6.2 | — | 22 | 13.9 | 3.7 | 7.7 |
| 040146 | G5 | 4.3 | 5.8 | 5.2 | 6.8 | 17 | 25 | 12.5 | 5.1 | 5.7 |
| 040158 | G5 | 4.0 | 6.0 | 6.6 | 6.2 | 14 | 30 | 13.3 | 3.8 | 4.9 |
| 040213 | G5 | 3.8 | 5.6 | 6.5 | 6.6 | — | — | 13.0 | *** | *** |
| 040289 | G5 | 4.5 | 5.8 | 7.2 | ** | 17 | 45 | 11.4 | 4.0 | 4.6 |
| 040726 | G5 | 3.2 | 5.3 | 5.4 | 7.3 | — | 31.5 | 13.0 | ** | ** |
| 040742 | G5 | 4.1 | 5.9 | 6.9 | ** | — | — | ** | ** | ** |
| 040769 | G5 | 3.4 | 6.2 | 7.0 | 6.2 | — | — | 11.6 | ** | 5.5 |
| 040818 | G5 | 2.8 | 5.6 | 8.1 | *** | — | 37.8 | 13.6 | ** | ** |
| 040859 | G5 | 4.4 | ** | 7.1 | 7.7 | — | — | ** | *** | *** |
| 040021 | G5 | 4.0 | 5.8 | — | ** | — | 32.3 | 13.0 | *** | *** |
| 021832 | K0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 040242 | K0 | 3.3 | 7.4 | 7.5 | ** | 10 | 10 | ** | *** | *** |
| 040305 | K0 | 3.3 | 8.0 | 9.3 | 5.2 | 6 | 8.6 | 10.6 | *** | *** |
| 040329 | K0 | 2.7 | 8.2 | 8.8 | 4.5 | — | 13.7 | 10.4 | *** | *** |
| 040352 | K0 | 2.0 | 7.6 | 8.0 | 4.7 | — | 10.0 | 10.3 | *** | *** |
| 040196 | K2 | ** | 8.6 | 8.7 | 3.8 | — | — | ** | *** | *** |
| 040341 | K2 | ** | 9.6 | 10.3 | 3.9 | — | — | 9.2 | *** | *** |

* — ость след.

** — сомнительно.

*** — отсутствует.

2800 Mg II и 2852 Mg I взяты из [13, 14]). Как следует из приведенных данных, величина эквивалентной ширины линии поглощения, например, ионизованного титана 3080 Å Ti II больше у звезд классов F5—F8, меньше у классов G—K. То же самое можно сказать и о эквивалентной ширине линии поглощения ионизованного железа 2755 Å Fe II; она больше у звезд классов F5—F8 и меньше у класса K.

Определенный интерес представляют также линии 2967 Å Fe I и 2937 Å Fe II, эквивалентные ширины которых для звезд типа F наименьшие и возрастают при переходе к более поздним спектральным классам.

Ранее нами была введена величина Q , представляющая собой отношение эквивалентных ширин линий поглощения 2755 Fe II и 2967 Fe I, в качестве критерия спектрального класса звезды [6]. Пользуясь эмпирической зависимостью Q от спектрального класса (рис. 11 в [6]), была сдела-

на попытка классифицировать звезды неизвестных спектральных классов, входящие в наш список; результаты представлены в табл. 8 (столбец 3).

Таблица 8

Сводка результатов спектральной классификации звезд неизвестных классов

| № по [3] | По непрерывн. спектру | По методу Q | По [4] | По [14] |
|----------|-----------------------|-------------|--------|---------|
| 30 | F0 | F0 | A8 | F1 |
| 103 | F0 | F0 | F0 | F0 |
| 173 | G3 | — | G3 | G6 |
| 381 | G5 | — | G3 | — |
| 384 | G3 | — | G2 | — |
| 387 | F0 | F0 | A8 | F0 |
| 471 | F0 | F0 | F0 | F0 |
| 520 | F0 | F0 | F2 | F0 |
| 556 | F5 | F5 | F5 | F9 |
| 640 | F0 | F0 | F0 | A9 |
| 676 | F0 | F0 | F0 | F0 |
| 685 | F0 | F0 | F2 | F0 |
| 697 | F0 | F0 | F0 | F1 |
| 717 | F0 | — | A7 | A3 |
| 720 | F2 | F2 | F2 | A9 |
| 751 | F5 | F5 | F5 | F5 |
| 758 | F2 | F0 | F0 | A9 |
| 767 | F2 | — | F2 | F0 |
| 791 | F8 | F8 | F8 | F8 |
| 807 | F8 | F8 | G0 | G0 |
| 817 | F0 | F0 | F5 | A9 |
| 889 | F0 | — | F0 | F6 |
| 952 | F8 | — | G0 | — |
| 1032 | F0 | F0 | F0 | F0 |
| 1113 | F0 | — | F0 | F0 |
| 1150 | F0 | F2 | F1 | F3 |
| 1200 | F5 | F5 | F4 | F4 |
| 1342 | F5 | F2 | F2 | F0 |
| 1490 | F0 | F0 | F0 | — |
| 1693 | F8 | F8 | G0 | F4 |
| 1731 | F3 | — | F3 | A9 |
| 1737 | F5 | F5 | F5 | — |
| 1858 | F2 | F2 | F0 | F1 |
| 1888 | F5 | — | F3 | F0 |
| 1968 | F2 | F2 | F2 | — |
| 2016 | F0 | F0 | F3 | A9 |
| 2070 | F0 | F0 | F0 | F0 |
| 2106 | F0 | F0 | F0 | F0 |

В этой же таблице приведены результаты классификации этих же звезд, проведенной по методу «ультрафиолетовых спектров» О. В. Оганесяном [4] (столбец 4) и по интенсивности 2800 Mg II Р. А. Асатрянном [14] (столбец 5). Как видим, внутреннее согласие между этими результатами достаточно хорошее.

Заключение

По результатам обработки и измерений ультрафиолетовых спектрограмм, полученных с помощью «Ориона-2» для 60 звезд спектральных классов F, G, K, были найдены наблюдаемые распределения энергии в не-

прерывных спектрах звезд, усредненные для классов F0, F2, F5, F8, G0, G5, K0 и K2 в ультрафиолете — в диапазоне длин волн от 3800 до 2400 Å, иногда до 2300 Å; эти результаты представлены в табл. 6.

Для звезд классов F0, F2, F5 и F8 наблюдаемое распределение энергии в непрерывных спектрах оказалось в хорошем согласии с теоретической моделью звездных фотосфер Парсонса.

На основании полученных результатов были уточнены спектральные классы для 11 звезд.

Найдены наблюдаемые распределения энергии в ультрафиолете в спектрах 38 звезд неизвестных спектральных классов. Одновременно была сделана попытка оценить их спектральные классы.

Попутно были изучены депрессии в непрерывных спектрах исследованных звезд, а также найдены эквивалентные ширины некоторых ультрафиолетовых линий поглощения.

Ռ. Ա. ԵՔՐԵՄՅԱՆ

F, G, K ՍՊԵԿՏՐԱԿ ԴԱՍԻ ԱՍՏՂԵՐԻ ՍՊԵԿՏՐԱԿՆԻՍԱԶԱՓՈՒԹՅՈՒՆԸ
ԱՊԵՆՏՐԻ ՈՒՆԲԵՐՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒԹՅՆ ՏԻՐՈՒՅԹՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

Աշխատանքում բերված են «Օրիոն-2» աստղադիտարանի օգնությամբ ստացված 98 F, G, K սպեկտրալ դասի աստղերի ուլտրամանուշակագույն սպեկտրների չափման արդյունքները:

Հայտնի սպեկտրալ դասեր ունեցող 60 աստղերի անընդհատ սպեկտրների դիտված էներգետիկ բաշխումները $\lambda\lambda 3800-2300$ Å տիրույթում լավ են համապատասխանում Պարսոնսի տեսական հաշվումների, ինչպես նաև այլ հեղինակների նույնանման սպեկտրալ դասի աստղերի դիտողական տվյալների հետ: Ճշտված է 11 հայտնի սպեկտրալ դասերով աստղերի դասակարգումը: Կատարված է անհայտ սպեկտրալ դասի 38 աստղերի սպեկտրալ դասակարգում: Հաստատված է, որ F, G, K տիպի աստղերի մոտ $\lambda 2950, 2800$ և 2550 Å ալիքային երկարության տիրույթում գոյություն ունի էներգիայի անընդհատ բաշխվածության դեպրեսիա: Զափված են որոշ կլանման գծերի էքվիվալենտ լայնությունները:

R. A. EPREMYAN

ULTRAVIOLET SPECTROPHOTOMETRES OF F, G, K
TYPE STARS

S u m m a r y

The ultraviolet spectra of F, G, K spectral type stars obtained with the help of space observatory "Orion-2" are examined. The obser-

ved energy distributions in the region of 3800—2300 Å are in good accordance with the Parsons's theoretical model as well as with the data of other observations. The spectral classes for the 11 known spectral type stars are corrected. The classification for 38 stars of unknown spectral type are made. The existence of depressions on 2950 Å, 2800 Å and 2550 Å in the continuous spectrum of F, G, K type stars are confirmed. The equivalent widths of some absorption lines are measured.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Doherty L. R.* Ap. J., 178, 727, 1972.
2. *Savage B. D., Caldwell J. J.* Ap. J., 187, 197, 1974.
3. *Гурздян Г. А.* Сообщ. Бюрак. обс., 48, 5, 1976.
4. *Оганесян О. В.* Сообщ. Бюрак. обс., 48, 14, 1976.
5. *Оганесян Дж. Б.* Сообщ. Бюрак. обс., 48, 68, 1976.
6. *Епремян Р. А.* Сообщ. Бюрак. обс., 48, 137, 1976.
7. *Blasco V. M., Demers S., Douglass G. G., Fitzgerald M. P.* U. S. Naval Obs. Publ., 2nd series, 21, Washington, 1968.
8. *By Ulf Sjögren*, Arkiv för Ast., Band 3, 27, 339, 1964.
9. *Kondo Y., Henize K. G., Kotila C. L.* Ap. J., 159, 927, 1970.
10. *Parsons B.* Ap. J., Suppl. 18, 159, 127, 1969.
11. *Kondo Y., Henize K. G., Kotila C. L.* IAU Symposium № 36. Dordrecht-Holland, p. 180, 1970.
12. *Kondo Y.* Ap. J., 171, 605, 289, 1975.
13. *Гурздян Г. А.* PASP, 87, 289, 1975.
14. *Асатрян Р. С.* Сообщ. Бюрак. обс., 48, 187, 1976.

А. С. АКОПЯН

О МАКРОСТРУКТУРЕ НЕПРЕРЫВНЫХ СПЕКТРОВ В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ ЗВЕЗД КЛАССОВ А0—А2

1. Введение

Среди удачных снимков, полученных с помощью «Ориона-2», оказался также кадр F-13, на котором зафиксированы коротковолновые спектральные снимки звезд в области неба вокруг β Aug. Изображения самих спектральных снимков на этом кадре оказались расширенными (перпендикулярно дисперсии) в значительно большей степени, чем на обычных кадрах. Это «незапрограммированное» обстоятельство было нами использовано с целью повышения веса наших измерений, а именно, путем снятия двух-трех микрофотометрических записей по различным сечениям одного и того же спектрального снимка. В окончательных результатах по распределению энергии в ультрафиолете каждой из изученных звезд представляются, однако, усредненные величины по данным обработки нескольких таких записей.

На кадре F-13 оказались, в частности, спектральные снимки группы сравнительно ярких звезд классов А0—А2. Нами было подобрано 10 звезд класса А0 и четыре — класса А2 с достаточно качественными спектральными снимками и поставлена цель выяснить, сохраняется ли постоянство макроструктуры непрерывных спектров в ультрафиолете среди разных звезд одного и того же спектрального подкласса. При этом мы имеем в виду макроструктуру непрерывного спектра в основном в области длин волн 2500—3000 Å.

Для решения поставленной задачи, очевидно, необходимо оперировать наблюдательным материалом в высшей степени однородным, свободным от влияния внешних факторов. Это условие в нашем случае соблюдается благодаря подборке сопоставляемых звезд строго из одного и того же кадра. Далее, во избежание ошибок, вызванных внесением поправок за влияние межзвездного избирательного поглощения, мы сгруппировали звезды одного и того же подкласса также по одинаковому или почти одинаковому видимому блеску. Наконец, в тех случаях, когда звезды одного и того же подкласса, но разного блеска, достаточно яркие, а стало быть, достаточно близкие — не дальше 200 пс, учет межзвездного поглощения отпадает сам по себе и сопоставление непрерывных спектров таких звезд между собой может быть осуществлено непосредственно.

В последующих разделах статьи проанализированы коротковолновые спектры звезд классов А0 и А2, подобранных и сгруппированных по перечисленным выше признакам. Оказывается, макроструктура непрерывных спектров этих звезд в области длин волн 2400—3000 Å непостоянна и может варьировать в ощутимых пределах.

2. Макроструктура спектров звезд класса А0

Список изученных нами звезд в обозначениях каталогов SAO и HD приведен в табл. 1 наряду с их координатами, звездными величинами и спектральными классами. Сведениями о классе светимости этих звезд мы не располагаем. По всей вероятности, все они принадлежат главной последовательности.

Таблица 1

Основные данные об исследованных звездах

| SAO | HD | Спектр | V | α (1900) | δ (1900) |
|--------|-------|--------|-----|------------------------------------|-----------------|
| 040588 | 38188 | A0 | 7.7 | 05 ^h 38 ^m .9 | 44°44' |
| 040605 | 38287 | A2 | 8.0 | 05 39.6 | 45 44 |
| 040631 | — | A0 | 8.5 | 05 42.7 | 45 04 |
| 040642 | 38617 | A2 | 7.6 | 05 43.3 | 43 59 |
| 040645 | 38832 | A0 | 8.6 | 05 43.6 | 46 17 |
| 040681 | 39250 | A0 | 8.7 | 05 46.2 | 44 16 |
| 040692 | 39414 | A0 | 8.8 | 05 47.4 | 45 19 |
| 040699 | 39553 | A0 | 8.7 | 05 48.3 | 43 34 |
| 040745 | 40131 | A0 | 8.0 | 05 51.8 | 46 55 |
| 040746 | 40143 | A0 | 6.6 | 05 51.9 | 45 37 |
| 040796 | 40586 | A0 | 8.0 | 05 54.7 | 45 19 |
| 040816 | 40785 | A2 | 8.7 | 05 55.9 | 44 02 |
| 040877 | 41578 | A0 | 7.3 | 06 00.8 | 45 34 |
| 040927 | 42173 | A2 | 7.5 | 06 04.2 | 44 10 |

Коротковолновая граница наших измерений находится в основном на 2400 Å; иногда она доходит до 2300—2250 Å. Результаты измерений — относительная величина потока излучения F_λ на длине волны λ — представлены в звездных величинах Δm_λ , то есть $\Delta m_\lambda = -2,5 \lg (F_\lambda / F_{3000})$ принимая $\Delta m_{3000} = 0$. Найденные нами величины для изученных звезд приведены в табл. 2.

Все звезды типа А0, входящие в табл. 1, разделены на три группы. В первую группу вошли пять звезд, фотовизуальные величины которых почти одинаковые и находятся в пределах $V = 8^m5 : 8^m8$, во вторую группу — две звезды с одинаковыми блесками, равными 8^m8 , в третью — три самые яркие звезды с блесками от 6^m6 до 7^m7 .

На рис. 1 приведены графические зависимости найденных нами потоков Δm_λ (кружки) от длины волны для первой группы звезд типа А0. Здесь и на остальных рисунках сплошной линией проведены теоретические распределения непрерывного спектра, соответствующие той или иной эффективной температуре и $\lg g = 4.0$ в модели фотосферы Михаласа [1].

Таблица 2

Наблюдаемый поток излучения Δm_λ (в звездных величинах) в ультрафиолетовой области непрерывного спектра исследованных звезд ($\Delta m_\lambda = 0$ на $\lambda = 3000$). (Обозначения звезд — по каталогу SAO)

| λ (Å) | 040681 | 040745 | 040692 | 040699 | 040645 | 040631 | 040877 | 040796 | 010588 | 040746 | 040927 | 040605 | 040816 | |
|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------|
| 2250 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | —0.12 | — | — | — | |
| 2300 | — | +0.02 | -0.22 | — | — | — | — | — | — | -0.05 | — | — | — | |
| 2350 | — | 0.00 | -0.20 | — | — | — | — | — | — | +0.12 | — | — | — | +0.37 |
| 2400 | — | -0.02 | -0.18 | -0.10 | — | +0.28 | +0.39 | +0.15 | -0.05 | +0.40 | +0.30 | 0.00 | — | +0.32 |
| 2450 | — | -0.02 | -0.15 | -0.08 | -0.08 | +0.20 | +0.35 | +0.08 | +0.12 | +0.37 | +0.21 | -0.02 | — | +0.32 |
| 2500 | +0.12 | -0.08 | -0.19 | -0.08 | -0.15 | +0.12 | +0.25 | +0.02 | +0.08 | +0.15 | +0.21 | -0.08 | +0.22 | +0.25 |
| 2550 | +0.05 | -0.08 | -0.18 | -0.02 | -0.10 | +0.10 | +0.18 | 0.00 | +0.17 | +0.08 | +0.21 | -0.05 | +0.25 | +0.35 |
| 2600 | -0.05 | -0.10 | -0.20 | +0.02 | -0.05 | +0.08 | +0.12 | -0.02 | +0.20 | +0.05 | +0.15 | -0.00 | +0.28 | +0.27 |
| 2650 | 0.00 | -0.08 | -0.02 | +0.02 | +0.02 | +0.05 | +0.08 | 0.00 | +0.20 | +0.05 | +0.15 | +0.12 | +0.25 | +0.27 |
| 2700 | -0.05 | -0.13 | +0.02 | +0.05 | +0.10 | +0.12 | +0.07 | +0.16 | +0.15 | -0.03 | +0.12 | +0.22 | +0.30 | +0.25 |
| 2750 | -0.07 | -0.10 | -0.08 | 0.00 | +0.07 | +0.07 | +0.07 | +0.20 | +0.07 | -0.05 | +0.18 | +0.18 | +0.35 | +0.27 |
| 2800 | 0.00 | -0.03 | -0.07 | 0.00 | +0.07 | -0.03 | +0.10 | +0.22 | +0.13 | +0.05 | +0.27 | +0.10 | +0.30 | +0.27 |
| 2850 | -0.02 | +0.08 | -0.12 | -0.07 | +0.10 | -0.07 | +0.10 | -0.10 | +0.05 | +0.20 | +0.12 | +0.05 | +0.15 | +0.24 |
| 2900 | -0.02 | +0.08 | -0.07 | -0.05 | +0.02 | -0.07 | +0.02 | -0.05 | +0.12 | +0.05 | -0.02 | -0.02 | +0.02 | 0.00 |
| 2950 | 0.00 | -0.02 | -0.05 | -0.02 | -0.05 | -0.05 | -0.02 | -0.02 | +0.02 | 0.00 | -0.07 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |

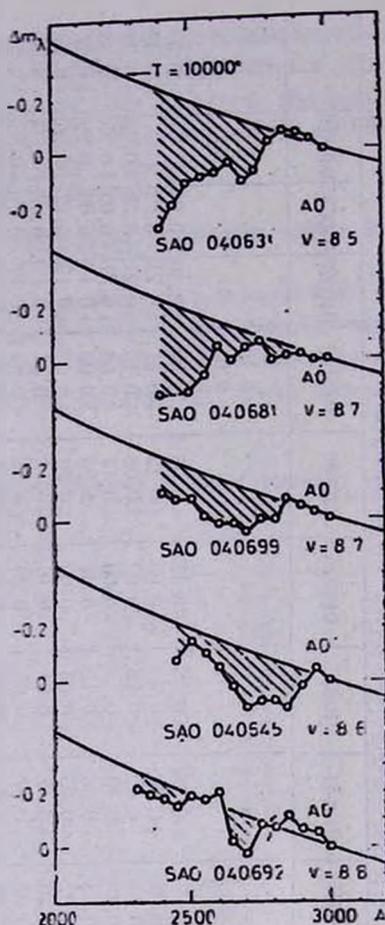


Рис. 1. Распределение энергии (кружки) в спектрах пяти звезд класса A0 почти одинакового блеска ($V = 8^m.5 \div 8^m.8$) и в интервале длин волн 3000—2400 Å. Переход от нижнего графика (SAO 040692) к верхнему (SAO 040631) соответствует возрастающей величине депрессии непрерывного спектра по отношению к теоретическому распределению (сплошная линия).

Следует иметь в виду, что влияние спектральных линий поглощения на непрерывный спектр фотосферического излучения в модели Михаласа не учитывается совершенно, и она используется в данном случае лишь в качестве некоего условного уровня, по отношению к которому можно будет вести дальнейший анализ, касающийся постоянства или вариаций макроструктуры непрерывного спектра в заданном интервале длин волн.

Уже тот факт, что все пять звезд на рис. 1 представлены с определенной последовательностью, может служить указанием на отсутствие постоянства или однородности в макроструктуре непрерывных спектров класса A0. Действительно, в то время как у первой снизу звезды, SAO 040692, на-

блюдаемый спектр почти что «ложится» на теоретическую кривую, соответствующую $T_{\text{eff}} = 10000^{\circ}\text{K}$, у последующих звезд мы обнаруживаем все большее и большее отклонение от этой кривой, причем всегда в сторону дефицита энергии. Достигает это отклонение своего максимума у звезды SAO 040631, у которой дефицит энергии образует мощную депрессию в непрерывном спектре, достигающую по глубине $0^{\text{m}}3 - 0^{\text{m}}5$.

Две другие A0 звезды одного и того же блеска (вторая группа, $V = 8^{\text{m}}0$), а стало быть, в одинаковой степени подверженные влиянию межзвездного поглощения, показывают, как следует из рис. 2, довольно отличную друг от друга макроструктуру в своих непрерывных спектрах.

Макроструктуры непрерывных спектров двух первых звезд из нашей третьей группы, а именно, SAO 040746 и 040877, оказались довольно сходными друг с другом (рис. 3); в обоих случаях мы наблюдаем довольно

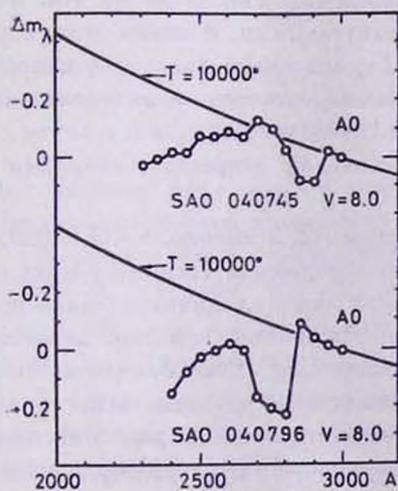


Рис. 2.

Рис. 2. Распределение энергии в ультрафиолете в спектрах двух звезд класса A0 одного и того же блеска ($V = 8^{\text{m}}0$). Заметно отличие в макроструктуре депрессии.

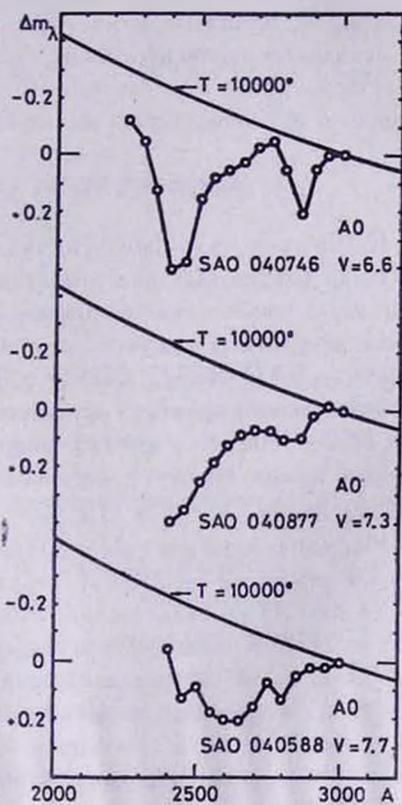


Рис. 3

Рис. 3. Распределение энергии в спектрах трех ярких звезд класса A0. Макроструктура депрессий у первых двух звезд почти одинаковая и отличается от таковой для третьей звезды (SAO 040588).

мощную депрессию в интервале длин волн 2400—3000 Å , одновременно со сходным профилем «дна» этой депрессии. Что касается третьей звезды, SAO 040588, то она похожа на первые две разве только мощностью депрессии; сам профиль депрессии у нее заметно отличается от того, что мы наблюдаем у первых двух звезд. В частности, глубина депрессии на 2400 Å в случае SAO 040588 почти в три раза меньше, чем у первых двух звезд этой группы.

Анализ коротковолновых спектров звезд класса A0 приводит, таким образом, к выводу об отсутствии строго однородной структуры в характере распределения энергии в их спектрах по крайней мере в интервале длин волн 2400—3000 Å . Ошибки наших измерений Δm_{λ} , по-видимому, не превышают $0^{\text{m}}2$, и поэтому трудно допустить, что отмеченный разброс в макроструктуре спектров звезд класса A0 может быть результатом ошибок измерений; так или иначе, использованную нами методику анализа и, в особенности, принятые нами меры по обеспечению предельной однородности исходного наблюдательного материала приходится принять во внимание. Несмотря на это, сделанный вывод следует считать сугубо предварительным и нуждающимся в дальнейшей проверке.

3. Макроструктура спектров звезд класса A2

Как и следовало ожидать, аналогичная картина наблюдается и в случае звезд класса A2; она представлена на рис. 4. Число использованных нами звезд этого типа невелико — всего четыре. Несмотря на это, полученные результаты кажутся довольно убедительными. В самом деле, в трех случаях — SAO 040927, 040816 и 040642 — мы имеем более или менее однородную макроструктуру в их непрерывных спектрах, в интервале длин волн 2400—3000 Å , а именно, мощную и глубокую депрессию с почти одинаковым профилем самой депрессии. Глубина же депрессии, например, на 2500 Å , составляет $0^{\text{m}}3 - 0^{\text{m}}4$.

Наряду с этим мы имеем пример звезды A2, а именно, SAO 040605, у которой депрессия на 2500 Å отсутствует совершенно (первый сверху график на рис. 4). У этой звезды наблюдается лишь «длинноволновая» половина, на 2750 Å и то со слабо выраженной мощностью, основной депрессии.

То, что коротковолновый спектр звезды SAO 040605 отличается существенно от спектров остальных трех звезд того же типа, заметно даже на микрофотометрических записях. В качестве примера на рис. 5 воспроизведены факсимиле микрофотометрических записей SAO 040605 и 040642, подтверждающие сказанное.

4. Относительная мощность депрессии

Мощность депрессии в той или иной области непрерывного спектра можно представить в звездных величинах, при этом измеряется просто ее глубина от уровня теоретического (неискаженного) непрерывного спектра до основания депрессии. В нашем случае речь идет об относительной мощ-

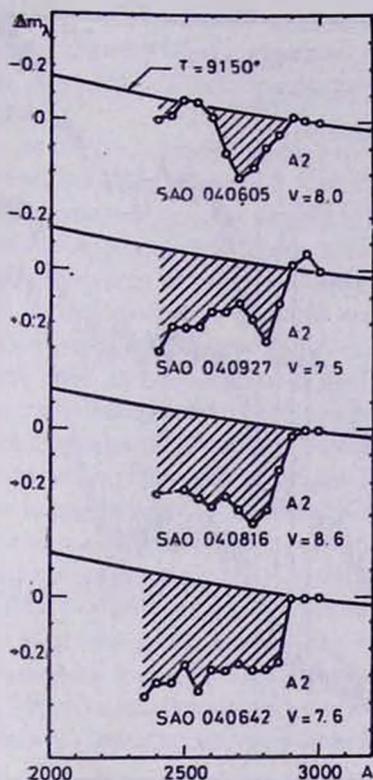


Рис. 4. Распределение энергии в спектрах четырех звезд класса A2. Заметно сильное отличие макроструктуры депрессии в непрерывном спектре звезды SAO 040605 от депрессии остальных трех звезд.

ности депрессии δm_{λ} , имея в виду, что условный (неискаженный) уровень непрерывного спектра нормирован на $\lambda = 3000 \text{ \AA}$.

Найденная нами относительная мощность депрессии $\delta m_{(2800)}$ на $\lambda = 2800 \text{ \AA}$, средняя от 10 звезд класса A0, оказалась равной $0^m13 \pm 0^m08$; для A2 звезд эта величина оказалась равной $0^m27 \pm 0^m09$. Эти данные находятся в хорошем согласии с результатами Дж. Б. Оганесян [2], найденными для других групп A0 и A2 звезд, а также Андерхилл [3], которая нашла $\delta m_{(2800)} = 0^m10$ для одной звезды класса A0p (Si) (γ Dra) и $\delta m_{(2800)} = 0^m23$ для A2V (β Aur).

5. Некоторые выводы

Дефицит энергии в той или иной области непрерывного спектра по отношению к его нормальному уровню, иначе — депрессия в непрерывных спектрах, вызван блокирующим эффектом многочисленных линий поглощения, принадлежащих — в случае звезд классов A0—A2 — нейтральным

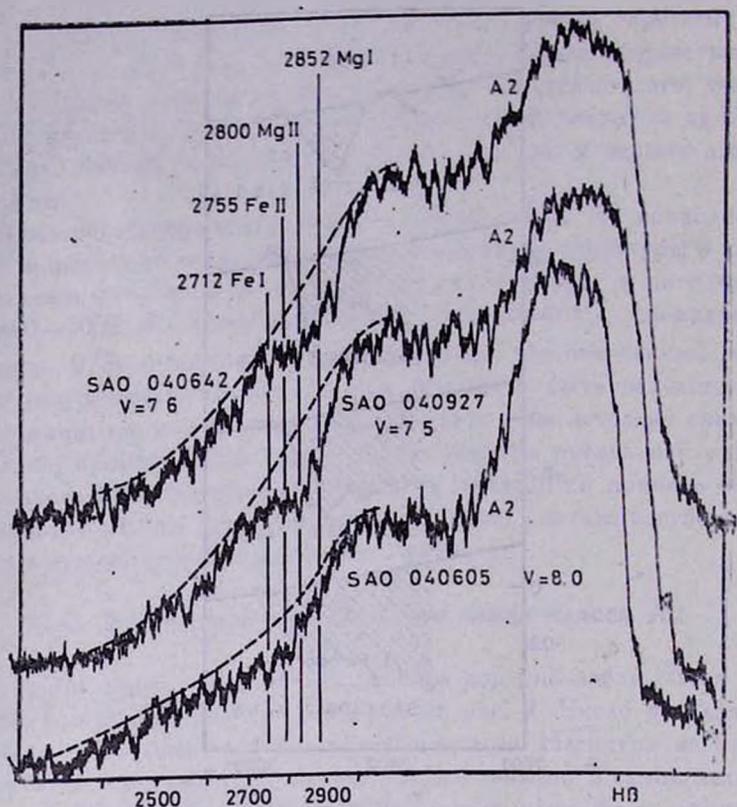


Рис. 5. Микрофотометрические записи коротковолновых спектральных снимков звезд SAO 040605, 040642 и 040927.

и ионизованным металлам. Насколько нам известно, первое экспериментальное доказательство существования этого эффекта было дано Андерхилл [3] на основе наблюдательного материала OAO-2. Однако в ее оригинальной работе рассматриваются по сути дела по одной звезде данного спектрального подкласса. И хотя при этом она была в состоянии подметить определенный ход в изменениях основных параметров депрессии — ее мощности и длины волны максимальной глубины — при переходе от звезд ранних подклассов В до А6, однако в силу малочисленности исследованных звезд ничего нельзя было сказать о том, насколько устойчивы значения этих параметров внутри данного спектрального подкласса.

Теперь, на основе анализа наблюдательного материала «Ориона-2», мы приходим к выводу, что по крайней мере в случае звезд классов А0 и А2 основные параметры депрессии далеко не постоянны и могут меняться внутри данного подкласса в значительных пределах. Заметим, кстати, что к такому выводу приходит также Дж. Б. Оганесян [2] на основе анализа коротковолновых спектров звезд разных подклассов А, рассеянных в дру-

гой области неба — вокруг Капеллы. Учитывая сравнительно невысокое спектральное разрешение спектральных снимков «Ориона-2», такой вывод приходится принимать с некоторой оговоркой, имея в виду необходимость его проверки в будущем.

Однако в случае, если сделанный вывод все-таки получит в дальнейшем свое подтверждение, встанет вопрос: а чем вызван сам разброс параметров депрессии или неодинаковость ее макроструктуры у этих звезд?

Мы далеки от мысли предпринять здесь поиск причин подобной аномальности, а тем более вдаваться в тонкости физических явлений, возможных или невозможных, в той или иной степени имеющих отношение к ней. Мы ограничимся лишь перечислением тех факторов, учет которых, как нам кажется, может пролить свет на обсуждаемую проблему.

а) *Эффект абсолютной светимости.* Как было указано выше, абсолютные светимости (класс светимости) рассмотренных нами звезд класса А0—А2 (табл. 1) неизвестны. Поэтому в принципе нельзя исключить возможность того, чтобы макроструктура депрессий непрерывных спектров у звезд разных классов светимости оказалась разная. Правда, имеется указание на то, что по распределению энергии в непрерывном спектре звезды в интервале длин волн 2000—3000 Å нельзя отличить класс светимости I от класса светимости V [4] и что класс светимости становится ощутимым на общей картине непрерывного спектра лишь в области длин волн короче 2000 Å и до 1000 Å [5]. Однако никем еще не доказано, что класс светимости не должен влиять на макроструктуру депрессий непрерывных спектров.

б) *Влияние околзвездного облака.* В литературе часто дискутируется вопрос о возможности существования околзвездного облака и его влиянии на спектр центральной звезды. Более того, признаки существования такого облака вокруг некоторых горячих звезд (например, вокруг γ Cas) отмечены Г. А. Гурзадяном [6] опять-таки на основании наблюдательного материала «Ориона-2». Поэтому представляет интерес, в какой мере околзвездное облако может внести свою «коррективу» или на весь спектр звезды, или на его отдельные участки.

б) *Химический состав звезды.* Объяснить разброс в макроструктуре депрессий непрерывных спектров неодинаковостью химического состава или относительного содержания элементов в фотосферах звезд одного и того же спектрального подкласса является наиболее тривиальным выходом из положения. Однако и на этот счет мы в настоящее время не располагаем достаточными данными.

А0—А2 ԴԱՍԻ ԱՍՏՂԵՐԻ ԱՆՈՒԴԶԱՏ ՄՊԵԿՏՐՆԵՐԻ
ՄԻԿՐՈԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԸ ՈՒՆՏՐԱՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆՈՒՄ

Ա մ փ ո փ ու մ

«Օրին—2»-ի տվյալների օգնությամբ վերլուծված են 10 А0 և չորս А2 դասի աստղերի անընդհատ սպեկտրների դեպրեսիաների մակրոկառուցվածքները ուտրամասնուշակագույն տիրույթում: Ցույց է արված, որ 2400—3000 А ալիքային երկարության տիրույթում անընդհատ սպեկտրներէ մակրոկառուցվածքը միևնույն ենթադասի աստղերի մոտ հաստատուն չէ և տատանվում է զգալի սահմաններում մեկ աստղից մյուսին անցնելիս: Դա նշանակում է, որ անընդհատ սպեկտրում կլանման գծերի վերադրման էֆեկտը ինչ-որ պատճառներով հանդես չի գալիս միևնույն շափով նույն ասպեկտրալ ենթադասի տարբեր ներկայացուցիչների մոտ:

A. S. AKOPYAN

MACROSTRUCTURE OF CONTINUOUS SPECTRA IN THE
ULTRAVIOLET OF A0—A2 TYPE STARS

S u m m a r y

The macrostructures of the depressions in the ultraviolet continuous spectra for 10 A0 class and 4 A2 class stars are analyzed. It is shown that the macrostructure of continuous spectra in the wavelength region 2400—3000 Å for the same subclasse stars is not stable and may changes in appreciable limits at passing from one star to another. This means that the blocking effect of the continuous spectra by absorption lines is not displaying in the same degree in different stars of the same spectral subclass.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Mihalas D. Ap. J., Suppl. 9, 22, 321, 1965.*
2. *Օլանեսյան Դ. Բ. Сообщ. Бюраканской обс., 48, 68, 1976.*
3. *Underhill A. B. The Scientific Results from the OAO—2 (NASA Sp—310), p. 367, 1972.*
4. *Գურադյան Գ. Ա., Օլանեսյան Բ. Խ. Աստրոֆիզիկա, 11, 397, 1975.*
5. *Humphries C. M., Nandy K., Kintzas E. Ap. J., 195, 111, 1974.*
6. *Գურադյան Գ. Ա. Proc. III Conference IAU Tbilisi, 1975.*

Р. С. АСАТРЯН

УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ДУБЛЕТ ИОНИЗОВАННОГО МАГНИЯ 2800 Mg II В СПЕКТРАХ СЛАБЫХ ЗВЕЗД

1. Введение

К началу 1974 г. наши сведения об ультрафиолетовом дублете ионизованного магния 2800 Mg II (2796 Mg II и 2803 Mg II) в звездных спектрах ограничивались не более чем 35 звездами, к тому же только яркими — до 4^m [1—6]. Положение резко изменилось после проведения эксперимента с космической обсерваторией «Орион-2», когда в наших руках оказались ультрафиолетовые спектральные снимки огромного количества слабых звезд — до 12—13^m [7]. Благодаря своей однородности и массовости, этот материал, помимо прочего, оказался весьма ценным источником также для изучения спектральной линии 2800 Mg II в спектрах звезд разных спектральных классов и светимостей. Уже первая работа Г. А. Гурзадяна [8], посвященная этой проблеме, выполненная на основе наблюдательного материала «Ориона-2», дала возможность установить ряд интересных закономерностей, касающихся поведения дублета 2800 Mg II в звездных спектрах. Было выявлено прежде всего огромное значение этого дублета в формировании характера и структуры непрерывных спектров звезд около 2800 Å; он приводит к образованию глубокой и обширной депрессии в непрерывных спектрах около 2800 Å, достигающей наивысшей мощности у звезд классов F—G. Не менее интересным оказалось установление по результатам измерений 51 «орионовской» звезды четкой эмпирической зависимости между эквивалентной шириной линии 2800 Mg II и спектральным классом звезды. Эта зависимость может найти широкое практическое применение для решения разного рода задач и, в частности, для спектральной классификации звезд. Наконец, были проанализированы на фактическом материале качественные изменения, которые претерпевает дублет 2800 Mg II, когда мы переходим от звезд ранних классов, у которых он присутствует, как правило, в виде линии поглощения, к звездам поздних классов, у которых этот дублет выступает в виде эмиссионной линии.

Настоящая работа посвящена изложению результатов наблюдений ультрафиолетового дублета 2800 Mg II в спектрах 222 звезд исключительно по материалам «Ориона-2». Эти звезды рассеяны в следующих трех областях неба: вокруг Капеллы = α Аиг (100 звезд), β Аиг (57 звезд) и γ Сас (65 звезд). Общее же количество обработанных и измеренных спек-

трограмм для этих звезд составляет 320. В настоящей работе мы ограничили рассмотрением звезд до 10-ой фотовизуальной величины. Исследованные нами звезды охватывают спектральные классы от В2 до К0; звезд раннее В2 просто не оказалось в выбранных нами участках неба, а звезды позднее К0 оставлены для отдельного рассмотрения ввиду того, что у них линия 2800 Mg II присутствует в эмиссии.

В настоящее время общее число звезд, в спектрах которых был выделен и измерен дублет 2800 Mg II только на основе наблюдательного материала «Ориона-2», превышает 300 (см. [8], а также [9—11]).

2. Наблюдения

Мы не будем останавливаться на описании аппаратуры «Орион-2», принципов ее работы и методики проведения астрофизических наблюдений с борта космического корабля; эти вопросы достаточно подробно освещены в ряде работ, посвященных этому эксперименту [7, 12—13]. Отметим лишь то, что имеет отношение к наблюдению линии 2800 Mg II, в частности, при дисперсии 420 Å/мм и при достигнутой в реальных условиях космического полета точности стабилизации телескопической платформы «Ориона-2» спектральное разрешение оказалось порядка 25 Å на этой линии. Это, конечно, мало для выявления тонкой структуры дублета в каждом отдельном случае, но оказалось достаточным для решения многих задач, связанных с поведением этого дублета в спектрах звезд главной последовательности.

Спектральные снимки в диапазоне длин волн короче 3000 Å и, в зависимости от экспозиции и спектрального класса звезды, до 2000 Å были получены на фотопленке Кодак 103-0-UV. В табл. 1 приведены данные о количестве полученных кадров и экспозиций для каждого обследованного участка неба отдельно.

Таблица 1
Данные об использованных спектрограммах, полученных с помощью «Ориона-2»

| Область | Кадр | Экспозиция, мин |
|---------|-------|--------------------|
| α Aur | F—19 | 0.25 |
| | F—20 | 1.5 |
| | F—21 | 18.4 |
| β Aur | F—13 | 15.5 |
| | γ Cas | F—16 |
| F—18 | | 2.5 |
| F—17 | | 16 |

Обработка спектрограмм с целью измерения эквивалентных шириин дублета 2800 Mg II проведена обычным методом. Микрофотометрические записи (в отдельных случаях по несколько для каждой спектрограммы) полу-

чены на двухлучевом саморегистрирующем микрофотометре ИФО-451; в общей сложности было получено и обработано более 500 микрофотометрических записей спектров исследуемых звезд.

3. Наблюдаемые эквивалентные ширины 2800 Mg II

Найденные нами величины эквивалентных ширин дублета 2800 Mg II для 222 звезд представлены в табл. 2. В первом столбце приведено обозначение звезд по каталогу SAO [14] или по нумерации [15], далее — их фотовизуальные величины, спектральные классы и в четвертом столбце — наблюдаемые (измеренные) величины $W(2800)$; последние найдены путем усреднения 2—3 измеренных спектрограмм для звезд ярче 9^m . Ошибки измерения $W(2800)$ порядка 20—25%, они обусловлены главным образом неуверенностью при проведении уровня непрерывного спектра и установлении пределов, до которых простираются крылья линии.

Таблица 2

Эквивалентные ширины резонансного дублета 2800 Mg II, наблюдаемые и исправленные за межзвездный магний, в спектрах звезд в областях неба вокруг γ Aur, δ Aur и ζ Cas

| Звезды по SAO или по [15] | V | Sp | W_* (2800) набл. A | W (2800) исправл. A | $\lg N (M_{\odot}^+)$ (см^{-2}) |
|------------------------------|------|------|----------------------------|-----------------------------|---|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Область γ Aur | | | | | |
| 1648* | 7.6 | (B1) | 2.2 | 0.6 | 15.8 |
| 040009 | 8.4 | B3 | 3.1 | 0.8 | 16.2 |
| 040093 | 9.1 | (B4) | 3.2 | 1.1 | 16.5 |
| 102* | 9.5 | (B5) | 3.7 | 1.3 | 16.7 |
| 1900* | 9.4 | (B6) | 3.7 | 1.8 | 16.9 |
| 245* | 9.2 | (B7) | 4.0 | 2.3 | 17.0 |
| 816* | 7.4 | (B7) | 3.6 | 2.6 | 17.3 |
| 1033* | 9.6 | (B8) | 4.9 | 3.3 | 17.5 |
| 1518* | 9.5 | (B8) | 4.7 | 3.2 | 17.5 |
| 040137 | 9.4 | (B8) | 4.6 | 3.1 | 17.4 |
| 040128 | 7.1 | B8 | 9.0 | 8.1 | 18.3 |
| 1901* | 10.1 | (B8) | 4.7 | 2.7 | 17.3 |
| 040281 | 9.1 | B9 | 5.5 | 3.9 | 17.7 |
| 040303 | 9.2 | B9 | 3.7 | 1.8 | 16.9 |
| 040114 | 10.0 | (B9) | 5.3 | 3.4 | 17.5 |
| 1023* | 9.9 | (B9) | 5.2 | 3.4 | 17.5 |
| 040112 | 8.7 | B9 | 6.0 | 4.6 | 17.8 |
| 040059 | 9.5 | (B9) | 5.3 | 3.8 | 17.7 |
| 100* | 8.7 | (A0) | 5.5 | 4.4 | 17.8 |
| 040320 | 8.4 | A0 | 4.9 | 3.9 | 17.7 |
| 040313 | 9.3 | A0 | 4.7 | 3.2 | 17.5 |
| 040295 | 9.1 | A0 | 5.1 | 3.8 | 17.7 |
| 040265 | 8.7 | A0 | 8.0 | 7.0 | 18.2 |
| 040307 | 9.3 | A0 | 6.5 | 5.1 | 17.9 |
| 577* | 10.0 | (A0) | 7.3 | 5.5 | 18.0 |
| 040092 | 7.9 | A0 | 6.5 | 5.7 | 18.0 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------|------|------|------|------|------|
| 040037 | 8.8 | A0 | 6.5 | 5.3 | 18.0 |
| 040280 | 7.4 | A0 | 5.4 | 4.7 | 17.8 |
| 040232 | 8.6 | A0 | 5.2 | 3.8 | 17.7 |
| 040209 | 8.9 | A0 | 4.8 | 3.3 | 17.5 |
| 040231 | 8.2 | A0 | 8.5 | 7.7 | 18.2 |
| 1564* | 9.9 | (A0) | 6.1 | 4.5 | 17.8 |
| 040032 | 8.9 | AD | 4.7 | 3.4 | 17.5 |
| 1039* | 9.7 | (A0) | 6.5 | 5.1 | 17.9 |
| 650* | 9.5 | (A1) | 7.3 | 6.0 | 18.0 |
| 1030* | 9.7 | (A1) | 7.1 | 5.7 | 18.0 |
| 040221 | 9.3 | (A1) | 7.3 | 6.0 | 18.0 |
| 040156 | 9.1 | (A1) | 7.4 | 6.4 | 18.0 |
| 040048 | 9.2 | (A1) | 7.7 | 6.7 | 18.1 |
| 040216 | 8.5 | A2 | 14.6 | 13.9 | 18.8 |
| 125* | 10.1 | (A2) | 9.5 | 8.1 | 18.3 |
| 1143* | 9.5 | (A2) | 9.3 | 8.2 | 18.3 |
| 1341* | 10.0 | (A2) | 10.1 | 8.7 | 18.4 |
| 040095 | 7.5 | A2 | 20.0 | 19.4 | 19.0 |
| 040111 | 9.7 | (A2) | 8.8 | 7.5 | 18.2 |
| 1606* | 9.7 | (A2) | 10.3 | 9.1 | 18.4 |
| 040055 | 9.4 | A2 | 9.2 | 8.2 | 18.3 |
| 040021 | 9.6 | (A2) | 9.8 | 8.6 | 18.3 |
| 2042* | 9.5 | (A2) | 9.4 | 8.3 | 18.3 |
| 039988 | 6.5 | A2 | 30 | 29.7 | 19.4 |
| 040380 | 9.0 | (A2) | 8.7 | 7.7 | 18.2 |
| 040334 | 9.2 | A3 | 12.7 | 12.2 | 18.6 |
| 643* | 9.7 | (A3) | 10.4 | 9.6 | 18.5 |
| 850* | 10.0 | (A3) | 10.3 | 8.9 | 18.4 |
| 040126 | 8.2 | A3 | 6.0 | 5.3 | 18.0 |
| 1738* | 10.1 | (A3) | 10.6 | 9.2 | 18.4 |
| 040025 | 7.6 | A3 | 14.0 | 13.5 | 18.7 |
| 040031 | 8.9 | (A3) | 11.2 | 10.4 | 18.5 |
| 040164 | 9.4 | (A4) | 12.0 | 11.0 | 18.6 |
| 1841* | 9.5 | (A4) | 12.2 | 11.2 | 18.6 |
| 040148 | 9.4 | (A5) | 15.5 | 14.7 | 18.8 |
| 871* | 9.5 | (A5) | 14.2 | 13.3 | 18.7 |
| 039997 | 9.0 | A5 | 9.1 | 8.3 | 18.3 |
| 039980 | 9.0 | (A5) | 15.1 | 14.5 | 18.8 |
| 010047 | 9.4 | (A6) | 16.3 | 15.5 | 18.9 |
| 040184 | 8.9 | (A6) | 16.8 | 16.2 | 18.9 |
| 640* | 9.7 | (A9) | 23.5 | 22.7 | 19.2 |
| 040240 | 9.1 | (A9) | 22.4 | 21.8 | 19.1 |
| 758* | 9.0 | (A9) | 23.9 | 23.3 | 19.2 |
| 914* | 9.5 | (A9) | 23.9 | 23.2 | 19.2 |
| 040045 | 9.4 | (A9) | 23.9 | 23.2 | 19.2 |
| 1844* | 9.4 | (A9) | 24.2 | 23.5 | 19.2 |
| 040359 | 9.3 | (F0) | 25.4 | 24.8 | 19.3 |
| 040301 | 9.3 | (F0) | 24.7 | 24.1 | 19.2 |
| 471* | 9.2 | (F0) | 26.5 | 26.0 | 19.3 |
| 040286 | 9.3 | (F0) | 24.5 | 23.9 | 19.2 |
| 040210 | 9.2 | (F0) | 25.7 | 25.1 | 19.3 |
| 040166 | 9.1 | (F0) | 25.2 | 24.6 | 19.2 |
| 1889* | 9.2 | (F0) | 25.6 | 25.0 | 19.3 |
| 040007 | 9.8 | (F0) | 25.0 | 24.2 | 19.2 |
| 2105* | 9.7 | (F0) | 24.8 | 24.0 | 19.2 |
| 040273 | 9.5 | (F1) | 28.0 | 27.4 | 19.3 |
| 010234 | 9.4 | (F1) | 28.2 | 27.6 | 19.3 |
| 703* | 9.5 | (F1) | 28.5 | 27.9 | 19.3 |
| 1858* | 9.7 | (F1) | 28.1 | 27.4 | 19.3 |
| 040036 | 8.6 | F2 | 33.0 | 32.2 | 19.5 |
| 30* | 9.6 | (F3) | 31.4 | 30.8 | 19.4 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----------------------|-----|------|------|------|------|
| 040370 | 8.7 | F5 | 36.0 | 35.6 | 19.6 |
| 040089 | 7.6 | F5 | 36.0 | 35.6 | 19.6 |
| 040036 | 9.5 | (F6) | 37.0 | 36.6 | 19.6 |
| 040284 | 9.2 | (F9) | 40.0 | 39.7 | 19.7 |
| 040118 | 8.9 | (G0) | 43.1 | 42.9 | 19.8 |
| 040053 | 8.0 | G5 | 31.5 | 30.8 | 19.4 |
| 040198 | 9.0 | (G9) | 15.7 | 15.5 | 18.9 |
| 040352 | 8.4 | K0 | 10.0 | 9.9 | 18.5 |
| 040329 | 8.0 | K0 | 13.7 | 13.0 | 18.7 |
| 040069 | 8.7 | K0 | 11.0 | 10.0 | 18.5 |
| 040161 | 8.4 | K0 | 18.8 | 18.5 | 19.0 |
| 040305 | 8.8 | K0 | 8.6 | 7.6 | 18.2 |
| 039987 | 8.5 | (K2) | 7.3 | 7.3 | 18.2 |
| Область λ Aur | | | | | |
| 040834 | 7.0 | B3 | 3.7 | 1.7 | 16.9 |
| 040748 | 7.2 | B5 | 3.7 | 2.3 | 17.0 |
| 040804 | 8.5 | B8 | 3.7 | 2.1 | 17.0 |
| 040644 | 8.3 | B9 | 4.2 | 2.4 | 17.1 |
| 040767 | 8.1 | B9 | 3.5 | 2.5 | 17.2 |
| 040793 | 8.6 | B9 | 3.7 | 2.2 | 17.0 |
| 040822 | 7.9 | B9 | 5.0 | 4.0 | 17.7 |
| 040879 | 8.4 | B9 | 3.8 | 2.6 | 17.3 |
| 040934 | 7.7 | B9 | 4.4 | 3.5 | 17.5 |
| 040588 | 7.7 | A0 | 4.4 | 3.7 | 17.6 |
| 040595 | 8.3 | A0 | 6.3 | 5.4 | 18.0 |
| 040631 | 8.5 | A0 | 4.2 | 3.2 | 17.5 |
| 040645 | 8.6 | A0 | 5.9 | 4.9 | 17.9 |
| 040692 | 8.8 | A0 | 6.5 | 5.4 | 18.0 |
| 040699 | 8.7 | A0 | 5.7 | 4.6 | 17.8 |
| 040728 | 9.2 | (A0) | 6.7 | 5.5 | 18.0 |
| 040734 | 9.0 | A0 | 6.5 | 5.2 | 17.9 |
| 040745 | 8.0 | A0 | 4.4 | 3.6 | 17.6 |
| 040746 | 6.6 | A0 | 8.4 | 8.0 | 18.3 |
| 040788 | 7.8 | A0 | 4.6 | 3.8 | 17.7 |
| 040796 | 8.0 | A0 | 7.6 | 6.8 | 18.1 |
| 040813 | 8.8 | A0 | 7.8 | 6.6 | 18.1 |
| 040841 | 8.5 | A0 | 6.0 | 5.0 | 17.9 |
| 040877 | 7.3 | A0 | 8.1 | 7.5 | 18.2 |
| 040898 | 7.5 | A0 | 6.5 | 5.8 | 18.0 |
| 040596 | 9.0 | (A1) | 7.8 | 6.8 | 18.1 |
| 040605 | 8.0 | A2 | 8.6 | 8.0 | 18.3 |
| 040642 | 7.6 | A2 | 7.6 | 7.1 | 18.2 |
| 040656 | 8.9 | A2 | 14.3 | 13.4 | 18.7 |
| 040690 | 8.4 | A2 | 8.8 | 8.1 | 18.3 |
| 040783 | 8.4 | A2 | 7.1 | 6.4 | 18.0 |
| 040816 | 8.7 | A2 | 14.1 | 13.3 | 18.7 |
| 040831 | 7.2 | A2 | 10.3 | 9.9 | 18.5 |
| 040851 | 8.8 | A2 | 15.3 | 14.5 | 18.8 |
| 040927 | 7.5 | A2 | 11.8 | 11.3 | 18.6 |
| 040799 | 9.0 | (A3) | 11.1 | 10.2 | 18.5 |
| 040704 | 9.0 | (A6) | 16.8 | 16.1 | 18.9 |
| 040885 | 9.1 | (A6) | 16.2 | 15.5 | 18.9 |
| 040617 | 8.0 | F0 | 21.8 | 21.5 | 19.1 |
| 040717 | 8.9 | F0 | 27.3 | 26.7 | 19.3 |
| 040795 | 8.9 | (F0) | 25.2 | 24.6 | 19.2 |
| 040800 | 8.2 | F0 | 26.9 | 26.5 | 19.3 |
| 040835 | 8.2 | (F0) | 26.5 | 26.1 | 19.3 |
| 040840 | 5.9 | F0 | 22.7 | 22.5 | 19.2 |
| 040646 | 8.9 | (F2) | 29.4 | 29.0 | 19.4 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---------------|-----|----|------|------|------|
| 040689 | 8.5 | F5 | 23.9 | 23.6 | 19.2 |
| 040729 | 8.5 | F5 | 35.8 | 35.5 | 19.6 |
| 040771 | 8.5 | F5 | 33.7 | 33.4 | 19.5 |
| 040733 | 8.2 | F8 | 35.3 | 35.1 | 19.6 |
| 040777 | 8.1 | F8 | 23.5 | 23.3 | 19.2 |
| 040780 | 8.7 | F8 | 32.8 | 32.6 | 19.5 |
| 040827 | 8.5 | F8 | 31.1 | 30.9 | 19.4 |
| 040830 | 6.7 | F8 | 46.2 | 46.2 | 19.8 |
| 040836 | 8.4 | F8 | 38.8 | 38.6 | 19.6 |
| 040726 | 6.6 | G5 | 31.5 | 31.5 | 19.5 |
| 040818 | 6.1 | G5 | 37.8 | 37.8 | 19.6 |
| 040921 | 7.6 | G5 | 32.3 | 32.2 | 19.5 |
| Область Т Cas | | | | | |
| 011644 | 7.3 | E3 | 2.4 | 0.8 | 16.2 |
| 011455 | 9.2 | B5 | 4.0 | 1.8 | 16.9 |
| 011463 | 8.6 | B9 | 4.5 | 2.8 | 17.3 |
| 011464 | 5.5 | B9 | 5.1 | 4.5 | 17.8 |
| 011505 | 9.1 | B9 | 7.5 | 5.4 | 18.0 |
| 011556 | 8.3 | B9 | 6.7 | 5.3 | 17.9 |
| 011567 | 8.9 | B9 | 4.0 | 2.1 | 17.0 |
| 011604 | 8.1 | B9 | 6.3 | 5.0 | 17.9 |
| 011637 | 6.3 | B9 | 4.3 | 3.7 | 17.6 |
| 021642 | 6.1 | B9 | 4.6 | 3.9 | 17.7 |
| 021751 | 9.0 | B9 | 6.7 | 4.7 | 17.8 |
| 021905 | 8.9 | B9 | 5.9 | 4.0 | 17.7 |
| 011377 | 8.6 | A0 | 8.6 | 7.3 | 18.2 |
| 011447 | 8.8 | A0 | 7.5 | 6.1 | 18.0 |
| 011475 | 7.7 | A0 | 5.1 | 4.3 | 17.7 |
| 011488 | 8.6 | A0 | 6.7 | 5.4 | 18.0 |
| 011520 | 8.5 | A0 | 6.5 | 5.3 | 17.9 |
| 011566 | 7.8 | A0 | 6.3 | 5.4 | 18.0 |
| 011587 | 8.5 | A0 | 4.4 | 3.2 | 17.5 |
| 021749 | 8.5 | A0 | 5.5 | 4.3 | 17.7 |
| 021779 | 8.8 | A0 | 7.1 | 5.7 | 18.0 |
| 021857 | 7.9 | A0 | 6.0 | 5.0 | 17.9 |
| 021881 | 9.1 | A0 | 5.9 | 4.2 | 17.7 |
| 022012 | 6.8 | A0 | 5.7 | 5.1 | 17.9 |
| 011658 | 8.7 | A | 5.0 | 3.6 | 17.6 |
| 011441 | 9.0 | A2 | 9.5 | 8.3 | 18.3 |
| 011449 | 7.7 | A2 | 8.0 | 7.3 | 18.2 |
| 011457 | 9.0 | A2 | 9.5 | 8.3 | 18.3 |
| 021709 | 9.0 | A2 | 10.6 | 9.4 | 18.4 |
| 021911 | 8.5 | A2 | 10.9 | 9.9 | 18.5 |
| 011456 | 8.5 | A3 | 17.8 | 17.0 | 18.9 |
| 011571 | 6.4 | A3 | 9.4 | 9.1 | 18.4 |
| 021632 | 7.5 | A3 | 12.7 | 12.1 | 18.6 |
| 021678 | 9.0 | A3 | 11.1 | 9.9 | 18.5 |
| 021914 | 7.1 | A3 | 9.6 | 9.2 | 18.4 |
| 011437 | 9.0 | A | 8.8 | 7.6 | 18.2 |
| 021873 | 8.9 | A5 | 9.2 | 8.4 | 18.3 |
| 011349 | 8.9 | F0 | 27.9 | 27.3 | 19.3 |
| 011551 | 5.9 | F0 | 25.0 | 24.6 | 19.2 |
| 021809 | 8.6 | F0 | 30.2 | 29.6 | 19.4 |
| 021858 | 8.8 | F0 | 24.4 | 23.8 | 19.2 |
| 022122 | 8.2 | F0 | 22.3 | 21.8 | 19.1 |
| 011398 | 8.4 | F2 | 29.5 | 29.1 | 19.4 |
| 021935 | 8.1 | F2 | 26.5 | 26.1 | 19.4 |
| 011326 | 8.7 | F5 | 38.3 | 38.0 | 19.3 |
| 011393 | 8.3 | F | 38.3 | 38.0 | 19.6 |
| | | | | | 19.6 |

Таблица 2 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|--------|-----|---------|------|------|------|
| 011417 | 8.4 | F5 | 29.0 | 28.6 | 19.4 |
| 011523 | 8.4 | F5 | 28.7 | 28.3 | 19.4 |
| 011529 | 8.7 | F5 | 25.7 | 25.3 | 19.3 |
| 011652 | 7.5 | F5 | 38.0 | 37.6 | 19.6 |
| 021723 | 8.8 | F5 | 34.9 | 34.5 | 19.5 |
| 011726 | 8.8 | F5 | 36.0 | 35.6 | 19.6 |
| 011444 | 4.9 | F8 | 43.0 | 43.0 | 19.7 |
| 011511 | 8.7 | F8 | 31.1 | 30.8 | 19.4 |
| 011557 | 5.9 | F8 | 42.0 | 41.8 | 19.7 |
| 011547 | 8.6 | G0 | 39.7 | 39.5 | 19.7 |
| 011401 | 7.9 | G5 | 18.1 | 18.0 | 19.0 |
| 011491 | 6.6 | G5 | 33.0 | 32.8 | 19.5 |
| 011507 | 8.5 | G5 | 28.2 | 28.0 | 19.4 |
| 011515 | 7.2 | G5 | 29.1 | 29.0 | 19.4 |
| 011544 | 8.2 | G5 | 22.5 | 22.3 | 19.2 |
| 021693 | 6.5 | G5 | 30.0 | 29.8 | 19.4 |
| 021855 | 4.8 | K0 (G4) | 34.0 | 33.8 | 19.5 |
| 011540 | 7.5 | K0 | 14.0 | 14.0 | 18.8 |
| 021832 | 5.0 | K0 | 15.5 | 15.1 | 18.9 |

* Номера, обозначаемые по картам в [15].

Звезды классов B2—A9. Найденные нами наблюдаемые величины $W(2800)$, согласно данным табл. 2, оказались в пределах 1—5 A для звезд подкласса B9 и ранее и от 3.5 до 15 A для класса A. Они находятся в хорошем согласии с величинами, полученными Ламерсом и др. [5]. На рис. 1 показаны фрагменты микрофотометрических записей спектров нескольких звезд ранних спектральных классов около 2800 A .

Звезды классов F0—G9. На ультрафиолетовых спектрограммах звезд классов F—G, полученных с помощью «Ориона-2», дублет 2800 Mg II настолько сильный, что обнаруживается даже невооруженным глазом (имеется в виду умеренная дисперсия на этом участке длин волн). По существу у этих звезд дублет 2800 Mg II приводит к образованию очень широкой (200—250 A) и очень мощной ($W_{\max} \sim 50 A$) депрессии в непрерывном спектре около 2800 A (см. микрофотометрические записи на рис. 1).

Найденные нами величины $W(2800)$ для звезд F—G оказались в пределах 20—50 A и в хорошем согласии с данными Кондо для Канопуса, звезды класса F0 ($W=22 A$) [1], а также В. П. Качалова и А. В. Яковлевой для Солнца, звезды класса G2 ($W=66 A$) [16].

Звезды класса K0. Ввиду общей слабости спектров звезд этого класса в ультрафиолете, обнаружение и отождествление в них дублета 2800 Mg II почти всегда было затруднительно. Кроме того, согласно Г. А. Гурздяну [8], спектральный класс K0 входит в группу переходных звезд (G5—K0), у которых дублет 2800 Mg II может присутствовать и в виде линии поглощения, и в эмиссии. Это обстоятельство, при наличии больших флуктуаций на микрофотометрических записях спектров, также может затруднить обнаружение и выделение дублета.

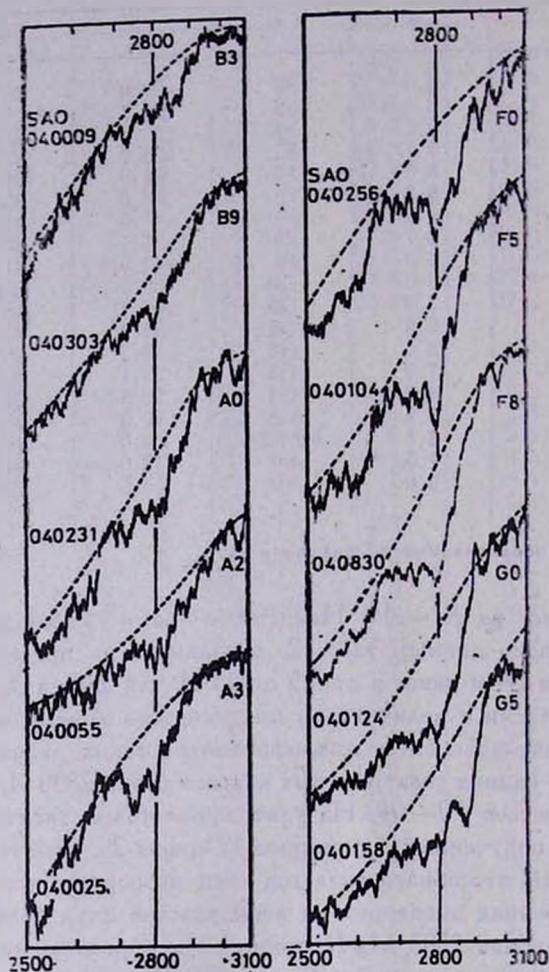


Рис. 1. Фрагменты микрофотометрических записей спектров некоторых звезд классов В3—G5 вокруг λ Aug и β Aug.

Несмотря на эти трудности, дублет 2800 Mg II был уверенно выделен и измерен в спектрах нескольких звезд класса K0; для них $W(2800)$ оказалась в пределах 6—17 Å.

4. Межзвездный магний

Выделение и регистрация узких линий межзвездного магния 2800 Mg II , соответствующих весьма низкой эффективной температуре межзвездной среды, вообще говоря, требует применения аппаратуры с очень высоким спектральным разрешением. Именно таким путем впервые Боксенбергу и др. [6], а затем разным группам, экспериментирующим на «Со-

pernicus» [17], удалось зафиксировать межзвездную линию 2800 MgII в направлениях созвездий Cas, Ori, Vel, Leo, Eri, Sco, Pup. По их измерениям эквивалентная ширина межзвездного магния W_{H} (2800) находится в пределах 2—6 Å на 1 клс расстояния.

Однако в принципе возможен и иной путь измерения мощности или эквивалентной ширины линии поглощения 2800 Mg II межзвездного происхождения, не требующий применения спектральной аппаратуры высокого разрешения. Мы имеем в виду возможность наблюдения довольно слабых, а стало быть, более удаленных от нас горячих звезд, у которых линия межзвездного магния благодаря расстоянию будет достаточно сильная для того, чтобы можно было выделить ее путем сравнения наблюдаемой эквивалентной ширины с ее теоретически ожидаемой величиной, соответствующей звезде данного спектрального класса. При этом чем дальше окажется звезда от нас, тем больше будет относительная доля интенсивности 2800 Mg II, принадлежащая межзвездному магнию, от общей наблюдаемой интенсивности и тем выше будет точность измерения мощности излучения или эквивалентной ширины межзвездного компонента.

Именно этим — вторым путем пошли мы в настоящей работе, когда встал вопрос об использовании наблюдательного материала «Ориона-2» для нахождения интенсивности линии 2800 Mg II межзвездного происхождения.

Результаты конкретного применения этого способа в отношении трех областей неба — α Aug, β Aug и γ Cas — представлены в табл. 4. В ней указаны обозначения и спектральный класс звезд, а также их расстояние r , найденные по методу абсолютной светимости с учетом поправок за межзвездное поглощение. При этом величины A_v взяты из [18] для областей α Aug и β Aug, а в случае γ Cas поправки за межзвездное поглощение не были учтены из-за их незначительности [19].

Далее, в четвертом столбце, приведены величины разности $W_* - W_T$, представляющей собой эквивалентную ширину дублета 2800MgII обусловленную целиком поглощением межзвездного ионизованного магния, находящегося на пути от нас до данной звезды (W_* — величина наблюдаемой эквивалентной ширины линии 2800 Mg II в спектре данной звезды — берется из табл. 2, W_T — теоретическая величина эквивалентной ширины, соответствующая эффективной температуре звезды данного класса). Принятые нами в настоящей работе величины W_T затабулированы в табл. 3; они взяты по результатам вычислений Михаласа [20] для звезд класса A0 и ранее (при $\lg g = 4.0$ и $\xi_e = 4$ км/сек) и Ламерса и др. [5] для звезд классов A1—A3. Наконец, в последнем — пятом столбце табл. 4 приведены величины эквивалентных ширин W_{H} линии 2800 Mg II межзвездного происхождения в ангстремах, рассчитанных на 1 клс; эти величины найдены из соотношения: $W_{\text{H}} = (W_* - W_T)/r$, где r измеряется в килопарсеках.

Звезды, приведенные в табл. 4, подобраны следующим образом. Во-первых, взяты только звезды классов ранее A3, которые к тому же на-

Таблица 3

Принятые величины теоретических эквивалентных ширин линий 2800 Mg II для звезд разных спектральных классов (по [20] и [5])

| Спектр | $W_T(2800)$ | Спектр | $W_T(2800)$ |
|--------|-------------|--------|-------------|
| B2 | 0.6 A | B8 | 3.2 A |
| B3 | 0.8 | B9 | 3.8 |
| B4 | 1.4 | A0 | 5.0 |
| B5 | 1.8 | A1 | 6.2 |
| B6 | 2.1 | A2 | 7.3 |
| B7 | 2.5 | A3 | 8.5 |

Таблица 4

Эквивалентные ширины $W_M(2800)$ межзвездного компонента линии поглощения 2800 Mg II для разных областей неба по данным „Орiona-2“

| Звезда SAO | Спектр | г. пс | $W_* - W_T$ A | $W_M(2800)$ A на 1 кпс |
|----------------------|--------|----------|------------------|---------------------------|
| Область α Aur | | | | |
| 040281 | B9 | 400 | 1.7 | 4.2 |
| 07 | A0 | 360 | 1.5 | 4.2 |
| 092 | A0 | 220 | 1.5 | 6.8 |
| 037 | A0 | 290 | 1.5 | 5.2 |
| 112 | B9 | 350 | 2.2 | 6.3 |
| 039 | B3 | 900 | 2.3 | 2.5 |
| 183 | B2 | 760 | 1.4 | 1.8 |
| 244 | B9 | 320 | 1.0 | 3.1 |
| 167 | B9 | 440 | 1.8 | 4.1 |
| 070 | A0 | 290 | 1.0 | 3.4 |
| 310 | A0 | 350 | 1.0 | 2.9 |
| 105 | A3 | 300 | 0.5 | 1.7 |
| Область β Aur | | | | |
| 040595 | A0 | 230 | 1.3 | 5.6 |
| 644 | B9 | 460 | 0.4 | 0.9 |
| 645 | A0 | 260 | 0.9 | 3.5 |
| 692 | A0 | 290 | 1.5 | 5.2 |
| 699 | A0 | 280 | 0.7 | 2.5 |
| 734 | A0 | 370 | 1.5 | 4.6 |
| 748 | B5 | 360 | 1.9 | 5.3 |
| 804 | B8 | 400 | 0.5 | 1.3 |
| 822 | B9 | 240 | 1.2 | 5.0 |
| 834 | B3 | 520 | 2.9 | 5.6 |
| 841 | A0 | 250 | 1.0 | 4.0 |
| 934 | B9 | 230 | 0.6 | 2.6 |
| Область γ Cas | | | | |
| 011455 | B5 | 1100 | 2.2 | 2.0 |
| 463 | B9 | 420 | 0.7 | 1.7 |
| 488 | A0 | 330 | 1.7 | 5.2 |
| 520 | A0 | 320 | 1.5 | 4.7 |
| 566 | A0 | 230 | 1.3 | 5.6 |
| 644 | B3 | 730 | 1.6 | 2.2 |
| 021749 | A0 | 320 | 0.5 | 1.6 |
| 751 | B9 | 500 | 2.0 | 5.8 |
| 779 | A0 | 360 | 2.1 | 5.8 |
| 857 | A0 | 240 | 1.0 | 4.2 |
| 881 | A0 | 420 | 0.9 | 2.1 |
| 95 | B9 | 480 | 2.1 | 4.4 |

ходятся дальше 250 пс. и. во-вторых, исключены аномальные звезды класса А2, для которых, как показано Дж. Б. Оганесян [21], характерны очень высокие значения эквивалентных ширины 2800 Mg II (до 30 Å), не имеющих отношения к межзвездному магнию.

По данным табл. 4 были найдены усредненные величины $W_M(2800)$ — эквивалентные ширины линии 2800 Mg II, обусловленные только межзвездным магнием, — для выбранных областей неба, они представлены в табл. 5.

Таблица 5
Усредненные величины эквивалентной ширины линии межзвездного магния $W_M(2800)$, для трех областей неба по данным „Ориона-2“

| Область | $W_M(2800)$ Å/кпс |
|---------|----------------------|
| 2 Aur | 3.8 ± 1.8 |
| 3 Aur | 3.7 ± 1.7 |
| γ Cas | 3.8 ± 1.8 |

Найденная нами величина $W_M(2800)$ — она оказалась поразительно одинаковой для всех трех областей неба — в среднем равна 3,8 Å/кпс с ошибкой порядка 40%. Эта величина находится в хорошем согласии с результатами других наблюдателей [6, 22, 23], относящимися к другим областям неба. Для направления γ Cas найденная ранее величина $W_M(2800)$ составляет 3 Å/кпс [6]. Вместе с тем наша оценка $W_M = 3.8$ Å/кпс почти в три раза больше принятого в [5] значения W_M для модели облака межзвездного ионизованного магния ($W_M = 0.14$ Å на одно облако с поперечником в 100 пс).

Исходя из найденной нами для эквивалентной ширины 2800 Mg II межзвездного магния величины $W_M = 3.8$ Å/кпс и пользуясь кривой роста (см. раздел 6), найдено полное количество ионов межзвездного магния в столбце с основанием 1 см² и высотой 1 кпс: $N(Mg^+) = 2 \cdot 10^{17}$ см⁻²/кпс. Приняв также весьма приблизительно концентрацию межзвездного водорода $n(H) = 0.7$ см⁻³, найдем относительное содержание магния в межзвездной среде:

$$\frac{N(Mg^+)}{N(H^+)} \approx \frac{N(Mg)}{N(H)} \approx 10^{-4}.$$

Эта величина примерно в три раза больше обычно принятой для звездных фотосфер величины ($\sim 3 \cdot 10^{-5}$) и величины $N(Mg)/N(H)$ в [5] для модели облака межзвездного ионизованного магния. Однако делать из этого далеко идущие выводы нельзя, учитывая качественный характер нашей оценки величины $N(Mg^+)/N(H^+)$: она была найдена при допущении, в частности, что размеры зон ионизации межзвездного водорода и межзвездного магния одинаковы, что в действительности не так.

Изложенный в настоящем разделе метод изучения межзвездного магния, в частности, метод нахождения эквивалентной ширины дублета 2800 Mg II межзвездного происхождения, насколько нам известно, применяется впервые. Этот метод может оказаться весьма эффективным при зондировании межзвездного магния на отдаленных областях Галактики, когда получение спектрограмм слабых звезд с очень высоким спектральным разрешением, с целью выделения линий межзвездного магния в чистом виде, станет весьма затруднительным, если не невозможным. Благодаря своему относительно высокому космическому содержанию — примерно в 20 раз больше, чем кальций, — межзвездные линии магния будут выделяться в спектрах слабых звезд гораздо легче и увереннее, чем межзвездные линии кальция, которые к тому же находятся в довольно запутанной области спектров звезд — в гуще водородных линий.

5. Зависимость интенсивности 2800 Mg II от спектрального класса звезды

Первое упоминание о существовании сильной зависимости между наблюдаемой интенсивностью (эквивалентной шириной) дублета 2800 Mg II и спектральным классом по данным четырех звезд имеется в [4, 24]; оно вскоре получило подтверждение по результатам измерений для восьми звезд [25]. Затем голландские астрофизики сделали шаг вперед, сопоставив найденную ими эмпирическую зависимость $W(2800)$ от спектра с теорией [5]. Наконец, после появления первых результатов «Ориона-2», была построена наиболее насыщенная диаграмма зависимости $W(2800)$ от спектра по данным уже 51 звезды [8].

Такая же диаграмма построена и нами исключительно по данным «Ориона-2». В общей сложности было использовано около 200 звезд, прибавив к нашим измерениям (табл. 2) также данные [8] и [9]. Эта диаграмма представлена на рис. 2 в виде графической зависимости $\lg W(2800)$ от спектрального класса. При этом использованы исправленные за эффект межзвездного магния величины $W(2800)$, исходя из оценки $W_M \approx 4 \text{ A/кпс}$.

Как следует из рис. 2, зависимость $W(2800)$ от спектра имеет, в полном согласии с [8], максимум у спектральных классов F5—G0. Очевидно, этот максимум означает также максимум в количестве поглощающих атомов — однажды ионизованного магния. Спад $W(2800)$ в сторону звезд поздних классов вызван уменьшением количества Mg^+ из-за ослабления ионизации атомов магния, а спад $W(2800)$ в сторону горячих звезд (ранее F5—G0) также обусловлен уменьшением общего количества ионов Mg^+ , но на этот раз из-за их переходов в состояние Mg^{++} .

На рис. 2 нанесены также теоретические кривые зависимости $\lg W(2800)$ от спектра согласно Non LTE вычислениям Михаласа [20], Ламерса и др. [5]; эти вычисления, однако, ограничиваются до спектрального класса A0. Для более широкого спектрального интервала — B5—K0 мы воспользовались результатами весьма приблизительных вычислений,

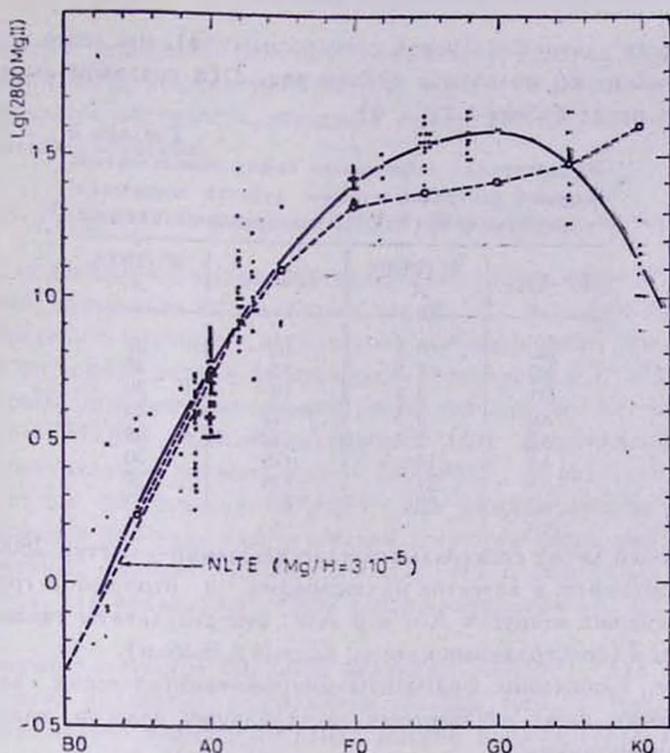


Рис. 2. Эмпирическая зависимость между эквивалентной шириной дублета 2800 Mg II и спектральным классом звезды, построенная по данным «Орлова-2»: точки — наблюдения; пунктирная линия — NLTE теория [20, 5]; кружки с пунктирной линией — приближенные вычисления [26].

выполненных Н. А. Сахибуллиным [26]. Как видим, согласие наших наблюдений с теорией достаточно хорошее, за исключением звезд класса KO, у которых наблюдаемая сила линии поглощения оказалась меньше теоретически ожидаемой. Возможно, это расхождение вызвано тем, что доля эмиссионной составляющей линии 2800 Mg II, принадлежащей хромосфере и заливающей линию поглощения 2800 Mg II, принадлежащей фотосфере, больше у звезд класса KO, чем у ранних классов. Вообще построение теоретической зависимости между силой линии поглощения 2800 Mg II и спектральным классом без учета эмиссионной составляющей хромосферного происхождения, не может быть признано достаточно удовлетворительным.

Более рафинированные кривые зависимости $W(2800) \sim Sp$, построенные с учетом более тонких параметров звезды, могут быть использованы для решения самых разнообразных задач, связанных с формированием дублета 2800 Mg II и его переносом через фотосферические слои звезды.

Найденная эмпирическая зависимость $W(2800) \sim Sp$ может найти и другое, чисто практическое применение, а именно, для спектральной классификации звезд. Действительно, найдя из наблюдений величину $W(2800)$ для той или иной звезды неизвестного класса (для чего, разумеется, нужно

располагать ее ультрафиолетовой спектрограммой), мы легко определим спектральный класс, пользуясь кривой рис. 2 (в числовом выражении эта зависимость представлена в табл. 6).

Таблица 6

Эмпирическая зависимость между эквивалентной шириной ультрафиолетового дублета ионизованного магния $W(2800)$ и спектральным классом

| Спектр | $W(2800),$ А | Спектр | $W(2800),$ А |
|--------|-----------------|--------|-----------------|
| B2 | 0.8 | F2 | 29 |
| B5 | 1.8 | F5 | 35 |
| B8 | 3.5 | F8 | 39 |
| A0 | 5.5 | G0 | 40 |
| A2 | 8.3 | G2 | 38 |
| A5 | 14 | G5 | 30 |
| A8 | 21 | G8 | 20 |
| F0 | 26 | K0 | 13 |

Указанный метод спектральной классификации—«метод 2800 Mg II»—был нами применен, в качестве иллюстрации, в отношении группы из 7 звезд, рассеянных вокруг α Aul и β Aul; эти результаты также представлены в табл. 2 (спектральные классы, взятые в скобки).

На рис. 3 показаны фрагменты микрофотометрических записей нескольких таких звезд неизвестных спектральных классов, классифицированных этим способом.

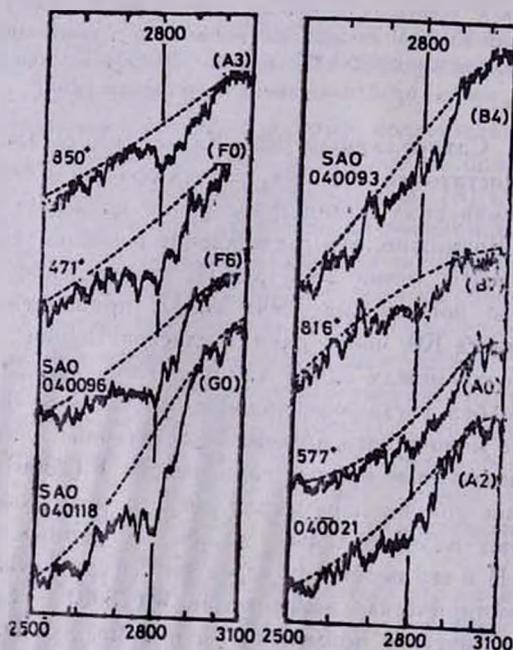


Рис. 3. Фрагменты микрофотометрических записей спектров нескольких звезд неизвестного спектрального класса вокруг Капеллы.

Дальнейшее усовершенствование указанного метода спектральной классификации звезд должно учитывать, в частности, эффекты, связанные с влиянием класса светимости звезды, а также дополнительным поглощением межзвездного магния.

6. Количество ионов магния в фотосферах звезд

По наблюдаемым значениям эквивалентных ширин дублета 2800 Mg II , исправленных за влияние межзвездного магния, и с помощью кривой роста можно определить полное количество поглощающих ионов магния $N(\text{Mg}^+)$ в фотосфере звезды (в столбце с основанием в 1 см^2).

Нами была использована кривая роста для одного из компонентов дублета — $\lambda = 2795.5 \text{ \AA}$, любезно переданная нам Дженкинсом. Так как на наших спектральных снимках дублет 2800 Mg^+ не разделяется на компоненты, то при определении $N(\text{Mg}^+)$ для каждой звезды нами было взято половинное значение эквивалентной ширины. Такой подход не вносит существенных ошибок, если иметь в виду, что по своей силе оба компонента дублета, как показывают более тонкие измерения [6, 22, 23], почти одинаковы.

Найденные указанным способом величины $N(\text{Mg}^+)$ для исследованных нами звезд приведены в последнем столбце табл. 2. Как следует из этих данных, полное количество ионов магния в фотосферах звезд спектральных классов B2—K0 колеблется в пределах 10^{17} — $5 \cdot 10^{19} \text{ см}^{-2}$. Эти значения находятся в хорошем согласии с тем, что обычно принято для среднего химического состава звезд [27].

7. Средние электронные концентрации в звездных фотосферах

Существует довольно много способов определения температур звездных фотосфер. К тому же эти способы довольно надежны и, как правило, дают уверенные результаты. Что касается способов определения электронных концентраций в звездных фотосферах, то здесь положение иное. По сути дела мы располагаем всего двумя способами определения средних электронных концентраций \bar{n}_e в фотосфере. Один из них основан на использовании спектральных линий одного и того же атома в разных стадиях ионизации. В практике используются для этой цели линии Ca и Ca^+ иногда Sg и Sg^+ , то есть линии, не всегда доступные и удобновыделимые. Второй способ основан на подсчете линий бальмеровской серии водорода, вернее, фиксации номера последней линии этой серии в спектре звезды; этот номер зависит от электронной концентрации среды (формула Инглис-Теллера). Применение этого способа требует использования спектрографов высокой дисперсии при получении спектрограммы звезды.

Оба способа нахождения \bar{n}_e в фотосферах звезд не отличаются высокой точностью. Поэтому поиски новых путей или даже расширение области

применения одного из существующих способов определения \bar{n}_e следует считать более чем желательным. Так, например, возможность использования спектральных линий Mg и Mg^{+} (2852 и 2800 Å соответственно) может быть существенным расширением первого способа, имея в виду доступность этих линий в широком классе звезд и удобства их выделения и измерения даже на spectroграммах умеренного разрешения.

Качество полученных с помощью «Ориона-2» spectroграмм позволило измерить также эквивалентную ширину резонансной линии поглощения нейтрального магния 2852 Mg I в спектрах некоторых звезд. Эти измерения, несколько затруднительные для звезд ранних классов из-за слабости самой линии, оказались вполне доступными для звезд средних классов.

По имеющимся оценкам эквивалентная ширина межзвездной линии поглощения 2852 Mg I составляет в среднем 0,7 Å на 1 клс [6, 22, 23]. Величины эквивалентных ширин линии 2852 Mg I, исправленные за межзвездный компонент, для некоторых исследованных нами звезд приведены в третьем столбце табл. 7. В эту таблицу включено также несколько звезд из списка в [8].

Таблица 7
Степень ионизации $N(Mg^{+})/N(Mg)$ и средняя электронная концентрация \bar{n}_e в фотосферах звезд классов F0—K0

| Звезда SAO | Спектр | $W(2852)$ Å | $\frac{N(Mg^{+})}{N(Mg)}$ | \bar{n}_e см ⁻³ |
|---------------|--------|----------------|---------------------------|---------------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 040257 | F0 | 13 | 7.2 | 1.1 · 10 ¹³ |
| 040226 | F0 | 14 | 6.0 | 1.3 |
| 040136 | F0 | 12 | 10.4 | 0.8 |
| 011349 | F0 | 8 | 18.2 | 0.5 |
| 011551 | F0 | 16 | 3.6 | 2.4 |
| 021809 | F0 | 18 | 4.6 | 1.8 |
| 021858 | F0 | 16 | 3.6 | 2.4 |
| 022122 | F0 | 12 | 5.4 | 1.6 |
| 040251 | F2 | 13 | 5.8 | 0.9 |
| 040036 | F2 | 12 | 13.2 | 0.4 |
| 011398 | F2 | 18 | 4.6 | 1.0 |
| 021935 | F2 | 16 | 4.6 | 1.1 |
| 040077 | F5 | 15 | 13.1 | 0.2 |
| 040104 | F5 | 15 | 13.1 | 0.2 |
| 040170 | F5 | 15 | 8.5 | 0.3 |
| 011326 | F5 | 19 | 6.7 | 0.5 |
| 011417 | F5 | 15 | 6.6 | 0.5 |
| 011523 | F5 | 12 | 10.4 | 0.3 |
| 011529 | F5 | 14 | 6.1 | 0.5 |
| 011652 | F5 | 16 | 9.1 | 0.3 |
| 021723 | F5 | 17 | 6.4 | 0.5 |
| 021726 | F5 | 15 | 11.0 | 0.3 |
| 040008 | F8 | 14 | 12.0 | 1.2 · 10 ¹³ |
| 011444 | F8 | 24 | 5.0 | 2.9 |
| 011511 | F8 | 14 | 7.6 | 1.9 |
| 011557 | F8 | 21 | 6.6 | 2.2 |
| 040124 | G0 | 16 | 13.8 | 0.7 |
| 011547 | G0 | 14 | 15.0 | 0.6 |

Таблица 7 (продолжение)

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|--------|----|----|------|------------------------|
| 040158 | G5 | 14 | 7.6 | 0.7 · 10 ¹² |
| 040289 | G5 | 17 | 10.5 | 0.5 |
| 040146 | G5 | 17 | 3.2 | 1.5 |
| 010053 | G5 | 15 | 6.6 | 0.7 |
| 011401 | G5 | 9 | 7.2 | 0.7 |
| 011491 | G5 | 15 | 8.4 | 0.6 |
| 011507 | G5 | 14 | 7.6 | 0.7 |
| 011515 | G5 | 15 | 6.6 | 0.7 |
| 011544 | G5 | 10 | 9.4 | 0.5 |
| 021693 | G5 | 14 | 7.6 | 0.7 |
| 010242 | K0 | 10 | 1.7 | 1.1 |
| 040374 | K0 | 9 | 2.9 | 0.6 |
| 040161 | K0 | 15 | 2.6 | 0.6 |
| 040305 | K0 | 6 | 2.7 | 0.6 |

По найденному с помощью кривой роста [28] значению $N(Mg)$ и по уже известной величине $N'(Mg^+)$ (табл. 2) можно определить степень ионизации магния $N(Mg^+)/N(Mg)$ для каждой звезды; ее величины представлены в табл. 7.

Из уравнения ионизационного равновесия имеем:

$$n_1 \int_{\nu_0}^{\infty} \alpha_{\nu} \frac{4\pi B_{\nu}}{h\nu} d\nu = \bar{n}_e n^+ \alpha(Mg) \quad (1)$$

или

$$\frac{n^+}{n_1} \bar{n}_e = f(T_*) \quad (2)$$

где

$$f(T_*) = \frac{\int_{\nu_0}^{\infty} \alpha_{\nu} \frac{4\pi B_{\nu}}{h\nu} d\nu}{\alpha(Mg)} \quad (3)$$

ν_0 — частота ионизации магния; n_1 и n^+ — концентрации нейтральных и ионизованных атомов магния; B_{ν} — планковская функция; α_{ν} — эффективное сечение фотоионизации для магния, равное $2.4 \cdot 10^{-18} (\nu_0/\nu)^2$ [29]; $\alpha(Mg)$ — полный коэффициент рекомбинации.

По данным [30] значения $\alpha(Mg)$ для звезды классов F—K находятся в пределах $(0.8 \div 1.8) \cdot 10^{-12} \text{ см}^2 \text{ сек}^{-1}$. Подставив в (3) значения α_{ν} и $\alpha(Mg)$ и произведя интегрирование, найдем величины функции $f(T_*)$ в зависимости от эффективной температуры звезды. График зависимости $f(T_*)$ от T_* представлен на рис. 4.

Приведенные выше соотношения были использованы для нахождения средних электронных концентраций в атмосферах некоторых звезд классов F0—K0, входящих в наш список (табл. 2), для которых известны наблюдаемые величины $N(Mg^+)/N(Mg)$. При вычислениях допускалось,

что степень ионизации магния, то есть отношение n^+/n_1 постоянно по всей толщине фотосферы и примерно равно отношению $N(Mg^+)/N(Mg)$.

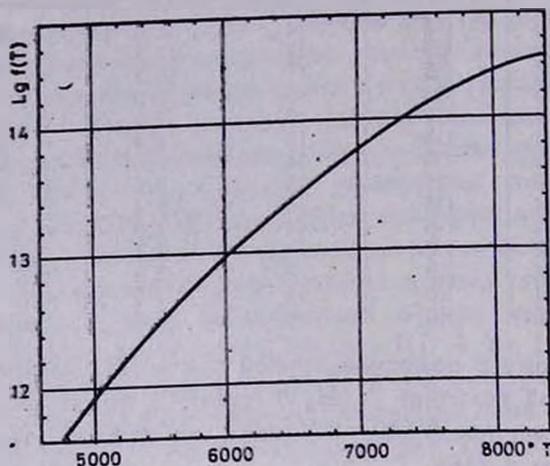


Рис. 4. Теоретическая зависимость функции $f(T_*)$ от эффективной температуры звезды.

Найденные указанным путем величины \bar{n}_e для более чем сорока звезд приведены в последнем столбце табл. 7, а в табл. 8 приведены усредненные величины \bar{n}_e по отдельным спектральным классам (второй столбец).

Таблица 8

Средние электронные концентрации \bar{n}_e в см⁻³ в фотосферах звезд классов F0 — K0, найденные с помощью спектральных линий 2800 Mg II и 2852 Mg I и по данным „Ориона-2“ (цифры в скобках означают число измеренных звезд)

| Спектральный класс | Орион-2 | Аллер [31] | Копылов [32] |
|--------------------|-------------------------|---------------------|---------------------|
| F0 | $1.5 \cdot 10^{13}$ (8) | $6.0 \cdot 10^{13}$ | $3.6 \cdot 10^{13}$ |
| F5 | 0.4 (10) | 1.6 | 2.7 |
| G0 | 0.07 (2) | 0.9 | — |
| G5 | 0.07 (10) | 0.5 | — |
| K0 | 0.07 (4) | 0.4 | — |

Там же, для сравнения, приведены известные нам данные для тех же классов звезд (в случае [31] \bar{n}_e было найдено по величине среднего электронного давления и эффективной температуры). Как видим, согласие наших определений \bar{n}_e с другими данными более или менее удовлетворительное для звезд классов F0 и F5. Однако для классов G0, G5 и K0 найденные нами значения \bar{n}_e оказались почти на порядок меньше. Указать причину такого расхождения сейчас мы не можем.

8. О разбросе в величинах $W(2800)$

Как следует из рис. 2, существует наблюдаемый разброс в величинах $W(2800)$ внутри данного спектрального подкласса. Есть основание полагать, что этот разброс у всех спектральных классов, за исключением A2, в основном обусловлен ошибками измерений. Последние, по-видимому, редко доходят до 30%, и поэтому отклонения, превышающие, скажем, $\pm 35\%$ от среднего наблюдаемого значения $W(2800)$, следует принимать как физически существующие. Если исходить из этого допущения ($\pm 35\%$), по существу не обоснованного и нуждающегося в более тщательном рассмотрении, то мы приходим к заключению, что чуть ли не у всех спектральных классов, за исключением A2 и частично B9 и ранее, максимальные и минимальные величины $W(2800)$ находятся в пределах $\pm 35\%$ от среднего. Рассмотрим несколько примеров.

Средняя величина $\bar{W}(2800)$ для звезд спектрального класса A0 составляет, согласно табл. 6 5.5 A. Максимальное и минимальное наблюдаемые значения $W(2800)$ для этого класса звезд оказались равными 3.2 A (SAO 040631) и 8.0 A (SAO 040746), то есть почти находятся в пределах разброса $\pm 35\%$ — от 3.6 A до 7.4 A (если исключить одну звезду, SAO 040121, для которой $W(2800) = 2.6 A$).

Величина $\bar{W}(2800)$ для звезд класса B9 равна 4.5 A, ожидаемый разброс должен быть в пределах 3—6 A, а наблюдения дают от 1.8 A (SAO 040303) до 5.4 A (SAO 040167), то есть имеется реальное отличие, вероятно, со стороны меньшей эквивалентной ширины линии 2800 A.

«Устойчивость» в величинах $W(2800)$ лучше у звезд средних классов — F—G. Для класса F5, например, имеем $W(2800) = 35 A$, ожидаемый разброс должен быть от 23 до 47 A, а наблюдаемые предельные величины $W(2800)$ оказались в пределах от 24 A (SAO 040689) до 44 A (SAO 040104), то есть не наблюдается никаких отклонений.

Иначе обстоит дело у звезд класса A2. Для них $\bar{W}(2800) = 8.3 A$, ожидаемый разброс — от 5.3 до 11.3 A. Что касается наблюдений, то со стороны минимальных значений $W(2800)$ вроде нет отклонений ($W_{\min} = 6.4 A$ для SAO 040783), между тем со стороны максимальных значений имеется по крайней мере пять звезд, для которых $W(2800)$ больше 11.3 A. Особо выделяются среди них две — SAO 040095, для которой $W(2800) \approx 20 A$, и SAO 039988 с невероятно большим значением $W(2800)$ — около 30 A (1); последняя была специально рассмотрена Дж. Б. Оганесян как аномальная [21]. По-видимому, эти отклонения реальны и связаны с аномальными физическими условиями фотосфер указанных звезд.

Мы глубоко признательны Дженкинсу за любезное предоставление кривых роста для линий 2795.5 MgII и 2852 MgI, а также Н. А. Сахибулину за предоставление результатов некоторых теоретических расчетов эквивалентных ширин 2800 MgII.

Выводы

Результаты измерений интенсивности ультрафиолетового резонансного дублета ионизованного магния 2800 Mg II в спектрах 222 звезд спектральных классов B2—K0 по данным космической обсерватории «Орион» для областей неба вокруг α Aur, β Aur и γ Cas позволяют сделать следующие выводы:

1. Наблюдаемые эквивалентные ширины резонансного дублета 2800 Mg II в спектрах исследованных звезд оказались в хорошем согласии с результатами других наблюдателей для тех же классов звезд.

2. В спектрах звезд класса F—G линия 2800 Mg II достигает наибольшей силы, образуя мощную депрессию в их непрерывных спектрах около 2800 Å. Депрессия охватывает область спектра шириною 200—250 Å.

3. Из наблюдаемых величин эквивалентной ширины дублета 2800 Mg II в спектрах отдаленных звезд ранних классов была выделена межзвездная составляющая, обусловленная межзвездным ионизованным магнием. Ее величина для направлений звезд α Aur, β Aur и γ Cas оказалась почти одинаковой и равной 3.8 Å/кпс.

4. Построена — по данным $W(2800 \text{ MgII})$ для около 200 звезд — эмпирическая зависимость между наблюдаемой эквивалентной шириной 2800 Mg II и спектральным классом звезды (рис. 2). Она была использована, в частности, для спектральной классификации 74 звезд по их наблюдаемым эквивалентным ширинам линии 2800 Mg II.

5. С помощью кривой роста для дублета 2800 Mg II определены полные количества ионов магния $N(\text{Mg}^+)$ в фотосферах исследованных звезд. Найденные значения $N(\text{Mg}^+)$ оказались в хорошем согласии с тем, что имелось раньше по результатам наблюдений в оптическом диапазоне длин волн.

6. Была найдена степень ионизации магния, то есть величина $N(\text{Mg}^+)/N(\text{Mg})$, а также средние электронные концентрации в фотосферах некоторых звезд класса F0—K0. Величины n_e оказались порядка $4 \cdot 10^{13}$ — $5 \cdot 10^{11} \text{ см}^{-3}$ для этих звезд.

7. Подтверждено существование реального разброса в наблюдаемых величинах $W(2800)$ для звезд спектрального класса A2.

Ռ. Ս. ԱՍԱՏՐՅԱՆ

ԻՌԱՑՎԱԾ ՄԱԳՆԵԶԻՈՒՄԻ 2800 MgII ՈՒՆՏՐԱՄԱՆՈՒՇԱԿԱԳՈՒՅՆ
ՉՈՒՑԳԸ ԹՈՒՅԼ ԱՍՏՂԵՐԻ ՍՊԵԿՏՐԵՆՆԵՐՈՒՄ

Ա Մ Փ Ն Փ Ն Ի Վ

Բերված են α Aur, β Aur և γ Cas աստղերի շրջակայքում մինչև 10-րդ տեսանելի մեծություն և B2—K0 սպեկտրալ դասի 222 աստղերի սպեկտրեն-

րում իոնացված մագնեզիումի 2800MgII ուլտրամանուշակագույն ռեզոնանսային զույգի էքվիվալենտ լայնության չափման արդյունքները: Այդ աստղերի ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամները ստացվել են «Օրիոն—2» տիեզերական աստղադիտարանի օգնությամբ լուսանկարչական մեթոդով:

Մանրակրկիտ վերլուծության են ենթարկված նախապես հաստատված մի շարք օրինաչափություններ, որոնք վերաբերում են 2800MgII զույգի վարքագծին աստղային սպեկտրներում:

Առանձին վաղ տիպի աստղերի համար 2800MgII զույգի էքվիվալենտ լայնության դիտողական մեծություններից անջատված է միջաստղային բաղադրիչը, որը α Aur, β Aur և γ Cas աստղերի ուղղությամբ 3,8A կպս է: Մոտ 200 «օրիոնյան» աստղերի տվյալներով կառուցված է W (2800)-ի սպեկտրալ դասից դիտողական կախվածության (նկ. 2) էլ ավելի հագեցված դիագրաման: Այդ կախվածությունը օգտագործվել է 74 աստղերի սպեկտրալ դասակարգման համար, համաձայն 2800MgII գծի դիտողական ինտենսիվությունների: W (2800MgII)-ի տվյալներով որոշված են մագնեզիումի իոնի լրիվ քանակությունները B2—K0 սպեկտրալ դասի աստղերի լուսոլորտներում: Ուլտամասիված աստղերից մի քանիսի լուսոլորտներում որոշված են նաև իոնացման աստիճանը և միջին էլեկտրոնային խտությունները: Հաստատված է A2 դասի անոմալ աստղերի գոյությունը 2800MgII գծի էքվիվալենտ լայնության բացառիկ մեծ արժեքներով, որոնք 2 և ավելի անգամ գերազանցում են այդ դասի աստղերի համար միջին արժեքին:

R. S. ASATRYAN

ULTRAVIOLET DOUBLET 2800 Mg II IN THE SPECTRA OF FAINT STARS

S u m m a r y

The results of the intensity measurements (equivalent width) of the ultraviolet resonance doublet 2800 Mg II in the spectra of 222 B2—K0 type stars up to 10^m are presented for the sky regions around α Aur, β Aur, γ Cas. The ultraviolet spectrograms of these stars were obtained photographically with the help of the space observatory "Orion-2".

Some regularities concerning with the behaviour of doublet 2800 Mg II in the stellar spectra discovered earlier were analyzed in detail. By differentiation of observed and theoretical equivalent widths the interstellar component of W (2800 Mg II) is determined; its magnitude turned out to be equal to 3.8 A/kpc for the directions of stars α Aur, β Aur, γ Cas. The most saturated diagram of empirical dependence of W(2800) on spectral type (Fig. 2) were made using the data of about 200 "Orion-2" stars. The dependence was used for the spectral classification of 74 stars by their observed intensities of 2800 Mg II. The whole

number of magnesium ions in the photosphere of B2—K0 type stars as well as the degree of ionization and the relative electron concentrations were found out in the photospheres of some observed stars. The existence of anomalous A2 type stars with the upnormal high equivalent widths 2800 Mg II, higher than twice or more, was confirmed.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kondo Y., Henize K. G., Kotila C. L. *Ap. J.*, 159, 927, 1970.
2. Doherty L. R. *Phil. Trans. Roy. Soc. London, Ap. J.*, 270, 189, 1971.
3. Kondo Y., Glull R. T., Modisette J. L., Rydgren A. E. *Ap. J.*, 176, 153, 1972.
4. Гурздян Г. А., Оганесян Дж. Б. *Astron. Astrophys.*, 20, 321, 1972.
5. Lamers H. J., Van der Hucht K. A., Sniijders M. A., Sakhbullin N. A. *Astron. Astrophys.*, 25, 105, 1973.
6. Boksenberg-A., Kirkham B., Towlson W. A., Venis T. E., Bates B., Courts G. R., Carlson P. P. D. *Nature, Phys. Sci.*, 240, 127, 1972.
7. Гурздян Г. А., Кашин А. Л., Крмоян М. Н., Оганесян Дж. Б. *Астрофизика*, 10, 177, 1974.
8. Гурздян Г. А. *PASP*, 87, 289, 1975.
9. Гурздян Г. А., Оганесян Р. Х. *Астрофизика*, 11, № 3, 1975.
10. Асатрян Р. С. *Сообщ. Бюраканской обсерв.*, 48, 209, 1976.
11. Рустамбекова С. С. *Сообщ. Бюраканской обсерв.*, 48, 101, 1976.
12. Гурздян Г. А. *Sky and Telescope*, 48, 213, 1974.
13. Гурздян Г. А., Джаракян А. Л., Крмоян М. Н., Кашин А. Л., Лорецян Г. М., Оганесян Дж. Б. *Space Sci. Rev.*, 40, 393, 1976.
14. *Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalogue*, 1966.
15. Гурздян Г. А. *Сообщ. Бюраканской обсерв.*, 48, 5, 1976.
16. Качалов В. П., Яковлева А. В. *Изв. Крымской обсерв.*, 27, 5, 1962.
17. Morton D. C., Drake J. F., Jenkins E. B., Rogerson J. B., Spitzer L., York D. G. *Ap. J.*, 181, L103, 1973.
18. Оганесян О. В. *Сообщ. Бюраканской обсерв.*, 48, 14, 1976.
19. Sjögren Ulf, *Arkiv för Astronomi*, Band 3, No 27, 339, 1964.
20. Mihalas D. *Ap. J.*, 177, 115, 1972.
21. Оганесян Дж. Б. *Сообщ. Бюраканской обсерв.*, 48, 68, 1976.
22. Grewing M., Lamers H. J., Walmsley C. M., Wulf-Mathies C. *Astron. Astrophys.*, 27, 115, 1973.
23. Boer K. S., Hoekstra R., Hucht K. A., Kamperman T. M., Lamers H. L., Pottasch S. R. *Astron. Astrophys.*, 21, 447, 1972.
24. Гурздян Г. А. *Sky and Telescope*, 43, 350, 1972.
25. Оганесян Дж. Б. *Астрон. журн.*, 50, 972, 1972.
26. Сахибуллин Н. А., устное сообщение.
27. Боярчук А. А. *Вопросы космогонии*, вып. 7, 217, 1960.
28. Jenkins E. B. Устное сообщение.
29. Аллен К. У. «Астрофизические величины», стр. 223, изд. ИЛ, 1960.
30. Burgess A., Swaton M. J. M. N., 120, 121, 1960.
31. Boer K. S., Pottasch S. R. *Astron. Astrophys.*, 28, 155, 1973.
32. Аллер Л. Х. «Звездные атмосферы», под ред. Дж. Л. Гринстейна, стр. 246, изд. ИЛ, М., 1963.
33. Копылов И. М. *Изв. Крымск астрофиз. обсерв.*, т. XXVI, 232, 1961.

Р. С. АСАТРИАН

О МЕЖЗВЕЗДНОМ МАГНИИ В НАПРАВЛЕНИЯХ ЗВЕЗД: λ Vel, ζ Pup и ζ Tau

В числе областей неба, для которых были получены коротковолновые спектральные снимки звезд с помощью менискового телескопа и объективной призмы «Ориона-2» [1—3], оказались также области вокруг звезд γ Ori, λ Vel, ζ Pup, ζ Tau. Часть из этих спектральных снимков, относящихся к сравнительно слабым — до 9-ой величины — звездам ранних классов, была нами обработана с целью нахождения относительного содержания межзвездного магния по интенсивностям дублета 2800 Mg II. Изложению полученных при этом результатов и посвящена настоящая статья.

Были обработаны 42 звезды спектральных классов B1—A5 для измерения эквивалентных ширин линии поглощения 2800 Mg II в их спектрах. При этом использованы от одной до восьми спектрограмм для каждой звезды, а общее число измеренных спектрограмм, взятых из 16 различных кадров «Ориона-2» (см. табл. 1), доходит до 151.

Таблица 1

Данные об использованных спектрограммах, полученных
с помощью «Ориона-2»

| Область неба | Кадр | Экспоз., мин | Область неба | Кадр | Экспоз., мин | |
|--------------|------|--------------|--------------|-------|--------------|------|
| γ Ori | F46 | 1.2 | λ Vel | F55 | 5.0 | |
| | F47 | 2.0 | | F56 | 5.0 | |
| | F48 | 5.3 | | ζ Pup | F52 | 0.2 |
| | F49 | 10.0 | | ζ Tau | F4 | 20.0 |
| | F50 | 6.0 | | | F5 | 1.0 |
| | F51 | 1.0 | | | F22 | 1.3 |
| λ Vel | F53 | 1.2 | F23 | 16.0 | | |
| | F54 | 2.0 | F24 | 1.3 | | |

Список изученных нами звезд представлен в табл. 2. Там же даны их спектральные классы, фотовизуальные величины [4, 5], расстояния по [4, 6] или же найденные по средней абсолютной величине, соответствующей звездам данного типа и принадлежащей главной последовательности. Далее, в пятом столбце, указано число обработанных для данной звезды спектрограмм.

Результаты измерений — эквивалентные ширины линии 2800 Mg II для всех изученных нами звезд — представлены в шестом столбце табл. 2.

Наблюдаемые эквивалентные ширины линии поглощения 2890 Mg II и полные количества ионов магния в фотосферах исследованных звезд вокруг γ Ori, λ Vel, ζ Pup и ζ Tau

| Звезда HD | Спектр | V | r пс | n | W_{λ} (2890) набл. А | W (2800) испр. А | $\lg N (M_{\odot}^{-1})$ см ⁻² |
|-----------------------|---------|------|-----------|-----|---------------------------------|-----------------------|--|
| Область γ Ori | | | | | | | |
| 40967 | B5IV | 4.95 | 200 | 6 | 4.9±1.1 | 4.1 | 17.7 |
| 39319 | B9 | 7.07 | 200 | 4 | 5.0±1.0 | 4.2 | 17.7 |
| 39421 | A2V | 5.95 | 73 | 3 | 6.1±1.2 | 5.8 | 18.0 |
| 38678 | A3V | 3.54 | 26 | 7 | 10.6±1.3 | 10.5 | 18.5 |
| 38735 | A3—4V | 6.02 | 65 | 6 | 9.5±2.1 | 9.2 | 18.4 |
| 40536 | A5 | 5.02 | 71 | 5 | 9.5±1.8 | 9.2 | 18.4 |
| Область λ Vel | | | | | | | |
| 78616 | B1 | 6.78 | 700 | 4 | 3.2±0.8 | 0.6 | 15.8 |
| 79186 | B3Ia | 5.00 | 1400 | 3 | 3.5±0.7 | 0.8 | 16.2 |
| 76836 | B3V | 7.31 | 430 | 1 | 2.8 | 0.8 | 16.2 |
| 77320 | B3V | 6.08 | 300 | 4 | 2.7±0.4 | 0.8 | 16.2 |
| 79735 | B4V | 5.24 | 180 | 8 | 2.1±0.4 | 1.3 | 16.7 |
| 77475 | B5V | 5.54 | 200 | 3 | 4.5±0.7 | 3.6 | 17.6 |
| 76898 | B5V | 7.39 | 500 | 1 | 5.4 | 1.8 | 16.9 |
| 79694 | B6IV | 5.84 | 200 | 2 | 4.7±1.3 | 3.8 | 17.7 |
| 79416 | B8V | 5.56 | 200 | 2 | 5.6±1.6 | 4.7 | 17.8 |
| SAO 221041 | B8 | 7.20 | 260 | 2 | 3.8±0.6 | 3.2 | 17.5 |
| 79900 | A0 | 6.24 | 140 | 4 | 7.0±1.5 | 6.4 | 18.0 |
| 80205 | A0 | 6.73 | 140 | 1 | 4.0 | 3.4 | 17.5 |
| Область ζ Pup | | | | | | | |
| 64503 | B2, 5V | 4.50 | 180 | 1 | 1.5 | 0.8 | 16.2 |
| 69253 | B4V | 6.62 | 360 | 1 | 2.8 | 1.4 | 16.8 |
| 67888 | B4Ve | 6.40 | 260 | 1 | 1.3 | 0.3 | 13.5 |
| 66624 | B9 | 5.50 | 100 | 1 | 2.5 | 2.1 | 17.0 |
| 66358 | A2 | 5.85 | 100 | 1 | 12.6 | 12.2 | 18.6 |
| —Область ζ Tau | | | | | | | |
| 36547 | B1 III | 8.81 | 1800 | 4 | 4.4±0.9 | 0.6 | 15.8 |
| 38191 | B1 V | 8.70 | 1320 | 2 | 4.8±0.2 | 0.6 | 15.8 |
| 35708 | B2, 5V | 4.87 | 200 | 8 | 2.9±0.5 | 2.2 | 17.0 |
| 36819 | B2, 5IV | 5.38 | 200 | 4 | 3.5±0.9 | 2.8 | 17.3 |
| 37967 | B3 ne | 6.10 | 170 | 4 | 3.4±0.3 | 2.8 | 17.3 |
| 36589 | B6 V | 6.09 | 200 | 5 | 3.5±1.0 | 2.8 | 17.3 |
| 26113 | B8 | 6.90 | 200 | 3 | 4.5±0.8 | 3.8 | 17.7 |
| 37172 | B8 | 8.50 | 400 | 4 | 4.9±0.3 | 3.5 | 17.6 |
| 38442 | B8 | 9.10 | 520 | 5 | 4.8±0.3 | 3.0 | 17.4 |
| 38063 | B8 | 8.70 | 440 | 4 | 4.1±0.7 | 2.6 | 17.3 |
| 35943 | B9 | 5.90 | 120 | 3 | 3.4±0.9 | 3.0 | 17.4 |
| 37752 | B9 | 6.50 | 140 | 5 | 3.2±0.9 | 2.7 | 17.3 |
| 38192 | B9 | 8.00 | 280 | 4 | 5.6±0.9 | 4.6 | 17.8 |
| 37925 | E9 | 8.40 | 330 | 6 | 5.3±0.9 | 4.1 | 17.7 |
| 37939 | B9 | 8.30 | 320 | 4 | 5.1±0.8 | 4.0 | 17.7 |
| 37999 | A0 | 8.10 | 260 | 3 | 5.7±0.2 | 4.8 | 17.8 |
| 37821 | A0 | 8.50 | 320 | 3 | 10.9±1.1 | 9.8 | 18.5 |
| 37740 | A0 | 8.20 | 280 | 4 | 5.7±1.9 | 4.7 | 17.8 |
| 37439 | A2 V | 8.30 | 100 | 5 | 7.0±1.1 | 6.7 | 18.1 |

наряду с величинами среднеквадратичных ошибок (наблюдаемые эквивалентные ширины 2800 Mg II для звезд из области вокруг $\lambda \text{ Vel}$ взяты из [7]). Ошибки измерений $W(2800)$ оказались порядка 10—25%, что следует считать удовлетворительным, если иметь в виду относительно невысокое спектральное разрешение — около 25 \AA на 2800 \AA — наших снимков. Найденные нами значения $W_*(2800)$ находятся в хорошем согласии с ранее известными величинами эквивалентных ширин линии 2800 Mg II для этих же классов звезд [8—12].

Однако нашей целью является выделение из измеренной $W(2800)$ величины межзвездной составляющей с тем, чтобы определить затем относительное содержание межзвездного магния. Конечно, выделение линии 2800 Mg II межзвездного происхождения в чистом виде, требующей применения спектральной аппаратуры с высоким разрешением, следует считать наилучшим путем для достижения поставленной цели [13, 14]. Именно благодаря этим наблюдениям было установлено, что интенсивность межзвездной линии поглощения 2800 Mg II составляет $2\text{--}6 \text{ \AA}$ на 1 кмс для различных направлений неба [13—16]. К сожалению возможности этого пути ограничиваются только яркими, а следовательно, сравнительно близкими звездами.

Интенсивность линии 2800 Mg II межзвездного происхождения можно определить и иначе, а именно, путем сравнения наблюдаемой эквивалентной ширины с ее теоретическим значением для звезды данного спектрального класса. Поскольку собственная — звездная составляющая $W(2800)$ у горячих звезд (O—B) очень мала, меньше одного ангстрема [17], может создаться такое положение, когда регистрируемая у той или иной горячей звезды линия поглощения 2800 Mg II будет иметь почти целиком межзвездное происхождение. Этот, по существу, статистический метод, впервые примененный в [12], может оказаться особенно эффективным в отношении слабых и, стало быть, отдаленных звезд, спектрограммы которых к тому же можно будет получить массовым способом — с применением объективных призм и широкопольных телескопов.

Практическое применение указанного метода было осуществлено в отношении части звезд из табл. 2, выбранных по следующим двум признакам, а именно, чтобы их расстояние превышало 250 пс и чтобы они принадлежали спектральным классам не позднее A0.

Список звезд, выбранных по этим двум признакам, представлен в табл. 3. Там же, в четвертом столбце, даны принятые нами теоретические значения эквивалентных ширин W_T дублета 2800 Mg II согласно вычислениям Михаласа [17] при $\lg g = 4.0$ и средней величине турбулентных скоростей $\xi_t = 4 \text{ км/сек}$. Далее, в пятом столбце, приведены величины разности $W_* - W_T$, которые, согласно нашему определению, должны принадлежать межзвездному ионизованному магнию, находящемуся на пути от нас до данной звезды (при этом величины W_* берутся из табл. 2). Наконец, в последнем — шестом — столбце приведены величины W_M — эквивалент-

Таблица 3

Эквивалентные ширины межзвездного компонента линии поглощения
2800 Mg II для разных областей неба по данным „Ориона-2“

| Звезда HD | Спектр | $r, \text{пс}$ | $W_T, \text{А}$ | $W_* - W_T, \text{А}$ | $W_M, \text{А/кпс}$ |
|-----------------------|--------|----------------|-----------------|-----------------------|---------------------|
| Область λ Vel | | | | | |
| 78616 | B1 | 700 | 0.6 | 2.6 | 3.7 |
| 79186 | B3 | 1400 | 0.8 | 2.7 | 1.9 |
| 76838 | B3 | 430 | 0.8 | 2.0 | 4.7 |
| 77320 | B3 | 300 | 0.8 | 1.9 | 6.3 |
| 76898 | B5 | 500 | 1.8 | 3.6 | 7.2 |
| SAO 221041 | B8 | 260 | 3.2 | 0.6 | 2.3 |
| Область ζ Pup | | | | | |
| 69253 | B4 | 360 | 1.4 | 1.4 | 3.9 |
| Область ζ Tau | | | | | |
| 36547 | B1 | 1800 | 0.6 | 3.8 | 2.1 |
| 38191 | B1 | 1320 | 0.6 | 4.2 | 3.2 |
| 37172 | B8 | 400 | 3.2 | 1.7 | 4.3 |
| 38442 | B8 | 520 | 3.2 | 1.6 | 3.1 |
| 38063 | B8 | 440 | 3.2 | 0.9 | 2.0 |
| 38192 | B9 | 280 | 3.8 | 1.8 | 6.4 |
| 37925 | B9 | 330 | 3.8 | 1.5 | 4.5 |
| 37939 | B9 | 320 | 3.8 | 1.3 | 4.1 |
| 37999 | A0 | 260 | 5.0 | 0.7 | 2.7 |
| 37740 | A0 | 280 | 5.0 | 0.7 | 2.5 |

ные ширины линии 2800 Mg II межзвездного происхождения, рассчитанные на 1 кпс и найденные из соотношения: $W_M = (W_* - W_T)/r$, где r — измеряется в кпс-ах.

Средние для рассмотренных нами областей неба — λ Vel, ζ Pup и ζ Tau — величины W_M (2800) оказались в пределах 3,5—4,4 А/кпс с вероятной ошибкой 40%. Этот результат находится в хорошем согласии с большинством наблюдений [12—16] и в 2—3 раза больше принятой в [10] модели для облака межзвездного ионизованного магния.

В табл. 4 приведены усредненные значения эквивалентных ширины дублета 2800 Mg II межзвездного происхождения — \overline{W}_M (2800) для на-

Таблица 4

Относительное содержание межзвездного магния по направлениям звезд λ Vel, ζ Pup и ζ Tau по данным „Ориона-2“

| Область неба | \overline{W}_M (2800), А/кпс | N_M (Mg^+), см^{-2} /кпс | $N(H)$, см^{-2} /кпс | $\frac{N_M}{N(H)}$ (Mg) |
|---------------|-----------------------------------|--|-----------------------------------|-------------------------|
| λ Vel | 4.4 | $6.3 \cdot 10^{17}$ | $1.6 \cdot 10^{20}$ | $3.9 \cdot 10^{-3}$ |
| ζ Pup | 3.9 | $5 \cdot 10^{17}$ | $1.8 \cdot 10^{20}$ | $2.8 \cdot 10^{-3}$ |
| ζ Tau | 3.5 | $4.0 \cdot 10^{17}$ | $5 \cdot 10^{21}$ | $8.0 \cdot 10^{-5}$ |

направлений звезд λ Vel, ζ Pup и ζ Tau. Затем было найдено, с помощью кривой роста [22], полное количество поглощающих атомов ионизованного магния $N_M(Mg^+)$ в межзвездной среде в столбце с основанием в 1 см^2 и высотой 1 кпс ; эти величины приведены в третьем столбце табл. 4. Далее, в четвертом столбце, дано полное число межзвездного нейтрального водорода $N(H)$ по результатам L_α измерений [18—20] в направлениях тех же звезд. Наконец, в последнем столбце даны найденные нами значения относительного содержания межзвездного магния $N_M(Mg^+) / N(H) \approx N_M(Mg) / N(H)$ в направлениях звезд λ Vel, ζ Pup и ζ Tau, исходя из допущения, что линейные размеры зоны ионизации межзвездного водорода и межзвездного магния одинаковы, что, строго говоря, неверно и нуждается в специальном рассмотрении.

Найденное значение относительного содержания межзвездного магния для направления звезды ζ Tau оказалось в согласии с обычно принятой величиной космического содержания магния ($\sim 3 \cdot 10^{-5}$). Однако для направлений звезд λ Vel и ζ Pup оно оказалось существенно — на два порядка — больше обычного космического содержания. В какой мере это расхождение реально, трудно сказать, хотя исключительно малая концентрация межзвездного водорода в указанных двух направлениях ($\sim 0,05 \text{ атом/см}^3$) должна нас насторожить. Вместе с тем имеются данные [21], говорящие о том, что возможные отклонения в относительном космическом содержании магния в отдельных случаях могут доходить до 3000.

По известным средним величинам $\bar{W}_M(2800)$ для направлений звезд λ Vel, ζ Pup и ζ Tau были найдены исправленные за влияние межзвездного магния величины эквивалентных ширин линии 2800 Mg II для всех изученных нами звезд; результаты представлены в седьмом столбце табл. 2. Наконец, в последнем — восьмом — столбце приведено полное количество поглощающих атомов ионизованного магния $N(Mg^+)$ в фотосферах этих звезд, в столбце с основанием в 1 см^2 .

Ռ. Ս. ԱՍԱՏԵՅԱՆ

λ Vel, ζ Pup և ζ Tau ԱՍՏՂԵՐԻ ՈՒՂՂՈՒԹՅԱՄԵ ՄԻՋԱՍՏՂԱՅԻՆ
ՄԱԳՆԵՋԻՈՒՄԻ ՄԱՍԻՆ

Ա մ փ ո փ ո լ մ

Աշխատանքում բերված են χ Ori, λ Vel, ζ Pup և ζ Tau աստղերի շուրջը երկնքի տիրույթներում գտնվող մինչև 9-րդ մեծության և B1—A5 սպեկտրալ դասի 42 աստղերի սպեկտրներում իոնացված մագնեզիումի ուլտրամանուշակագույն դույզի 2800 Mg II էրվիվալենտ լայնության շափման արդյունքները: Այդ աստղերի ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամները ստացվել են «Օրիոն—2»-ի օգնությամբ:

2800MgII գծի դիտողական և տեսական լայնությունների տարբերության մեթոդով որոշված են 2800MgII միջաստղային բաղադրիչի էքվիվալենտ լայնության միջին արժեքները նշված աստղերի ուղղությամբ: Գտնված արժեքները ընկած են 3,5 մինչև 4,4 A/kպս սահմաններում, որոնք լավ համաձայնության մեջ են այլ դիտողների տվյալների հետ: Որոշված է միջաստղային մագնեզիումի հարաբերական քանակությունը՝ $N(\text{Mg})/N(\text{H})$: ζ Tau աստղի ուղղությամբ $N(\text{Mg})/N(\text{H})$ հարաբերությունը և մագնեզիումի տիեզերական պարունակության սովորաբար ընդունված մեծությունը ($\sim 3 \cdot 10^{-5}$) գտնվում են լավ համաձայնության մեջ, իսկ λ Vel և ζ Pup ուղղությունների համար երկու կարգով մեծ է:

R. S. ASATRYAN

ON THE INTERSTELLAR MAGNESIUM IN THE DIRECTION OF λ VEL, ζ PUP AND ζ TAU STARS

S u m m a r y

The results of the equivalent width measurements for the ultraviolet resonance doublet 2800 MgII in the spectra of 42 B1—A5 type stars up to the 9-th magnitude and scattered in the sky around γ Ori, λ Vel, ζ Pup, ζ Tau are presented. The ultraviolet spectrograms of stars were obtained with the help of the space observatory "Orion—2". The interstellar component of the equivalent width of 2800 MgII is determined by differentiation of observed and theoretical widths; the observed values are in the limits 3,5—4,4 A/kp with the good accordance of other observations. The relative abundance of interstellar magnesium $N(\text{Mg})/N(\text{H})$ is determined. The ratio $N(\text{Mg})/N(\text{H})$ for the direction of ζ Tau turned out in good accordance with the usual cosmic abundance ($\sim 3 \cdot 10^{-5}$), and for the directions of λ Vel, and ζ Pup—on two order larger.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурздян Г. А., Кашин А. Л., Крмоян М. Н., Оганесян Дж. Б. Астрофизика, 10, 177, 1974.
2. Гурздян Г. А. Sky and Telescope, 48, 4, 213, 1974.
3. Гурздян Г. А., Джаракян А. Л., Крмоян М. Н., Кашин А. Л., Лоресян Г. М., Оганесян Дж. Б. Space Sci. Rev. 40, 393, 1976.
4. Бичвар А. «Каталог 1950.0», Прага, 1964.
5. Smithsonian Astrophysical Observatory Star Catalogue, 1966.
6. Hiltner W. A. Ap. J., Suppl. 11, 389, 1956.
7. Гурздян Г. А., Оганесян Р. Х. Астрофизика, 11, 397, 1975.
8. Kondo Y., Henize K. G., Kotila C. L. Ap. J. 159, 927, 1970.
9. Гурздян Г. А., Оганесян Дж. Б. Astron. Astrophys., 20, 321, 1972.

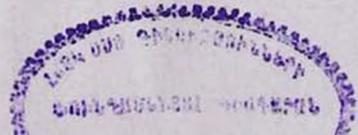
10. *Lamers H. J., Van der Hucht A. K., Sniijders M. A., Sakhibullin N. A.* *Astron. Astrophys.*, 25, 105, 1973.
11. Гурздян Г. А. *PASP*, 87, 289, 1975.
12. Асагрян Р. С. Сообщ. Бюраканской обсерв., 48, 187, 1976.
13. *Boksenberg A., Kirkham B., Towlson W. A., Venis T. E.* *Nature Phys. Sci.*, 240, 127, 1972.
14. *Morton D. C., Drake J. F., Jenkins E. B., Rogerson J. B., Spitzer L., York D. G.* *Ap. J.*, 181, L103, 1973.
15. *Grewing M., Lamers H. J., Walmsley C. M., Wulf-Mathies C.* *Astron. Astrophys.*, 27, 115, 1973.
16. *Boer K. S., Hoskstra R., Hucht K. A., Kaperman T. M., Lamers H. J., Pot-tasch S. R.* *Astron. Astrophys.*, 21, 447, 1972.
17. *Mihalas D.* *Ap. J.*, 177, 115, 1972.
18. *Carruthers G. R.* *Ap. J.*, 151, 269, 1968.
19. *Savage B. D., Jenkins E. B.* *Ap. J.*, 172, 491, 1972.
20. *Savage B. D., Code A. D.* *IAU Symp. № 36*, p. 302, 1970.
21. *Morton D. C.* *Ap. J.*, 197, 85, 1975.
22. *E. B. Jenkins*, Устное сообщение, 1975.

ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱ
 АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

ԲՅՈՒՐԱԿԱՆԻ ԱՍՏՂԱԴԻՏԱՐԱՆԻ ՀԱՂՈՐԴՈՒՄՆԵՐ
 СООБЩЕНИЯ БЮРАКАНСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ

Պ Ր Ա Կ XLVIII ВЫПУСК

| | | |
|---|-------------------------------------|-----|
| ОБЗОР НАБЛЮДАТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА „ОРИОНА-2“ | <i>Г. А. Гурздян</i> | 5 |
| СПЕКТРАЛЬНАЯ КЛАССИФИКАЦИЯ ЗВЕЗД ПО ИХ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ СПЕКТРОГРАММАМ | <i>О. В. Оганесян</i> | 14 |
| УЛЬТРАФИОЛЕТОВАЯ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД | <i>Дж. Б. Оганесян</i> | 63 |
| УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ СПЕКТРЫ ГРУППЫ ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД В ТЕЛЬЦЕ | <i>С. С. Рустамбекова</i> | 101 |
| РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ ГРУППЫ ГОРЯЧИХ ЗВЕЗД В ОРИОНЕ И КОРМЕ | <i>Р. Х. Оганесян, А. С. Акопян</i> | 122 |
| СТРУКТУРА НЕПРЕРЫВНЫХ СПЕКТРОВ ЗВЕЗД ТИПА F—G В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ | <i>Р. А. Епрмян</i> | 137 |
| СПЕКТРОФОТОМЕТРИЯ ЗВЕЗД КЛАССОВ F, G, K В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ | <i>Р. А. Епрмян</i> | 154 |
| О МАКРОСТРУКТУРЕ НЕПРЕРЫВНЫХ СПЕКТРОВ В УЛЬТРАФИОЛЕТЕ ЗВЕЗД КЛАССОВ A0—A2 | <i>А. С. Акопян</i> | 177 |
| УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ДУБЛЕТ ИОНИЗОВАННОГО МАГНИЯ 2800 M ₂ II В СПЕКТРАХ СЛАБЫХ ЗВЕЗД | <i>Р. С. Асатрян</i> | 187 |
| О МЕЖЗВЕЗДНОМ МАГНИИ В НАПРАВЛЕНИЯХ ЗВЕЗД λ Vel, ζ Pup и τ Tau | <i>Р. С. Асатрян</i> | 209 |



Ր Ո Վ Ա Ն Դ Ա Կ Ո Ւ Թ Յ Ո Ւ Ն

| | |
|--|-----|
| Գ. Ա. Գուրզադյան—«Օրիոն—2»-ի դիտողական նյութի մասին | 5 |
| Վ. Հովհաննիսյան—Աստղերի սպեկտրալ դասակարգումը ուլտրամանուշակագույն սպեկտրոգրամների օգնությամբ | 14 |
| Զ. Բ. Հովհաննիսյան—Ջերմ աստղերի ուլտրամանուշակագույն սպեկտրալուսալափոփոխությունները | 63 |
| Մ. Ս. Ռուստամբեկովա—Ցուլի տիրույթում մի խումբ տաք աստղերի ուլտրամանուշակագույն սպեկտրները | 101 |
| Ռ. Խ. Հովհաննիսյան, Հ. Ս. Հակոբյան—Օրիոնում և Նավասիսում մի խումբ ջերմ աստղերի էներգիաների բաշխումները ուլտրամանուշակագույնում | 122 |
| Ռ. Ա. Սփրեմյան—F—G միակի աստղերի անընդհատ սպեկտրի բնույթը ուլտրամանուշակագույն տիրույթում | 137 |
| Ռ. Ա. Սփրեմյան—F, G, K սպեկտրալ դասի աստղերի սպեկտրալուսալափոփոխությունը սպեկտրի ուլտրամանուշակագույն տիրույթում | 154 |
| Հ. Ս. Հակոբյան—A0—A2 դասի աստղերի անընդհատ սպեկտրների մակրոկառուցվածքը ուլտրամանուշակագույնում | 177 |
| Ռ. Ս. Ասատրյան—Իոնայզված մագնեզիումի 2800 MgII ուլտրամանուշակագույն զույգը թույլ աստղերի սպեկտրներում | 187 |
| Ռ. Ս. Ասատրյան—λ Vel, ζ Pup և ζ Tau աստղերի ուլտրամանուշակագույն միջաստղային մագնեզիումի մասին | 209 |

C O N T E N T S

| | |
|--|-----|
| G. A. Gursadjan — Review of Observational Material of "Orion—2". | 5 |
| O. B. Ohanesyan — Spectral Classification of Stars by their Ultraviolet Spectrograms | 14 |
| J. B. Ohanesyan Ultraviolet Spectrophotometry of Hot Stars | 68 |
| S. S. Rustambekova — Ultraviolet Spectra of a Group of Hot Stars in Taurus | 101 |
| R. Ch. Ohanesyan, A. S. Akopyan — Energy Distribution in the Ultraviolet of the Group of Hot stars in Orion and Puppis | 122 |
| R. A. Epremjan — Structure of the Continuous Spectra of F—G Type Stars in the Ultraviolet | 137 |
| R. A. Epremjan — Ultraviolet Spectrophotometry of F, G, K Type Stars | 154 |
| A. S. Akopyan — Macrostructure of Continuous Spectra in the Ultraviolet of A0—A2 Type Stars | 177 |
| R. S. Asatryan. — Ultraviolet Doublet 2800 Mg II in the Spectra of Faint Stars | 187 |
| R. S. Asatryan — On the Interstellar Magnesium in the Direction of λ Vel, ζ Pup and ζ Tau Stars | 209 |

Обзор наблюдательного материала «Ориона-2». Гурзидян Г. А. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г., вып. XLVIII, стр. 5—13.

В статье ставится вопрос о необходимости проверки и дальнейшего изучения, в том числе и средствами наземной астрономии, некоторых научных результатов, полученных на основе наблюдательного материала «Ориона-2». Это относится, в частности, к звездной ассоциации нового типа в Возничем; странной звезде № 1; проблеме звездных хромосфер; необходимости изучения ультрафиолетовых спектров звезд, список которых прилагается; изучению спектров холодных звезд, список которых также прилагается; изучению звезды SAO 077308 с аномальным содержанием кремния в ее газовой оболочке; аномальным звездам типа A2 с очень сильными линиями 2800 Mg II в их спектре; природе депрессии в ультрафиолете непрерывных спектров звезд; поведению дублета 2800 Mg II в звездных спектрах и т. д.

Спектральная классификация звезд по их ультрафиолетовым спектрограммам. Оганесян О. В. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г., вып. XLVIII, стр. 14—67.

В обычном оптическом диапазоне (7000—3000 Å) форма и длина непрерывного спектра, как правило, не чувствительны к спектральному классу звезды. В отличие от этого в ультрафиолетовом диапазоне длин волн — короче 3000 Å и до 2000 Å — характер непрерывного спектра и особенно его длина сильно зависят от спектрального класса звезды. Это обстоятельство можно принять за основу для разработки нового метода спектральной классификации звезд по их ультрафиолетовым спектрограммам, без использования спектральных линий. Этот метод может оказаться особенно эффективным для слабых звезд, слабее 10^m , в случае получения их ультрафиолетовых спектрограмм массовым способом — широкопольными телескопами с объективной призмой.

В настоящей работе приведены результаты практического применения этого метода в отношении группы из 2000 слабых звезд — до 13^m , рассеянных в окрестностях Капеллы, ультрафиолетовые спектрограммы которых были получены с помощью космической обсерватории «Орион-2». Эти результаты представлены в табл. 2. Проводится сравнение предложенного метода классификации с другими методами.

В приложении работы приведены результаты наших измерений по UVV фотометрии (по наземным наблюдениям) для классифицированных звезд.

Ультрафиолетовая спектрофотометрия горячих звезд. Оганесян Дж. Б.
«Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г., вып. XLVIII, стр. 68—100.

Приведены результаты ультрафиолетовых спектрофотометрических измерений для 26 горячих звезд спектрального класса В3—А5 в области длин волн короче 3000 Å и до 2000 Å. Коротковолновые спектрограммы этих звезд были получены с помощью космической обсерватории «Орион-2».

Найденное из наблюдений относительное распределение энергии в непрерывном спектре звезд класса В в интервале длин волн 3800—2000 Å оказалось в хорошем согласии с теорией.

У большинства звезд класса А наблюдаемое распределение энергии в ближнем ультрафиолете резко отличается от теоретической модели, в которой влияние линий поглощения не учитывается.

Обнаружен сильный разброс в макроструктуре непрерывных спектров звезд спектрального класса А0 и А2 в области длин волн 3000—2000 Å.

Установлено существование широкой депрессии в непрерывном спектре горячих звезд с максимумом на 2400 Å, едва заметная у звезд класса В3 и достаточно мощная у классов А2—А4. Депрессия вызвана линиями поглощения нейтральных и ионизованных металлов.

Установлено также существование депрессии на 2800 Å, наименьшей у звезд класса В3 и достигающей значительной мощности как по протяженности (200—300 Å), так и по глубине (~ 0.74) уже у первых подклассов А.

Обнаружены две аномальные звезды класса А2 с необычайно мощными линиями магния — 2800 Mg II и 2852 Mg I (HD 32296, 33332). Если эта аномальность вызвана содержанием магния в фотосфере этих звезд, то обилие магния в них должно быть в 10 раз больше, чем у обычных звезд этого подкласса.

Уточнены и определены некоторые параметры исследованных звезд (расстояния, класс светимости, эффективная температура и т. п.) по результатам их относительной ультрафиолетовой спектрофотометрии.

Полученные результаты, касающиеся структуры и особенностей непрерывных спектров горячих звезд в ультрафиолете (2000—3000 Å), указывают на недостаточность и неполноту существующих моделей звездных фотосфер для объяснения всего разнообразия наблюдательных фактов.

Ультрафиолетовые спектры группы горячих звезд в Тельце. Рустамбекова С. С.
«Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г., вып. XLVIII, стр. 101—121.

В работе представлены результаты измерений ультрафиолетовых спектрограмм группы горячих звезд классов О6—А2 в Тельце в диапазоне длин волн 2300—3700 Å. Сделана попытка по четырем удаленным звездам выявить закон межзвездного поглощения в ультрафиолете. Для звезд SAO 077332 и HD 37821 уточнен спектральный класс. Определен спектральный класс звезды BD+21°971. Измерены эквивалентные ширины для некоторых линий поглощения. По наблюдаемой эквивалентной ширине линии Mg II 2800 Å в спектре одной звезды класса О6 найдена величина межзвездного компонента ионизованного магния; она оказалась равной 1.9 Å на 1 клс.

УДК 629.78:523.8

Распределение энергии в ультрафиолете группы горячих звезд в Орионе и Корме. Оганесян Р. Х., Акопян А. С. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г., вып. XLVIII, стр. 122—136.

Приводятся результаты измерений 55 коротковолновых спектрограмм, полученных с помощью «Ориона-2» для 13 горячих звезд в Орионе и Корме. Для одного сверхгиганта (α Ori) установлено расхождение в характере и мощности непрерывного спектра в ультрафиолете в разные периоды наблюдений, которое может быть объяснено существованием газовой оболочки переменной мощности вокруг этой звезды.

Найденные из наших наблюдений распределения энергии в спектрах звезд класса В оказались в хорошем согласии с теоретической моделью Михаласа [19], а для звезд класса А — с моделью Карбона и Гингерича [30] с учетом эффекта блокировки спектральных линий. Имеются признаки того, что у одной эмиссионной звезды класса В4 (HD 67888) газовая оболочка является переменной по мощности. Подтверждается реальность существования мощной депрессии в непрерывных спектрах звезд класса F0 в области длин волн 2900—2450 Å.

УДК 629.78:523.8

Структура непрерывных спектров звезд типа F—G в ультрафиолете. Епремян Р. А. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г., вып. XLVIII, стр. 137—153.

Приводятся результаты ультрафиолетовых спектрофотометрических измерений 14 звезд классов F—G, коротковолновые спектрограммы которых были получены с помощью обсерватории «Орион-2». Выявлена важная роль эффекта блокировки непрерывных спектров звезд ультрафиолетовыми линиями поглощения, приводящего, в частности, к образованию мощных и устойчивых депрессий на 2550 и 2800 Å. Мощность депрессии q на 2800 Å оказалась зависящей от спектрального класса звезд (рис. 7). С вычетом депрессий наблюдаемые кривые распределения энергии в непрерывных спектрах звезд типа F0—F8 оказались в хорошем согласии с теоретическими моделями. Выделен ряд ультрафиолетовых линий поглощения в спектрах исследованных звезд и даны величины эквивалентных ширин некоторых из них. Установлено существование эмпирической зависимости между величиной Q — отношением интенсивностей линий поглощения 2755 FeII и 2967 FeI — и спектральным классом звезды. Предложено два новых критерия — величины q и Q — для осуществления спектральной классификации звезд по их ультрафиолетовым спектрограммам.

УДК 629.78:523.8

Спектрофотометрия звезд классов F, G, K в ультрафиолете. Епремян Р. А. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г., вып. XLVIII, стр. 154—176.

В работе приведены результаты измерений ультрафиолетовых спектрограмм 98 звезд спектральных классов F, G, K, полученных с помощью космической обсерватории «Орион-2». Наблюдаемые распределения энергии непрерывных спектров 60 звезд известных спектральных классов в области 3800—2300 Å хорошо согласуются с теоретическими данными Парсонса, а также с данными других наблюдений для данного класса звезд. Уточнена классификация 11 звезд известных спектральных типов. Установлена классификация 38 звезд неизвестных спектральных классов. Установлено наличие депрессии на 2950, 2800 и 2550 Å в непрерывных спектрах звезд типа F, G, K. Измерены величины эквивалентных ширин некоторых линий поглощения.

О макроструктуре непрерывных спектров в ультрафиолете звезд класса А0—А2. Аюлян А. С. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г. вып. XLVIII, стр. 177—186.

Проанализированы макроструктуры депрессий в ультрафиолете непрерывных спектров десяти звезд класса А0 и четырех звезд класса А2 по данным «Ориона-2». Показано, что макроструктура непрерывных спектров в области длин волн 2400—3000 Å у звезд одного и того же подкласса непостоянна и может отличаться в ощутимых пределах при переходе от одной звезды к другой. Это означает, что сам эффект блокировки непрерывного спектра линиями поглощения по каким-то причинам не проявляется в одинаковой степени у разных представителей звезд одного и того же спектрального подкласса.

Ультрафиолетовый дублет ионизованного магния 2800 Mg II в спектрах слабых звезд. Асатрян Р. С. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г. вып. XLVIII, стр. 187—208.

Приведены результаты измерения эквивалентных ширин ультрафиолетового резонансного дублета ионизованного магния 2800 Mg II в спектрах 222 звезд классов В2—К0 и до 10-ой фотовизуальной величины в областях неба вокруг α Aur, β Aur и γ Cas. Ультрафиолетовые спектрограммы этих звезд были получены фотографическим способом с помощью космической обсерватории «Орион-2».

Подробно проанализированы некоторые закономерности, установленные ранее, касающиеся поведения дублета 2800 Mg II в звездных спектрах. Из наблюдаемых величин эквивалентных ширин дублета 2800 Mg II для отдельных звезд ранних классов была выделена межзвездная составляющая; ее величина оказалась равной 3.8 Å/кпс для направлений звезд α Aur, β Aur и γ Cas. По данным около 200 «орноновских» звезд была построена наиболее насыщенная диаграмма эмпирической зависимости W (2800) от спектрального класса (рис. 2). Эта зависимость была использована для спектральной классификации 74 звезд по их наблюдаемым интенсивностям линии 2800 Mg II. Найдены полные количества ионов магния в фотосферах звезд классов В2—К0 по данным W (2800 Mg II). Определены степень ионизации и средние электронные концентрации в фотосферах некоторых из исследованных звезд. Подтверждено существование аномальных звезд класса А2 с исключительно высоким значением эквивалентных ширин 2800 Mg II, в два и более раза превышающих среднюю для этого класса звезд величину.

О межзвездном магнии в направлениях звезд λ Vel, ζ Pup и ζ Tau.
Асатрян Р. С. «Сообщения Бюраканской обсерватории», 1976 г., вып. XLVIII,
стр. 209—215.

Приводятся результаты измерений эквивалентных ширин ультрафиолетового резонансного дублета ионизованного магния 2800 Mg II в спектрах 42 звезд классов В1—А5 до 9-ой величины в области неба вокруг γ Ori, λ Vel, ζ Pup и ζ Tau. Ультрафиолетовые спектрограммы этих звезд были получены с помощью «Орiona-2».

Методом вычета наблюдаемых и теоретических ширин линии 2800 Mg II были определены средние значения межзвездного компонента эквивалентной ширины 2800 Mg II по направлениям указанных звезд. Найденные значения оказались в пределах от 3.5 до 4.4 А/кпс, в хорошем согласии с данными других наблюдателей. Определено относительное содержание межзвездного магния $N(\text{Mg})/N(\text{H})$. Для направления звезды ζ Tau: отношение $N(\text{Mg})/N(\text{H})$ оказалось в согласии с обычно принятой величиной космического содержания магния ($\sim 3 \cdot 10^{-5}$), а для направлений λ Vel и ζ Pup — на два порядка больше.

