

Цена 7 руб.

ПРОДОЛЖАЕТСЯ ПРИЕМ ПОДПИСКИ

на научно-технические журналы

**КОМИТЕТА СТАНДАРТОВ, МЕР И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ
ПРИ СОВЕТЕ МИНИСТРОВ СССР**

на 2-е полугодие 1957 года

„СТАНДАРТИЗАЦИЯ“

„ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА“

**„ИНФОРМАЦИОННЫЙ
УКАЗАТЕЛЬ СТАНДАРТОВ“**

ПОДПИСКА ПРИНИМАЕТСЯ БЕЗ ОГРАНИЧЕНИЯ ВО ВСЕХ
ОТДЕЛЕНИЯХ „СОЮЗПЕЧАТИ“ И АГЕНТСТВАХ СВЯЗИ

**СВОЕВРЕМЕННО ОФОРМЛЯЙТЕ
ПОДПИСКУ НА 2-е ПОЛУГОДИЕ**

СТАНДАРТГИЗ

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
АКАДЕМИЯ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

STAT

აბასთუმანის ასტროფიზიკური მასერვატორია
მთა შანობილი

ბ ი უ ლ ე ტ ე ნ ი

АБАСТУМАНСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ
ГОРА КАНОбИЛИ

Б Ю Л Л Е Т Е Н Ъ

12

Е. К. ХАРАДЗЕ

КАТАЛОГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА 14000 ЗВЕЗД
И
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА В ГАЛАКТИКЕ
НА ОСНОВЕ ЦВЕТОВЫХ ИЗБЫТКОВ ЗВЕЗД

1952

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა

თბილისი

Тбилиси

STAT

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
АКАДЕМИЯ НАУК ГРУЗИНСКОЙ ССР

აბასთუმანის ასტროფიზიკური მზსმკვლევართა
გთა უანობო

ბ ი უ ლ ე ტ ე ნ ი

АБАСТУМАНСКАЯ АСТРОФИЗИЧЕСКАЯ ОБСЕРВАТОРИЯ

ГОРА КАНОВИЛИ

Б Ю Л Л Е Т Е Н Ъ

12

Е. К. ХАРАДЗЕ

КАТАЛОГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА 14000 ЗВЕЗД
И
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА В ГАЛАКТИКЕ
НА ОСНОВЕ ЦВЕТОВЫХ ИЗБЫТКОВ ЗВЕЗД

1952

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემიის გამომცემლობა

თბილისი

Тбилиси

ПРЕДИСЛОВИЕ

Настоящая работа посвящена исследованию поглощения света звезд в галактическом пространстве на основе цветных избытков большого количества относительно слабых звезд. Это — одна из наиболее важных астрономических задач, относящихся к изучению строения звездного мира.

В связи с данной задачей мы определили цветные показатели 14000 звезд от 10.3 до 13.3 звездной величины разных спектральных классов в 43-х Площадях Каптейна №№ 1 — 43.

Материалом для этих определений послужили наши же фотографические наблюдения, выполненные в Абастуманской астрофизической обсерватории, на горе К а н о б и л и, в период с 1939 по 1948 г. Фотометрическая обработка наблюдательного материала и связанные с ней вычисления и редукции заняли время с 1942 по 1948 г. и, частично, — 1949 г. Два последних года были посвящены проверочным вычислениям и окончательному анализу и обсуждению всего материала.

Работа состоит из четырех глав.

Первая глава содержит общий обзор исследований по проблеме галактического поглощения. Проблема имеет более чем столетнюю давность. Следовательно, обзор охватывает целый век усилий, направленных астрономами на ее исследование. Она была впервые достаточно четко сформулирована и поставлена 112 лет тому назад в Пулковской астрономической обсерватории. С тех пор русские и советские астрономы сделали многое для изучения этой проблемы и подняли ее на новую высоту. В обзоре показана ведущая роль русских и советских астрономов в этой важной области астрофизики и звездной астрономии. Мы стремились к возможной полноте обзора, который закончен нами характеристикой состояния проблемы в настоящее время и вытекающих отсюда задач. Здесь, естественно, подчеркнуты те стороны проблемы и те вопросы, которые имеют близкое отношение к анализу нашего наблюдательного материала.

Вторая глава работы содержит изложение вопросов, связанных с самим определением цветных показателей звезд: описание аппаратуры и наблюдений, материала, метода обработки и редукции, вывод звездных величин, приведение их к так называемой интернациональной системе, ха-

рактическую характеристику ошибок определений и т. п. Все эти вопросы получили весьма подробное освещение, что вполне естественно, если иметь в виду, что наблюдения и исследования ставились на новом оборудовании новой обсерватории и к тому же впервые разрабатывалась и применялась соответствующая методика определений.

Третья глава представляет собой составленный нами каталог цветковых показателей четырнадцати тысяч звезд в Площадах Каптейна. Списки предварительных, нередуцированных значений их публиковались нами в предыдущих номерах «Бюллетеня Абастуманской Астрофизической Обсерватории». В этой главе даны, вместе с тем, краткое описание и характеристика Каталога.

В четвертой главе содержатся анализ и обсуждение нашего наблюдательного материала, исследование поглощения света звезд в Галактике на основе цветковых избытков звезд. В ней даны основные результаты, освещающие пространственное распределение и характер галактического поглощающего вещества.

Наконец, следует обширный список литературы, большая часть которой цитируется в работе. Список литературы, также как и обзор, составлялся нами в процессе выполнения всей работы. Практика в нашей обсерватории показала, насколько полезно наличие полной библиографии по данной проблеме; она служит хорошим пособием, особенно, — если проблема является профилирующей и изучается с разных сторон и разными методами, как это имеет место в Абастуманской обсерватории. Поэтому мы сочли целесообразным опубликовать этого списка литературы, который может считаться полным до 1950 года, включительно.

Настоящее исследование представляет собой первую публикуемую крупную работу, которая охватывает около десятка лет планомерных наблюдений и исследований, выполненных в Абастумани, в относительно недавно организованной астрофизической обсерватории, на горе Каноби¹.

Выполнению данного исследования предшествовала (а, отчасти, шла и наряду с ним) работа по организации новой обсерватории, по установке и испытанию наблюдательных инструментов, по организации наблюдений и научных работ в ней.

Успешному завершению этих работ способствовали дружные усилия всего коллектива нашей обсерватории, все члены которого являются энер-

¹ Две другие, приближающиеся к завершению работы, относящиеся к этой проблеме и основанные также на многолетних планомерных наблюдениях некоторых других объектов, с применением других методов, принадлежат М. А. Вашакидзе и В. Б. Никонову (см. в тексте).

тичными помощниками автора в строительстве и организации новой обсерватории на горе Канобили. Автор выражает сердечную благодарность всем им, особенно же М. А. Ва ша к и д з е — ныне доктору физ.-мат. наук, — совместно с которым автор проводил 14 лет тому назад первые испытания установленного тогда нового телескопа, на котором накоплен наблюдательный материал, легший в основу данного исследования. Наконец, автор весьма признателен профессору Московского Государственного Университета имени М. В. Ломоносова П. П. Пар е н а г о за его неизменный интерес к звездноастрономическим работам нашей обсерватории, а также и за замечания, сделанные им еще при ознакомлении с рукописью настоящей работы.

Октябрь, 1951.

ГЛАВА ПЕРВАЯ

ОБЗОР РАБОТ ПО ПРОБЛЕМЕ ГАЛАКТИЧЕСКОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА. СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ И ВЫТЕКАЮЩИЕ ИЗ НЕГО ЗАДАЧИ

§ 1. Вводные замечания

В настоящей — первой — главе нашей работы даны обзор наблюдений и исследований по проблеме галактического поглощения света звезд и характеристика нынешнего состояния проблемы.

В обзоре показано развитие работ, приведших к установлению существования космического поглощения света звезд. Отдельные параграфы этой части посвящены работам по изучению общего галактического поглощения, поглощения в темных облаках и избирательного поглощения. Описание работ, утвердивших представление о клочковатом строении космической поглощающей среды, связь между общим поглощением и избирательным поглощением, характер зависимости поглощения от длины волны, природа межзвездной поглощающей среды составляют предмет других параграфов данной главы.

Все это изложено подробно с той целью, чтобы достаточно полно охарактеризовать состояние тех вопросов, которые будут затронуты в связи с выводами, основанными на анализе и обсуждении нашего Каталога. Обсуждение содержится в последней главе данной работы. К тому же при изложении этого материала, попутно мы приводим соображения, обосновывающие постановку и план наших наблюдений и исследований.

В некоторых случаях мы ссылаемся на ряд работ без их обзора и критических замечаний. Мы не могли поставить себе задачей комментирование всех работ, но для полноты обзора нам приходилось ссылаться по возможности на все, как главные, так и второстепенные работы, относящиеся к рассматриваемой проблеме. Но, важнейшие работы и те, которые имеют прямое отношение к исследуемым нами вопросам, комментированы подробнее.

Вполне естественно и заслуженно работы советских астрономов, посвященные данной проблеме, играют видную роль в обзоре. Их целеу-

ремленность и идейность, их ведущее значение явно выступают в обзоре, охватывающем, в общем, усилия астрономов всего земного шара.

Последний параграф данной главы является заключительным и он содержит общую характеристику проблемы галактического поглощения, состояния проблемы в настоящее время и вытекающих отсюда задач.

§ 2. Общая проблема Строения Галактики

Одной из фундаментальных задач астрономии наших дней, как впрочем, и астрономии всех времен, является задача строения Вселенной. Современным исследованиям, посвященным этой важной задаче, закладывались основы с XVIII века, когда стало возможным приступить к выяснению геометрических и физических характеристик звездного мира. Начав систематические наблюдения явлений звездного мира простым наблюдательным методом выборочных звездных подсчетов, астрономы XVIII века заложили научно-наблюдательные основы для исследования строения Вселенной. После этого попытки создания или исследования картины строения Вселенной исходили из наблюдательных данных, а не только из умозрительных основ, как это имело место прежде.

Само собою разумеется, что возможности подобных исследований ограничивались неизбежными упрощающими предположениями, которые допускали равномерное распределение звезд в пространстве, равенство абсолютных величин звезд и полную прозрачность межзвездного пространства. Впрочем, несостоятельность двух первых предположений была вскоре вскрыта, что заставило видоизменить, а затем и вовсе отвергнуть их. Многочисленные и многообразные работы, осуществившиеся в XVIII и XIX столетиях, а также и в первые два-три десятка лет нашего века, привели астрономов к концепции «Островной вселенной» и к современной модели нашей звездной системы — Галактики, которые справедливо признаются за основные достижения звездной астрономии нашей эпохи.

Фундаментальное значение имел факт установления В. Гершелем и В. Я. Струве (Пулковская обсерватория) галактической концентрации звезд и объяснения с помощью последней видимого явления Млечного Пути. Этот результат вытекал из кропотливых и обширных исследований видимого распределения звезд.

Подсчеты числа звезд до данной видимой величины служили при этом одним из основных методов изучения звездного мира.

Подсчеты и привели к важным выводам о том, что число звезд возрастает со звездной величиной медленнее, чем это могло иметь место при равномерном распределении звезд или при полной прозрачности космического пространства. Эти выводы имели боль-

шое влияние на последующие исследования, ибо они заставили признать неравномерность распределения звезд в пространстве и, вместе с тем, их неодинаковую светимость. Они были исходными в звездно-астрономических исследованиях последующего периода, приведших к созданию модели сфероидальной вселенной, наиболее развитая картина которой была дана в двадцатых годах нашего столетия. Можно сказать, что эта картина явилась итогом усилий многих астрономов, чьи исследования опирались, в основном, на подсчеты чисел звезд различного видимого блеска и, вместе с тем, — на математические соотношения между последними и некоторыми функциями, характеризующими распределение звезд (функция звездной плотности и функция частоты распределения абсолютных величин).

Но известно, что сфероидальная модель Вселенной, — хоть ее и можно рассматривать как важное достижение классической звездной астрономии, — не передает в точности истинной картины строения Галактики. Последняя на самом деле имеет значительно более сложное строение. В названной же модели сглажены местные видимые неравномерности строения Млечного Пути. Это сглаживание происходит введением одного общего закона изменения плотности. Но, теперь стало совершенно бесспорным именно то, что невозможно представить одним общим законом изменение плотности звезд в пространстве, также как и их распределение по светимостям. Картина, более приближающаяся к истине, может быть построена лишь при учете тонких структурных особенностей нашего звездного мира, а также и некоторых новых явлений, освещаемых новейшим развитием звездной астрономии и астрофизики.

В связи с этим, с развитием новой звездной астрономии, стали отказываться от поисков новых общих аналитических выражений закона пространственной плотности звезд и, наоборот, наметилось стремление находить отдельные численные значения плотности в различных направлениях и на различных расстояниях от Солнца.

Наши знания о строении Галактики значительно обогатились в первой четверти текущего столетия. Применение новых методов определения расстояний до шаровых звездных скоплений дало возможность очертить внешние границы нашей звездной системы и указать на внецентральное положение солнечной системы в Галактике. Последнее обстоятельство противоречило классической модели, исходящей из симметричного по отношению к Солнцу распределения звезд. Этот результат, а также и ряд работ, показавших, что центр видимого распределения ярких звезд не совпадает с центром видимого распределения слабых звезд, заставили обратить внимание на прочие видимые структурные неоднородно-

ости нашего звездного мира, утвердив, вместе с тем, понятия Местной системы и звездных облаков Млечного Пути.

Однако, эти понятия, а особенно, ряд других представлений и данных о характеристиках Галактики (расстояния, размеры, структура, расположение однотипных объектов) должны были быть пересмотрены в связи с новым открытием, имевшим эпохальное значение, — открытием и доказательством существования поглощения света звезд в галактическом пространстве.

Это открытие потребовало пересмотра взглядов на строение Галактики и, особенно, — переоценку галактических расстояний, что повлекло за собой интенсивное развитие звездно-астрономических исследований. Последние выразились в огромном количестве новых работ по изучению космического поглощения или строения Галактики с учетом поглощения света звезд в ней.

§ 3. Накопление данных, противоречащих представлению о полной прозрачности космического пространства. Космическое поглощение света звезд

Еще до середины прошлого века первый директор славной русской обсерватории в Пулкове В. Я. Струве одним из первых предположил существование поглощения света в межзвездном пространстве, оценил количественный эффект поглощения и попытался вывести пространственное распределение звезд с учетом поглощения [153]. Тем самым он опередил современную ему науку на целое столетие.

По сути дела, В. Я. Струве впервые разработал и сформулировал математическую теорию межзвездного поглощения.

Если допустить, что функция плотности постоянна, т. е.

$$D(r) = \text{const},$$

а интенсивность излучения звезды является функцией расстояния следующего вида:

$$i = f(r) = \frac{i_0}{r^2}$$

то легко придти к соотношению для чисел всех звезд до некоторых двух значений видимой зв. величины:

$$\log N(m) = \log N(m_0) + 0.6(m - m_0)$$

Анализ же имевшихся уже ко времени Струве звездных подсчетов выявил большие систематические отклонения наблюдаемых чисел звезд от теоретических значений (последние оказывались больше). Струве стоял перед дилеммой: либо отказаться от признания постоянства функции пространственной плотности, допустив падение последней во всех направлениях от Солнца, либо — счесть не выполняющимся строго фотометрический закон квадрата обратного расстояния, т. е. допустить

неполную прозрачность межзвездного пространства. Совершенно резонно критикуя взгляд на возможность симметричного по отношению к Солнцу падения плотности, т. е. выступая против центрального в звездном мире положения Солнца, Струве признал существование некоторого ослабления света в межзвездном пространстве: «... интенсивность света уменьшается в большей пропорции, чем по закону обратных квадратов расстояния» и далее: «из всех этих рассуждений я намерен утверждать, что мы открыли явление, в котором ослабление света звезд несомненно проявляет себя», т. е. «... существует некая потеря света, экстинкция, при прохождении света в небесном пространстве».

Научное предположение русского астронома В. Я. Струве, высказанное им сто с лишним лет назад, теперь доказано, а его оценка величины поглощения удивительно точна для того времени. Таким образом, мы имеем дело не просто со случайной догадкой или необоснованными, почти случайными высказываниями, каковые были характерны для Халлея [521], Шезо [406] и других, а — с настоящим открытием, утвердившим приоритет русской астрономии в данном вопросе.

Значительно позже, — спустя два-три десятка лет, мысль о том, что межзвездное пространство не является вполне прозрачным и в нем имеют место рассеяние и поглощение света звезд, высказывалась со ссылками на новые данные, относившиеся к наблюдению эмиссионных линий в спектрах диффузных туманностей. В этом отношении большое значение имели весьма ранние наблюдения Секки [857], Хэггинса [561] и Ф. А. Бредихина [27, 28, 29, 30], а также более поздние — Килера [596] и других. Хотя еще в начале XIX века на возможность космического поглощения указывали в связи с идеей о бесконечности Вселенной и фактом конечной яркости ночного неба (так называемый фотометрический парадокс [730]), — лишь фундаментальные исследования В. Я. Струве видимого распределения звезд, выполненные им в сороковых годах, и спектральные исследования русских и зарубежных астрономов, проведенные значительно позже (1864 — 1894 гг), можно считать серьезными наблюдательными данными, которые указывали на наличие межзвездной поглощающей среды.

Что касается фотометрического парадокса (парадокса Ольберса), он привлек к себе внимание Ф. Энгельса, оставившего нам свое высказывание по этому вопросу («Диалектика природы», стр. 221, изд. 1949 г.).

В вышедших в 1912 г. посмертных «Ученых Записках» В. Гершеля [536] описанные им светлые и темные туманности также толковались как указание на межзвездную среду.

М. Вольф, имя которого так часто связывали с первыми открытиями явлений галактического поглощения, на самом деле только в:

1890 году, обнаружив туманность, ставшую впоследствии известной под названием Северной Америки, склонился к мысли о поглощении. Впрочем, его высказывания сопровождалась, вместе с тем, серьезными сомнениями [1018]. Лишь Рэннард, но тоже значительно позже Струве, — в 1894 г., не колеблясь называл темные области с дефицитом звезд в созвездии Змееносца поглощающими массами, «отсекающими свет от ... звезд, находящихся за ними» [759]; см. также [411].

Распространению мысли о наличии в космическом пространстве масс поглощающего свет вещества способствовала работа Барнарда по фотографированию Млечного Пути, предпринятая им в 1889 году в Ликской Обсерватории, продолженная затем в Йеркской обсерватории и в обсерватории на горе Вильсон [298, 299, 300, 301, 302, 303, 306] и законченная в двадцатых годах нашего столетия посмертным изданием получившего широкую известность Атласа избранных участков Млечного Пути¹ [309]. Великолепные фотографии Млечного Пути дали Барнард у основание утверждать, что, наряду с областями действительных дефицитов звезд, имеются и скопления темных, поглощающих масс [304, 305, 307, 308]. Работы Барнарда нельзя рассматривать как доказательство поглощения, но они прибавили много нашим знаниям о вероятном распределении поглощающего вещества в участках Млечного Пути.

Русский астроном Г. А. Тихов [155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162] является пионером исследований, содержащих попытки обнаружить межзвездное рассеяние света путем комбинированных наблюдений в разных свето-фильтрах. Первые из его работ опубликованы в конце прошлого и в начале текущего столетий.

Другие аналогичные исследования [720, 721, 722, 723, 724, 971], находящиеся в приблизительном соответствии с идеей Араго или Ньютона², выражающей возможность открытия космического рассеяния света путем наблюдения затмений небесных тел в различных длинах волн, были опубликованы уже не раньше 1908 г. Тихов был, вместе с тем, наиболее решителен в суждениях о существовании поглощения и наиболее последователен в соответствующих исследованиях.

¹ Изданный сравнительно недавно Атлас Млечного Пути Росса [778] делает его автора продолжателем предпринятой Барнардом работы. Уместно тут же указать на результаты Бааде и Минковского [288], как на современное развитие фотографических работ, как средства исследования тонких структурных особенностей звездных миров и вместе с тем, на достижения А. А. Калиняка, В. И. Красовского и В. Б. Никонова [75], как на новейшее и весьма важное средство, служащее той же цели.

² Идея была высказана в письме Ньютона к Флэмстиду (1691 г.) вместе с просьбой наблюдать затмения спутников Юпитера для выяснения возможных изменений цвета перед их исчезновением в тени. Араго же предлагал наблюдать прохождение тени спутника по диску, допуская возможность обнаружения цветной каймы вокруг кружка тени. Оба рода наблюдения дали отрицательный результат.

Нужно отметить и то, что новые идеи и способы Тихова вначале были встречены критически зарубежными астрономами. Некоторые из последних пытались объяснить результаты Тихова чисто инструментальными и атмосферными причинами [747, 572]. Однако, последовательные и обстоятельные исследования Тихова вскоре заслужили всеобщее признание.

В опубликованных Тиховым работах более позднего времени (1910 — 1912 гг.) мы встречаем прозорливые высказывания не только о существовании поглощения, но и о возможных источниках, природе и методе его обнаружения и изучения (кроме указанных выше работ см. [163, 164, 165, 166]), не говоря о том, что его первые высказывания в пользу рассеяния света в межзвездном пространстве относились пока еще к 1896 году, когда он, будучи студентом Московского Университета, писал студенческое сочинение, результаты которого были опубликованы двумя годами позже [155]. Первой экспериментальной основой, послужившей Г. А. Тихову для исследования межзвездного рассеяния, было сравнение фаз колебаний линий в спектрах спектрально-двойных звезд. Эта задача заинтересовала и академика А. А. Белопольского, который в течение около 3-х лет собрал в Пулковке, для этой цели, до 200 спектрограмм спектрально-двойных звезд [23, 24].

В работе 1905 года Г. А. Тихов писал:

... «Еще с большим правом мы можем допустить существование дисперсии в межзвездном пространстве, так как в нем мыслимо присутствие разреженной материи» ([156], стр. 2).

Тихов, очевидно, уже тогда отдавая дань сложности структуры нашего звездного мира, писал также:

«Дальнейшим шагом было бы выяснение того, насколько свойства пространства одинаковы по разным направлениям. Всего естественнее ожидать, что различие свойств возможно при сравнении плоскости млечного пути с направлением перпендикулярным к ней» (там же, стр. 73); и что еще замечательнее:

«Кроме различия оптических свойств пространства при переходе от плоскости млечного пути к его оси, возможны местные изменения вследствие присутствия огромных масс газообразной материи» (стр. 73).

Он справедливо заявлял, что «общепринятое мнение об отсутствии дисперсии в межзвездном пространстве основано на астрономических наблюдениях, не обладающих достаточной точностью для решения этого вопроса» (стр. 89) и предлагал целую программу исследований, пропагандируя при этом идею распространения наблюдений с зеркальными телескопами... «в России, особенно в южных широтах...», заявляя тут же, что ... «было бы в высшей степени важно, чтобы исследованием дисперсии

пространства завялись и другие обсерватории, имеющие для этого необходимые инструменты» (стр. 74).

Все это было написано в 1905 году. Теперь, с уровня, которого достигло развитие данной проблемы, мы можем полностью оценить глубину и прозорливость пионерских исследований, выполненных выдающимся русским астрономом Г. А. Тиховым полвека тому назад.

Любопытно ознакомиться еще с некоторыми другими из высказываний Г. А. Тихова, но относящимися уже к 1910 — 1912 годам.

«Нет сомнения, что в космическом пространстве... находятся в громадном количестве мелкие частицы обыкновенной материи. Достаточно указать для этого на явление падающих звезд и на непрерывное рассеивание вещества кометными хвостами... Все эти частицы так или иначе ослабляют и задерживают световые волны на их пути... Поглощение света в пространстве не подлежит, поэтому, никакому сомнению...» (1631, стр. 4).

Далее:

«Нет сомнения, что среди частиц космической пыли существуют такие, диаметр которых значительно меньше длины волны. Эти частицы должны, следовательно, вызывать дифракционное (геометрическое) поглощение света, а потому существование его не подлежит сомнению...» (там же, стр. 6).

И, наконец:

«В космическом пространстве существует распыление света мельчайшими частицами, увеличивающееся с уменьшением длины волны» ([164], стр. 105), или:

«Найдены указания на поглощение в пространстве ультрафиолетовых лучей (0,380 μ), быстро исчезающее с увеличением длины волны» ([165], стр. 128).

Цитированное показывает, что работы Тихова означали постановку данной проблемы, а затем и ее новое состояние, характеризующее разработкой нового пути, ведущего к ее исследованию.

Тихов пришел к открытию явления, имевшего впоследствии большое значение в деле изучения переменных звезд, а высказанные им мысли о возможном межзвездном рассеянии света и попытки обнаружить последнее, вызвали в 1908 — 1909 гг. оживленную дискуссию, в которой принимали участие П. Н. Лебедев и другие [92, 93, 971, 539, 636, 747]. Эта дискуссия имела влияние на зарубежных астрономов и расширила их усилия выяснить вопрос о наличии поглощения разными способами и на различных небесных объектах [702, 383, 384]¹.

¹ Г. А. Тихов писал по этому поводу уже в 1910 году: «... найденные и опубликованные мною результаты вызвали много исследований в России и за границей. Вопрос изучается и критикуется с разных точек зрения» ([164], стр. 105).

Интересно, что при этом стали рассматривать вопрос о возможном существовании метеорных масс в межзвездном пространстве [788], на что указывал сам Тихов в цитированных работах. Это допущение и в наши дни используется не только при общей трактовке вопросов, но и в практических целях, как исходное для вычислений размеров частичек, массы, плотности межзвездного вещества и т. п.

Работами, которые можно было рассматривать как содержащие прямые указания на существование межзвездного твердого пылевого вещества, способного рассеивать и поглощать свет звезд, следует признать исследования 1908 — 1909 гг, в которых разности в относительных интенсивностях в фиолетовой части спектра ряда звезд толковались как эффект межзвездного рассеяния, и те (того же периода и более поздние), в которых было показано увеличение показателей цвета звезд, с уменьшением собственных движений, т. е. — с увеличением расстояний (см. работы [591, 592, 593, 595, 606, 607, 608, 258, 701, 377], среди которых особенно важны первые четыре, принадлежащие Каптейну). Результаты этого периода, конечно, не могут идти в сравнение с результатами, которые основаны на современных нам знаниях о звездных величинах, расстояниях, делении звезд на гиганты и карлики, имеющем столь большое значение в интерпретации цветов и т. п. Но, методическое значение их сохранено поныне.

Естественно, что после открытия деления звезд на гиганты и карлики, наблюдаемое покраснение можно было толковать и как чистый эффект абсолютной величины, в связи с вероятным увеличением числа абсолютно ярких звезд среди далеких. Действительно, потребовались годы исследований и накоплений дополнительных данных, чтобы выяснить долю участия эффекта абсолютной величины в упомянутом соотношении и окончательно установить факт пространственного межзвездного покраснения звезд, т. е. — эффект, независимый от собственного покраснения в атмосфере звезды.

Для признания последнего факта важное значение имела подмеченная идентичность спектров ряда туманностей, светящихся отраженным светом, со спектрами освещающих их звезд. Она приводилась как указание на наличие рассеивающей среды, состоящей преимущественно из твердых частичек [881]¹.

Так росли указания на существование межзвездной материи, поглощающей и рассеивающей свет звезд. Данные исследований периода 1919 — 1926 гг [442, 739, 740, 741, 1019, 1020, 1021, 1022, 641], основанных на обширных подсчетах звезд, уже почти без сомнений толковались в свете существования космических поглощающих

¹ В этой же связи отметим обширные исследования туманностей Хаблом [555, 556].

масс. К этому времени лишь немногие астрономы склонялись к тому, чтобы видимое на небе распределение звезд целиком объяснить местными сгущениями звезд или местными разрежениями и то лишь на больших галактических широтах, [865]. Интересно отметить, что Шарлье [404] в своих космогонических построениях исходил из убеждения в полной прозрачности космического пространства и не допускал мысли о поглощении. Большинство же все решительнее высказывалось за объяснение неправильностей в видимом распределении поверхностной звездной плотности, главным образом, поглощением.

Окончательному созреванию концепции космического поглощения света звезд способствовали также работы, выявившие закономерности в мире внегалактических туманностей [640, 642, 643, 644, 557, 558, 559]. Уже в 1929 году Шален со всей определенностью указывал на необходимость полного признания межзвездного поглощения [794], чему послужило обнаруженное им, — в результате предпринятого подсчета звезд в областях Цфея и Кассиопеи, — уменьшение звездной плотности по мере удаления от Солнца.

Но решающее значение имели исследования, посвященные звездным скоплениям. Советский ученый Б. А. Воронцов-Вельяминов, составив еще в 1929 году каталог интегральных фотографических звездных величин шаровых звездных скоплений [43] и обработав его, истолковал обнаруженные им закономерности в физических характеристиках шаровых скоплений с точки зрения пространственного поглощения света звезд [44].

Известным работам Трэмплера [966, 967, 968] и Ван-де-Кампа [583], посвященным скоплениям и единственно упоминаемым до сих пор во всех зарубежных источниках как доказательства существования поглощающего слоя масс твердых частичек, на самом деле предшествовали названные исследования Б. А. Воронцова-Вельяминова.

Однако, еще в начале XX столетия были получены указания, а затем и доказательства присутствия в межзвездном пространстве также и газовой среды. Наличие в спектрах звезд линий и полос поглощения, не участвующих в доплеровых смещениях других линий данных звезд, и независящих от зенитного расстояния и, стало-быть, не принадлежащих ни звездной, ни земной атмосфере, — явилось фактом, указывающим на существование газовой среды в межзвездном пространстве¹. Во многих

¹ Линии поглощения, производимые кальциевыми атомами межзвездной среды были открыты в 1904 году Гартманом [524], хотя Кэмпбелл и Райт еще раньше (в 1901 г.) заметили подобные линии в спектре Новой Персея [395, 396], не дав, однако, им такого объяснения, как другие. Эддингтон выдвинул гипотезу о межзвездном происхождении «стационарных линий», путем поглощения лучистой энергии звезды атомами кальциевого газа,

случаях эмиссионные линии, наблюдаемые в спектрах диффузных туманностей видны на фоне непрерывного спектра. Стало-быть, в таких туманностях газ сосуществует с твердыми частичками; при этом относительная пропорция газа и пыли твердых частиц может быть совершенно различна в разных туманностях. М. А. Вашакидзе [39] в Абастуманской астрофизической обсерватории исследовал поляризацию в ряде диффузных туманностей и нашел, что в NGC 6514, 6618, 1976 и 1977 поляризация излучения составляет 10, 8, 14 и 7% %, соответственно. Следовательно, пылевая компонента в них составляет заметную величину, хотя и различную для разных туманностей. Очевидно, что и темные туманности, признаваемые за скопления твердых частиц, не лишены вещества и в газовом состоянии, но последние либо содержатся в незначительной пропорции, либо его атомы остаются незримыми, т. к. не возбуждаются ввиду отсутствия вблизи горячих звезд [556].

Имеются основания полагать, что диффузное вещество весьма распространено в Галактике, но оно легко доступно прямому наблюдению лишь там, где коротковолновая радиация ранних звезд заставляет их светиться или, где имеет место отражение. В других случаях их не видно или, во всяком случае, для их обнаружения требуются специальные, наблюдательные средства. Большим небулярным спектрографом обсерватории Мак-Дональд в комбинации со светосильной камерой, О. Струве с сотрудниками спектрографировали небо и обнаружили эмиссионные линии водорода во многих направлениях, и на больших поверхностях неба даже там, где нет видимых следов туманностей, но преимущественно на малых галактических широтах в областях Млечного Пути, в созвездиях Лебедя, Единорога и Цефея [947, 943]. (См. также [948, 950 и 952]).

находящегося в галактическом пространстве. Позднее межзвездные — «стационарные» линии кальция, натрия и других элементов были обнаружены в спектрах ранних звезд и другими астрономами [880, 528, 1023, 674, 437, 440, 441]. В спектрах звезд поздних классов межзвездные линии трудно отделить от линий звездного происхождения, но в 1939 году удалось обнаружить линии межзвездного натрия и в спектре звезд типа N и R благодаря весьма большим лучевым скоростям этих звезд [790, 791]. Были открыты и идентифицированы также межзвездные линии молекулярного происхождения [959, 314, 315, 668, 669, 259, 422, 423], при этом первые указания на межзвездные молекулы были сделаны еще в 1935 году [784].

В настоящее время зарегистрировано несколько десятков межзвездных атомных и молекулярных линий, из которых лишь немногие остаются до сих пор неидентифицированными [317, 318, 264]. Возможно, что они принадлежат свободным молекулам, окружающим твердые частицы [565]. Найденные до сих пор линии принадлежат сравнительно небольшому числу элементов (H, Na, K, Ca, Ti, Fe, N, O) и соединений (CN, CH), но не исключена вероятность открытия новых линий, т. к. есть основания считать, что все или, по крайней мере, большинство атомов, являющихся составными в веществе земной коры или атмосферы, или звезд и планет, должны присутствовать и в межзвездном пространстве. Впрочем, область спектра в пределах длин волн от 3100 до 5000 Å хорошо исследована в этом

Впрочем, эти места все-таки оказались близкими к горячим звездам; в них группируются звезды типа O , следовательно, можно заключить, что механизм свечения в данном случае аналогичен механизму свечения диффузных туманностей, т. е. межзвездный водород возбуждается интенсивным ультрафиолетовым излучением горячих звезд. Но, нам интересен вывод, который можно сделать из сказанного: диффузные туманности не являются лишь локальными сгущениями газового вещества и, последнее широко распространено во всем галактическом пространстве. Будущие исследования этой стороны вопроса, весьма интересной с точки зрения изучения космического поглощения, очевидно, возможно вести успешно на основе наблюдательных данных, доставляемых мощной спектральной аппаратурой или новыми средствами исследования.

Чрезвычайно интересным и важным является недавнее открытие академиком Г. А. Шайном водородных облаков межзвездного пространства (см. также [435 и 927]).

Это открытие требует более подробного освещения. В 1949 — 50 г. при помощи светосильной двойной камеры в комбинации с двумя узкополосными фильтрами, с пропусканием вокруг H_{α} и вне H_{α} , Г. А. Шайн и В. Ф. Газе получили в Крымской астрофизической обсерватории снимки светлых диффузных туманностей. Снимки позволили авторам выдвинуть газовую и пылевую составляющие светлых туманностей. Обнаружен особый вид полуправильных светлых туманностей с периферийным более или менее симметричным распределением вещества [229]. Снимки позволяют обнаруживать не только новые туманности, но вместе с тем, и весьма интересные структурные особенности, бросающие свет на природу этих образований. Анализ нового материала позволил авторам прийти к важному выводу, что для большинства туманностей должна быть тесная генетическая связь с облучающими их звездами. Исследования Г. А. Шайна открывают новые возможности для изучения взаимоотношений

отношении и новые линии могут найтись скорее вне этой области. Тем более, что особые физические условия межзвездного пространства, которые определяются, например, ослабленным излучением, относительно низкой частотой атомных столкновений и слабой степенью возбуждения, вынуждают атомы оставаться в нижних энергетических состояниях. А в таких условиях они поглощают, главным образом, линии, находящиеся в той области спектра, которая недоступна обычным (фотографическим) наблюдениям.

Интересные данные об относительных частотах распределения элементов в межзвездной среде были сообщены на 7-ом конгрессе Международного Союза астрономов [1032, 945]. Из них следует, что водород является наиболее обильным элементом, превосходящим все другие. Обозрения водородных диффузных туманностей Г. А. Шайном и В. Ф. Газе (см. ниже) свидетельствуют об огромном богатстве межзвездной среды этим элементом.

Замечания о количественном химическом составе, отсутствии линий поглощения ряда атомов, плотности и массе межзвездного газа см. в обзоре Б. А. Воронцова-Вельяминова ([48], стр. 213—219).

2. Бюлл. Абаст. астроф. обс., № 12

между звездами и межзвездной материей. Некоторые из имеющихся уже выводов могут толковаться в свете идей В. А. Амбарцумяна о звездных ассоциациях [226]. Таким образом, ряд наблюдаемых объектов и явлений, как то: светлые диффузные туманности, стационарные линии поглощения в звездных спектрах, темные туманности, проявляющие себя резким дефицитом звезд, покраснение звезд, увеличивающееся с расстоянием и т. п. явления, открытые последовательно на протяжении десятков лет, убеждали в существовании значительного количества вещества в межзвездном пространстве и, главным образом, около плоскости Млечного Пути.

Доказательством последнего служило также открытие «Зоны избегания» в результате реализации к 1934 году капитальной работы по исследованию видимого распределения внегалактических туманностей [560].

Несоблюдение закона квадратов обратных расстояний в отношении распространения света ряда звезд, для которых известны тригонометрические расстояния и абсолютные величины ([411] и др.), тоже указывало на то, что космическое пространство не вполне прозрачно.

Наконец, некоторые явления, наблюдаемые во внешних звездных системах, также оказались, по аналогии, подтверждением существования поглощающего вещества в нашей звездной системе¹.

Советский астроном М. С. Эйгенсон еще в 1936 г. показал на анализе средних поверхностных яркостей спиральных туманностей и их наклона к лучу зрения, экваториальную концентрацию поглощающего вещества во внешних звездных системах [242, 243, 249], что было очень важно с рассматриваемой точки зрения. Вместе с тем, он вычислил для внегалактических спиралей оптическую толщину, поглощение вдоль экватора и в зоне избегания спирали, толщину слоя и общее и избирательное поглощение. Результаты оказались близкими к соответствующим значениям, относящимся к Млечному Пути. Таким образом, М. С. Эйгенсоном, наряду с качественной, была обнаружена и количественная аналогия.

Лишь позднее Стеббинс в США показал на точных фотоэлектрических измерениях наличие в Галактике избирательного поглощения, а затем Линдبلاد опубликовал свое исследование поглощения в центральной области спиральной туманности NGC 7331, где он нашел поглощение, равное поглощению в Млечном Пути [633]. Его резуль-

¹ Кэртис в Ликской обсерватории, в 1918 г., сфотографировал несколько внегалактических туманностей, обнаруживших явные следы темной материи [418]. Хотя, тогда еще не было известно, что эти объекты представляют собой отдельные звездные системы, тем не менее фотографии Кэртиса послужили дополнительным указанием на наличие в космическом пространстве темной, поглощающей материи. Лундмарк [641] и Бернхеймер [360, 359], а позднее и Хольмберг [547], поддерживали выводы Кэртиса.

таты оказались также прекрасным подтверждением ранним выводам М. С. Эйгенсона.

Благодаря данным работам Эйгенсона, прочно вошел в исследования новый метод изучения Галактики посредством внегалактических туманностей. Но, необходимо заметить, что значение открытия Эйгенсона выходит за пределы, обусловленные интересами к некоторым новым наблюдаемым фактам, внешне характеризующим астрономическую Вселенную. Новое открытие, показав, что поглощение света является общим явлением в мире внегалактических туманностей, а не исключительным свойством нашей Галактики, явилось подтверждением, как правильно указывает М. С. Эйгенсон, коперниканского тезиса о нашем неисключительном положении во Вселенной [244].

Таким образом, новые факты, доставляемые звездной астрономией нашего времени, вновь отвергают геоцентризм в самом широком смысле этого понятия и приводят к наиболее глубокому обобщению взглядов великого славянского мыслителя — Коперника.

Вполне последователен и тот факт, что такое широкое толкование новых наблюдательных данных принадлежит советским ученым, — поборникам материалистической науки.

Следовательно, существование поглощения, т. е. ослабления света звезд при прохождении сквозь материальную среду в межзвездном пространстве, обнаружено на многих объектах астрономического мира. При этом, по современным взглядам, поглощение вызывают: 1) нейтрально и избирательно поглощающая, широко распространяющаяся среда, составленная из отдельных «пылевых» облаков различной плотности и различной поглощательной способности и 2) межзвездный газ, поглощающий монохроматически.

Коль скоро космическое поглощение стало установленным фактом, возникла необходимость пересмотра и ревизии всех взглядов и выводов о строении Галактики, и, особенно тех, которые строились на данных о видимых звездных величинах, поскольку последние оказались искаженными поглощением.

В течение большого периода времени, объемлющего около двух столетий, астрономы, настойчиво проникая все глубже в нашу звездную систему, получили оценки размеров, сжатия, вращения и других характеристик Галактики. При этом, общим методом служили, в большой степени, расчеты галактических расстояний по закону уменьшения яркости пропорционально квадрату расстояния. Но, доказательство существования поглощения сделало именно этот последний закон неприменимым к Галактике. И, наряду с тем, что открытие поглощения сразу сняло целый ряд противоречий (уменьшило исключительно большие размеры, приписываемые до того Галактике и окончательно отвергло несостоятельные взгляды

на исключительность нашей звездной системы — идею «сверхгалактики», вскрыло причину видимого отсутствия ядра Галактики и т. д.), оно потребовало введения многих новых коррективов в наши расчеты и представления.

Это и обусловило всю важность изучения поглощения и вызвало необходимость соответствующей переоценки галактических расстояний и размеров. Следовательно, интерес к поглощению возник не в смысле выяснения физической природы поглощающего вещества, — хотя этот вопрос представляет также самостоятельный астрофизический интерес, — но, в первую очередь, — в смысле определения и применения поправок при звездно-астрономическом представлении картины строения Галактики на основе видимых звездных величин.

С тридцатых годов текущего столетия работы и исследования, направленные на изучение космического поглощения особенно оживились. При этом, эти работы шли по четырем основным руслам: изучение общей непрозрачности космического пространства, исследование темных туманностей в зоне Млечного Пути, определение цветовых избытков звезд и других объектов (исследование избирательного поглощения) и изучение межзвездного газа. Все эти работы служили двум общепризнанным целям — введению поправок в видимое пространственное распределение звезд и выяснению физической природы поглощающего вещества.

Однако, изучение поглощения должно служить не только этим двум целям, но и более непосредственной задаче — исследованию пространственного строения всей материальной Галактики, поскольку межзвездное вещество представляет собой значительную, хотя и преимущественно темную, невидимую, составляющую Вселенной. Наиболее полное изучение Галактики возможно путем одновременного исследования как звездного (светлого), так и незвездного (темного) вещества.

Другими словами: если основной проблемой строения Галактики считать проблему пространственного распределения звезд и важнейшей предпосылкой для успешного решения этой проблемы — возможность правильно учитывать влияние поглощения, то пространственное распределение поглощающего вещества и само по себе следует признать важной составляющей той же структурной проблемы Галактики в целом.

Роль невидимой материи возрастает в связи с открытием метагалактического поглощения, имевшим место в самые последние годы. Это открытие заставляет смотреть на темную, поглощающую материю как на универсальное явление.

Примечательно, что и данное открытие, имеющее большое принципиальное значение с точки зрения космогонии и материалистической философии, принадлежит также советскому ученому. М. С. Эйгенсон,

обработав несколькими способами наблюдательные данные, относящиеся к весьма далеким внегалактическим туманностям, обнаружил и оценил величину метагалактического поглощения [247, 254, 253]. Это открытие нашло убедительную иллюстрацию в наблюдениях зарубежных астрономов [917, 916].

Вместе с тем, исследования Эйгенсона в СССР и наблюдения Стеббинса за рубежом выявили близость значений отношений общего поглощения к избирательному в отдельных галактиках и в метагалактическом пространстве. Этот результат имеет важный смысл, поскольку он указывал на единство поглощающей материи в исследованной части Вселенной. Дальнейшее развитие исследований Эйгенсона, приведшее его к оценке плотности всей темной метагалактической материи и к исправлению значения Джинса для метагалактической плотности, дает материал для важных заключений космогонического характера и приводит к концепции, по которой все изученное нами космическое пространство заполнено рассеянной, поглощающей материей, а галактики являются уплотнениями в общем непрерывном материальном поле рассеянной материи. Более того, нельзя считать невероятным присутствие даже отдельных звезд в межгалактическом пространстве. На многих примерах можно показать, сколь актуально подробное и глубокое исследование космического поглощения света с общей звездно-астрономической, астрофизической и, наконец, с космогонической и философской точек зрения. Уместно отметить тут, что проблема представляет важное значение, в частности, и в связи с вопросом о бесконечности Вселенной, на что еще в 1937 году справедливо указывал акад. В. Г. Фесенков [182, 183], рассматривавший такие характеристики общего поглощения света, при которых можно было бы построить модель бесконечной вселенной, не противоречащую наблюдениям. Эйгенсон показал полную совместимость конечной яркости ночного неба и бесконечной Вселенной [245, 246]. Можно считать, что проблема согласования конечной яркости ночного неба с бесконечностью Вселенной советскими учеными решена.

§ 4. Общее галактическое поглощение

Первые попытки определения методами звездной статистики общего поглощения в Млечном Пути и, именно, в местах, не пораженных темными туманностями исходили в основном из рассмотрения функции плотности, принимаемой в том или ином виде. Но, именно в отношении этой функции астрономы не располагали хоть сколько-нибудь удовлетворительными данными, не зная, собственно, как меняется звездная плотность в разных направлениях от Солнца. Понятно, поэтому, что первые попытки не могли дать удовлетворительных результатов, хотя, отдельные выводы

качественного характера в общем служили делу разгадки тайн космического поглощения и строения Галактики¹.

Более или менее надежные определения общего фотографического поглощения выполнены в тридцатых годах на основе методов, в которых сравнивают между собой геометрические и фотометрические расстояния данных объектов. Известен «способ скоплений», относящийся к подобным методам. В данном случае до сих пор ссылались почти исключительно только на исследование Трэмплера, однако необходимо помнить, что еще в 1929 г. советский астроном Б. А. Воронцов-Вельяминов, как мы заметили уже выше, опубликовал каталог интегральных фотографических звездных величин шаровых звездных скоплений [43], на основе анализа которого показал наличие межзвездного поглощения света [44]. Применение «способа скоплений» привело Трэмплера к значению общего поглощения, равному 0.67 зв. величины на кпс [968, 966, 970], (см. также [766]). Это значение общего фотографического поглощения быстро утвердилось, несмотря на критику Бруггенкате [389], указавшего на возможность ошибки Трэмплеровской классификации скоплений по их концентрации. Критика не была лишена оснований, так как эта классификация, являющаяся исходной для способа Трэмплера, сама не исходила из физического обоснования, а опиралась на видимую концентрацию звезд в скоплениях, которая со своей стороны не может не зависеть от расстояний. Следовательно, метод мог таить ошибки, допускаемые опять таки эффектом расстояния.

П. П. Паренаго, Б. В. Кукаркин и Н. Ф. Флоря, изучив распределение в пространстве всех известных шаровых скоплений, обнаружили зависимость между избытками цвета скоплений (по фотоэлектрическим данным Стеббинса и Уйтфорда) и их линейными диаметрами, вычисленными по видимым диаметрам и исправленным за влияние поглощения света [141]. Последние оказались тем меньшими, чем больше избыток цвета, а соответственно, и общее поглощение. Подобный же результат получила К. А. Бархатова и для рассеянных звездных скоплений [21], т. е. тех самых объектов, которыми пользовался Трэмплер. Следовательно, поглощение влияет не только на видимую

¹ Интересно отметить, что Халльм, например, нашел, что частота звезд растет от галактических полюсов к галактическому экватору быстро, но достигая максимума на некотором значении широты, начинает дальше уменьшаться. Он объяснил это явление наличием сравнительно тонкого поглощающего слоя вдоль галактического пояса [523]. Другие работы, построенные на анализе распределения внегалактических туманностей или шаровых звездных куч, привели к выводам, согласным с данным заключением, несмотря на то, что шаровые кучи, с точки зрения данной задачи, являются несколько неудачными объектами исследования, т. к. на эффект межзвездного покраснения накладывается эффект увеличения собственного цвета (преобладание поздних спектральных классов) с приближением к галактическому кругу.

звездную величину, как допускал Трэмплер, но и на угловой диаметр скопления.

После этих работ советских астрономов стало понятным почему значение поглощения света по Трэмплеру занижено по сравнению с большинством из других определений. Если не учитывать влияния поглощения на размеры скоплений, величина поглощения, основанная на анализе диаметров скоплений, будет несомненно меньше действительной величины, поскольку она представит, по сути дела, разность между влиянием поглощения на зв. величины и влиянием на видимые размеры скоплений.

Джой использовал для своих исследований Цефеиды. Последние и сегодня являются объектами, привлекающими к себе внимание астрономов, изучающих поглощение, благодаря их большой галактической концентрации, большим расстояниям, малым пекулярным движениям и, наконец, благодаря простоте определения их абсолютных звездных величин. Джой сравнивал геометрические расстояния Цефеид, получаемые из галактического вращения, с фотометрическими, вытекающими из применения известного соотношения «период-светимость» и видимых величин. Для приведения этих расстояний в согласие между собой, он должен был допустить наличие общего поглощения величиной около 0.8 звездной величины на килопарсек [577, 578]. Подобный метод — один из лучших для определения среднего поглощения. Но, значение, полученное Джоем для поглощения, следует считать преуменьшенным, в связи с неизбежной селекцией материала, составленного из звезд, видимых на больших расстояниях и, следовательно, расположенных в областях, сравнительно менее подверженных поглощению. Это последнее обстоятельство также заставило обратить на себя внимание астрономов. В связи с ним Ван Райн, вводя в свои исследования поглощение Джоя, предпочел пользоваться несколько увеличенным значением его — до одной звездной величины [768].

Однако, позднее, многими исследованиями были подтверждены выводы московских астрономов Б. В. Кукаркина [85], П. П. Паренаго [131] и Н. Ф. Флоря [196] о том, что средний коэффициент фотографического поглощения света в галактической плоскости имеет величину, большую, чем его первые оценки.

Первые же работы исключительно обострили интерес к космическому поглощению и дали начало целому ряду наблюдений и исследований, которые с большим оживлением ведутся и в наши дни, и в результате которых накопилась огромная литература, посвященная космическому поглощению. Вместе с тем они, также, как и работа Ван-де-Кампа (1583) и др.), послужили указанием на существование общего поглощения даже в тех местах Млечного Пути, где нет явных следов темных туманностей (обскурации).

Цефеиды доставляли и другой способ определения поглощения, основанный на большой концентрации их около галактического круга и на связанном с ней равном их удалении от экваториальной плоскости Млечного Пути. Наблюдения, очевидно искаженные поглощением, обнаружили систематическое увеличение расстояний от галактической плоскости с увеличением фотометрических расстояний до Цефеид. Такой результат не только интерпретировался как влияние поглощения, но он, вместе с тем, послужил основой для оценки величины поглощения¹.

В этой области интересные исследования принадлежат Пулковскому астроному О. А. Мельникову [112, 114]. (См. также значительно менее полное исследование Боттлингера и Шнеллера [379] и Минера [695]).

О. А. Мельников определил коэффициент фотографического поглощения, пользуясь ζ — координатами и галактическим вращением долгопериодических цефеид. Он справедливо указал на то, что все эффекты, отрицательно влияющие на определение поглощения методом ζ — координат и составляющие основание для критики этого метода, на самом деле имеют влияние и на другие методы. Это влияние при настоящем положении дела неизбежно и оно не должно заставить нас отказаться от данного метода. Мельников обстоятельно проанализировал вопрос об общем фотографическом поглощении по цефеидам вместе с вопросом о нуль-пункте кривой «период-светимость», и объяснил расхождение между величиной поглощения по галактическому вращению и по ζ — координате.

Другие работы, основанные на сравнении геометрических и фотометрических параллаксов и предпринятые с целью определения общего поглощения, принадлежат Ван-Райну [768], Корлину и другим. Последний исследовал поглощение во многих направлениях на больших галактических широтах, но на сравнительно малых глубинах — до нескольких десятков парсеков [412]. При этом даже на таких малых расстояниях было обнаружено поглощение в некоторых областях неба. Эти работы, хотя и представляли собой на том этапе ценные попытки изучения поглощения, но были ограничены в смысле используемого материала и главное — исследуемого пространства. Малые расстояния ограничили применение подобного метода и у П. П. Паренаго, который в одной из своих ранних работ использовал сводный каталог параллаксов большого количества звезд и сравнил, — с целью выявления и оценки поглощения, — спектральные абсолютные величины с абсолютными величинами, основанными на тригонометрических параллаксах и видимых зв. величинах [130].

¹ Этот метод, давший неожиданно высокое численное значение для поглощения, был подвергнут критике, но повторение его применения на большом материале привело к более приемлемому значению поглощения [53]. Впрочем, многие астрономы не склонялись признать его из-за неизбежной селекции материала [502, 482].

Ван-де-Камп и А. Н. Высоккий, изучая поглощение, исходили из подробного анализа собственных движений 18-ти тысяч звезд, пользуясь при этом известным соотношением между средним параллаксом и средней видимой величиной [587, 588].

Весьма интересно, что еще в 1910 г. Г. А. Тихов ([163], стр. 6, 7), рассматривая способы исследования космического поглощения света и признавая необходимость определения поглощения в зависимости от расстояний звезд, указывал на возможность использования собственных движений звезд для решения данной проблемы. Результат же Комштока [411] (см. ниже в табл. 1) имел в значительной степени случайный характер. Этот метод должен был дать авторам надежные выводы, при условии отсутствия систематических ошибок средних параллаксов, которые могли исказить результаты. Работа привела к довольно высокому значению поглощения, но оно было поддержано Стенкистом [919], который, пользуясь значением поглощения около 2-х величин, сумел успешно исправить скорость солнечного движения, получаемого по собственным движением 2959 звезд (каталог Смарта [884]). Несколько раньше Бриль остроумно использовал средние параллаксы и средние видимые величины звезд типа В, группируя их по определенным интервалам блеска и вычисляя для них абсолютные величины. При отсутствии поглощения, последние должны были оказаться равными. Приведение же получаемых различных значений абсолютных величин к одному осуществлялось введением некоторого коэффициента поглощения [380]. Уместно отметить здесь же и работу Хиестра [540], метод которого довольно сложен, но учитывает функцию светимости, манипулируя уравнениями звездной статистики.

Метод собственных движений получил должное развитие в работах советского астронома А. Н. Дейча (Пулковская обсерватория [62, 61, 64, 60, 66, 63, 65]). Он оценил межзвездное поглощение в нескольких Площадах Каптейна по тщательно определенным им же собственным движениям звезд. Метод Дейча основан на сравнении параллаксов звезд одних и тех же видимых величин и применении кривой, связывающей вековые параллаксы с видимыми величинами. Важно, что ему удалось исключить ошибку уравнения зв. величины, благодаря сравнению звезд равных звездных величин в темных и светлых областях неба. Тем самым результаты Дейча более убедительны, чем выводы из аналогичных работ зарубежных астрономов.

Исследование Дейча показало, что собственные движения дают весьма ценный независимый метод вычисления межзвездного поглощения. Следует лишь считаться с возможностью влияния на выводы со стороны систематических местных групповых движений. Указание на эту

опасность мы видим в данных самого Дейча, получившего в одном из участков отрицательные значения поглощения.

Мы встречаем пример успешного применения метода собственных движений в работе Лэндби [639]. Хотя последняя весьма отстает по обстоятельности исследования от фундаментальных работ Дейча, тем не менее показывает явный эффект поглощения в собственных движениях слабых звезд.

В ряде работ [838, 585, 866, 560] общее поглощение определялось на основе изучения распределения внегалактических туманностей. Это изучение и привело к новому понятию о «зоне избегания». Подсчеты Хаббла показали, что число внегалактических туманностей меняется в зависимости от галактической широты¹ и это изменение происходит, в среднем, по закону косеканса, что можно признать за указание на наличие приблизительно плоско-параллельного галактического слоя поглощающего вещества. При этом полное фотографическое поглощение от полюса до полюса получилось равным 0.5 — 0.8 зв. величины. Вместе с тем оказалось, что общее поглощение на средних и высоких широтах ($|b| > 10^\circ$) хорошо определяется подсчетами внегалактических туманностей. Данные Хаббла одновременно указывали на распространение поглощающего вещества и на более высокие галактические широты.

М. С. Эйгенсон, проанализировав данные каталога Шэпли и Эймс [872], изучил кривую частоты видимых величин внегалактических туманностей. Оказалось, что частоты не одинаковы на нижних и высоких галактических широтах. Это обстоятельство дало автору возможность получить ряд качественных и численных результатов относительно общего поглощения в Галактике [243]. Эта и другие работы Эйгенсона свидетельствуют о том, что, помимо известного метода Хаббла, возможно применение и других методов исследования галактического поглощения, основанных на использовании тех или иных характеристик внегалактических туманностей (например, функции распределения видимых звездных величин, средние поверхностные яркости, цветовые показатели, peculiarные лучевые скорости и т. д.). Хотя и не в прямой связи со сказанным здесь, заслуживает упоминания работа и другого советского астронома И. М. Гордона [55], применившего способ определения коэффициента поглощения во внегалактических туманностях, исходя из анализа дисперсии видимых величин внегалактических Цефеид, толкуя эту дисперсию как результат поглощения.

¹ Зависимость числа внегалактических туманностей от галактической широты была открыта раньше Хаббла Сирсом, в 1925 году [838]. Но Сирс не интерпретировал тогда ее как эффект поглощения.

Можно было бы назвать целый ряд других оценок величины общего поглощения и в их числе таких, которые основаны на вычислении постоянной галактического вращения (напр., Вильсона [1015], О. А. Мельникова [114]). Но мы не будем перечислять тут прочих работ, посвященных изучению общего поглощения. Нам придется упоминать о них в других, подходящих для этого местах. Сделаем однако тут же несколько общих замечаний.

Перечисленные выше основные исследования и ряд других работ как ранних, так и более поздних, приводят к различным значениям поглощения — от 0.5 до 1.0 звездной величины и более на один килопарсек. Такая дисперсия получаемых значений коэффициента общего поглощения, должно быть, вызвана не только применением разных объектов и разных методов, допускающих различные точности результатов, но, очевидно и тем, что объекты, исследуемые разными авторами для определения поглощения, расположены в различных направлениях и на разных расстояниях. Пространственное поглощение между тем не всюду одинаково. Эти соображения подтверждаются также и новейшими работами, обнаруживающими различные значения коэффициента поглощения, а среди них — и значительно большие, чем вышеприведенные.

Кстати, в настоящее время есть основания считать, что поглощение вдоль самой галактической плоскости достигает заметно большего значения — около 3 зв. величин на килопарсек. К этому результату пришли московские астрономы Б. В. Кукаркин [85] и П. П. Паренаго [131, 132]. В двух последних работах П. П. Паренаго, развив теорию поглощения света в Галактике, предложил формулу, позволяющую представить поглощение света как функцию галактической широты и расстояния от Солнца. Идя дальше, автор построил карту отдельных областей неба, характеризующихся данным средним значением поглощения и указал на ее прикладной характер, заключающийся в возможности исправлять расстояния в разных направлениях за влияние поглощения света.

Теперь уже не должно вызывать сомнения утверждение, что одно значение коэффициента общего поглощения не может применяться ко всем направлениям галактического пространства. Таким образом, к трудностям, присущим абсолютным методам, неизбежно применяемым при определении общего поглощения, прибавляются трудности, связанные с неоднородностью распределения масс поглощающего вещества, что делает задачу определения общего поглощения принципиально сложной. Естественно, поэтому, большее развитие современных работ в сторону исследования дифференциального поглощения (методом показателей цвета и избытков цвета).

Что касается задачи об определении общего поглощения, то нельзя не признать, что до сего времени она не решена в полной мере; в большинстве случаев оценены лишь нижние пределы значения поглощения в отдельных направлениях; не решен еще вопрос о том, в какой мере поглощение присуще всей Галактике в целом.

Современные исследования общего характера, а также в частности и темных туманностей, покрывающих собой около 40% всей поверхности Млечного Пути, склоняют нас к признанию такой концепции, при которой масса поглощающего вещества распространена вообще довольно обширно, но она характеризуется отдельными «сгустками» сильного поглощения, преимущественно концентрирующимися около галактической плоскости.

Именно эти «сгустки» сильного поглощения и являются так называемыми «темными облаками» или темными туманностями. Нельзя делать резкого различия между отдельными темными облаками, с одной стороны, и распространённой в обширном пространстве средой поглощения. Последняя, по сути, представляет собой совокупность многих облаков, располагающихся в то же время одно за другим по лучу зрения. Лишь наиболее близкие темные облака наблюдаются в виде дискретных, как бы самостоятельных образований. Существенно, что для них самих характерна неоднородность в строении и поглощательной способности.

Так или иначе, многие из первых же работ указывали, в первую очередь, на концентрацию масс поглощающего вещества около экватора Галактики. Это привело к формированию понятия о галактическом поглощающем слое. Эти работы, касались ли они числа внегалактических туманностей, или разностей между фотометрическими и геометрическими расстояниями, обнаруживали прежде всего их зависимость от галактической широты¹. Становилось ясным, что поглощающее вещество тяготеет к плоскости Млечного Пути, концентрируясь тут в виде «галактического плоско-параллельного слоя» [732]. Обнаружение на фотографиях темных экваториальных полос во внешних звездных системах и открытие «зоны избегания» в нашей звездной системе решительно утвердили представление о галактическом поглощающем слое. Наряду с этим, было введено и понятие оптической толщины поглощающего галактического слоя (в направлении, перпендикулярном галактической плоскости и, притом, в окрестностях Солнца). В работе [560], основанной на обширном и наиболее однородном материале, Хаббл получил значение оптической толщины, равное 0.5 зв. величины, исходя из выраже-

¹ Любопытно, что зависимость ряда величин от галактической широты, связанная с поглощением, была подмечена уже давно, но вплоть до тридцатых годов ее просто упоминали как «эффект низких широт», не решаясь назвать ее эффектом поглощения.

ния зависимости числа внегалактических туманностей от галактической широты, выведенной им в виде

$$\log N(m) = c - 0.15c \operatorname{cosec} b.$$

Это соотношение и представляет собой основу так называемого ко-секанс-закона, кстати, не по праву широко используемого в различных вычислениях поглощения. Значения оптической толщины даны и другими авторами, при этом эти значения вычислялись разное: в фотографических лучах [585], по внегалактическим туманностям [697, 397, 425, 426, 861], по шаровым скоплениям [586, 977, 1002, 370]. Известны и такие определения, которые основаны на цветовых показателях, т. е. дают оптическую толщину избирательно поглощающей среды [901, 909, 907, 977, 482]. Результаты всех этих определений, хотя и указывают примерно на один и тот же порядок величины оптической толщины, тем не менее, колеблются в значительных пределах, очевидно, по тем же причинам, которые были названы нами относительно общего поглощения.

В Советском Союзе определения оптической толщины поглощающего вещества перпендикулярно галактической плоскости, в окрестностях Солнца, принадлежат М. С. Эйгенсону [249], П. П. Паренаго [132], Б. Е. Маркарян [99], М. А. Вашакидзе [38] и др. Эти авторы критически рассматривали имеющийся литературный материал, снова оценив величину оптической толщины, и вместе с тем использовали и новые наблюдательные данные. Вашакидзе, например, исходил из анализа составленного им каталога показателей цвета пятисот внегалактических туманностей. После согласных выводов советских астрономов — Паренаго в Москве, Маркаряна в Бюраканской обсерватории и Вашакидзе в Абастуманской обсерватории — следует признать, что величина Хаббла, столь часто используемая при разных расчетах и до последнего времени, на самом деле занижена.

Попутно заметим, что Маркарян, в своем исследовании галактического поглощения, применил видоизмененную и развитую им же формулу метода Вашакидзе [31, 32]. Последний, в основном, служит для вычисления пространственных плотностей звезд, но находит успешное применение и для вычисления поглощения.

В связи с оптической толщиной, вычислялась, обычно, и геометрическая толщина галактического слоя.

Еще в 1930 — 1931 гг. Ван-де-Камп нашел для нее величину около 200 пс [583, 384]. Анализ звезд типа В [1010], цефеид и некоторых динамических постоянных Галактики [578] и другие данные [268, 885] служили ряду зарубежных астрономов основанием для оценок геометрической толщины поглощающего слоя. Однако, их результаты противоречивы и отдельные значения колеблются от 200 до 500 пс и более.

В. А. Амбарцумян, применив по существу совершенно новый метод — анализ суммарных яркостей звезд, — пришел к выводу, что коэффициент излучения, обусловленный звездами, убывает с расстоянием от галактического экватора быстрее, чем коэффициент поглощения [10, 11]. Отсюда же получается значительная толщина однородно поглощающего слоя, что находится и в согласии с более ранним выводом В. Г. Фесенкова [191]. Исходя из своей теории поглощения П. П. Паренаго [131] вывел для толщины однородного поглощающего вещества значение, равное 200 пс. Это значение широко используется в настоящее время. Следует отметить, что новые наблюдательные данные находятся в хорошем согласии с ним (см. ниже).

К настоящему времени, когда неоднородность космической поглощающей среды стала почти бесспорной, понятие оптической или геометрической толщины также, как и само понятие поглощающего «слоя», утратило первоначальное значение. Понятием «слоя» можно пользоваться как статистической рабочей моделью. Косеканс-закон является лишь грубым приближением, основанным на допущении равномерного распределения поглощающего вещества внутри плоско-параллельного объема. Им можно пользоваться для галактических широт, превышающих $5-10^\circ$, а также и в местах Млечного Пути, не очень пораженных поглощением и то — лишь условно. Понятно, что можно было бы внести в него поправки, зависящие от галактической долготы, или выводить его (вычислять его коэффициент) отдельно для отдельных интервалов галактических долгот, — от этого его применение несколько улучшилось бы.

Имея в виду непостоянство и неопределенность коэффициента поглощения в различных направлениях, нельзя не признать, что вычисления геометрической толщины, на основе оптической, дают иллюзорные результаты. Вместе с тем, метод вычисления оптической толщины основан на использовании коэффициента поглощения, полученного по наблюдению объектов, близких к плоскости Млечного Пути. Но нельзя не поставить под сомнение возможность использования такого коэффициента для направлений, составляющих большие углы с плоскостью Млечного Пути. Кратко говоря, порочным в большинстве определений оптической толщины является то, что они исходят из допущения однородности галактического поглощающего слоя. Так допустил, например, Хаббл, получивший значение 0.5 зв. величины. Стоило Ван-де-Кампу учесть влияние дискретных темных облаков Барнарда, как значение оптической толщины возросло более, чем в полтора раза. С другой стороны, — вычислив оптическую толщину по данным, связанным с объектами, находящимися в направлении на *MWF 223* (в прозрачном «окне» зоны избегания), Шэпли [1869] получил значение, вдвое меньшее величины Хаббла. Таковы могут быть неожиданности в отдельных на-

правлениях. Однородное распределение поглощающего вещества в слое допустимо лишь для оценки среднего эффекта на звездные расстояния. Но, концепция галактического слоя сыграла известную роль в толковании первых наблюдений, связанных с изучением поглощения. Более того, даже в настоящее время все же приходится прибегать к ней для удобства представления и интерпретации тех или иных явлений и закономерностей, несмотря на то, что в общем, за понятиями «плоско-параллельного слоя» и «оптической толщины» сохранился лишь только формальный смысл. Во всяком случае мы должны считать, по крайней мере, что относительно равномерный слой, толщиной в несколько сот парсеков, содержит в себе, как сказано выше, отдельные «сгустки» более плотных поглощающих масс, производящих местные поглощения повышенной величины. При этом, поглощающее вещество сосредоточено не исключительно в этом слое; отдельные его массы находятся и за пределами полосы, лежащей около галактического экватора (см. ниже).

Важным шагом вперед в деле учета галактического поглощения явилась разработанная П. П. Паренаго теория поглощения [131, 132, 134]. Исходя из известного экспоненциального закона распределения звездной плотности по z — координате:

$$D(z) = D(0) e^{-\frac{z}{\beta}}$$

П. П. Паренаго вывел формулу, выражающую полное поглощение света в зависимости от галактической широты и расстояния от Солнца:

$$A(r, b) = \frac{a_0 \beta}{\sin b} \left(1 - e^{-\frac{r \sin b}{\beta}} \right)$$

При этом были определены значения параметров, входящих в формулу: a_0 — поглощения на килопарсек строго в галактической плоскости (среднее значение $a_0 = 3.5$) и β — полутолщины однородного слоя с плотностью, равной плотности в галактическом экваторе ($\beta = 100$ пс). Величина a_0 оказалась изменяющейся для различных направлений в пределах 0.7 — 9.0 зв. величины. Величина же β оказалась постоянной. Наконец, была объяснена и количественно оценена ширина «зоны избежания» на основе той же формулы поглощения. Эта оценка оказалась совпадающей с фактически наблюдаемой Хабблом.

Далее Паренаго дал картину распределения величины a_0 на небесной сфере и разработал быстрый и удобный метод учета влияния поглощения света на фотометрические расстояния.

Поскольку была показана несостоятельность допущения роста поглощения пропорционально расстоянию и неприемлемость пользования средним значением коэффициента поглощения, теория П. П. Паренаго, основанная на приведенной формуле и предоставившая средство более на-

дежно учитывать влияние ослабления света при определении звездных расстояний, явилась значительным вкладом в звездную астрономию¹.

Ею широко пользуются с 1945 года в Советском Союзе в звездно-астрономических исследованиях; за рубежом теория Паренаго мало известна, повидимому вследствие того, что она была опубликована в военное время. Можно привести немало примеров, когда применение теории Паренаго резко улучшает решение той или иной задачи.

В качестве одного из таких примеров мы могли бы указать на цитированные уже исследования, проведенные в Энгельгардтовской астрономической обсерватории. Ш. Т. Хабибуллин [199] исследовал распределение звездных плотностей в высоких галактических широтах на основе анализа звездных подсчетов по работе [767]. По направлениям исследованных сечений, а также и по общей методике, результаты исследования сравнимы с результатами Оорта [732]. Можно констатировать совпадение результатов в общих чертах. Но этого нельзя сказать про направление на антицентр. Здесь ход изоплотностей по Хабибуллину резко отличается от кривой Оорта. Предпочтительно отдать результату Хабибуллина, т. к. Оорт, не считаясь с изменением поглощения с расстоянием, брал, собственно говоря, заведомо преувеличенные, максимальные их значения. Хабибуллин же исходил из формулы П. П. Паренаго и учитывал, следовательно, изменение поглощения с расстоянием. В результате получилась новая, но более надежная картина изолиний. Последние показали на некотором расстоянии от Солнца остановку падения плотности, вопреки результату Оорта о повышении звездной плотности в антицентральной направлении.

Весьма интересен и другой пример: благодаря учету межзвездного поглощения по методу Паренаго, К. А. Бархатовой [22] удалось надежно установить характеристики движения рассеянных скоплений и дать существенную критику данных Хэйфорда, Минера и Трэмплера.

Если в будущем представится возможность установления зависимо-

¹ Необходимость учитывать непропорциональное χ -координате падение плотности в галактическом поглощающем слое, была осознана рядом зарубежных астрономов. Это приводило к попыткам вводить в рассмотрение некоторые соотношения, дающие возможность вычислять эффективные длины пути луча в поглощающем слое (Вильямс [1011], Берман [357], Хантер и Мартин [571], Вилькенс [1006]. См. также [273]). Однако все эти попытки были мало успешны и никто из них не смог построить теорию, даже отдаленно сходную со столь последовательной и разработанной до весьма удобных форм применения для практических вычислений теории, как это сделал П. П. Паренаго. Недавняя же работа Ван-Райна [770] представляет собою запоздалый вывод формулы Паренаго. Значения же параметров формулы Ван-Райн вычисляет на основе материала, уступающего по полноте материалу Паренаго (см. критическое замечание Паренаго [139]).

сти, в которой, наряду с расстоянием от Солнца и галактической широтой, аргументом явится и галактическая долгота, то учет поглощения при определении фотометрических расстояний значительно улучшится, ибо формула, положенная в основу теории в данном виде не обеспечивает вполне удовлетворительного учета индивидуальности каждого галактического направления (Паренаго, [135]).

Пока нет возможности пользоваться единой формулой, где аргументами являются все три величины — γ , b , l , необходимо по крайней мере уточнить по наблюдениям величины a_0 и β для данного направления и выяснять их изменение с расстоянием.

Параметр a_0 (a , частично, и β) определен в Абастуманской обсерватории на основе избытков цвета большого количества звезд в 50-ти направлениях, совпадающих с Площадями Каптейна (1—45, 49, 64) и избранными участками Млечного Пути (М 34, М 35, Туманность Циррус). Вместе с тем, для тех же направлений проделано сравнение хода поглощения с расстоянием, получающегося по теории Паренаго, с ходом, представляющим наблюдения (подробнее см. в IV главе). Несколько раньше это проделал на другом материале Н. Ф. Флорья [196], изучивший избытки цвета общего поглощения с расстоянием для 140 направлений в Млечном Пути на основе литературных данных.

В качестве общего вывода можно признать хорошее согласие наблюдений с теорией в большинстве направлений, т. е. хорошее согласие характера изменения $A(r)$ с приведенной формулой Паренаго. Это говорит между прочим и за то, что закон распределения звездной плотности по \tilde{r} — координате справедливо положен в основу теории. Действительно, этот закон, открытый еще около 20 лет тому назад, находит подтверждение для весьма различных объектов. Естественно допустить его практическую применимость и к межзвездному веществу.

Впрочем, дальнейшее уточнение формулы учета поглощения, как на это указывает П. П. Паренаго, должно идти не только по пути введения аргумента долготы и улучшения по наблюдениям карты параметров a_0 и β , но и по пути уточнения закона изменения плотности с — координатой.

Отчасти и в этой связи следует определить плоскость галактической симметрии межзвездного вещества. Анализ нашего материала дал указание на асимметрию в распределении величин покраснения по отношению к галактическому экватору. В Абастуманской обсерватории это привело к попытке определить плоскость Галактики впервые по невидимой межзвездной материи, в отличие от светящихся объектов, которые до сих пор использовались для этой цели.

В заключение упомянем о полезной работе, проведенной В. С. Сафроновым [149] в Гос. астр. Институте им. Штернберга по вычислению поперечных множителей к величинам a_0 , зависящих от температур или спектральных классов звезд. Правда, множители оказались весьма близкими к единице (0,95 и 0,90 для визуальных и фотографических лучей, соответственно, для спектрального типа М), тем не менее данные Сафронова интересны принципиально и полезны при рафинированных исследованиях, где может потребоваться весьма точный учет поглощения.

§ 5. Темные облака. Поглощение на близких расстояниях от Солнца

Та среда, которая вызывает, главным образом, общее поглощение, в основном состоит, как сказано выше, из темных облаков (туманностей), представляющих собой дискретные скопления масс твердых частиц (космической пыли) и газа. Ввиду того, что темные облака (туманности) резко выделяются на общем звездном фоне Млечного Пути, они издавна привлекали к себе внимание астрономов. Они и поныне представляют собой предмет оживленного изучения. Еще со времен первых фотографий Барнарда участков Млечного Пути, обнаруживших сходство между очертаниями темных и светлых туманностей, становилось ясным, что темные области или, как их называли прежде, «угольные мешки» не являются действительными разрежениями звездной плотности, как это может представиться на первый взгляд, а — сгущениями несветящегося (темного) вещества, поглощающего свет находящихся за ним звезд и создающего тем самым видимый дефицит звезд.

Исследование отдельных темных туманностей началось на основании звездных подсчетов в них, и этот способ служил одним из основных средств изучения и до самого последнего времени. Так, например, известны обширные исследования темных туманностей, выполнявшиеся в тридцатых годах этого столетия астрономами Пулковской обсерватории. Мы имеем в виду работу В. В. Лавдовского [91], П. Ф. Шайн [231, 232], И. А. Балановского и В. Ф. Газе [18], М. Д. Берг [25], И. Н. Леман-Балановской [95], К. Т. Стояновой [152], В. И. Туранского [172] и др.

Первые, заслуживающие внимания работы, основанные на звездных подсчетах, констатировали наличие трех центров поглощения в области Тельца [442], а также и обширного потемнения в области Возничего-Тельца-Персея¹. При этом, в первых же работах не только представля-

¹ Широко распространенная область Возничего-Тельца-Персея подробно исследована многими авторами за рубежом ([799, 800, 807, 611, 612]) и в Пулкове ([95] и др.). Некоторыми авторами обнаружены здесь направления, где поглощение достигает 4-х зв. величин. Если облако имеет столь большое распространение в направлении, перпендикулярном к лучу зрения, как мы его

лись общие решения для расстояний и полного поглощения в темных туманностях, но и делались попытки определить массу поглощающего облака, исходя из рэлеевского рассеяния водородными газами [739, 740]. Правда, при этом получалось такое высокое значение массы (более 10 солнечных масс), которое не могло не оказать влияния на движения звезд внутри облака. Между тем, следы такого влияния наблюдениями не обнаруживались. Хотя эти первые результаты, вытекающие из несправедливо взятого за исходное рэлеевского рассеяния, были ошибочны, тем не менее попытки эти сыграли известную положительную роль. Они послужили указанием на то, что темные облака в значительной степени состоят из масс твердых пылевых частиц — толчком к работам, посвященным вычислениям плотностей и масс пылевых облаков. Эти вычисления впоследствии достигли заметного развития (1798, 802) и др.).

На звездных подсчетах основан графический метод Вольфа, впервые продемонстрированный на конкретных примерах самим автором метода в 1923, 1924 и 1926 гг. [1019, 1020, 1021, 1022]. Этот простой метод надолго оставался наиболее распространенным средством для определения расстояний и поглощений в темных туманностях. Метод Вольфа, быстро обретший популярность благодаря своей простоте, впоследствии был подвергнут серьезной критике. Те модификации, которые он испытал в руках Паниекука [739, 740], Палена [738] и других (см. напр. [689]), также не избавили его от критики, развитой советскими астрономами Р. В. Куницким [89, 90] и К. Ф. Огородниковым [122, 123]. Сомнения в применении метода вызывают, во-первых, неуверенность в выборе «нормальных» областей, не говоря о том, что и в правильно выбранных светлых областях остается не учтенным некоторое поглощение света, или даже в использовании «средних» кривых¹, построен-

непосредственно наблюдаем, то вполне естественно, что оно может далеко простираться и по лучу зрения, и такие большие значения поглощения вполне возможны. Кстати, в качестве работ, показывающих весьма большое поглощение (до 5 и 6 зв. величин), назовем работы [800], и [538] для южной части Млечного Пути. Приблизительно ко времени первых подобных работ относятся описания Хагеном облаков туманностей, находящихся за пределами Млечного Пути и наблюдаемых визуально ([507, 508, 509, 510, 511, 512, 513, 514]). Они не представляют собой особой ценности, и больше того, там, где автор пытается делать выводы, излагаются ошибочные взгляды. Кроме того, большинство из этих образований не обнаружено на современных фотографиях и, стало быть, они оказались иллюзорными. Можно только считать, что описание, в качестве опыта классификации и систематизации туманностей, обострили внимание к видимым структурным характеристикам звездной вселенной.

¹ Для иллюстрации того, насколько зависят результаты подсчетов по методу Вольфа от выбора «нормальной» области, т. е. от области сравнения, напомним, что Мюллер [713] получил для Угольного Мешка два весьма отличных значения поглощения: 1 зв. величины и — около нуля, при использовании в качестве области сравнения в одном случае «средней» для данной галактической зоны кривой и в другом — соседнего участка.

ных на основе гронингенских таблиц распределения звезд по видимым величинам, галактическим долготам и широтам [767], во-вторых — недостаточное количество звезд, особенно — ярких, в весьма темных областях; в-третьих — неточности, неизбежно влекомые осреднением чисел звезд для областей, имеющих сложную видимую структуру; далее, — ошибка шкалы величин и, наконец, — большая дисперсия абсолютных величин, влиянием которой в методе Вольфа вовсе пренебрегается. Нетрудно подсчитать, что если дисперсия функции светимостей равна приблизительно 0.5 зв. величины, то ошибки результатов по кривым Вольфа могут достигать 2-х зв. величин¹. Таким образом, приходится констатировать, что дисперсия функции светимости звезд делает определения протяженности и расстояния туманностей совершенно неуверенными.

Попытки строить кривые Вольфа для звезд данного спектрального класса, хоть и улучшают вычисления, но все же оставляют метод далеким от совершенства, ибо в таком случае, количество звезд становится меньше и осреднения приходится делать для больших площадок, что скрадывает различия в структурных деталях. Дисперсия же внутри данного спектрального класса остается заметной и для ранних звезд, которые не делятся на гиганты и карлики.

В цитированных работах Р. В. Кунцицкий показал полную ложность «вторых» туманностей, получаемых обычным анализом по методу Вольфа. К. Ф. Огородников показал, на основе исследования основного интегрального уравнения звездной статистики и математического анализа всего метода, ограниченную применимость метода Вольфа вообще, а в некоторых случаях и полную иллюзорность его результатов. Анализ уравнения Шварцшильда обнаружил, что в случае большой дисперсии абсолютных величин, что имеет место особенно при подсчетах звезд всех спектральных типов, вместе взятых, расхождение кривых Вольфа обусловлено характером функции распределения абсолютных величин, каковая для нас, собственно, остается неизвестной. Он разработал вместе с тем более совершенный способ определения расстояния и поглощения в темных туманностях. Один из практических выводов его работ заключается в том, что толщины темных туманностей получаются применением метода Вольфа преувеличенными, расстояния же — преуменьшенными. Это надо иметь в виду при пользовании соответствующими данными о туманностях, полученными применением способа Вольфа (см. также К. Ф. Огородников и О. В. Добровольский [126] и Добровольский [67]). Огородников не ограничился критикой метода Вольфа, а разработал вместе с тем по существу новый способ, учитывающий дисперсию абсолютных величин.

¹ Подобные расчеты делались Мальмквистом [652].

звезд. Применение этого способа дало возможность Огородникову и Добровольскому внести существенные исправления в расчеты расстояний и поглощения в ряде туманностей, принадлежащие Вольфу [1021], Мюллеру [710, 712], Унсольту [972] и другим авторам ([135], стр. 95). В качестве одного из примеров отметим, что значения расстояния и поглощения, равные 150 пс и 1.0 зв. величине для туманности «Угольный мешок» в Южном Кресте, по Унсольту, были заменены в результате пересчета по способу Огородникова значениями 230 пс и 0.4 зв. величины.

Модификация Паннекука основана на применении аналитических выражений функции светимости и функции плотности. Но эти выражения мало отвечают действительности. Впрочем, Паннекук сам иллюстрировал примерами как трудно, а подчас и невозможно, вывести надежные данные особенно там, где поглощение меняется в интенсивности на небольшой поверхности неба [742]¹.

Но метод Паннекука дал основу для численных способов Бока [362, 364] и Мальмквиста [652, 653, 654], аналитического способа Шалена и др. Исследования Мальмквиста дали хорошее подтверждение справедливости критики и способа Огородникова, хотя анализ, приведенный самим Мальмквистом, несколько формален и далек от той общности, какова в способе Огородникова. Разработанные Боком численные вычисления нашли плодотворное применение к индивидуальным туманностям.

Метод Вольфа и все его модификации², широко применявшиеся в тридцатых годах³, в последнее время, особенно после критики, разви-

¹ Одним из ограничений в методе Паннекука является рассмотрение поглощающего облака как поглощающей ширмы («Absorbing Screen»). Шален модифицировал это допущение для случая, когда облако имеет значительное протяжение по лучу зрения, рассматривая его как ряд последовательных ширм, расположенных одна за другой ([804] и др.). Дальнейшее развитие эта модификация получила у Вернберга, давшего формулы для случая протяженного облака с непрерывным поглощением [990]. (См. также [982].)

² Результаты вычисления поглощения сильно зависят от применяемого способа. Хорошей иллюстрацией к сказанному может послужить пример Клюбера, который получил для поглощения в одном и том же облаке два значения: 1 и 2½ зв. величины на килопарсек, применив два способа: Вольфа и Шалена [611, 612]. Другой пример: Шален, исследуя темную область в Возничем, констатировал наличие одного облака, расположенного по лучу зрения в интервале от 100 парсеков до 400 и поглощающего 1.9 зв. величины [807]. Мальмквист в том же направлении обнаружил два отдельных облака с различными поглощающими способностями [652]. Наконец, в области около Лебеда применение способа Вольфа указывает на два облака на расстояниях, соответствующих звездам 9 и 12-ой зв. величины. Пользуясь же способом Паннекука там же получено поглощение от одного облака, расположенного на расстоянии, соответствующем звездам 13.8 зв. величины [356].

³ Кроме цитированных уже работ, в этой области имеется большой ряд других исследований, которые базируются на звездных подсчетах. Сводка основ-

той советскими астрономами, уже почти не применяются. Но многочисленные работы и исследования, основанные на методе Вольфа и на аналитических и численных методах, разработанных благодаря осуществлению больших работ по звездным подсчетам [364], привели к накоплению многих, хотя и приближенных, данных относительно расстояний, размеров и поглощающей способности темных облаков. Плодотворной оказалась согласованная работа ряда обсерваторий: Пулковской, Гарвардской, Упсальской и других, предпринятая с целью систематического исследования темных туманностей по единому плану. Можно признать, что — если не брать в расчет ту часть Млечного Пути, которая требует для наблюдений обсерваторий, расположенных на крайнем Юге (т. е. часть галактического круга, имеющая около $240 - 320^\circ$ галактических долгот), — почти все видимые темные облака Млечного Пути исследованы и описаны. То-есть, мы имеем в виду, что для них приближенно определены расстояния, пространственные протяжения, массы и плотности.

На этой основе уже имеется возможность осуществить классификацию туманностей и сделать некоторые обобщающие выводы, что уже предпринимается в Абастумани. Но, конечно, мы пока еще далеки от решения задачи пространственного строения всей системы темных туманностей в целом.

В последнее время стали привлекать к себе внимание весьма малые, но плотные туманности, — так называемые глобулы [373, 368, 699 и др.]. Они ставятся в связь с проблемой происхождения звезд, т. е. рассматривается вопрос о возможном образовании звезд в отдельных сгущениях в межзвездной среде [888, 996 и др.]. Небольшие размеры, симметричная форма и весьма большая плотность глобул допускают рассмотрение глобул как некоторой эволюционной стадии, предшествующей образованию звезды. Надо, однако, заметить, что оценки поглощения в малых глобулах, осуществляемые путем сравнения поверхностных яркостей в них и в диффузных туманностях, весьма приближены. С другой стороны уверенность в больших плотностях глобул и может, главным образом, служить основой для указанной гипотезы. Так или иначе, глобулы и, особенно, те из них, которые имеют круглую форму, заслуживают внимательного изучения.

Статистические способы, развитые на основе метода Вольфа не удалось улучшить должным образом. Использование при анализах звездных подсчетов постоянной функции светимости способно дать лишь весьма грубое приближение к действительности.

Считали, кроме того, что если вести подсчеты одновременно в двух-ных данных, вытекающих из них, помещена в монографии Бекера [336]. Эти работы, опубликованные до 1937 года, помещены в нашем списке цитируемой литературы под №№ [613, 638, 972, 286, 711, 363, 281, 469, 18, 709, 25, 688, 921]. О более новых работах мы упоминаем в соответствующих местах.

лучах — фотографических и фотовизуальных — поглощение света звезд и пространственная звездная плотность могут надежно определяться. Такова была точка зрения, например, Сирса [839]. Однако, советский астроном Ш. Т. Хабибуллин [198] (Астрономическая обсерватория имени В. П. Энгельгардта) вскрыл ошибочность этого утверждения, показав, что известная теорема Зеелигера справедлива для подсчетов и в двух лучах. Это значит, что без знания поглощения и его изменения с расстоянием, только по подсчетам звезд хотя бы даже в двух лучах, невозможно вывести истинную плотность пространственного распределения звезд. Хабибуллин справедливо указывает на малый успех Мюллера и Хуфнагеля [708, 709], Вилькенса [1005] и Стоддарда [923], посвятивших работы анализу звездных подсчетов в двух лучах.

Можно пойти дальше и убедиться, что подсчеты и в трех лучах не дадут возможности обойти теорему Зеелигера, поскольку остается неизвестным аналитическое или численное выражение поглощения как функции от расстояния. Но тем не менее, Д. Я. Мартынов [107] указал на возможность учитывать поглощение света при определении звездных плотностей с помощью снимков в двух лучах.

Для этого нужно принять за исходное некоторую форму функциональной зависимости поглощения от расстояния. Основная формула известной теории П. П. Паренаго может служить удовлетворительным приближением к решению задачи. Вообще же необходимы индивидуальные определения целого ряда величин: видимых и абсолютных зв. величин, цветов, спектров и др. Понятно, что лишь после того, как в областях, изученных методом подсчетов, будут осуществлены также спектроскопические (классификация) и колориметрические определения, изучение темных туманностей может стать на более прочную основу и успешно развиваться.

Однако, здесь интересно упомянуть об одной работе Т. А. Агекяна (Ленинградский гос. университет), в которой показана и использована возможность получить коэффициент межзвездного поглощения из тех же звездных подсчетов, которые определяют функцию видимой плотности [1]. Это исследование без сомнения означает шаг вперед в области звездных подсчетов, служащих выяснению задач строения Галактики.

Имеются примеры, когда изучение распределения темных облаков основывалось на прямой фотометрии больших поверхностей вдоль Млечного Пути. Из них укажем на работу В. Г. Фесенкова [191], предпринятую с помощью светосильной и широкоугольной камеры. Работа подтвердила, что пояс темных туманностей очень сложного строения; он распадается на отдельные облака, часто накладывающиеся одно на другое, так что на один луч зрения приходится несколько темных облаков.

Большая работа Фесенкова [186] по определению звездных величин огромного количества звезд, содержащихся в северной части Млечного Пути, также представляет большой интерес. Она закончена графиками, которые легко выявляют темные туманности по падению числа звезд, и может служить основой будущим исследованиям. Фесенков дал, наконец, основы метода определения поглощения света звезд в темных облаках, заключающегося в разделении светимости ночного неба на его составляющие и в выделении яркости, которая образована только звездами и поглощающим веществом и независима от зодиакального света и других причин [184, 193].

Представляет большой интерес идея, предложенная недавно В. А. Амбарцумяном. По этой идее изучение поверхностных яркостей неба, обусловленных только яркостью звезд нашей Галактики (без участия яркостей ночного неба, зодиакального света, рассеянного света космической пыли и диффузных туманностей) может привести к ряду важных выводов о строении Галактики. Собственно говоря, это есть совершенно новый метод исследования, во всяком случае не менее целесообразный, чем звездные подсчеты. Он основан на том простом положении, что слой поглощающего вещества, имеющий клочковатое строение, не только ослабляет блеск звезд Млечного Пути, но и вызывает флуктуации в яркости Млечного Пути.

Амбарцумян [6, 7, 8, 10, 11] математически разработал теорию флуктуаций яркости Млечного Пути. Эта теория оказалась весьма плодотворной; на ее основе развиваются работы, в которых теория находит применение в расчетах, приводящих к количественным выводам о природе диффузных туманностей. Можно сказать, что это открыло еще одну новую возможность исследования характеристик диффузных туманностей. При этом наблюдательной основой служат оценки поверхностной яркости неба—материал, добываемый без особых трудностей¹.

Г. И. Русаков [147] (Ленинград), исходя из уравнений флуктуаций яркости Амбарцумяна, получил для поглощения одной туманностью величину 0.25; для среднего радиуса туманности — 5 пс и др. При этом, он показал хорошее согласие данных расчетов, основанных на решении уравнения флуктуаций, с данными наблюдений.

Исследование Русаковым проведено на данных Паннекука. Но в самое последнее время Д. А. Рожковский [146] (Алма-Ата) выполнил фотографическую фотометрию избранных участков Млечного Пути (антицентр, Лебедь, Кассиопея), составил фотометрические карты,

¹ Чандрасекар и Мюпх [402, 403], исходя из идеи Амбарцумяна, развили математическую теорию и вывели интересное уравнение, выражающее флуктуации яркости Млечного Пути, обусловленные вариациями чисел тонких облаков на пути луча зрения.

на которых даются средние яркости, выраженные в числе звезд 10-ой величины на кв. градус. Тщательности выполнения работы способствовало применение теории Фесенкова [191, 193], дающей количественную оценку трех составляющих общего свечения неба: ионосферной, галактической и зодиакальной, и возможность разделения наблюдаемого свечения неба на отдельные компоненты. Это — новый фотометрический метод изучения галактического поглощения. Фотографический материал накоплен в Алма-Ате в значительно большем объеме (весь, доступный наблюдениям Млечный Путь в зоне в $b = \pm 20^\circ$) и он может дать хорошую основу для применения теории флуктуаций с целью вывода независимых оценок параметров темных туманностей.

Хабибуллин [200] также применил метод Амбарцумяна и выполнил анализ флуктуаций чисел звезд до данной звездной величины в направлении галактического полюса. При этом числа звезд он представил формулой В а ш а к и д з е - О о р т а. В результате нашел среднюю оптическую толщину темных туманностей, равной 0.27 зв. величины¹.

Теория флуктуаций в видимом распределении звезд, в связи с космическим поглощением света звезд, развита самим В. А. Амбарцумяном до такой степени, что позволила ему вывести заключения о неслучайном распределении звезд типов О и В в пространстве, т. е. об их объединении в ассоциации. Этот вывод основан на том, что наблюдающиеся флуктуации превосходят теоретические значения, соответствующие случайному пространственному распределению звезд и пылевых облаков и средним размерам последних².

Но, первое уверенное количественное определение средней величины поглощения света в одной средней темной туманности принадлежит самому В. А. Амбарцумяну [5], еще в 1940 году опубликованному в изданиях Абастуманской обсерватории его значение. Оно было найдено по флуктуациям чисел внегалактических туманностей на один квадратный градус, исходя из распределения Пуассона, и оказалось равным 0.27. Повторение в 1947 г. оценки этой величины на материале подсчетов Шэпли внегалактических туманностей в южной части Млечного Пути привело Амбарцумяна [13] к несколько более низкому значению: 0.23.

В 1943 г. Б. В. Кукаркин [87] оценил его на основе анализа флуктуаций цветов внегалактических туманностей, шаровых скоплений и звезд типа В, находящихся на высоких галактических широтах и полу-

¹ По Шацману [817] покраснение в одном облаке равно 0.04 зв. вел. (по флуктуациям покраснения, показываемого материалом Стеббинса и Уйтфорда).

² Об изложенном исследовании автору известно из содержания доклада В. А. Амбарцумяна на научной сессии в Риге в июле 1950 г. (Астр. Журн. 27, № 5, 1950).

чил значение 0.34. П. П. Паренаго [132] подверг анализу дисперсию отдельных определений $A(r)$ и пришел к третьему значению: 0.27.

Данную величину определил и Б. Е. Маркарян [101, 99, 100]. При этом он дал подробный анализ подсчетов звезд и их суммарных яркостей (на основе наблюдений) и, установив возрастание флуктуаций чисел звезд и суммарных яркостей с убыванием галактической широты, объяснил это последнее явление клочковатостью распределения поглощающей материи. Маркарян обстоятельно разработал теорию флуктуаций чисел звезд, обусловленных клочковатостью строения поглощающей среды.

Надо признать, что усилиями советских астрономов, применивших надежные методы и материал исследования, уверенно установлено значение этой важной характеристики темных туманностей (в среднем 0.25). Определение Ван-Райна [770] означает, по существу, позднее и повторное вычисление данной величины (см. критическое замечание П. П. Паренаго [139]).

Как же объяснить то обстоятельство, что поглощение света в целом ряде темных туманностей достигает 2—3 зв. величины, а в отдельных случаях и превосходит это значение? Такие туманности являются, во-первых, наибольшими по размерам и обладающими наибольшей поглощательной способностью. Во-вторых, они являются как-бы составными из отдельных элементарных туманностей и их разделение на последние не легко может удасться, особенно при пользовании грубыми методами звездных подсчетов.

То же самое можно заметить и относительно линейных размеров туманностей. Те размеры больших туманностей, которые считаются установленными, в большинстве случаев выводились по способу звездных подсчетов, в частности — методом Вольфа, который, — как теперь, после критики советскими астрономами, известно, — приводит к ложно-большим значениям толщин темных облаков. Но, наряду с этим, следует считаться с такой вероятной картиной, по которой более мелкие облака некоторым образом объединяются в большие облака, которые, при применении известных методов или при использовании известного материала, выявляются легче. Отдельные же мелкие облака «сглаживаются». Такое «посистемное» строение межзвездных облаков не противоречит нашим взглядам на характер строения всей материальной Вселенной, которая, как показывают опыт и наблюдения, представляет некоторое множество систем последовательно возрастающего порядка структурного состава или сложности (см. главу IV).

Но, что касается размеров элементарных темных туманностей, П. П. Паренаго [132, 135] определил их средний радиус в 2.3 парсека. Позже Цедерblad [399] получил для среднего радиуса светлых ту-

манностей значение 18 пс^1 . Как справедливо отмечает П. П. Паренаго [139], сопоставление этих двух оценок дает подтверждение выводу, полученному еще в 1938 году в Абастуманской обсерватории, о некотором единстве светлых и темных туманностей [15].

В основу своих оценок Паренаго положил свою же теорию поглощения. При этом он оценил общее количество темных туманностей во всей Галактике (около 4.5×10^6) и массу одной средней темной туманности ($3.4 \times M_{\odot}$), чему соответствует средняя плотность средней темной туманности равная $3 \times 10^{-24} \text{ гр/см}^3$. Далее, была вычислена полная масса темной материи в Галактике, оказавшаяся равной 1.6×10^8 солнечных масс. Еще раньше — в 1940 году — масса темной материи была оценена академиком В. Г. Фесенковым [189], со значением которого почти совпадает оценка П. П. Паренаго, хотя оба автора пользовались совершенно различными методами.

Дифференцированные оценки масс в единицах объема, относящихся к разным галактическим широтам (что до сих пор не делалось) несколько понижают значение общей массы против того, что получено было последними авторами, как это показал анализ каталога цветовых показателей звезд, проведенный в Абастуманской обсерватории (подробнее см. в главе IV).

При будущих вычислениях масс межзвездного вещества необходимо считаться с фактом нейтрального поглощения, т. е. с наличием твердых частиц больших размеров. Как выяснено в исследованиях, проведенных в Абастуманской обсерватории, эта составляющая межзвездного вещества довольно значительна (М. А. В а ш а к и д з е, [40]).

Недавняя работа Е. Л. Рускол [148] (Гос. астр. Институт имени Штернберга) свидетельствует о появлении серьезного интереса к вопросу о форме и пространственной ориентировке темных туманностей. Этот интерес естественен и понятен. Он связан не только с теоретической задачей об устойчивости темной туманности под действием сил тяготения и светового давления и под влиянием галактического вращения и прочего, но и с развитием туманности в целом и ее взаимосвязи со звездами. Задача перехода от видимой формы темных туманностей к истинной форме и о пространственной ориентировке решена Е. Л. Рускол в значительной степени, хотя из более трех сотен объектов атласа Барнарда удалось исследовать только около семи десятков. Диффузность, клочковатость, соседство со светлыми туманностями явились ограничениями в решении этой задачи. Но важен результат, выражающийся в концентрировании в плоскости Галактики больших осей большинства темных туманностей и в преобладании вытянутых, а не сферических

¹ По Мак-Кри [661] средний радиус газового облака равен приблизительно 3.8 пс.

темных туманностей. Этот результат автором толкуется как подтверждение участия темных туманностей в галактическом вращении.

Таким образом, мы видели, что наши знания о природе и количественных характеристиках темных туманностей достигли довольно высокого уровня, благодаря исследованиям советских астрономов. Во-первых, они внесли существенные улучшения в методы, применяемые для изучения темных облаков. Во-вторых, они придали последним новое значение, пролившее новый свет на природу галактического поглощения (см. ниже). В-третьих, в Советском Союзе были разработаны теория поглощения и удобный способ учета влияния поглощения света на определение фотометрических расстояний. Наконец, — были установлены физические характеристики темных туманностей.

Упомянутые в этом параграфе исследования и ряд других работ выявили некоторые направления, где космическое поглощение света сказывается уже на весьма близких расстояниях, т. е., где темное облако расположено очень близко от Солнца. В связи с тем, что звездно-статистический анализ плотностей в этих направлениях требует учета поглощения, начиная уже с самых ярких звезд, направления, где поглощение близко, представляют особый интерес. По Стеббинсу Солнце погружено в относительно однородное облако космического вещества, толщиной около 500 парсеков, характеризующее избирательным поглощением в 0.1 зв. величины и фотографическим — около 1.0 зв. величины [908]. С другой стороны, Бекер допускал наличие двух относительно узких ветвей темной материи, вытянутых около Солнца.

В общем надо признать, что мы погружены в обширное космическое облако, простирающееся через солнечную систему от созвездия Тельца к созвездию Скорпиона. Подробная структура облака поглощающего вещества, которое несомненно присутствует вблизи Солнца, пока еще является объектом исследований¹.

¹ В связи с изложенным целесообразно дать перечень работ, характеризующих направления близких поглощений.

Еще в 1928—1935 гг. Шален в нескольких работах показал, что в некоторых направлениях в области Лебедя и Щита заметное поглощение сказывается уже с расстояний в 100 и 70 парсеков [793, 799, 801]. В отношении Лебедя, впрочем, в таком смысле высказывался еще Вольф в работе 1924 года [1021]. Бекер обнаружил избирательное поглощение на сравнительно малых расстояниях по фотоэлектрическим эквивалентам цвета 738 звезд [327]. Это нашло подтверждение в работе [380]. Направления с близким поглощением были открыты между тем и подтверждены в Возничем [611, 793, 799, 800, 807, 482, 527] и в Угльном Мешке [972, 738, 713, 763]. В последнее время близкое поглощение констатировано и в южной части Млечного Пути [965]. Но, наибольший интерес привлекают к себе два противоположных направления: $l = 330^\circ$ в Змееносце и $l = 150^\circ$ в Тельце. Здесь, в этих направлениях не встречаются внегалактические туманности, а звездные подсчеты или колориметрические определения указывают на большое общее фотографическое и избирательное поглощение на расстояниях от 50 до 150 парсеков [864, 740, 793, 799, 710, 712, 708, 611, 612, 231, 412, 980, 990, 652, 662,

Но, интересно, что такая близость облака космической пыли вновь оживила мысль, что кометы и метеоры, особенно те, которые имеют гиперболические скорости, происходят от него [719, 412, 546]. Эту идею развивал В. Г. Фесенков, связывающий с близкими к Солнцу туманностями потоки метеоров, движущихся по отношению к Солнцу с гиперболическими скоростями. Фесенков допускал, что потоки космических частиц, движущихся в Галактике в параллельных направлениях с постоянной скоростью, отклоняются от первоначального пути и устремляются в соседние с Землей пространства, благодаря притяжению Солнца [185, 192]. Значение подобных идей в том, что они способствовали постановке и решению ряда практических задач о плотности, массе, составе и движениях в космической поглощающей среде, на основе допущения подобия между неизвестными нам частичками космической пыли, с одной стороны, и метеорами, характеристики которых доставляются прямыми наблюдениями, с другой.

В своей важной монографии 1947 года [194] В. Г. Фесенков подвел итоги многолетним исследованиям метеорной материи в межпланетном пространстве и дал полное освещение этой проблемы, существенно изменив однако первоначальную идею о непосредственной связи метеоров с облаками галактической пыли.

Выше мы указали, что понятие «коэффициент поглощения» (здесь мы имеем в виду поглощение на 1 км; точное определение коэффициента поглощения см. в курсе П. П. Паренаго [134], стр. 237, 238) лишь относительно и им можно пользоваться с оговорками. В параграфе о неоднородности поглощающей среды это утверждение получит дальнейшее обоснование. Кроме того, если учесть, что поглощающая среда обладает падением плотности по мере удаления от галактического

663, 664]. Облака в Тельце и Змееносце представляют собой, вместе с тем, два примера значительного поглощения на умеренных широтах. Несколько других хотя и менее плотных и менее обширных поглощающих облаков на умеренных широтах фиксировали Лундмарк [641] и Мелот [673], изучавшие распределение темных облаков по картам Франклин-Адамс. Дюфей и Смукович, допустив равномерное распределение звезд между двумя плоскостями, параллельными галактическому экватору, и постоянное значение коэффициента поглощения в этом слое, получили аналитическое выражение для яркости, производимой звездами и рассмотрели ее зависимость от галактической широты. В результате они пришли к выводу, что поглощение в своей большей части происходит в близких окрестностях Солнца [429]. Обстоятельно исследована область Гиад Хольмбергом [548].

Совсем недавно в работе [824] показано, что допущение вытянутого темного облака от Тельца—через Солнце—к Офиуху может объяснить, как качественно, так и количественно, установленную еще в 1926 году в работе [405] закономерность падения абсолютной яркости звезд типа В с уменьшением видимой зв. величины.

Здесь же отметим работу П. Н. Калигина [76], как попытку показать наличие близких локальных стущений космической пыли на основе актиметрических наблюдений.

эквиатора, то определения коэффициента поглощения по объектам, расположенным на разных галактических широтах, тем более лишены смысла. Тем не менее, коэффициент поглощения служит основным индексом интенсивности поглощения и его используют для характеристики последнего в тех или иных направлениях или областях неба. Понятно, что многочисленные работы, посвященные поглощению, почти всегда ставили своей первоочередной задачей определение коэффициента поглощения, а зачастую и ограничивались только этой задачей.

В нижеприведенной таблице I мы собрали большинство из значений коэффициента общего поглощения, определенных как в весьма ранние годы — в начале текущего столетия, так и в более поздние, вплоть до нынешних. При этом, в таблицу мы не включили те величины, которые заведомо считались применимыми лишь для конкретных и ограниченных участков неба. Следовательно, таблица содержит лишь те значения, которые авторы считали характеризующими все галактическое пространство или, во всяком случае, большие области неба. Мы избегали также таких значений коэффициента поглощения, которые определялись по весьма близким объектам, т. к. в таких случаях коэффициент также не мог быть надежно определен. Но мы могли бы здесь же заметить, что вполне назревает возможность и нужда в составлении галактической карты, которая содержала бы возможно полные данные, характеризующие поглощение в отдельных точках.

Таблица I

Величина поглощения на 1 квс	Автор	Год опубликования	Работа	Используемый материал или метод. Примечания
1	2	3	4	5
~ 2 зв. вел.	Струве	1847	[153]	Число звезд разных величин.
> 2	Компсток	1904	[411]	Собственные движения звезд.
1.6	Каптейн	1904	[589]	Числа звезд разных величин и средние параллаксы.
0.3	Зеелигер	1909, 1911	[858] [859]	Пространственное распределение звезд.
3	Хальм	1917	[522]	Величины, расстояния и собств. движения звезд
0.5	Шален	1929, 1931	[794] [797]	Плотности пространств. распределения звезд
0.67	Трэмплер	1930	[968]	Открытые скопления
0.7	Боттингер, Шнейлер	1930	[379]	Цефеиды, расстояния от галактической плоскости
0.4	Бок	1932	[362]	Звездные подсчеты; теорет. и статист. дискуссия

1	2	3	4	5
0.44	Бриль	1932	[380]	Сравнение геометрических и фото- метрических расстояний звезд типа В в визуальных лучах
0.85 1.0	Джой Вильямс	1933 1934	[577] [1011]	Цефеиды, галактическое вращение Слабые звезды на весьма малых галакт. широтах
0.93	Шален	1936	[802]	Раннее полученное значение [797], исправленное за счет приведения к 4400 Å
1.06 0.5	Ван-Райн " "	1936 "	[768] "	Цефеиды, галактическое вращение Сравнение геометрических и фото- метрических расстояний звезд-гиган- тов F и M и др. в визуальных лучах
2-3	Ван-де-Камп Высоцкий	1935. 1937	[587] [588]	Собственные движения и видимые яркости 18.000 звезд в визуальных лучах
0.55	Берман	1936, 1937	[357] [358]	Бальмеров декремент в спектрах планетарных туманностей
0.85 1.04 1.0	Кукаркин Мельников Амбарцумян, Горде- лалас	1937 1937 1938	[84] [109] [15]	Цефеиды Спектрофотометрия По темным туманностям
1.0 1.2	Бок Эйгенсон	1939 1939	[365] [249]	Звездные подсчеты Внегалактические туманности
0.85 (1.50) 1.1	Джой Стеббинс и его сотруд- ники	1939 1940	[578] [907]	Цефеиды, галактическое враще- ние Фотоэлектрические цвета звезд типа В.
0.70 0.65	Трэмплер Вильсон	1940 1940	[970] [1015]	Открытые скопления Галактическое вращение по ради- альным скоростям звезд O и B, Це- феид, звезд с характеристикой «с» и межзвездного газа
2.0	Кукаркин	1940	[85]	Цветовые эквиваленты 2073 звезд (измеренных фотографически)
3.4	Паренаго	1940	[131]	Для направлений, совпадающих с плоскостью Галактики
1.0	Сейферт и Поппер	1941	[863]	Слабые звезды типа В
0.35 0.50	Вернберг	1941	[991]	Простр. распределение 3100 звезд до 10.5 зв. величины в Цефее.

1	2	3	4	5
1.0	Хилл	1942	[541]	Фотограф. величины около 32.000 звезд. Анализ величин и цветов звезд. Избытки цвета звезд типа В. Результаты сильно зависят от принятого допущения, что ср. параллакс звезд равен 0." 001
0.92	Лязгло	1942	[626]	Цефеиды; рад. скорости; галактич. вращение. Для направлений к центру Галактики
1.36	Камм	1944	[393]	
0.52	"	"	"	Для прочих направлений
3.5	Паренаго	1945	[132]	Критическая сводка. Относится строго к галактической плоскости, при толщине однородного слоя в 200 пс.
3.2	Вилькеис	1945	[1006]	Относится к галактической плоскости
1.05	Мак-Лалэн	1945	[671]	Известные данные о шаровых скоплениях и др.
0.77	" "	"	"	Для относительно «светлых» направлений
1.0	Мельников	1945	[111]	Звезды типа В; Цефеиды
1.2			[112]	
0.82			[11]	
3.3	Флора	1947	[196]	Относится строго к галактической плоскости
1.3	Дейч	1947	[63]	Собственные движения звезд
1.0	Вашакидзе	1949	[38]	Показатели цвета внегалактических туманностей и цефеид
2.05	Бадалян	1949	[17]	Показатели цвета цефеид
1.6	Агемян	1949	[1]	Звездные подсчеты, определяющие функцию видимой плотности
1.1	Мельников	1950	[114]	Среднее из ряда данных, а также галактическое вращение, собственные движения, — координаты цефеид

§ 6. Избирательное поглощение

Результаты цитированных нами первых работ, выразившиеся в установлении различий в относительных интенсивностях фиолетовой части спектра ряда звезд или показавшие покраснение или увеличение цветовых показателей звезд с увеличением расстояний, могли быть интерпретированы как явление избирательности поглощения.

света звезд в межзвездном пространстве. Наблюдения неоднократно обнаруживали, что ранние звезды, отдаленные от нас, значительно краснее, чем более близкие к нам звезды того же спектрального класса.

Около 1915 года, после работ, в которых к исследованию данного вопроса стал впервые привлекаться значительный для того времени материал [702, 575], зависимость покраснения (цвета) от расстояния звезд возбудила к себе всеобщий интерес. Указанная зависимость, став предметом оживленных исследований, находила себе подтверждение на все более и более разнообразных объектах. Наряду с этим появились работы, которые показывали покраснение звезд, заключенных в диффузных туманностях [845, 978, 979, 387]. В 1923 году Вольф поднял вопрос о возможном покраснении в темных туманностях, но, исследовав цвета 126 звезд в темной и светлой областях вблизи NGC 6960, не сумел обнаружить покраснения [1019]. Зато почти все без исключения последующие исследования темных туманностей показывают, наряду с общим поглощением и избирательное поглощение. Но аномальные цвета, т. е. увеличенные цветовые показатели звезд открывались и в областях, свободных от видимых светлых или темных туманностей¹. Наконец, было обнаружено покраснение по фотоэлектрическим цветам нескольких сотен звезд, при этом на относительно малых расстояниях — менее 700 парсеков [327, 328, 334].

Но заслуживает особого упоминания тот факт, что еще до цитированных здесь работ в ряде исследований, опубликованных еще в 1927—1929 годы, В. Г. Фесенков [176, 177, 178] в СССР обнаружил, что цвета звезд систематически возрастают с приближением к Млечному Пути. При этом, эффект особенно отчетливо выступает для звезд ранних спектральных классов. Указанные исследования Фесенкова и вместе с ними и его же работа по определению относительных градиентов 24 звезд ранних спектральных типов в фиолетовой области спектра [179], в которой на наблюдательном материале Г. А. Шайна в Симеизе было показано отклонение распределения энергии в фиолетовом участке спектра от планковского, означали, по существу, открытие избирательного поглощения в Галактике. Но, изложенные выводы Фесенкова не были в то время должным образом оценены в отношении их толкования в связи с рассеянием света в межзвездном пространстве.

Работы Трэмплера показали, что в наиболее далеких открытых галактических скоплениях имеет место расхождение между цветовы-

¹ Сирс с сотрудниками указывали на звезды с аномальными цветами в Площади Каптейна № 40 [846], а позднее также и в других Площадах [841]. Другие авторы выявили цветовые избытки звезд типа В и А, расположенных около галактической плоскости [583], а затем и явно выраженную корреляцию между цветовым избытком и расстоянием звезд в NGC 663 [795, 797]. Звездная куча NGC 663 послужила объектом и для ряда других работ [282] и др.

ми показателями и спектральными классами [966]. Вслед за этим появились многие работы, толкующие этот же вопрос на основе различного материала, с привлечением разных способов исследования.

Не все из них имели одинаковую силу убеждения или одинаковую значимость, но общим и бесспорным выводом было наличие избирательности галактического поглощения света звезд. Этот вывод находил в дальнейшем подтверждение в работах, основанных на визуальных, фотографических и фотоэлектрических определениях цветов звезд ранних и поздних классов, ярких и слабых, или на определениях цветов шаровых куч и внегалактических туманностей и наконец, что было весьма важно, — на измерениях спектрофотометрических градиентов [967, 179]. Результаты этих работ не оставляли сомнения в том, что цвета звезд, с переходом к слабым, статистически возрастали, т. е. звезды становились краснее, с увеличением расстояния, а звездные шаровые кучи оказались тем краснее, чем ближе они расположены к галактическому поясу¹.

В Советском Союзе Г. А. Шайн [220] открыл в 1934 г. явление избирательного пространственного поглощения по декременту водородной серии Бальмера в спектрах планетарных туманностей². Это было весьма оригинальное исследование. Г. А. Шайн обратил внимание на то, что в ряде туманностей декремент оказывается круче, чем это соответствует теории каскадных переходов электронов после рекомбинации водородных ионов. Сгруппировав туманности по признаку галактических широт и исходя из известных средних параллаксов и некоторой величины избирательного поглощения, Шайн объяснил последним упомянутое явление.

К ранним работам Шайна относится и подробное исследование значительно «окрашенных» небулярных звезд [221]. (См. также работу Сирса и Хаббла [845]).

Затем, в 1937 г. Б. В. Кукаркин [84] выполнил обстоятельное — по тому времени — исследование избирательного поглощения на

¹ Можно привести большой перечень работ. Слокум показала увеличение цветового избытка по мере перехода от звезд типа F к звездам типа A, что означало рост поглощения с расстоянием [882]. (См. также [430, 431, 432]). Эльви обнаружил покраснение по звездам ранних спектральных классов [447], а позже, по фотоэлектрическим цветам ранних звезд, установил связь с областями темных облаков [448]. (См. также [837, 470, 962, 1001, 1010, 1011, 732, 800, 517, 920]). Но лишь немногие из них сохранили поныне значение. Дальше, чем другие, хотя и позже по времени, пошел в смысле проникновения до слабых (далеких) звезд Смит [885], который, констатируя увеличение цветового избытка с увеличением расстояния, обнаружил при этом, что увеличение не столь резко выражено на больших галактических широтах.

² Лишь двумя годами позже Берман [357] за границей пришел к тому же выводу о влиянии межзвездного поглощения на декремент.

основе анализа каталога цветов 1207 звезд. Он обнаружил увеличение цвета звезд с уменьшением галактической широты¹.

К этому времени относится опубликование Г. А. Тиховым [170] результатов многолетних работ по применению оригинального метода продольного спектрографа, а также и каталога цветов звезд в Площадах Каптейна.

Наконец, в 1939 году, Г. А. Шайн и П. П. Добронравин [230] (см. также [69]), в результате фотографирования отдельных участков Млечного Пути с помощью светосильного двухпризмового спектрографа, изучили распределение энергии в спектрах и сделали заключение о наличии избирательного поглощения в отдельных участках Млечного Пути, при этом, — разной величины для разных участков.

Возвращаясь к вышеприведенному результату Б. В. Кукаркина, можно вспомнить, что Паркхэрст также заметил увеличение показателей цвета звезд с переходом к низким галактическим широтам, но, не располагая данными спектральной классификации, интерпретировал это явление как результат большей концентрации слабых звезд позднего типа ближе к галактической плоскости ([1748], посмертное издание). Этот вывод не верен, но по тому времени, когда данных о распределении звезд по спектральным типам было так мало, к нему можно было легко склониться. Вообще же, нельзя не признать, что в подобных исследованиях вопрос о процентном распределении гигантов и карликов на различных широтах и в различных удалениях от Солнца требует осторожного и внимательного изучения. Незнание вида функции светимостей, действительного падения плотности звезд разных классов, осложняет исследование особенно в тех случаях, когда отсутствует при этом спектральная классификация. Это обстоятельство, можно сказать, являлось тормозящим фактором в утверждении концепции избирательности межзвездного поглощения. Тем более, что в тот период публиковались и такие работы, в которых не было свидетельства корреляции между цветовыми показателями и расстояниями².

Естественно, что наблюдаемое покраснение звезд или других объектов не всегда бывало безусловно интерпретировано как эффект межзвездного расстояния. Действительно, оно еще могло и не означать изби-

¹ Двумя годами позже А. Н. Высотский и Вильямс показали на цветах 15-ти шаровых куч увеличение межзвездного покраснения с уменьшением галактической широты [977].

² Эддингтон, в одной из публичных лекций, прямо высказался против возможности ощутимого эффекта покраснения, исходя из теоретических рассуждений [444]. Даже еще в 1936 году находились зарубежные авторы, отрицающие избирательное поглощение. Например, — Ф. Бекер, который не мог найти покраснения на Боннском спектрофотометрическом материале [325], что впрочем неудивительно, т. к. этот материал относится исключительно к ярким звездам.

рательности межзвездного поглощения. На самом деле, покраснение ранних звезд может вызываться двумя факторами: 1) рассеянием света и 2) поглощением водородными линиями в фиолетовой части спектра самой звезды. Независимо от этого остается в силе и третий фактор, упомянутый выше и заключающийся в том, что если переходить к звездам более слабым и отдаленным и охватывать рассмотрением все большее их количество, то звезды в своей массе будут в среднем краснее, вследствие преобладания среди них абсолютно более ярких звезд типа G и K. Что касается второго фактора и вообще, возможностей объяснения видимого покраснения звезды свойствами, присущими самой звезде, то на них бывали неоднократные указания (см. например, работы [50, 51] и др.). Некоторые авторы толковали замечаемые покраснения ряда звезд типа В наличием среди них в большом количестве сверхгигантов с характеристикой «с» [537].

Однако, дальнейшими, более обширными колориметрическими исследованиями удалось отделить эффект покраснения с расстоянием от эффекта абсолютной величины. Целый ряд независимых друг от друга доказательств делали все более бесспорным наличие пространственного (межзвездного) покраснения звезд и других объектов¹.

Прекрасным средством обнаружения и исследования избирательного поглощения оказались фотоэлектрические эквиваленты цвета. В этой области важное место занимают среди других работ многолетние измерения цвета звезд типа В, шаровых звездных куч и внегалактических туманностей, сделанные Стеббинсом и его сотрудниками [901, 903, 904, 909, 910, 911, 905, 906, 907, 908, 912]. Эти измерения подтвердили увеличение покраснения звезд с расстоянием и с приближением к галактическому экватору и, можно сказать, вторично оконтурили «зону избегания» фиксированием на небе «красных» шаровых скоплений. К 1940 году этими измерениями было выяснено, что фотоэлектрические цветовые эквиваленты, соответствующие длинам волн 4260 и 4770 Å, возрастают на 0.17 на 1 кпс. Впрочем, колебания этого прироста, вызываемые иррегулярностью пространственного покраснения значительны: от 0.09 до 0.22 и более. В итоге был получен вывод общего характера, заключающийся в том, что причиной покраснения звезд около галакти-

¹ Вильямс удачно использовала первые электроколориметрические определения Боттлингера [377], а также фотоэлектрические цвета Эльвига [447] и получила возможность утверждать, что наблюдаемое покраснение не является эффектом абсолютной величины, а происходит именно в межзвездном пространстве [1010, 1011]. На основе исследования цветовых избытков в тесно расположенных двойных звездах, Бекер пришел к выводу о межзвездной, главным образом, причине покраснения [339]. Другие доказательства и заключения о межзвездной причине покраснения доставляли упомянутые уже работы, а также и исследования, основанные на прецизионных электроколориметрических измерениях и показавшие закономерное покраснение звезд, шаровых куч и внегалактических туманностей.

ического круга является то же межзвездное вещество, которое создает «зону избегания», а также и отдельные темные облака на фоне Млечного Пути (см. также работу [841], где Сирс показал связь цветовых избытков звезд с числом внегалактических туманностей).

Успехи, которых достиг в Абастуманской астрофизической обсерватории В. Б. Никонов [120] в области электроколориметрии, тщательность и точность его измерений, превзошедшие аналогичные зарубежные определения, наконец, работа, осуществленная в Абастумани Никоновым, по построению прецизионного Каталога фотоэлектрических цветовых эквивалентов 1000 звезд типа В8—В8, дают основание полагать, что исследование избирательного галактического поглощения методами электроколориметрии доставит нам в ближайшем будущем немало новых интересных и важных результатов.

В. Б. Никонов сумел осуществить исключительно тщательный учет ослабления света в земной атмосфере. Это ставит построенный им каталог выше всех других, кстати, не малочисленных каталогов фотоэлектрических цветовых эквивалентов зарубежных наблюдателей ([516, 377, 447, 448, 328, 334, 356, 497, 904, 906] и др.). После работы Никонова стало ясно, что, во всяком случае, со стороны колориметрической, применение электрофотометрии сулит многое в том смысле, чтобы получать в будущем надежную оценку избирательного поглощения из индивидуального наблюдения звезды α , следовательно, — для данного направления и данной глубины. Это же будет иметь большую ценность для возможно полного изучения проблемы.

В Абастуманской обсерватории заканчиваются, вместе с тем, электроколориметрические измерения цвета около 200 звезд с характеристикой «с» в тех же целях изучения избирательного поглощения в Галактике.

В Советском Союзе избирательное поглощение было констатировано и величина его определялась и на основании измерений и сравнений цветовых показателей звезд в светлых и темных областях Млечного Пути. Много результатов в этой области принадлежат пулковским астрономам (М. Д. Берг [25], И. А. Балановский и В. Ф. Газе [18], К. Т. Стоянова [152], И. Н. Леман-Балановская [195] и др.)¹. Особо отметим здесь работы П. Ф. Шайн [232, 233], значение которых в том, что они, выявив значительное избирательное поглощение в области известного большого раздвоения Млечного Пути, окончательно подтвердили идею об его поглощательном характере. Подтверждения отдельным частным выводам П. Ф. Шайн мы находим в недавней работе Уэвера [988].

¹ Из зарубежных следует упомянуть работы: [779, 795, 799, 921, 725].

Поскольку избирательное поглощение влияет на видимое пространственное распределение звезд по спектральным типам, можно найти и способ изучения поглощения, если исходить из данных о спектральном распределении звезд. В качестве примера такого исследования можно назвать работу М. А. Вашакидзе [36], выполненную в Абастуманской обсерватории. Однако, работам такого рода много усилий посвятили шведские астрономы [974, 981, 793, 655] и другие [386, 273, 864]. В некоторых из этих работ было осуществлено деление неба на яркие и темные области и признано в них различие в покраснениях света звезд еще до того, пока были произведены непосредственные определения показателей цвета.

М. С. Эйгенсон [243] прибег к внегалактическим туманностям для вычисления галактического избирательного поглощения. В наши годы немало работ посвящается исследованию как общего, так и избирательного поглощения во внешних галактиках (см. напр., [549]). Результаты этих исследований находят обычно применение по аналогии или иным образом, для изучения галактического поглощения.

Внегалактические туманности послужили материалом и М. А. Вашакидзе [34, 35, 37, 38], закончившему еще в 1948 г. составление каталога фотографических показателей цвета более 500 внегалактических туманностей, из содержащихся в работе [872]. Недостатком такого материала следует считать отсутствие данных объектов в зоне избегания, т. е. — в наиболее интересной, с точки зрения поглощения, полосе Млечного Пути. Но, Вашакидзе дополнил свой материал определениями показателей цвета более 125-ти долгопериодических цефеид, которые характеризуются, наоборот, концентрацией около галактического круга. Таким образом, он получил заслуживающий внимания материал, анализ которого дал ему возможность сделать оценки ряда величин, характеризующих галактическое избирательное поглощение. Определения цвета долгопериодических цефеид выполнены, вместе с тем, хотя и в меньшем количестве, астрономом Бюраканской обсерватории Г. С. Бадалянном [17].

Надо однако заметить, что общим слабым местом обоих исследований является трудность вывода нормальных цветов цефеид. Ее ни в коем случае нельзя считать преодоленной применением решения известного уравнения, куда входят показатель цвета, спектр и поглощение, — по способу наименьших квадратов. Тем же страдает и работа В. П. Федоровича [174]. В Абастуманской обсерватории [88] была практически показана непригодность этого метода.

В 1937 году Эльви и Роч [449] наблюдали избыточное излучение из межзвездного пространства или, как они называли это — «галактическое освещение». Это было объяснено ими как эффект рассеяния

света звезд межзвездными частицами. Хорошее подтверждение ему нашлось бы в том, если бы удалось констатировать, что показатель цвета «галактического освещения» меньше, чем средний показатель цвета большинства звезд. Рудник [782] сделала такую попытку определения показателя цвета ночного неба. Но к ее результатам нельзя отнестись с доверием. Подобный случай требует весьма деликатного выполнения измерений и вычислений, в которых результаты должны быть освобождены от влияния других факторов, накладывающихся на «галактическое освещение». Именно это влияние и не учтено в опыте Рудник.

Наконец заметим, что более новые исследования цвета звезд в диффузных туманностях, подтвердили факт рассеяния света частичками туманностей (см. напр., [940]).

Перечисленные нами работы характеризуют, — хотя и не с совершенной полнотой, — исследования избирательного поглощения, преимущественно, в период тридцатых годов. Здесь были упомянуты наиболее важные работы, большинство из которых опирается на метод определения показателей цвета или цветовых эквивалентов различных небесных объектов, вычисления цветовых избытков и сопоставления последних с расстояниями. Эти работы привели к общим, согласным выводам о том, что покраснение растёт с расстоянием, при этом ранние звезды и, особенно, звезды В оказались прекрасными объектами для изучения корреляции между покраснением и расстоянием¹. Покраснение оказалось зависящим не только от расстояния, но и от галактической широты, увеличиваясь с уменьшением последней.

Работы, посвященные изучению избирательного поглощения, изобилуют определениями коэффициента избирательного поглощения. Те из значений последнего, которые даны авторами в качестве характеристики всей Галактики в целом, или во всяком случае, больших ее пространств, мы приводим в нижеследующей таблице II.

Целый ряд других определений коэффициента избирательного поглощения, не включенных в таблицу II, относится к отдельным темным или светлым областям Млечного Пути или к другим участкам неба. Их значения можно найти в цитированных выше работах. Все эти значения имеют очень большую дисперсию. Впрочем, последнее замечание можно отнести и к тем, которые выделены в таблицу и которые считаются зна-

¹ Не лишно интереса, что Бекер, исходя из установленной связи между избытками цвета и расстоянием, выводил абсолютные яркости звезд сВ и сА на основе наблюдаемых цветовых избытков последних, получив при этом для этих звезд $M = 4.80 \pm 0.15$ [340]. Несколько позже, пользуясь тем же методом, он получил для О-звезд $M = -3.52 \pm 0.13$ [341]. В работе Мартина [658] деление В-звезд на группы близких и далеких звезд, произведенное по собственным движениям и параллаксам, хорошо подтверждает результаты анализа их цветов и спектрофотометрических градиентов.

чениями, характеризующими всю Галактику. Дисперсия эта прежде всего вызвана неоднородностью материала. Даже после приведения к одной системе длин волн, дисперсия может оставаться значительной из-за разных расстояний, используемых при соответствующих вычислениях. Ведь разные авторы пользуются разными коэффициентами общего поглощения для исправления расстояний, при приведении наблюдаемого цветового избытка к одному килопарсеку. При этом, большинство авторов исходит из фотометрических расстояний и влияние редукиции безусловно сказывается на рассеяние значений коэффициента. Лишь немногие исходили из расстояний, вычисленных методом, независимым от поглощения—по радиальным скоростям — на основе теории галактического вращения [863].

Но, главной причиной дисперсии быть может служит та неравномерность и иррегулярность, которые характерны, очевидно, и для избирательно поглощающего вещества.

Таблица II

Велич. избир. поглощения на 1 кпс.	$\lambda\lambda$ в μ	Значения привед. к $\lambda\lambda$ 440, 550	Автор	Год опубл. близк. работы	Работа	Использованный материал или метод. Примечания
1	2	3	4	5	6	7
0.47 зв. вел.	—	—	Джонс	1914	[575]	Собствен. движ. и цвета звезд
0.36	430, 620	0.29	Трэмплер	1930	[968]	Открытые скопления
0.35	440, 550	0.35 ± 0.04 0.27 ± 0.13	Ван-ле-Камп	1930	[583]	Слабые звезды
			"	1932	[585]	В и А Яркие звезды В и А
0.19	390, 440	0.29 0.26 ± 0.06	Эман	1930	[725]	Слабые В-звезды
			Шален	1930	[795]	Цвета звезд в открытых скоплениях
0.34 ± 0.03			Слокум	1931	[882]	Звезды типа А и F Близко к интернациональным длинам волн
		0.30	Шален	1931	[797]	Цветовые избытки звезд в открытом скоплении NGC 663.
0.49			Эльви	1931	[447]	Фотоэлектрические цвета ранних звезд. Неуверенная система цветов
0.09	425, 475	0.18	Бекер	1932, 1933	[327] [328] [334]	Яркие звезды типа В
0.38	385, 510	0.25 ± 0.05	Вильямс	1932	[1010]	Яркие звезды типа В
0.49	385, 510	0.33	Глейсберг	1932	[458]	Яркие звезды типа В
0.28	426, 477	0.48	Стеббинс и др.	1933, 1934	[903] [904]	наблюдаемые Эльви [447] Электроколориметрия звезд типа В

1	2	3	4	5	6	7
0.34	385, 510	0.24	Вестгейт	1933	[993]	Фотоэлектрические избытки цветов звезд Ботлингера [377], Эльви [447, 448]. Интенсивность межзвездных кальциевых линий
		0.30 ±.03	Шин	1934	[221]	Цвета звезд, погруженных в диффузные туманности
0.50	440, 550	0.50 ±.04	Раймонд	1934	[757]	Величины и показатели цвета относительно ярких звезд. Расстояния до 500 парсеков
0.36	430, 620	0.24 ±.04	Цуг	1935	[1025]	Открытые скопления.
0.2			Смит	1937	[885]	Метод полу-фильтров в Орле для малых расстояний, — до 250 парсеков
1.4			"	"	"	Там-же, для больших расстояний — более 250 парсеков. Избытки цвета 386 звезд типа В ₀ —В ₅ . Для малых расстояний, до 100 парсеков
		0.30 >0.50	Мэтр Хартвиг	1939 1939	[648] [527]	Показатели цвета нескольких тысяч звезд. Относится к весьма темным облакам в Возничем
		0.15	Стеббинс и др.	1939, 1940	[905] [906]	Фотоэлектрические цвета 1332 звезд типа В.
		≈0.40	Хант и др.	1939	[567]	1860 звезд типа В ₈ —А ₅ до 8-й зв. величины
0.26	425, 477		Кукаркин	1940	[85]	Цветовые эквиваленты 2073 звезд (измеренных фотоэлектрически). Материал Ботлингера, Бекера, Стеббинса
0.30	370, 830		"	"	"	Эльви, Холла и других
		0.30	Сейферт и Поппер	1941	[863]	Слабые звезды типа В (от 9 до 11 зв. величин)
		0.2	Хил	1942	[541]	Анализ цветов и величин до 32.000 звезд.
		0.39	Паренаго	1945	[132]	Сводка
		"	"	1946	[134]	
		0.33	Флоря	1949	[196]	Среднее из ряда данных
		0.23	Мельников	1950	[114]	Среднее из ряда данных

Большинство из определений коэффициента избирательного поглощения основано на объектах, расположенных в направлениях, близких к плоскости Млечного Пути. Для малых галактических широт он имеет в среднем значение, близкое к 0.30 зв. величины в интернациональной системе длин волн. Коэффициент поглощения, определенный по данным,

относящимся к низким галактическим широтам, в значительной степени обусловлен поглотательными способностями отдельных локальных облаков. Для умеренных или высоких галактических широт коэффициент заметно меньше, очевидно по причине более редкой концентрации отдельных масс поглощающего вещества, а также и в силу неоднородной плотности поглощающего слоя. Вместе с тем, те определения среднего коэффициента поглощения, — (это в равной степени относится, как к избирательному, так и к общему поглощению), — которые базируются на изучении объектов большой галактической концентрации (например, очень ранние звезды; звезды, с характеристиками «с»; цефеиды; звездные скопления) уже не могут характеризовать все небо. Те же объекты, которые оказываются расположенными особенно далеко от Солнца, характеризуют очевидно исключительно «прозрачные» направления, пренебрегают влиянием локальных образований и также не отражают достаточно точно общую поглотательную способность галактического пространства. Наконец, значение коэффициента меняется и при данной широте, но в различных направлениях от нас, в силу неоднородного распределения в пространстве масс поглощающего вещества¹.

Следовательно, то что было сказано в этом смысле об общем поглощении, т. е. о среде, вызывающей общее поглощение, может быть повторено и по отношению к той части поглощающего вещества, которая обуславливает избирательное поглощение. В связи с этим приходится признать, что понятие коэффициента избирательного поглощения имеет относительный и ограниченный смысл и, во всяком случае, нельзя считать, что коэффициент, определенный по объектам какого-либо преимущественного направления, может быть применен для всех направлений неба. Неосторожным применением одного среднего значения коэффициента поглощения, в некоторых случаях, вместо исправления можно легко ухудшить результаты. Известно, например, к каким серьезным погрешностям ведет применение одного среднего значения коэффициента поглощения при определении постоянной Орта дифференциального галактического вращения, основанное на использовании фотометрических расстояний [1015]. Вместе с тем весьма рискованно применять к направлениям высоких галактических широт значения коэффициента поглощения, определенные по объектам, расположенным на низких широтах.

¹ По Бекеру [333] значения коэффициента избирательного поглощения меняются в весьма больших пределах даже в самом Млечном пути, где они варьируют между 0.05 и 0.59 зв. величины на 1 кпс. По Стеббинсу [906, 907, 908] в пределах пространства с радиусом в 2 кпс вокруг Солнца влияние межзвездного вещества, особенно около галактической плоскости, столь неравномерно, что поглощение не может быть представлено средним коэффициентом.

§ 7. Неравномерность поглощения. Связь между общим поглощением и избирательным поглощением. Поглощающая среда пылевых частиц и межзвездный газ

Многочисленные исследования, выполненные за последние два десятилетия лет, доставляли нам много примеров разнообразия и сложности структуры отдельных темных облаков, неоднородности поглощения даже на сравнительно небольших поверхностях неба и различий в покраснениях одинаково удаленных звезд, находящихся в близких между собой направлениях. В качестве примера можно назвать созвездие Тельца, где мы имеем обширное поглощающее облако, которое исследовано в различных его точках многими авторами. Исследования показывают, что как величина поглощения, так и удаление от нас отдельных частей облака весьма различны. Величина поглощения в различных точках меняется от 0,5 до 4-х зв. величины. Другой наглядный пример поглощающей массы разнообразной структуры являет собой облако в области переменной S Единорога, для которого характерны многообразные разветвления и другие неоднородности.

Выполненная еще до тридцатых годов Б. В. Окуневым [127] в Пулковке работа по статистике звездных спектров в области Млечного Пути около туманности «Америка» и проведенное там же спустя несколько лет другое исследование другими методами М. Д. Берг [25] в области Цефея также служат убедительной иллюстрацией к сказанному¹. Вообще, весь Млечный Путь даже своим внешним видом, представляющим фон, сильно перемешанный звездными облаками и темными участками, свидетельствует об его сложной структуре и вместе с тем, и о неоднородном распространении в нем поглощающего вещества. Послед-

¹ Можно привести много других примеров неоднородного, сложного строения поглощающей среды: темное облако около ϵ Змееносца [710, 712], область открытого скопления NGC 6649, где по Шалену одно облако обнаруживает поглощение, равное 0,6 зв. величины на расстоянии в 600 парсеков, а другое близлежащее—целым трем зв. величинам, при этом, это значение поглощения достигается в одной точке на расстоянии в 800 парсеков, а в другой—даже на расстоянии в 300 парсеков (799, 800); область в созвездии Щита (1022, 801); область около R Южной Короны с отдельными «глыбами» поглощающих масс, где эти «глыбы» облака, поглощающие до двух и более зв. величин, занимают весьма небольшую поверхность—всего около 0,4 кв. градуса [456]; хорошо известное облако «Угольный Мешок» [972, 713]; недавно исследованные участки в созвездии Скорпиона в южной части Млечного Пути [538]; Млечный Путь в Кассиопее [291, 295] или в Змееносце и севернее Стрельца [293]; многообразные «разводья», столь характерные для Цефея [774, 991] и многие др. Наконец, области Лебеда, Северной Америки и прилегающие участки, в отношении которых имеются многочисленные исследования [974, 709, 688, 696, 691, 693, 1021, 540, 796, 662] и др. делают очевидной сложность структуры поглощающей среды. Это, наконец, находит подтверждение и в известных работах Паниенкука, построившего изофоты для большей части Млечного Пути. ([741, 743, 744] и др.). Даже в таких областях, где наблюдается исключительно равномерное видимое распределение звезд, в разных точках поглощение различно (в Единороге [365], в участках Цефея [755] и др.).

нее, представляющееся нам в виде темных участков или облаков, в одних случаях распространяется на весьма большие области, покрывая собой большие поверхности Млечного Пути, в других же—представляется составленным из мелких, небольших частей, перемежающихся со светлыми участками. Расстояния от нас, на которых начинается поглощение, также весьма разнообразны и колеблются от значений, являющихся предельными, в смысле проникновения современными наблюдательными средствами, до весьма близких,—равных нескольким десяткам парсеков.

Известный ход разности между логарифмами фотометрических и геометрических расстояний до скоплений, послуживший основанием для утверждения наличия поглощения, не был обнаружен или, во всяком случае, был слабее выражен для тех скоплений, которые проектируются на светлые области неба. Отсюда следовало, что в последних поглощение отсутствует. Если это явление нельзя считать общим правилом, то, по крайней мере, оно показало, что поглощение не распространено равномерно. Кстати и Сирс высказался в 1931 году в пользу «иррегулярностей поглощения», считая их несомненно великими [839]. С другой стороны, в тот же период в зарубежной литературе встречались противоречивые высказывания и возражения против допущения неоднородности поглощения. Шален считал, что по крайней мере в пределах 2-х килопарсеков, цветовые избытки возрастают пропорционально расстоянию и что поэтому надо считать, что избирательное поглощение вызвано не локальными облаками, а поглощающей материей, равномерно распространяющейся около плоскости Млечного Пути, по крайней мере до расстояний в 2 килопарсека от Солнца [797]. Но, вскоре его же собственные исследования явились свидетельством неравномерности поглощения. Последняя вытекала и из работ А. Н. Высотского и Вильямса [977] и других: [978, 962, 447, 901, 1025, 882]. Но все или почти все перечисленные работы преимущественно носили характер частных исследований, не трактующих проблему в целом и при этом были полны противоречий.

Ряд работ, выполненных в Советском Союзе, сыграли решительную роль в утверждении концепции неоднородного строения галактического поглощающего вещества. При этом эти работы дали основу и целому ряду количественных оценок и, вместе с тем, привнесли с собой оригинальные методы общей трактовки проблемы, по-новому осветив последнюю.

Исследованием, выполненным в 1937 году в Абастуманской астрофизической обсерватории, В. А. Амбарцумян и Ш. Г. Горделадзе [15] решительно изменили представление о природе межзвездного поглощения света, отвергнув гипотезу равномерного заполнения пространства космической пылью и объяснив поглощение действием отдельных

пылевых туманностей. Из последнего вытекала прерывистость поглощения, меняющегося скачками по мере того, как луч света пронизывает одну, две или несколько туманностей. При этом было констатировано единство светлых и темных пылевых туманностей¹, что следует также признать принципиально важным выводом.

Точка зрения прерывного (облакообразного) распределения поглощающей материи была развита В. А. Амбарцумяном и применялась в созданной им теории флуктуаций. В работе, выполненной в 1939 году, при посещении Абастуманской обсерватории, он показал и объяснил клочковатостью поглощающей материи флуктуации в наблюдаемом числе внегалактических туманностей [5].

Цитированные выше работы акад. Фесенкова выразились и в почти сплошном фотометрировании Млечного Пути светосильной, широкоугольной камерой (где пластинки покрывают поле около 1000 кв. градусов). Работы эти важны как методически, так и своими результатами, относящимися к характеристике строения Млечного Пути. Результаты сводятся к тому, что полоса Млечного Пути имеет весьма сложное строение; она распадается на отдельные темные облака, которые, зачастую, накладываются друг на друга.

Возвращению оклочковатой природе галактического поглощающего вещества многие прибавили исследования Б. В. Кукаркина [86] в Москве и ряда астрономов за рубежом². При этом нашлось подтверждение мысли, что существует тесная связь между общим и избирательным поглощением и клочковатость строения одинаково характерна как для вещества, вызывающего общее поглощение, так и для избирательно поглощающего вещества.

Б. В. Кукаркин [84, 85] показал, что существует корреляция между цветовыми избытками звезд (даже относительно близких — до 200 — 250 пс) и изоботами Млечного Пути и что, кроме того, величины

¹ Другая сторона проблемы — о возможной случайности встречи звезд с туманностями нашла более правильное и убедительное освещение, как нам кажется, в недавних исследованиях акад. Г. А. Шайна [229], а также в высказываниях Б. А. Воронцова-Вельяминова [48].

² Голландский астроном Крэйкен [615, 616] показал, что при непрерывном поглощении не могли бы иметь места наблюдаемые резкие колебания в распределении яркости в Млечном Пути. Он нашел далее число поглощающих облаков больше в направлении на центр Галактики, чем на антицентр и, что вообще в галактической плоскости мы имеем дело с совокупностью весьма большого количества малых облаков, перекрывающих — в проекции на небо — друг друга. Спустя несколько лет Альтер [279] обнаружил — в исследованиях, посвященных скоплениям в Кассиопее, — произвольное распределение избытков цвета и заключил, что наблюдаемое поглощение обязано целому множеству рассеянных по данной области отдельных малых облаков, характеризующихся различными поглощательными способностями. Ряд других работ ([863, 729] и др.) подтверждает пятнистость избирательного поглощения (т. е. клочковатость избирательно поглощающей материальной среды) и его преимущественную связь с темными облаками.

избытков коррелируются с шириной зоны избегания. К этому выводу он пришел на основе исследования, предпринятого им в связи с результатом Г. А. Шайна [223], сопоставившего цветовые избытки Стеббинса и Хаффера с изофотами Млечного Пути по Паннекуку и нашедшего корреляции между ними (так называемый парадокс Шайна). Впрочем, подобный же результат получался и из исследования Кукаркиным [84] им же составленного генерального каталога цветов 1207 звезд. Противоречие заключалось в том, что т. к. темные области Млечного Пути должны вызываться поглощением света звезд, то чем больше яркость данного участка Млечного Пути, тем меньше должны быть в нем избытки цвета звезд, что не подтверждалось наблюдениями. Кукаркин отнес этот результат за счет клочковатой природы поглощения света, в соответствии с воззрением Амбардзумяна и Горделадзе. Было показано, что лишь тогда, когда берутся избытки цвета не всех звезд, а только тех, которые расположены непосредственно за близкими темными туманностями (которые, со своей стороны, пестрят фон Млечного Пути), корреляция между ними и яркостью Млечного Пути выступает явно. Это становится понятным, если мы представляем себе причиной поглощения не непрерывную среду, а отдельные темные туманности по Амбардзумяну и Горделадзе, и отдаем отчет в том, что далекие от нас темные туманности, имея малые угловые размеры, не могут резко влиять на изофоты. Кукаркин подсчитал и подтвердил анализом данных, что колебания в изофотах Млечного Пути вызываются теми туманностями, которые не удалены от нас более, чем на 200 пс.

Таким образом, внешне парадоксальный результат Г. А. Шайна Кукаркин смог истолковать как новое подтверждение такого представления, согласно которому поглощение вызывается отдельными облаками космической пыли. При этом, результат был, конечно, справедливо объяснен самим Г. А. Шайном частично действительными вариациями звездной плотности в Млечном Пути.

М. С. Эйгенсон и О. В. Добровольский [255] показали на основе подсчетов чисел звезд в нескольких Площадах Каптейна, что звезды ярче 10-ой величины распределены равномерно вдоль Млечного Пути, но поглощающее вещество в тех же местах — клочковато, при чем поглощение больше в направлении на галактический центр и меньше к антицентру. Эти выводы были в хорошем согласии с наблюдательными результатами Стеббинса и Уйтфорда [910], основанными на фотоэлектрических величинах и цветах внегалактических туманностей.

Выяснение изменения поглощения в зависимости от галактической долготы являлось предметом исследований целого ряда авторов¹.

Как бы то не было, закономерность изменения поглощения с галактической долготой не может быть простой, благодаря тому же свойству неоднородности и сложности строения поглощающей среды. Мы видели выше, что зависимость поглощения от широты также лишь условно можно представить формулой, выражающей косеканс-закон. Что косеканс-закон является лишь грубым приближением к действительности, можно заключить и из неправильностей контуров «зоны избегания». Последние, как известно, местами вытягиваются к заметно большим галактическим широтам; в других местах, напротив, весьма близко подходят к галактическому кругу. Очень вероятно, что более подробные исследования в будущем покажут еще большие неправильности в контуре «зоны избегания». Вместе с тем, так называемый галактический слой изобилует отдельными уплотнениями, сгустками и наряду с ними и отдельными разрежениями поглощающего вещества. На эти разрежения указывает наличие так называемых «окон» в «зоне избегания»².

Ортом и Остерхофом [736] отмечены направления около Млечного Пути (галакт. широта около 3°), где видны весьма далекие Цефеиды (свыше 15 кпс). Поглощение здесь почти в 10 раз меньше того,

¹ Низкие (минимальные) значения поглощения на галактических долготах 30° и 170° дали основание Стеббинсу [903] подозревать зависимость избирательного поглощения от долготы. Цуг [1025] счел возможным представить свои наблюдения некоторой формулой, дающей значение цветового избытка в зависимости от галактической долготы. Результаты Цуга нельзя считать надежными потому, что им исследованы долготы в узких пределах, а данные, относящиеся к ним, обобщены на весь галактический круг, не говоря уже о том, что весь материал, которым он располагал, скуден вообще. Гринштейн [482] тоже утверждал несколько раньше, что поглощение зависит от долготы, но меняется иррегулярно. Гинтини [496] также попытался вывести формулу, связывающую межзвездное поглощение с галактической долготой. Глейсберг [461], Цуг [1025, 1026], Бекер [329] и другие получали довольно противоречивые результаты, что впрочем неудивительно, если помнить об ограниченности и неоднородности используемого ими материала. В более современных работах Альтера [275] и Камма [393] изменение поглощения с галактической долготой нашло подтверждение, хотя это изменение и не свободно и от влияния иррегулярности и поглощения. Альтер пришел к допущению неоднородного поглощения в связи с необходимостью примирить противоречия в полученном им соотношении между наблюдаемыми расстояниями галактических скоплений и галактическими долготами, при определении положения галактического центра на основе данных относительно скоплений.

² См. работы [867, 868, 870, 873, 451, 364]. Вилькенс [1005] нашел относительно свободную от поглощения область даже в направлении, близком к галактическому центру, где, вообще поглощение больше, чем в каких-либо других местах. В Лебде, Цефее, Возничем, Стрельце, Щите и в других созвездиях, расположенных вдоль Млечного Пути, мы наблюдаем, даже среди наиболее темных облаков, места, для которых характерна большая прозрачность пространства и в которых поглощение не достигает и 1-ой зв. величины до расстояний около двух и более парсеков. Бекер [338] указал направления, где покраснение имеет место в непосредственной близости от Солнца, а с другой стороны и такие, где оно начинает быть заметным лишь после 1000 пс.

что наблюдается в других местах галактической плоскости. Но, внегалактические туманности почти не видны. Следовательно, в этом направлении поглощающее вещество концентрируется в периферийных участках Галактики¹. Это соответствует расстоянию по координате до 1400 пс. Следовательно, довольно мощная масса поглощающего вещества собрана изолированно вдали от галактической плоскости или вне «галактического слоя». Подобные случаи явствуют и из анализа нашего каталога, о чем будет изложено в должном месте.

Это свидетельствует о том, что в Галактике не имеет места непрерывное поглощение. Напротив, поглощение обусловлено отдельными (дискретными) облаками космической пыли. Б. В. Кукаркин, показав изменение общего визуального поглощения света с галактической долготой и зависимость между шириной зоны избегания и величиной общего поглощения, объяснил ее темными космическими облаками [86]. Действительно, изменение поглощения света с галактической долготой может быть вызвано различной плотностью распределения космических облаков в пространстве, а там, где плотность облаков велика, расстояние ближайших к нам облаков должно быть меньше, чем в направлениях меньшей плотности. В связи с этим, в направлениях, где плотность велика, они должны распространяться до больших галактических широт и значит должна иметь место корреляция между поглощением и шириной («разбуханием») зоны избегания.

Дискретные облака поглощающего вещества, которые не всегда обязательно велики по объёму, зачастую перекрывают друг друга, так что луч зрения может встретить на своем пути несколько таких облаков. Действительно, клочковатое распространение поглощающего вещества явствует не только из сравнения данных, относящихся к различным направлениям, но и из анализа лишь одного, взятого направления, в котором луч зрения, очевидно, пересекает попеременно пространства, свободные от поглощающих масс и — занятые отдельными сгустками поглощающего вещества. М. Д. Берг, в исследовании, выполненном в Пулковской обсерватории [25], указала направление, где темная туманность образует в пространстве два облака, из которых одно имеет ближайший к нам край на расстоянии в 250 пс, а другое — в 800 пс². Именно в связи с подоб-

¹ Противоречащее этому заключению сообщение Бока и Ольмстед [371], опубликованное в виде резюме, еще не известно нам в деталях и пока трудно пытаться объяснить его.

² Кроме того, по Мюллеру и Хуфнагелю [709], луч зрения в направлении на α Лебедя пересекает толщу двух облаков, лежащих одно за другим. Первое поглощает 0,6 зв. величины в интервале от 75 парсеков до 800. Миллер [691], распространив подсчеты на звезды 17—18 зв. величины, нашел в Лебедь направления, где свет, идущий к нам от далеких звезд, проходит сквозь толщу ряда туманностей, испытывая при этом суммарное поглощение почти до 5 зв. величин. В исследованиях Бекера [338] и др. показано, что име-

ными явлениями не всегда можно наблюдать увеличение покраснения пропорционально расстоянию. В направлениях, где наблюдается избыток цвета, оно часто возрастает «скачками».

Стеббинс [906, 907, 908] также показал, что даже для звезд, заключенных между галактическими широтами $\pm 5^\circ$, имеет место значительный разброс избытков цвета и последние плохо коррелируются с расстояниями. Встречаются с одной стороны очень большие значения избытков цвета для близких звезд, а с другой—почти нормальные показатели цвета для звезд, отдаленных на 2000 парсеков. Стеббинс объясняет столь большой разброс влиянием дискретных облаков, которые распределены в пространстве так неравномерно, что даже на весьма малых галактических широтах они встречаются, в отдельных случаях, расположенными за звездами. Часто даже на таких малых площадях, как 5—10 квадратных градусов, звезды одних и тех же спектральных классов и видимых величин имеют различные показатели цвета, что можно объяснить наличием малых облаков поглощения.

Неравномерность поглощения не подлежит в общем сомнению. Но при истолковании наблюдательного материала и выводах о неравномерности поглощения (особенно, при построении и толковании кривых роста избытка цвета с расстоянием), необходимо учитывать критические замечания П. П. Паренаго [132], показавшего, что большая дисперсия значений поглощения (параметра a_0 в его теории), определенных по большому количеству данных о цветовых избытках звезд и о подсчетах внегалактических туманностей, несколько иллюзорна и обусловлена неточностью в определениях расстояний. Паренаго справедливо указал на необходимость считаться с этим обстоятельством, чтобы избежать ошибочного признания распределения поглощающего вещества более неравномерным, чем это имеет место в действительности. Однако, если располагать массовыми фотографическими определениями цветов звезд, как это имеет место, в частности, в нашем исследовании, кривые зависимости избытков цвета от расстояния можно толковать с большей уверенностью (см. главу IV).

Наряду с общей неоднородностью были сделаны указания на некоторую асимметрию в распределении поглощающего вещества во всей Галактике. По Стеббинсу [905], около центра Галактики поглощение оказалось больше на северной стороне от галактического экватора, чем на южной. О. А. Мельников [112] показал, что поглощение в Галактике больше на северной стороне не только в направлениях на центр, но также и в направлениях на антицентр Галактики. Вывод Минера

юлся случай, когда избирательно поглощающее вещество выступает в виде дискретных облаков, толщина которых около 50 пс, а взаимное удаление друг от друга по лучу зрения—несколько сот парсеков.

5. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

[695] о преимущественном преобладании поглощения в сторону южного галактического полюса мало уверен и его нельзя считать за противоречие Мельникову. Анализ показателей цвета более 500 внегалактических туманностей дал основание М. А. Вашкидзе [38] заключить, что избирательное поглощение в направлениях на центр Галактики примерно на 0.11 зв. величины больше, чем поглощение в антицентре.

Анализ нашего каталога показателей цвета звезд также указал на асимметрию общего порядка, о чем речь будет идти ниже. Данные, которые можно толковать как асимметрию, можно встретить и в других работах [885, 774]. Б. Е. Маркарян [99, 100] исследовал этот вопрос с точки зрения распределения звезд и суммарной яркости их в направлениях галактических полюсов.

Результат Альтера [275] о приблизительном совпадении галактического центра поглощающей материи с общепринятым галактическим центром построен на рассмотрении зависимости между галактической долготой и расстоянием открытых скоплений. Этот метод и тот порядок, как он был применен, не могут считаться достаточно точными для решения вопроса об асимметрии. Впрочем, результат Альтера сам утверждает лишь приблизительное совпадение центров. На незначительном материале построен и недавний вывод Мартель [656, 657].

Выяснение вопроса об асимметрии очень важно. Хольмберг [549, 550], исследуя поглощение в спиральных туманностях, исходит из теоретической модели, в которой светящаяся и темная материя в спиральных скоплениях сконцентрирована в сплюснутых сфероидах и имеет общую большую ось, располагаясь совершенно концентрично. Для строгих исследований подобного рода, такое допущение может оказаться произвольным. Если Хольмберг ссылается на согласие этой модели с наблюдениями, то это нельзя не отнести, хотя бы частично, за счет приближенного анализа.

С точки зрения асимметрии в распределении галактической материи весьма важно развитие и детализация работ А. А. Калининка, В. И. Красовского и В. Б. Никонова по электронной фотометрии галактического ядра.

То, что сказано в этом параграфе относительно клочковатости и нерегулярности поглощения, касается как избирательно поглощающего вещества, так и той среды, которая вызывает общее поглощение. Кстати, даже некоторые «глобулы», когда их сфотографировали на 100-дюймовом рефлекторе, обнаружили волокнистое строение [368].

Но оказывается, что массы межзвездного газа также характеризуются нерегулярностью распространения в галактическом пространстве.

Новейшие наблюдения и исследования, проводимые в Крымской астрофизической обсерватории академиком Г. А. Шайном, с помощью интерференционных фильтров, показали, что в распределении межзвезд-

ной газовой материи, также как и пылевой, имеют место очень большие флуктуации. В ряде слабых водородных туманностей плотность атомов в несколько тысяч раз меньше, чем в наиболее ярких.

Неравномерность распространения межзвездного газа вытекает и из изучения межзвездных линий в спектре звезд. Во-первых, наблюдения показывают, что в разных направлениях относительные интенсивности межзвездных линий различны, даже после редукции наблюдений к одному расстоянию. Сопоставление расстояний, полученных из галактического вращения, с интенсивностям межзвездных линий указало на вероятную дискретность межзвездной газовой среды [938]. Во-вторых, Билс открыл несколько таких звезд, в спектрах которых контуры межзвездных линий имеют сложную структуру. Билс интерпретировал последнюю как результат относительных движений отдельных (дискретных) облаков межзвездного вещества, т. е. «клочковатость» среды содержащей межзвездный газ [312, 314]. Интересно, что Билс обнаружил расщепление межзвездных линий и в спектре звезды ρ Льва, расположенной на большой галактической широте: $+54^\circ$. Правда, наличие в межзвездном газе турбулентных движений, открытых позже, делает затруднительным выделение — по контурам межзвездных линий, — движений, относящихся к независимым облакам, но тем не менее в интерпретации Билса можно не сомневаться, тем более, если мы будем иметь в виду указанные выше различия в относительных интенсивностях межзвездных линий для звезд, находящихся в различных направлениях. Адамс [262, 263, 264, 265, 266] также находил неоднократно сложные профили у межзвездных линий **H** и **K**. Не однородное, а «пооблачное» распространение межзвездного газа следует и из других работ [929, 895, 898].

Размеры облаков различны: от очень малых до покрывающих области во много кв. градусов. Число облаков велико: по 4—5 на пути луча, идущего от относительно близкой звезды на низких широтах. Способность производить линии или полосы у облаков различна. Имеется очень мало примеров того, когда облако показывает все или почти все известные межзвездные линии. С другой стороны, есть немало случаев, когда облака, дающие интенсивные линии **H** и **K**, оказываются способными вызвать молекулярные линии.

Бааде и Минковским обнаружено, что все звезды в созвездии Ориона, в области Трапеции неправильные переменные и крайне любопытно, что эта переменность приписывается действию туманности: отдельные сгустки туманности, размеры которых должны быть порядка одной или нескольких астрономических единиц, а средняя плотность — около 10^{-18} гр/см³, проходят, пересекая лучи зрения на звезды и вызывают неправильные ослабления их блеска.

Впрочем, это воззрение подвергнуто убедительной критике со стороны П. П. Паренаго [140]. Правда, он установил, что переменные звезды типа туманности Ориона находятся в физической связи с туманностью, но, вместе с тем, дал несколько независимых друг от друга доказательств несостоятельности взгляда на то, что изменение блеска данных переменных вызвано загораживанием их света веществом туманности (доказательства основаны на противоречии с закономерностью межзвездного пространственного поглощения, и на невероятно больших изменениях плотности туманности).

Таким образом, многие и разнообразные исследования делают очевидным тот факт, что поглощающее вещество — состоит ли оно из частиц, вызывающих общее или избирательное поглощение или из газа — распространено в Галактике неоднородно и неравномерно. Неравномерность распределения пыли или газа в межзвездной среде и различные движения в них (турбулентные движения не являются исключением, а — общим свойством) могли возникнуть хотя бы от того, что на различных расстояниях от центра частички среды подвержены дифференциальному галактическому вращению, обладая различными угловыми скоростями. Очевидно, этой неравномерностью и обусловлена главная причина и того, что разные исследования дают разные значения оптической и геометрической толщины галактического поглощающего слоя, как мы это увидели выше. Естественно, что это обстоятельство значительно усложняет задачу изучения космического поглощения и делает необходимым вести это изучение, по возможности, во многих индивидуальных направлениях.

Если рассматривать одновременно общее и избирательное поглощение, а также и поглощение, вызываемое межзвездным газом, то обнаружится, что они не во всех случаях проявляются одинаково. Имеются примеры, когда в каком-либо данном направлении обнаруживается эффект лишь двух или одного из них, или одно из них выражено больше, чем другое. Простое сравнение данных таблиц I и II, содержащих коэффициенты общего и избирательного поглощения, для ряда общих областей, показывает, что величина избирательного поглощения колеблется в пределах от 10 до 40 процентов от общего поглощения. Это и понятно, т. к. каждый из трех видов поглощения производится материальной средой различного характера: пылевыми частицами «крупных» и «мелких» размеров и газом, и не всегда, в произвольном участке пространства, имеет место равномерное смешение всех этих трех видов космического вещества. А их смешение могло, конечно, вызвать все три вида поглощения одновременно.

Рассматривая, прежде всего, связь между общим поглощением и избирательным, можно задать простой вопрос: в какой мере связано избирательное поглощение с темными облаками, дающими заметный эффект общего поглощения?

Мы уже знаем, что этот вопрос решен исследованиями Б. В. Кукаркина, причем решен на широкой, идейно-четкой основе. Однако много кропотливых работ было посвящено исследованию этой проблемы путем изучения отдельных, разрозненных данных, относящихся к разным объектам. Например, О. Струве [931] анализировал избытки цвета ряда ранних звезд по несовершенным данным Боттлингера [377] и потому не мог пойти дальше некоторых предположений. То же самое было с Анджер [282], которая могла лишь констатировать частные совпадения больших величин цветовых избытков с теми направлениями, в которых фотографиями Барнарда и Бэйли были фиксированы темные облака. Глейсберг [461] неоднократно брался за решение данной задачи, привлекая для исследования данные Трэмплера об открытых скоплениях [968], и Бекера [328] и Граффа [468] о цветовых избытках. В последнем случае цветовые избытки сопоставлялись с разностями между логарифмами тригонометрических и спектральных параллаксов, принимая эти разности за меру общего поглощения. Шалей [800] показал корреляцию между покраснением звезд и темными областями Млечного Пути и иллюстрировал ее следующей табличкой¹:

		Фотогр. погл.		Изб. погл.	
Темное облако в Возничем		1.9 зв. вел.		0.21 зв. вел.	
" "	" Лебеде	1.5 " "		0.2 " "	
" "	" Цефея	0.4 " "		0.03 " "	
" "	" "	0.9 " "		0.07 " "	

Важны были результаты Стеббинса, обнаружившего, что окрашенные шаровые кучи следуют контурам «зоны избегания», [909] и что в тех участках неба, где внегалактические туманности скрыты поглощением, покраснение превышает, по крайней мере, 0.2 зв. величины [910]. С другой стороны, как показал О. А. Мельников [111, 114], малые цветовые избытки в зоне избегания оказались связанными с местами повышенного числа внегалактических туманностей, т. е. пониженного общего поглощения. Итак, мы имеем достаточно свидетельства в пользу существования связи между общим и избирательным поглощением. Однако, немало приводилось и таких примеров, из которых явствовало отсутствие подобной связи². Но надо помнить, что при попытках установления

¹ См. также работы [448, 281, 841].

² Стеббинс также приходил к противоречивым результатам. На основании анализа фотоэлектрических цветов звезд типа В, например, он пришел к выводу, что звезды с большими избытками цвета одинаково часто встречаются как в богатых звездами областях, так и в бедных, обнаружив значительное покраснение и в светлых областях Млечного Пути, где не наблюдается непосредственных следов поглощения [901, 905]. Бекер также нашел, что области большого избирательного поглощения в одних случаях характеризуются дефицитом, а в других — большой плотностью звезд. В частности он должен был при-

корреляции между избирательным поглощением и областями обскурации совершенно необходимо учитывать расстояния, как это убедительно было показано Б. В. Кукаркиным на примере парадокса Шайна.

Именно пренебрежением эффектом расстояния вызван ошибочный результат, например, Вольфа [1019], утверждавший, что в темной туманности NGC 6960 общее поглощение в 1 зв. величину не сопровождается покраснением звезд.

Но, если покраснение звезд действительно наблюдается даже в таких областях, которые богаты звездами и в них нет непосредственно видимых признаков потемнения, то это дает основание считать, что избирательное поглощение существует и вне темных областей. Однако, нельзя считать это правилом, ибо наряду с последними, имеются и такие случаи, когда богатые звездами области не имеют признаков покраснения. Случаи, когда покраснение отсутствует в областях, где налицо явная обскурация, могут быть объяснены в некоторых случаях тем, что звезды находятся к нам ближе, чем поглощающее облако и они лишь проектируются на последнее. Но, в таких случаях мы должны иметь дело с относительно близкими звездами. Для далеких же звезд, возможно, поглощение столь велико, что их просто не видно¹. Впрочем, даже полное отсутствие избирательного поглощения не может означать отсутствия поглощения вообще, т. к., если луч света испытывает в данном направлении фотографическое и визуальное поглощение в одинаковой мере, тогда, понятно, дифференциальное поглощение места не имеет.

Вообще же надо признать, что поглощающее облако, если сквозь него проходит свет звезды, в самом общем случае должно вызывать, одновременно, как общее, так и избирательное поглощения, т. к. последние вызываются частицами космического вещества различных размеров и трудно представить, что в космических облаках имеет место такая резкая дифференциация их по признаку размеров частиц. Скорее всего, скопле-

нать, что звезды в наиболее темных местах Угольного Мешка не краснее, чем те, которые расположены вне этих мест [332]. Ведь и Хаббл считал, что потемнение не обязательно сопровождается избирательным поглощением. Бок указывал на звезды нормальных цветов в некоторых частях южного Млечного Пути, где общее поглощение было оценено в 0.8 зв. величины [363]. Имеются и другие подобные примеры ([390, 95, 962, 863, 365] и др.). Сэйферт, в работе по определению красных индексов 104 внегалактических туманностей [860], не нашел корреляции между числом последних и их красными показателями и заключил на этой основе, что поглощение, указываемое дефицитом слабых галактик, в большинстве случаев — неизбирательного характера. (См. также исследования Бока с сотрудниками области Единорога [374, 376] и менее важную работу Граффа в области Щита — Стрельца [476]).

¹ Так объяснил О'Кифи [729] отсутствие красных звезд в некоторых очень темных туманностях. Так, в частности можно объяснить и противоречивый результат Ханта и его сотрудников [567], основанный на исследовании ярких звезд и утверждающий незначительное избирательное поглощение в облаке Тельца.

ния поглощающего вещества в виде облаков космической пыли содержат в себе смесь частиц различных размеров и потому они вызывают, одновременно, общее и избирательное поглощение.

Но, интересно выяснить, какова связь между поглощающей средой пылевых частиц и межзвездным газом. Это может помочь нам полнее уяснить вопросы распространения в Галактике поглощающего вещества вообще.

Сопоставляя цветовые избытки звезд с интенсивностью межзвездных линий в спектрах звезд, легко выяснить в какой мере связаны между собой «окрашивающая» среда, состоящая из пылеобразного вещества, и поглощающее вещество, находящееся в атомарном состоянии. Попытки обнаружить корреляцию между интенсивностью линий и цветами звезд были предприняты уже давно и повторялись неоднократно. Имеются исследования, результаты которых как будто отрицают существование избирательно поглощающего вещества с межзвездным газом и, в первую очередь, — с кальциевыми облаками¹. Но наряду с этим, другие исследования, напротив, приводили данные в пользу этого сосуществования². Таким образом, результаты исследования этого вопроса довольно противоречивы. Даже одни и те же авторы получали в одних случаях положительную корреляцию, в других — отрицательную³. Это

¹ Исследования, основанные на фотоэлектрических показателях цвета ранних звезд или спектрофотометрических определениях, которые впрочем характеризуются скудным исходным материалом [333, 448, 50]. Ряд других работ также показывает слабую корреляцию между пылью и атомами. По Гринштейну и Струве [495] вполне совмещаются высокие значения избытков цвета и малые интенсивности межзвездной К-линии: у звезды HD 147889 избыток цвета достигает 0.5 зв. величины в то время, как межзвездная линия К исключительно слаба. (См. также [704] и [451]). Возможно, что это физический эффект «насыщения», но вопрос не исследован до конца.

² Работы, исследующие корреляцию между цветовыми избытками звезд и интенсивностью кальциевых линий [930, 931, 408, 481, 682, 789, 1008, 993]. Впрочем, обе последние работы, принадлежащие Санфорду и Вильсону, мало убедительны из-за весьма значительного рассеяния точек на графиках зависимости. Позднее была обнаружена тесная корреляция между интенсивностью вновь открытой межзвездной линии λ 6284 и показателями цвета [683, 1014]. В работе [683] приведена зависимость между интенсивностями Д-линии и избытками цвета, но и в данном случае дисперсия велика. Затем Морган [705] сообщил о тесной корреляции между интенсивностью межзвездной линии λ 4430 и межзвездным покраснением. Между прочим, эта работа интересна тем, что автор дает в ней возможное объяснение отсутствию в ряде случаев межзвездной линии λ 4430, называя причиной изменение физических условий в межзвездном газе под влиянием излучения весьма горячих звезд. В недавней работе Гринштейна и Аллер [491] сделано указание на хорошую корреляцию эквивалентной ширины межзвездной линии λ 4430 не только с межзвездным покраснением, но и с межзвездной поляризацией.

³ Например, Стеббинс и его сотрудники [901, 905, 910], Струве [934], Бекер [327, 333] и др.

объясняется прежде всего разнородностью используемого материала. Особенной неоднородностью отличался материал первых исследователей¹.

Противоречивость результатов следует объяснить, во-вторых, и тем, что, очевидно, межзвездное газовое вещество и рассеивающее вещество твердых частиц, вообще, не обязательно распространены одновременно строго в одном и том же объеме пространства (не коэкстенсивны). В одних случаях лишь одно из них встречается на пути луча в данном направлении, в большинстве же, вероятно, — оба, причем они могут находиться в разной пропорции и разно распределенными вдоль луча². Если правильны цитированные в одной из последних сносок высказывания Моргана о влиянии излучения весьма горячих звезд на способность межзвездного газа к поглощению, то задача связи между покраснением и интенсивностью межзвездных линий становится еще более сложной. В одном отношении, повидимому, несколько отличаются друг от друга в распределении в галактическом пространстве межзвездная пыль и межзвездный газ. Первая имеет большую тенденцию концентрироваться около галактической плоскости. Это видно из того, что избытки цвета показывают общий рост с уменьшением галактической широты, интенсивности же межзвездных линий — нет [732]. Большое распространение газа далеко в обе стороны от галактической плоскости следует из ряда других работ [789, 733], хотя Ван-Райн [769] отвергает предположение о том, что газ менее резко концентрируется вокруг плоскости Млечного Пути.

Нельзя считать, что связь между интенсивностью межзвездных линий и покраснением однозначна, хотя связь между интенсивностью межзвездных линий и расстоянием выражена хорошо. На это указывали Струве [933, 935], определявший расстояния до звезд по интенсивности кальциевых линий, и Пласкетт и Пирс [754]. Последнее исследование, содержащее большой обзор проблемы, важно еще потому, что оно обнаружило, вместе с тем, эффект галактического вращения на межзвездные линии и интересно, что количественно этот эффект оказался равным половине эффекта, обнаруживаемого звездными линиями спектра. Это понятно, если иметь в виду, что

¹ Например, Вестгейт использовала для цитируемого выше исследования фотоэлектрические определения избытков цвета 55 звезд типа В. Ботлингера [377], 71 звезду Эльви [447] и 38 звезд Эльви и Мелина [448]. При этом она пользовалась еще неопубликованными тогда интенсивностями Струве. Кстати отметить, большинство работ базировалось на интенсивностях межзвездных линий, полученных глазомерными оценками, другие — на интенсивностях, полученных путем детальной фотометрии линий [312, 1008]. Эти две последние работы Билса и Вильямса, хотя содержат мало звезд, все же очень тщательно выполнены и в основу их положены надежные наблюдения. Материалом служили как снимки спектров с объективной призмой, так и снимки, полученные со щелевым спектрографом Пласкеттом и Пирс [754].

² Однако мысль Меррилла [679], что межзвездные линии возможно образуются в относительно тонких «занавесах», нам не представляется обоснованной и достаточно подкрепленной наблюдательными данными.

суммарное поглощение на отрезке пути от звезды до наблюдателя в среднем соответствует поглощению, как бы сосредоточенному в серединной точке этого отрезка. Между прочим, именно это обстоятельство послужило основанием Эддингтону [446] склониться к мнению о равномерном распространении поглощающего вещества в галактическом пространстве. Но, надо помнить, что приведенный результат является лишь грубым осреднением и строгое исследование вопроса может несколько изменить его.

Наличие связи между интенсивностью межзвездных линий и расстоянием находило неоднократные подтверждения в работах, основанных на более точных спектрофотометрических измерениях, заменивших глазомерные оценки интенсивностей линий [310, 311, 312, 313, 1008, 682, 789 и др.]. Из новых работ следует отметить работу Эванса [451], посвященную исследованию интенсивностей межзвездных линий и расстояний до звезд класса В. Эванс представил формулой зависимость интенсивности линий D_1 и K от расстояния. По этим формулам, выражающим увеличение расстояния пропорционально интенсивности, расстояния до звезд О и В оцениваются со средней ошибкой индивидуального определения до 20%-ов. Были сделаны оценки расстояний до трех десятков открытых скоплений на основе убеждения, что эквивалентные ширины межзвездных линий служат хорошим критерием расстояния [792]. По Ван-Райну [769] средняя ошибка логарифма расстояния, определенного по эквивалентным ширинам межзвездных линий достигает ± 0.13 .

Надо, однако, думать, что изменения эквивалентной ширины с расстоянием зависят еще от избытка цвета и от галактических широт и долгот. Это обстоятельство должно искажать оценки расстояний до индивидуальных звезд, делаемые по интенсивностям межзвездных линий.

Имело бы смысл изучение зависимости интенсивности межзвездных линий от расстояния для разных широт. Это могло бы подвести нас ближе к решению вопроса о градиенте плотности межзвездного газа в Галактике. Большая галактическая концентрация ранних звезд, к сожалению, очень затрудняет проведение такого исследования.

В своей работе [769], Ван-Райн подверг критике разные оценки интенсивностей линий (в том числе и те, что даны в цитированной работе Пласскетта и Пирса) и их применение для определения расстоя-

¹ Наряду с перечисленными работами необходимо иметь в виду еще весьма обстоятельное исследование Меррилла, Санфорда и других [682]. Оно содержит каталог 400 звезд. В него входят классические измерения интенсивностей и смещений линий межзвездного газа, по наблюдениям Струве [930, 932, 933] и Пласскетта и Пирса [754]. Эквивалентные ширины даны для межзвездных линий K , D_1 , D_2 и др.

Данные каталога [682] дискутировались неоднократно [1014, 675, 681, 1012]. В работах [973, 445] разработаны основы для физической интерпретации наблюдательных данных о характеристике межзвездных линий.

яний и, установив, что линии **К** и **Д** наиболее подходят в качестве критериев расстояния, калибровал их эквивалентные ширины с расстоянием. В этой же работе приводятся выводы в пользу того, что концентрация межзвездного газа вокруг галактического экватора примерно такова же, как и концентрация межзвездной пылевой среды. Однако, именно отсутствие достаточного количества подходящих звезд вдали от галактического круга, ослабляет эти выводы.

Резюмируя все изложенное, мы приходим к заключению, что надо считаться со следующим. Хотя имеется много противоречивых результатов, тем не менее корреляцию следует признать, хотя бы в той мере, из какой вытекает преимущественное сосуществование твердых частиц и газа. Не следует удивляться частым нарушениям корреляции, ибо, не говоря о вполне вероятных морфологических неравномерностях в пространственном распределении¹, есть ряд чисто физических факторов, нарушающих корреляцию. Таковы, к примеру, водородная ионизация, которая может повести к усилению межзвездных линий поглощения [929], влияние пространственного распределения горячих звезд, в результате чего возникают местные изменения в ионизирующих источниках, или эффект «насыщения», когда с дальнейшим увеличением числа атомов эквивалентная ширина линии не меняется или можно считать, что интенсивность межзвездных линий не пропорциональна числу атомов в облаке [1014] и др. В связи с этим последним обстоятельством О. А. Мельников [113]² справедливо обращает внимание на тот факт, что эквивалентные ширины линий D_2 и D_1 , относящиеся к довольно редкому для межзвездного пространства элементу — натрию, почти равны ширинам линии **К**, обусловленной более обильным Са II. (См. также [114]). Но,

¹ Представляются сомнительными выводы Эванса [451] и Шилта [821] о равномерном распределении газа. Иррегулярные движения в газе, отдельные «местные» течения, подмеченные Билсом [312] и другими [1014, 682], сложные профили межзвездных линий, констатированные Адамсом [262, 263, 265] и другие результаты подробных исследований показывают, что лишь в самом грубом приближении можно считать, что межзвездные атомы статистически равномерно распространены. Интересно заметить, что Билс обнаружил расщепленные межзвездные линии в спектре звезды Льва, галактическая широта которой около 54°. Следовательно, газовые облака не сосредоточены исключительно около галактической плоскости, хотя сильную концентрацию их к плоскости Млечного Пути необходимо признать.

² Эта работа Мельникова интересна и в том отношении, что в ней автор дана критика результатов Меррилла и Санфорда [681] о зависимости эквивалентной ширины линии от числа атомов. При этом автор нашел эту зависимость, предприняв совершенно новое независимое построение кривой и исходя из допущений о составе межзвездной газовой среды из отдельных облаков небольших размеров и разбросанных в пространстве довольно равномерно. Первое из этих допущений находится в согласии с современным представлением о характере распространения межзвездного поглощающего вещества, вообще. Второе можно считать приемлемым, во всяком случае, в пределах небольших расстояний от Солнца — около 1—2 кпс.

расширение линии может быть вызвано, наконец, и пекулиарными скоростями в газовых облаках.

Вообще же пыль и газ, должно быть, перемешаны. М. А. Вашакидзе [38], исследовав поляризацию излучения в ряде диффузных туманностей, нашел для некоторых из них большой процент поляризованного света (до 14%) и показал, следовательно, факт смещения газовых и пылевых частиц. Хенней [530, 531], Вальтер [985], Рейнольдс [765], Смит [886], также указывали на поляризацию до 11—12%. (См. также [685, 726]). Нет сомнения, что диффузные туманности содержат газ и пыль¹. Однако, они дают газовый спектр, когда их освещают горячие звезды О—В. Но, еще показательнее то, что многие туманности дают одновременно непрерывный и эмиссионный спектры. Но, что газ и пыль не обязательно должны быть равномерно перемешанными между собой следует и из наглядного примера, описанного Струве [939]: в туманности в Скорпионе область отражения и область эмиссии не совпадают между собой.

С точки зрения данной проблемы весьма большое значение имеют открытия и исследования Г. А. Шайна и В. Ф. Газе [228]. Они заставляют признать, что газовые и пылевые туманности не идентичны, как это считалось до сих пор. Но, при этом, они эволюционно связаны друг с другом.

Имея в виду несомненную иррегулярность в пространственном распространении, интенсивность межзвездных линий нельзя рассматривать как удовлетворительный критерий расстояний до звезд. Если бы даже плотность межзвездного газа менялась закономерно в зависимости от удаления от плоскости Млечного Пути, то в вычислениях расстояний до звезд больших галактических широт по интенсивностям межзвездных линий приходилось бы вносить значительные поправки, имея в виду, что интенсивности калиброваны по данным, относящимся к звездам низких галактических широт.

Итак, газ и пыль должны сосуществовать, будучи перемешаны в той или иной пропорции. В таком случае должно иметь место какое-то взаимоотношение между ними: одновременные столкновения, испарение и т. п. [735]. Более того, — сосуществование это возбуждает мысли о наличии некоторого процесса преобразования одного вида материи в другой. В таком случае может быть понято и различие пропорций газа и пыли в разных облаках. Данная пропорция может быть связана с соответствующей эволюционной ступенью облака. Но если это так, то должны встречаться и такие облака, которые состоят либо только из газа, либо только из пыли. Судя по наблюдениям, чисто газовых и чисто пылевых туманностей

¹ Наличие эмиссионных краев у ряда темных облаков тоже служит указанием сосуществования пыли и газа [734].

не должно быть много. И те, которые встречаются, могут обнаружить свой сложный состав при применении более мощных средств наблюдения. Но если это так, уместно поставить вопрос — не имеет ли место взаимное развитие пылевых частичек из газовых и последних из пылевых. Газ может конденсироваться в пылевые частички, но последние могут дать начало в процессе испарения, например, газу. Такой взаимный процесс хорошо вяжется с представлением о круговороте материи. И мы можем вспомнить, что аналоги этого процесса весьма вероятны в макроскопическом мире: звезды возможно, конденсируются из диффузного вещества, но сами же питают межзвездную среду изверженной материей.

Отсюда же следует, что межзвездную пыль и межзвездный газ следует изучать и трактовать не в отрыве друг от друга, а — вместе, в их взаимоотношении, при свете всеобщей взаимосвязи явлений. До сих пор, они представляли собой — особенно в исследованиях зарубежных астрономов — две разные и независимые области исследования.

§ 8. Отношение общего фотографического поглощения к избытку цвета.

Характер зависимости поглощения от длины волны

Известно, что задача определения общего поглощения довольно трудна. Она требует для решения применения абсолютных методов. В этом ее принципиальная трудность.

Вместе с тем, в большинстве случаев, определения полного фотографического поглощения отягощены селекцией материала, неизбежно вводимой за счет заведомо прозрачных участков, где обычно ведутся наблюдения для подобных определений, т. е. делается вынужденная выборка весьма удаленных объектов. Задача осложняется еще тем обстоятельством, что ее решение, в большинстве случаев и в значительной степени, зависит от наличия большого количества данных фотометрических и геометрических расстояний. Избирательное же поглощение, влияющее на кривую спектральной интенсивности, определяется дифференциальными методами и представляет собой проще разрешимую задачу. Знание расстояний в данном случае не необходимо. Оно нужно лишь для приведения поглощения к единице расстояния.

Наряду с этим, при применении метода цветных избытков, наблюдения охватывают относительно близкие звезды и мы гарантированы от селекции материала, подобной той, что имеет место при определениях общего фотографического поглощения. Правда, необходимость комбинирования данных о цветах со спектральными данными, все же лимитирует применение этих методов, т. к. спектральные данные в массовом порядке получаются не так легко, но тем не менее задача принципиально более простая и доступная.

Если была бы известна величина отношения общего поглощения к избирательному, то определяя сравнительно легко последнее, можно было бы просто вычислить и первое. Другой вопрос, — насколько это отношение может быть постоянным и не меняющимся в зависимости от направления и расстояния. Конечно, иррегулярность поглощения мы должны допустить и в этом смысле. Но если можно было бы принять, что в космическом облаке относительная пропорция частиц, экранирующих свет, и частиц, рассеивающих свет, одинакова во всех случаях и для всех направлений, тогда оценив избирательное поглощение в любом направлении, можно было бы вычислить и общее, пользуясь раз определенной величиной отношения или множителем, приводящим величину избирательного поглощения к величине общего поглощения. Отсюда вытекают значение и важность определения указанного отношения.

Пусть $A(\lambda)$ означает поглощение света в галактическом пространстве, выраженное в звездных величинах и соответствующее длине волны. Если иметь дело с излучениями в двух длинах волны — фотографической и фотовизуальной: $\lambda_{\text{ф}}$ и $\lambda_{\text{фв}}$, то $A(\lambda_{\text{ф}}) - A(\lambda_{\text{фв}})$ будет означать избыток цвета: ИЦ. Для последнего можем написать:

$$\text{ИЦ}(\lambda_{\text{ф}}, \lambda_{\text{фв}}) = \text{ПЦ}(\lambda_{\text{ф}}, \lambda_{\text{фв}}) - \text{ПЦ}_{\text{н}}(\lambda_{\text{ф}}, \lambda_{\text{фв}}),$$

где ПЦ означает показатель цвета в системе лучей $\lambda_{\text{ф}}$ и $\lambda_{\text{фв}}$, а ПЦ_н — нормальный, не отягощенный межзвездным поглощением и соответствующий данному спектральному классу показатель цвета.

Для нормального показателя цвета можно написать:

$$\text{ПЦ}_{\text{н}}(\lambda_{\text{ф}}, \lambda_{\text{фв}}) = M(\lambda_{\text{ф}}) - M(\lambda_{\text{фв}}),$$

где $M(\lambda)$ — абсолютная звездная величина в системе данной в то время как, для наблюдаемого показателя цвета напишется:

$$\text{ПЦ}(\lambda_{\text{ф}}, \lambda_{\text{фв}}) = m(\lambda_{\text{ф}}) - m(\lambda_{\text{фв}}).$$

Здесь $m(\lambda)$ — видимая звездная величина.

Следовательно, решив два последних уравнения, мы можем решить и первое уравнение, т. е. вычислить избыток цвета. Эта задача не трудная, т. к. все нужные величины относительно легко доступны определению из наблюдений.

Но как определять $A(\lambda)$? Последняя величина входит в важную формулу:

$$m(\lambda) - M(\lambda) - 5 \log r = A(\lambda) - 5,$$

из которой она определяется как разность фотометрического и геометрического расстояний. Но пользоваться этой формулой для определения $A(\lambda)$ весьма затруднительно, т. к. во-первых, необходимы независимые определения расстояния r , что отнюдь не является легкой задачей и, во-вторых, задача определения $M(\lambda)$ по спектральной классификации не решается однозначно и вообще тоже трудна.

Поэтому весьма важно уметь определять $A(\lambda)$ по соотношению:

$$A(\lambda) = \gamma(\text{ИЦ}),$$

т. е. — уметь вычислять множитель, переводящий легко определяемый избыток цвета в общее поглощение.

Отношение общего фотографического поглощения к избирательному можно вывести, если знать закон избирательного поглощения. Обычно исходят из считаемого наиболее приемлемым закона обратной пропорциональности первой степени длины волны. Тогда отношение общего фотографического поглощения к избытку цвета, т. е.

$$\frac{A(\lambda_{\phi})}{\text{ИЦ}} \text{ равно } \frac{A(\lambda_{\phi})}{A(\lambda_{\phi}) - A(\lambda_{\phi\text{в}})} \text{ или } \frac{\lambda_{\phi}^{-1}}{\lambda_{\phi}^{-1} - \lambda_{\phi\text{в}}^{-1}}$$

Подставляя сюда значения эффективных длин волн, соответствующих данным наблюдениям, можно получить численную величину этого отношения. Это теоретический путь определения отношения.

Но вычисленное таким путем отношение приводит нас, по существу, лишь к нижнему пределу величины общего поглощения, т. к. здесь не учитывается нейтральная составляющая поглощения (см. П. П. Паренгао, [135], стр. 98, 99). Это обстоятельство часто пренебрегалось. О. А. Мельников один из немногих, кто обратил должное внимание на него [114]. Однако, М. А. Вашакидзе [40] пошел еще дальше. Он сумел, путем ряда независимых, опытных (из наблюдательного материала) определений фактора и сопоставления двух значений общего поглощения: $A = \gamma(\text{набл.}) \times \text{ИЦ}$ и $A = \gamma(\text{теорет.}) \times \text{ИЦ}$, количественно оценить нейтральное поглощение и установить, что последнее является довольно ощутимой величиной, которой нельзя пренебрегать. Вашакидзе оценил нейтральное поглощение в трех случаях. В первом он вычислил общее поглощение по формуле Н. Ф. Флоря [196] и, вместе с тем, по данным Стеббинса о фотоэлектрических избытках цвета шаровых скоплениях — по формуле $\gamma(\text{теорет.}) \times \text{ИЦ}$. Во втором и третьем случаях общее поглощение по формуле Флоря (т. е. поглощение, включающее в себя и неселективную часть) он сопоставил с определениями поглощения по цветовым избыткам звезд типа В (Стеббинса) и слабых звезд в Площадках Каптейна, пользуясь нашим каталогом.

В результате М. А. Вашакидзе получил значение среднего коэффициента нейтрального поглощения, которое оказалось 0.3 зв. величины. При этом получены веские указания на неравномерность распределения нейтрально поглощающей массы космического вещества: встречаются направления, где нейтральное поглощение превосходит 0.5 зв. величины на 1 кпс и, наряду с этим и такие, где оно около нуля. Следовательно, нельзя соглашаться с недавним утверждением Дюфея [427].

что неселективным поглощением якобы можно вовсе пренебречь также, как и рассеянными свободными электронами.

Обращает на себя внимание неравномерность пространственного распределения. Это свойство оказывается универсальным, т. е. им обладают все известные виды космической межзвездной материи.

Попытка, в дальнейшем, определить массу галактического вещества, которое представлено в этом новом («нейтральном»), еще не изученном виде, может дать несомненно интересные результаты.

С другой стороны, становится ясной важность расширения определенных фактора γ из наблюдений. Поскольку исследования А. Н. Д е й ч а, как уже отмечалось, показали, что собственные движения дают надежный независимый метод оценок общего межзвездного поглощения, дальнейшее использование собственных движений весьма важно и для данной цели. Последней смогут эффективно служить и одновременные подсчеты внегалактических туманностей и измерения избытков цвета звезд в одних и тех же направлениях.

О. А. М е л ь н и к о в [109, 114], получил для случая фотографического поглощения 4.6 и для визуального — 3.6, в качестве нижних пределов истинных значений.

Многосторонне и с большой полнотой исследовал данный вопрос Н. Ф. Ф л о р я [196], применивший несколько независимых и новых способов для определения отношения непосредственно из эмпирических данных. При этом, он не нуждался в учете вида зависимости поглощения света от длины волны. На самом же деле теоретически определяемое отношение может менять свое значение в зависимости от того, какой закон поглощения берется за основу. Он очень строго подошел к выбору материала для вычислений в том смысле, что учел необходимость приведения к одному расстоянию объектов, по которым оценены общее и избирательное поглощение. Ф л о р я выполнил около двух десятков определений и нашел, что

$$\gamma = \frac{A(\lambda_{\phi})}{ИЦ} = 5.07,$$

со средней ошибкой около 4%.

Значения γ и до сих пор выводились зачастую из наблюдений, но последние не ставились специально для этой цели и носили в большинстве случаев случайный характер. Тем не менее, мы упомянем некоторые из них.

Г р и н ш т е й н [485], например, определил общее поглощение по подсчетам звезд, а показатели цвета в тех же направлениях вычислил по спектрофотометрическим градиентам «окрашенных» звезд и получил для

фактора значение около 4 и 6-ти в интернациональной шкале¹. Электрофотометрические определения и другие данные позволили Оорту [732] оценить нижний предел этого отношения равным 5.5. При этом, Оорт делал несколько оценок, комбинируя разными способами данные об избирательном и общем поглощении. Не все из этих оценок одинаково надежны, т. к. они исходят из разных, неодинаково равноправных допущений. Например, вычисления по одному из способов он основывает на допущении, что ранние звезды типа О-В имеют одинаковые абсолютные величины, как на низких, так и на высоких широтах, что не может считаться вполне правильным. Интересен способ Оорта, основанный на рассмотрении разностей в цветах отражающих туманностей и освещающих их звезд.²

Однако, к результату вычислений Оортом этим способом не приходится относиться с полным доверием, т. к. Оорт основывал вычисления на рэлеевской теории рассеяния, неприемлемой с точки зрения нынешних данных. Сейферт и Поппер [863], исследовавшие величины, цвета, спектры и радиальные скорости 118 звезд типа В между 9-ой и 13-ой зв. величинами, пришли к значению 3.23. Эта работа выполнена довольно тщательно³. Общее поглощение в ней определялось на основании наблюдаемого увеличения с расстоянием разности между видимым модулем расстояний и истинным расстоянием, выведенным из анализа лучевых скоростей на основе теории галактического вращения.

На основе исследования шаровых куч Стеббинс и его коллеги пришли к выводу, что избирательное поглощение от полюса до полюса Галактики равно 0.13 зв. величины в интернациональной шкале показателей цвета и, сравнив это значение с оценками оптической толщины в фотографических лучах Ван-де-Кампа [585], Хаббла [560] и Шэпли [866], основанными на подсчетах внегалактических туманностей (от 0.5 до 0.8 зв. величины), получили для отношения значения от 3.8 до 5.9. В более поздней работе Стеббинс [905] получил исправленное значение: 6. Последнее подтверждается и его новейшей работой, основанной на фотоэлектрических измерениях звезд в широких пределах

¹ Холл [518], также прибегал к этому способу, исследовав спектрофотометрические градиенты в более красной части спектра, чем это было у Гринштейна.

² Эту идею впервые использовали еще раньше Струве, Эльви и Кинан [951] для Плеяд и Колинс [409]—для других туманностей. Но, вычисления Оорта, привлечшего большой материал, в том числе и данные Струве, Эльви и Рос [953] и Кинан [597] отличаются большей полнотой.

³ Вблизи к этому числу значение Аллера и Трэмплера [268, 970]. (См. также определения Хольмберга [548]).

спектра с помощью нового электрофотометра [912]¹. Доверия заслуживает результат Сирса и Джойнер [851] в одной из последних их работ, посвященной определению эффективных длин волн стандартных величин интернациональной цветовой системы, по которому отношение равно 5.0.

В этой важной работе отношения полного фотографического поглощения к избытку цвета вычислены для разных температур.²

Разброс в получаемых значениях отношения довольно велик. Частично его надо приписать тому обстоятельству, что наблюдения разных авторов относятся к разным системам длин волн. Последние же имеют прямое влияние на результаты вычислений. Однако, даже после редукции к интернациональной системе, в этих значениях остается заметный разброс. Комбинируя имеющиеся к настоящему времени данные, можно признать наиболее приемлемым значением нижнего предела отношения общего фотографического поглощения к избирательному поглощению среднее число около 5-ти. Однако необходимо считаться с вероятностью непостоянства этого отношения. Достаточно вспомнить случаи, когда в некоторых направлениях большому общему поглощению соответствует малое избирательное или наоборот. Вполне возможно, что пропорция неизбирательно и избирательно поглощающих частиц, составляющих межзвездное вещество, в отдельных случаях заметно отклоняется от средней. А если это так, тогда определение поглощения на основе цветовых определений и задача исправления расстояний становятся еще более сложными.

Присущая галактической поглощающей среде иррегулярность и неоднородность допускают, чтобы пылевые частицы разных диаметров, обуславливающие общее и избирательное поглощение, не всюду были одинаково перемешаны между собой. А если это так, тогда заведомо нельзя

¹ В последнее время Гринштейн и Хэнией [494] получили значение 8, применив развитый ими новый способ определения рассматриваемого отношения. Хотя они приводят малую вероятную ошибку (0.4), но это надо понимать, как внутреннюю сходимость при вычислениях их методом. На самом деле может иметь место значительная систематическая ошибка, поскольку их определения основаны на некоторых произвольных допущениях.

² Известен ряд других определений отношения, основанных на наблюдениях избытков цвета, градиентов, внегалактических туманностей и других наблюдательных данных или на теоретических вычислениях [571, 658, 800, 802, 843, 451, 270, 882, 95, 25, 709, 921, 692, 565]. Они базируются на разнородном материале, многие из них относятся к отдельным небольшим участкам неба, подкреплены небольшим материалом, и все они дают значения от 2-х до 8-ми. При этом, как правило, в областях явного потемнения (обскурации) или в темных облаках, это отношение достигает наибольших значений. Возможно, что это— влияние присутствия в них неселективно поглощающего вещества. Недавно, МакЛалэн [671] предложил для отношения фотографического поглощения к избытку цвета значение 3.7, к которому он пришел на основе изучения зависимости между избытками цвета шаровых скоплений и галактическими широтами в свободных от обскурации участках, сравнивая вычисления по закону косеканса с ходом избытка цвета. Возможно, что это значение не свободно от влияния селекции, поскольку данные относились исключительно к светлым, свободным от видимого потемнения участкам.

принять какое-либо одно значение отношения для всего галактического пространства. И стало быть, учет этого поглощения на основе цветовых определений становится мало уверенным, а вся задача исправления расстояний еще более сложной. С другой стороны, можно вполне ожидать, что в вариациях значения отношения имеют место и некоторые закономерности, как например, закономерность, указанная С т е б б и н с о м [910] и заключающаяся в том, что численная величина отношения в высоких галактических широтах больше, нежели в нижних. Но установление подобных закономерностей требует весьма тщательных и вместе с тем полных исследований. В частности, необходимо исследование избирательного поглощения во всех тех областях, где общее поглощение надежно оценено.

Вычисление отношения полного фотографического поглощения к избирательному требует знания закона избирательного поглощения, т. е. знания вида или характера зависимости поглощения от длины волны. Этим, а также другими обстоятельствами, обусловлена важность изучения вопроса о законе избирательного поглощения. Исследование этого закона приближает нас вместе с тем к выяснению вопросов, связанных с физикой рассеяния, с природой рассеивающей среды. Этот закон служит основанием для определения из наблюдений физических характеристик частиц, составляющих космическое поглощающее вещество.

История вопроса о законе избирательного поглощения ведет начало с 1930 года. При этом, она полна многих трудностей и противоречивых результатов. Трудности усугубляются тем, что вид функции поглощения оказывается зависящим не только от длины волны, являющейся основным аргументом, но и от ряда параметров, которые определяются физическими и химическими свойствами вещества: оптических постоянных, состава, размеров и т. д. Не все из последних характеристик принимались во внимание или, во всяком случае, в отношении их строились разные допущения, что вносило в исследование вопроса дополнительную сложность. Так или иначе, дискуссия о физике рассеяния или о законе избирательного поглощения шла параллельно с исследованием остальных вопросов космического поглощения, столь же оживленно.

Уже в 1930 году были сделаны сопоставления распределения интенсивности в спектре звезд, принадлежащих скоплениям (*NGC 6910* и *NGC 6913*), с распределением спектральной интенсивности близких и неотягощенных поглощением звезд тех же спектральных классов и был получен вывод, что покраснение должно следовать закону λ^{-1} [967]. Спектрофотометрические исследования О. Струве с сотрудниками [954] двух красных звезд типа В привели к тому же виду зависимости, хотя результаты оказались несвободными от противоречий. Последние, надо думать, вызваны были тем, что для одной из исследованных звезд неудачно были выбраны звезды сравнения. Теоретические рассуждения, основан-

ные на применении теории М и [687], заставили Шэнберга и Юнга также считать справедливым закон λ^{-1} [829, 830]. Однако, из ряда других теоретических работ вытекало, что показатель степени в формуле, выражающей закон поглощения, меняется от -4 до -1 , в зависимости от размеров частиц [825] и что, кроме того, закон поглощения зависит от того, частички каких форм—шарообразных или цилиндрических—принимаются в расчет при соответствующих вычислениях [989]. Глэйсберг склонялся в первых работах к допущению рэлеевского рассеяния [458, 459, 460, 461]. Он посвятил этому вопросу целый ряд исследований, используя почти весь имеющийся в то время материал по цветовым избыткам звезд, т. е. фотоэлектрические показатели цвета* Стеббинса, Эльви, Бекера, а также и цветовые показатели, выведенные из фотографических величин Герцшпрунга и визуальных—Гарвардской фотометрии. Глэйсберг применил оригинальный метод, введя в связи с этим понятие «функции окрашивания» (Verfärbungsfunktion). В результате этих исканий он не получил, правда, вполне определенного заключения, но все же отверг закон λ^{-1} [462, 463, 464, 465]. Эти работы Глэйсберга приходится признать несостоятельными, из-за грубых ошибок обработки материала. Шален [802] пришел к выводу о справедливости закона λ^{-1} для исследованных им темных облаков Млечного Пути и закона λ^{-2} для областей, расположенных вне этих облаков. При этом, он пользовался способом, заключающимся в определении интенсивности некоторых двух участков спектра ($\lambda\lambda$ 3950, 4440). Определяя таким образом избирательное поглощение и выводя значение фотографического поглощения по звездным подсчетам, он находил далее значения поглощения для тех же длин волн. Этот метод Шалена так же нельзя признать строгим. А его результаты тем более ненадежны, что он пользовался не вполне уверенным значением коэффициента общего поглощения. Вилькенс [1001, 1002] пришел к выводу в пользу закона λ^{-4} , но ему нельзя придавать значения из-за незначительности материала и нестроты численных результатов. Берман [357] попытался представить зависимость коэффициента поглощения от длины волны некоторой эмпирической формулой.

Но, пожалуй, в первые годы после начала систематического исследования закона поглощения, астрономы больше склонялись к убеждению, что для межзвездного поглощения соблюдается закон $A \approx \lambda^{-4}$, т. е.—закон, аналогичный рэлеевскому рассеянию света в атмосфере Земли. Распространению этого убеждения весьма способствовала оценка поглощения, данная Трэмплером. Этой оценке доверяли, а ей соответствовало, как это можно элементарно показать, соотношение $A \approx \lambda^{-4}$. Но, величина поглощения, выведенная Трэмплером, была наконец отвергнута; существенные недостатки метода его определения были вскрыты в

работе П. П. Паренаго, Б. В. Кукаркина и Н. Ф. Флорья [141].

С другой стороны, О. А. Мельников [109] в Пулкове в 1936 году исследовал вопрос на спектрофотометрическом материале, относящемся к звездам с характеристикой «с» в двойном скоплении Персея, и показал несоответствие соотношения $A \approx \lambda^{-1}$ наблюдениям. Мельников предложил другой закон, а именно: $A \approx \lambda^\alpha$, где α приблизительно равна -1, но меняется с длиной волны, увеличиваясь по модулю с увеличением длины волны. Ее значения около $\lambda\lambda$ 3500, 4400, 5500 и 8000 Å соответственно равны: -0.5, -1.0, -1.2 и -1.5. Эти значения следует считать наиболее надежными в настоящее время.

Выводы О. А. Мельникова были подтверждены многими другими астрономами. Почти одновременно с ним Рудник [781] показала также в результате спектрофотометрических исследований, — отклонение от рэлеевского закона в области коротких волн спектра. Хотя надо сказать, что работа Рудник методически не безупречна. Она слишком свободно обращается с единой кривой $(\Delta m, \frac{1000}{\lambda})$, построенной ею для весьма широкого интервала длин волн, пользуясь измерениями фотопластинок различных сортов. Пожалуй подобным же недостатком страдает и работа Кинле, Штрасля и Вемпе [605, 602, 480], применивших одну ортохроматическую пластинку для построения кривой в широком спектральном интервале. Это может вызвать в ходе кривой вариации, обусловленные свойствами эмульсий и ничего общего не имеющие с закономерностью межзвездного рассеяния света. Кстати, разбор всех имеющихся данных, основанных на спектрофотометрии звезды ζ Персея, привел Кинле [604] к заключению, что покраснение в пределах $\lambda\lambda$ 3000—10000 Å выражается экспоненциальным законом, в котором показатель степени несколько меньше единицы.

Более поздние подтверждения вывода Мельникова мы встречаем в работах Гринштейна [484, 485], анализировавшего относительные градиенты покрасневших звезд, Стикера [921], Штроемера [926], у которого относительные градиенты в красном участке спектра (4900—6350 Å) превосходят градиенты синего участка (4000 — 4900 Å), Стеббинса и его коллег [905], Холла [517] и др. Кстати, Холл исследовал красный и инфракрасный участки спектра нескольких звезд типа В, используя фотоэлектрические измерения. Показатель, равный в инфракрасном участке -1.6, обнаружил постепенное уменьшение (по модулю) при переходе к коротковолновой части спектра (до 1.2 в визуальном участке).

Б. В. Кукаркин [85] в Москве, в 1940 году исследовал сводные фотоэлектрические показатели цвета (большой каталожный материал) и установил вновь справедливость закона λ^{-1} . Именно этот результат заставил его прийти к заключению, что общее фотографическое поглощение, по крайней мере, около галактической плоскости, в 3 раза больше того, что считал Трэмплер. Недавно Бекер [348], исследовав 43 звезды в скоплении NGC 7654, нашел подтверждение закону λ^{-1} в участке спектра 3730—6380 Å. Тот же результат получает Бекер и в последних колориметрических исследованиях основанных на использовании трех стандартных участков спектра [354, 349, 350].

Итак, избирательное поглощение меняется обратно пропорционально приблизительно первой степени длины волны, во всяком случае, в пределах спектра, обычно наблюдаемого. Следовательно, в первом приближении справедлив закон $\lambda^{-\alpha}$, где $\alpha \approx 1$, но—только в первом приближении. Точно он не соблюдается. Как для длинных, так и для коротких волн кривая λ^{-1} отклоняется от линейного закона.

И, действительно, «шестицветные» электрофотометрические измерения, осуществленные Стеббинсом [912] в пределах спектра $\lambda\lambda$ 3500—10500 Å повторили прежние указания, на отклонения от закона λ^{-1} и, следовательно, подтвердили заключения Мельникова, высказанные им еще в 1936 г.¹

В настоящее время электроколориметрические измерения простираются от λ 3200 Å до λ 21000 Å [617, 398], и подтверждение заключению Мельникова находится в весьма широких интервалах. Уйффорд [999], например, ведший электрофотометрические измерения за 1 μ , заметил отклонения от λ^{-1} в спектральном участке около λ 20000 Å. При $\lambda > 2 \mu$ наблюдается переход к закону λ^{-4} .

Следовательно, надо заключить, что теория Рэлея не дает возможности интерпретировать относящийся к обычно используемому участку спектра спектрофотометрический материал. Кстати, имеются указания и относительно того, что рэлеевское рассеяние не находит подтверждения также и в светлых, отражающих туманностях. Зато, с теорией Ми результаты спектрофотометрических исследований находятся в относительном согласии. Конечно, для условий рассеяния космическим веществом невозможно вполне уверенно и ее применение. Слишком много различий между условиями межзвездной среды и коллоидными растворами металлов, для которых и была создана Ми его теория, имеющая при этом в виду только шаровидные частицы. Потому и дают наблюдения отклонения от соотношения λ^{-1} . Но, оно все же приемлемо для толкования современных данных и для реше-

¹ См. также Барбье и Шалонж [296, 297].

ния большинства задач. Оно играет большую роль в современных исследованиях. На самом деле, вообще закон избирательного поглощения должен выражаться более сложной функцией, чем λ^{-1} . Но, в связи с этим должна измениться и формула для вычисления γ .

Шагом вперед в деле уточнения переводного фактора является работа М. А. В а ш а к и д з е [38, 40] в Абастуманской обсерватории. Он вывел формулу для вычисления множителя, учитывающую установленный факт, что показатель степени при длине волны в законе поглощения не является постоянным. Построив среднюю кривую спектрофотометрических градиентов по всем имеющимся данным спектрофотометрических определений и взяв из нее значения показателя, соответствующие интернациональным эффективным длинам волн (4320, 5400 Å), он получил по своей формуле для переводного фактора значение, равное 4.6.

Но, если можно считать установленным лишь приблизительное соответствие действительности соотношения λ^{-1} и наличие отклонений от него, зависящих от длины волны, то мало известным является вопрос—действует ли во всех частях Галактики один и тот же закон?

О. А. М е л ь н и к о в, в цитированных исследованиях, указывал на возрастание показателя степени при λ с удалением от галактической плоскости. В и л ь к е н с [1001], исследовав 27 шаровых скоплений, пришел к выводу, что во внешних слоях межзвездной среды Млечного Пути закон λ^{-1} переходит в закон, приближающийся к соотношению λ^{-4} .

Изменение закона поглощения в зависимости от положения масс межзвездных частиц в галактическом пространстве вполне вероятно, если связывать его с вероятным же изменением частоты распределения величин пылевых частиц. Наш материал, например, показывает, что размеры частиц на высоких галактических широтах в среднем на 10—15% меньше, чем около галактического круга. Конечно, это—результат, относящийся к средним, грубым оценкам. И в такой мере изменения несколько не кажутся противоречащими нашим представлениям об общих структурных и эволюционных характеристиках Галактики.

С т е б б и н с, правда, показал в работе [912], что закон поглощения как бы—одинаков во всех направлениях Галактики, но этот результат был основан на шестицветной электроколориметрии относительно ярких звезд типа О и В и эффект удаления от галактической плоскости обнаружен не мог быть. И, хотя с ним согласен вывод О о р т а [732], но с другой стороны, ведь Б а а д е и М и н к о в с к и й [288, 289] явно показали отличие соотношения поглощения с длиной волны от обычной формы в некотором конкретном направлении на скопление Трапеции в Орионе. Причем вывод этот нашел все-таки поддержку в тех же шестицветных

электроколориметрических измерений Стеббинса и Уйтфорда [1913].

Совершенно очевидно теперь весьма большая иррегулярность межзвездной материи, резкие различия ее плотности. Вполне вероятны и иррегулярности в смысле частоты распределения величин межзвездных частиц. Это тем более, что цитированные выше исследования М. А. В а ш а к и д з е дали указание на вероятную иррегулярность нейтрально поглощающей части вещества. При всем этом, конечно, не исключается средняя закономерность изменения размеров частиц в зависимости от удаления от галактической плоскости, т. е. закономерность, аналогичная той, что действует в отношении средней плотности поглощения межзвездной среды.

Различия в частоте распределения размеров межзвездных частиц вероятны и в эволюционном аспекте, если допускать, что частички образуются из межзвездного газа путем конденсации. Непрерывное перемешивание масс, конечно, сглаживает различия.

Однако, более или менее полное решение вопроса требует дальнейших, широко поставленных работ, особенно по спектрофотометрии звезд.

Этот метод является очевидно наиболее надежным. Хотя он также сопровождается рядом трудностей, несколько снижающих его ценность. Из них, главная в том, что не всегда легко выбрать в качестве звезды сравнения такую, которая не была бы отягощена влиянием межзвездного избирательного поглощения или покраснением, присущим самой звезде (эффект абсолютной величины). Спектрофотометрические определения выполнялись довольно часто, но они опирались на небольшое количество объектов и в большинстве случаев относились к сравнительно небольшому участку спектра. Для успешного решения задачи необходимо значительно расширить область длин волн, подвергающуюся спектрофотометрии. Большая светимость и простота спектров делают ранние В звезды отличным объектом для исследования закона зависимости от длины волны. В этом смысле надежные результаты могут быть получены дальнейшими электроколориметрическими измерениями, осуществляемыми в широких пределах спектра.

Однако, весьма ценное применение нашли бы и для данной цели телескопы новой конструкции М е л ь н и к о в а [115]. Как известно, они представляют собой комбинации с бесщелевыми кварцевыми спектрографами, дающими дисперсию около 50 \AA на 1 мм в ультрафиолетовом участке спектра, а наблюдения, благодаря применению, к тому же, алюминированной отражательной оптики, распространяются на область с длинами волн короче 3000 \AA .

Возможно полное выяснение характера (закона) поглощения необходимо как для более точного определения отношения полного поглощения к

покраснению, что очень важно с точки зрения исследования строения Галактики, так и для контролирования физических теорий о природе межзвездного вещества.

§ 9. Природа межзвездной поглощающей среды

Изучение космического поглощения преследует, в основном, две цели: первую и главную—определение влияния поглощения на расстояния и введение соответствующих коррективов, вместе с изучением пространственного распространения самого поглощающего вещества. Это определяет звездно-астрономический интерес к проблеме космического поглощения. Вторая цель заключается в выяснении физической природы межзвездной среды. Это—астрофизическая сторона проблемы. Само собой разумеется, что сведения, добытые в этой последней области немало способствуют решению звездно-астрономической части проблемы, как и наоборот. Естественно, поэтому, что за последние 15—20 лет исследование обеих частей данной проблемы шло параллельно. Однако, в силу того, что каждая из этих сторон требует применения к себе своих методов и наблюдательных средств, данные исследований и наблюдений или конечные результаты накапливались неравномерно.

В настоящее время не приходится сомневаться в том, что межзвездная среда состоит из веществ двух родов (не говоря о твердых телах больших размеров, вызывающих нейтральное поглощение): твердых пылевых частиц и газа (атомов и молекул). При современных методах исследования, межзвездный газ является более доступным объектом изучения с точки зрения астрофизического интереса проблемы. Данные, доставляемые физическими исследованиями межзвездного газа, отчасти, в пределах допустимого, распространяются и на всю межзвездную среду. Однако, некоторые физические характеристики в отношении пылевого вещества выясняются и самостоятельно, именно, путем колориметрического или спектрофотометрического исследования звезд, свет которых, прежде чем дойти до нас, проходит сквозь слой пылевой материи.

Первой и основной характеристикой природы космической пылевой среды следует считать размеры твердых частичек, составляющих эту среду. Известно, что общее и избирательное поглощение вызываются твердыми частичками, а не газом. Еще в самый первый период исследования проблемы поглощения, указывалось, что плотность газового вещества, требуемая для объяснения наблюдаемого поглощения, во много раз больше той плотности, которая имеется в окрестностях Солнца, населенных звездами и всеми другими космическими телами или веществами. Межзвездный газ вызывает поглощение лишь в отдельных линиях

спектра, а для того, чтобы он был способен вызывать наблюдаемое поглощение света, он должен был быть сконцентрирован в таком количестве, которое не вяжется с современными данными о массе, движениях и динамических свойствах всего звездного мира, в целом. Только в каком-либо одном, хотя и большом облаке пришлось бы допустить массу порядка миллиарда солнечных масс.

Кстати отметить, что наблюдаемое поглощение не может быть вызвано в должной мере рассеянием света свободными электронами, которые в какой-то пропорции могут быть в межзвездном пространстве вследствие ионизации газа.

Наконец, межзвездное вещество не могло быть и жидкостью в условиях низкой температуры межзвездного пространства.

Лишь при рассеянии света пылеобразной средой твердых частиц можно объяснить наблюдаемое поглощение наличием допустимых масс поглощающего вещества. При этом от размеров этих частиц зависит характер поглощения. Крупные частицы, экранируя свет, способны вызывать нейтральное, не зависящее от длины волны, поглощение, т. е. общее поглощение, если конечно, пренебрегать той частью света, которая проходит касательно к частицам, и претерпевает диффракцию. Последняя же, как известно, зависит от длины волны. Достаточно мелкие же частицы рассеивают свет избирательно, т. е. разно для разных длин волн и вызывают покраснение света звезд.

Явления, связанные с поглощением, заставляют думать, что поглощающая среда состоит, главным образом, из весьма мелких твердых частичек. Сам факт наличия избирательного поглощения служит указанием на то, что частицы не могут быть крупными. Вероятность присутствия в той или иной пропорции и больших частиц, конечно, значительна. Можно сказать, что наличие их в ряде направлений и вовсе не подлежит сомнению (М. А. В а ш а к и д з е, [40]). Но, эффективность рассеяния твердыми частицами зависит не только от химического состава поглощающей среды, но и от размеров этих частиц. Р а с с е л давно показал, что твердые частицы, имеющие размеры порядка длины волны света, могут вызывать наблюдаемое поглощение, именно при условии наличия этих частиц в таких количествах, которые не противоречат принятым данным о средней плотности и массе Галактики [783]. О. Ст р у в е [940] подробно рассмотрел вопрос о размерах частиц межзвездной пыли и пришел к выводу, что следует принять для их среднего значения 10^{-5} см. (См. изложение в Курсе П. П. П а р е н а г о [134], стр. 256—258).

Ряд явлений приводит к порядку размера частиц в 10^{-5} см, а именно: вычисляемые теоретически и определяемые из наблюдательных данных пределы средней плотности в галактическом пространстве; выводимые из наблюдений величины поглощения; чисто физические явления: относительно низкая степень поляризации света, рассеиваемого туманностями; отсутствие видимых дифракционных колец, образуемых вокруг звезд туманностями и др.

Еще в тридцатых годах были выполнены работы, которые, хотя с точки зрения сегодняшнего дня уже кажутся несколько примитивными, но все-таки внесли заметный вклад в исследование данного вопроса [800, 802, 803, 806]. Были выполнены подробные вычисления для разных металлов (железо, никель, медь, цинк, натрий) и для разных значений коэффициентов поглощения. Исходя из известных значений оптических постоянных данного металла и рассматривая данные волн, наиболее часто встречаемые в астрономической практике, строили графики связи отношения коэффициентов для двух длин волн с диаметром частиц, исходя из физической теории рассеяния Ми [687] (См. Б. Ю. Левин [94], И. А. Хвостиков [215]). С помощью таких графиков можно однозначно определить диаметр частиц по заданным или полученным из наблюдений отношениям коэффициентов поглощения в двух участках спектра. Теория Ми разработана для идеальных металлических частиц в виде сфер, взвешенных в некоторых растворах. Допустив, что космические частички состоят из железа,—по аналогии с метеорами, которые содержат железо в большом количестве [610]—и внося в вычисления оптические постоянные железа, Шален нашел, что размеры частичек в отдельных темных облаках (в Лебеде, Цфефе, Возничем, «Северной Америке», Персее) около $500-1000 \text{ \AA}$. Для других металлов получаются несколько отличные размеры. Следовательно, для того, чтобы с уверенностью определять размеры частиц, необходимо знание и химического состава межзвездной среды. Однако, при современном состоянии наших средств исследования, эта последняя задача трудно разрешима. Во всяком случае, невозможно определять химический состав и размеры частичек одновременно, исходя из данных наблюдения над покраснением света избирательным поглощением.

Одновременно Шален пришел к выводу, что вне темных облаков частицы несколько меньше в размерах, чем в самых темных облаках. Шален привлек и спектрофотометрический материал для решения поставленной им задачи. Он объяснил выявленное спектрофотометрией распределение энергии в спектрах звезд, расположенных в темных облаках, погло-

щением частичками железа с диаметром около 70—80 $m\mu$ ¹. Следовательно спектрофотометрические измерения показали согласие с результатами исследований, основанных на избытках цвета.

Определение размеров частиц для разных элементов выполнено О. А. Мельниковым [109, 114] на основании наблюдений, полученных в Симеизской обсерватории. Используя и теоретические рассуждения, он пришел к размерам частиц порядка 100 $m\mu$ (детальнее: 85 $m\mu$ для железа и до 155 $m\mu$ для никеля).

Т. А. Кочлашвили [79] в Абастуманской обсерватории вычислила размеры частиц в трех направлениях (на М 34, М 35 и «Циррус») и получила для всех из них один порядок размеров:

100 $m\mu$ для железа,
135 „ для никеля,
160 „ для непрозр. диэлектриков.

Надо иметь в виду, что все три области лежат на малых или умеренных галактических широтах (-15° , $+3^\circ$, -10° , соответственно).

Само собой разумеется, что можно говорить лишь о преимущественном или среднем размере частиц. В действительности же, надо думать, что материальная среда содержит частицы самых разнообразных размеров, что делает довольно трудным истолкование данных о цветах звезд. Гринштейн, очевидно учитывая это обстоятельство, теоретически исследовал частоту распределения частиц различных диаметров, исходя из данных распределения частоты гиперболических метеоров и получил при этом, что частота диаметров частичек обратно пропорциональна третьей степени диаметра [484].

Полное решение этого вопроса нуждается в обширных спектрофотометрических измерениях, могущих приблизить нас к истинному виду закона поглощения, который лежит в основе подобных вычислений.

К данным о гиперболических метеорах (о метеорах «космического происхождения») часто прибегают не только для определения размеров частиц, но и для выяснения космической природы поглощающей среды вообще [987]. Очень трудно выяснить вопрос о составе поглощающего вещества прямыми наблюдениями. Аналогия с метеорами часто служит исходным пунктом при рассмотрении вопроса о составе межзвездной материи или в

¹ По спектрофотометрическим исследованиям Бааде и Минковско-го [289] размеры частиц достигают 150 $m\mu$. Гринштейн [484] и другие также получали для среднего размера рассеивающих частиц значения порядка 10^{-8} сантиметра, беря за основу теорию Ми и закон λ^{-1} . Интересно, что чисто теоретические соображения, т. е. совершенно самостоятельный, независимый от цветовых показателей и спектрофотометрических данных путь, дали близкий к этому результат: диаметр частиц около 160—200 $m\mu$ [814].

исследованиях величин, плотности, массы и даже динамических характеристик поглощающей среды, когда эти исследования ведутся чисто теоретически или основаны на дискуссии данных наблюдений. Вместе с тем, разумеется, результаты спектрального изучения химических характеристик диффузных туманностей также могут быть распространены и на всю межзвездную среду, вообще.

Определение частоты частиц разной величины межзвездного вещества имеет важное значение с точки зрения изучения строения Галактики, особенно, если иметь в виду, что уже Мельников [109] сделал указания на то, что средний диаметр частиц пылевой материи не остается постоянным во всем галактическом пространстве, а меняется, уменьшаясь с удалением от галактической плоскости.

Данные Стеббинса [912], показавшие, как будто, что зависимость межзвездного рассеяния от длины волны одинакова как в плотных, так и в разреженных облаках, нельзя рассматривать как противоречие результату Мельникова, т. к. исследованные Стеббинсом облака мало отличаются между собой галактическими широтами. Данные Стеббинса скорее дают основу рассуждениям относительно происхождения частичек из межзвездного газа путем конденсации. Вообще же, имея в виду иррегулярность распространения межзвездного вещества, надо считаться и с возможностью неоднородности в его физическом составе, в частности, в смысле распределения в нем частиц различных диаметров.

Так или иначе, важной задачей является определение рассматриваемой частоты в разных направлениях, на разных галактических широтах. И тут метод избытков цвета звезд является одним из наиболее эффективных способов исследования. Работы же, выполненные до сих пор в этом направлении, были далеко еще не достаточны и не полны.

Подвергнув анализу с этой точки зрения наш каталог, мы получили указание на то, что размеры частиц в направлениях на высокие широты на 10—15% меньше размеров в галактической плоскости (см. ниже).

В общем же, исследования, основанные на анализе межзвездного поглощения в связи с теорией рассеяния Ми, когда частички принимались за металл:—железо, никель, цинк, медь, натрий,—привели к среднему значению радиуса частиц межзвездной пыли, равному около 100 м μ . Примерно такие частицы отвечают соотношению (закону) λ^{-1} . Это является наиболее часто встречающимся средним размером твердых частиц.

В этой же связи интересен вопрос и о плотности и массе межзвездного вещества. Данные о метеорах бывали в некоторых исследованиях исходными и для вычисления этих величин. Выводилась средняя пространственная плотность метеоров по среднему числу тех метеоров, которые залетают в

земную атмосферу в течение суток. Обобщение результатов для межзвездного пространства, давало для плотности значение порядка 10^{-26} гр/см³ [438]¹.

Надо однако полагать, что вычисляемое поглощение света, которое может быть вызвано массой метеоров, определенной по их суточной частоте, составляет лишь некоторую долю того поглощения, которое получается из наблюдений над звездами. Шален [800], исходя из теории Ми, получил для темных облаков в Возничем и Цефее плотности 0.4×10^{-25} и 0.6×10^{-26} гр/см³, соответственно. Для массы же получил 35 солнечных масс в случае первого и 300 солнечных масс в случае второго облака. Определения Шалена нельзя считать вполне совершенными в смысле подбора и использования материала, но они сыграли некоторую положительную роль, показав возможность решения данной задачи и все таки правильно оценив порядок величины плотности и массы. Наконец, они имели значение и в том смысле, что показали возможность объяснения поглощения без допущения очень больших масс—(несогласующихся с наблюдаемыми скоростями звезд или вообще противоречащих другим данным общего характера)². В общем, в соответствии с теорией Ми, среднюю плотность галактической материальной среды, состоящей из пылинок, надо считать равной приблизительно 10^{-26} гр/см³.

Г. А. Кочлашвили, вычислив в цитированной работе плотность межзвездной пылевой среды для исследованных ею трех направлений, получила для числа частиц в одном куб. сантиметре 10^{-14} — 10^{-12} . Соответственно, для железа плотность оказалась 2 — 7×10^{-24} гр/см³.

Плотность и масса межзвездного газа определяются на основе анализа интенсивностей межзвездных линий³.

¹ Гринштейн [485, 484], на основе наблюдаемой частоты гиперболических, т. е. появляющихся в солнечной системе извне, метеоров, получил плотность межзвездной среды твердых частиц равной 2×10^{-25} гр/см³. Этот последний результат, хотя и построен на несколько смелой экстраполяции в сторону частиц меньшего размера тем не менее можно считать довольно надежным и он не очень отличается от более ранних выводов Эддингтона [444], получившего в двадцатых годах 10^{-24} гр/см³ на основе чисто теоретических соображений, а также и Оорта [731]. Впрочем, само существование гиперболических метеоров в настоящее время подвергается сомнению.

² Из данных Шалена вытекает, что число частиц на один кубический сантиметр в облаке в Возничем равно 1.7×10^{-11} . Глэйсберг также оценил среднее число частиц и получил результат, весьма отличный от последнего значения. Но, это и понятно, в связи с тем, что вычисления Глэйсберга были основаны на ошибочных положениях.

³ Струве вычислял плотность в межзвездном газе отдельно для разных элементов. Впрочем, также поступал и Дэнхам. Однако у Струве средняя плотность получалась несколько больше, чем у Дэнхама, но оба автора приходили к согласному выводу, что плотность водорода больше, чем плотность прочих элементов.

Средняя плотность всей межзвездной материальной среды оценивалась другими, более косвенными методами. Оорт, проанализировав звездные движения в направлении, перпендикулярном галактической плоскости, получил для нее 3×10^{-24} гр/см³. Очевидно, что для средней плотности должна быть принята величина порядка 10^{-24} .

Какова же масса всей поглощающей материи в Галактике? Общую массу поглощающего вещества можно оценить исходя из известных предположений о физической природе этого вещества. Весьма большие—превосходящие массу всей Галактики—а потому и заведомо неверные значения массы получаются, когда допускают, что поглощающее вещество состоит из крупных, экранирующих частиц или наоборот допускают, что оно подобно нашему атмосферному газу и к нему применима теория рассеяния Рэлея. Правильнее считать, что частицы поглощающего вещества имеют поперечники порядка 10^{-5} см. Тогда они наиболее эффективны в смысле поглощения и для объяснения наблюдаемого межзвездного поглощения достаточно в таком случае и масса, значительно меньшая массы всей Галактики и потому вполне вероятная.

Еще в 1940 году акад. В. Г. Фесенков [189] сделал первую из наиболее надежных оценок общей массы темных туманностей в Галактике. Допустив, что диаметры частиц межзвездной пыли равны около 10^{-5} см, но учитывая при этом вероятную дисперсию размеров и исходя из теории Ми, он вычислил по оцененной оптической толщине галактического экваториального слоя всю массу этого вещества. Она оказалась равной 10^8 солнечных масс.

Эта оценка нашла серьезное подтверждение уже в 1945—1946 гг.

Независимая оценка, произведенная П. П. Паренаго [132] в 1945 году, также дала близкий к значению Фесенкова результат. Повторение подобных вычислений с учетом новых данных как о коэффициенте поглощения, так и об эффективной толщине галактического слоя не изменило этого значения (П. П. Паренаго [134]). Позднее, когда им были учтены вновь открытые диффузные туманности [698, 699], оценка была уточнена: 1.8×10^8 солнечных масс [135]. При этом П. П. Паренаго исходил из данных о поглощении, размерах, массы одной средней туманности и количества темных туманностей в некоторой единице объема (см. выше). Недавно появилась новая работа П. П. Паренаго [137], в которой им дана новая (более высокая) оценка количества темных туманностей. Однако, даже если исходить из этой оценки, общая масса не должна изменить свой порядок величины.

Б. А. Воронцов-Вельяминов [46] оценил в 1940 г. массу диффузной материи в Галактике по расчетам, основанным на потере массы

звездами Вольф-Райе и Новыми. Результат оказался около 10^9 Солнечных масс. Он мог прежде показаться несколько преувеличенным, но после открытий Г. А. Шайна [226] мы неизбежно склоняемся к убеждению, что диффузной материи в Галактике значительно больше, чем это было видно из наблюдений прежних лет.

С другой стороны, желательно, для более точных оценок масс, делать расчеты для различных галактических направлений отдельно, с учетом их индивидуальных характеристик. Такой метод—метод дифференцированных оценок—применили мы при анализе нашего каталога. Он дал нам несколько меньшее значение, чем принято по Фесенкову и Пареняго (см. главу IV).

Во многих из современных работ общая масса поглощающей материи в Галактике признается равной около половины всей массы в Галактике, или она даже может приближаться к массе всех звезд¹. Последняя же считается равной 10^{11} или 2×10^{11} солнечных масс.

Определение плотности и массы межзвездного вещества относится пожалуй к наиболее труднорешаемым задачам галактической астрономии. Поэтому следует с осторожностью подходить к результатам подобных оценок и пока принимать их лишь в качестве ориентировочных значений. Если же иметь в виду массу всей межзвездной материи, необходимо считаться, как сказано выше, с открытиями Г. А. Шайна [266], а также и с наличием значительной доли нейтральной составляющей, что установлено М. А. Васькиным [40]. Дифференцированные же оценки—по отдельным направлениям (по галактическим широтам, а может быть и долготам) весьма целесообразны и их надо вводить по мере детализирования наших знаний, т. е. определений поглощения или выявления диффузных туманностей во многих индивидуальных направлениях и даже—глубинах.

В настоящее время мы располагаем некоторыми данными и о движениях в межзвездной среде, точнее, в межзвездном газе. Эти сведения доставляются нам исследованиями лучевых скоростей по межзвездным линиям в спектрах ранних звезд².

Главные результаты современных работ в этой области заключаются

¹ Любопытно вспомнить предположение В. Гершеля: «... обилие туманной материи должно превзойти все наше воображение», хотя оно относится также и к объектам, понимаемым в наше время не как составляющим межзвездное вещество. Более непосредственно относится к межзвездной галактической материи мысли В. Я. Струве [153], изложенные в этом же духе. Высказывание Оорта, сделанное уже в нашу эпоху: «Масса метеоров и туманной материи вероятно очень мала сравнительно с массой звезд»,—пожалуй, менее созвучно с современными представлениями в этой области.

² Подобные исследования были начаты еще в 1918 году на основе спектроскопических скоростей туманности Ориона и других [394]. Наряду с этим делались попытки обнаружить движения и прочие изменения на фотографиях, разделенных промежутком в десяток и более лет (например, [434]), но такие попытки не дали результатов.

в том, что во-первых, межзвездный газ участвует, как и все звезды, в галактическом вращении и, во-вторых, в межзвездной среде имеют место пекулиарные движения. При этом получают указания на отдельные «накладывающиеся» друг на друга массы межзвездного газа, обладающие разными скоростями.

По исследованиям О. А. Мельникова [113] пекулиарные скорости отдельных облаков газа оказались порядка 7 км/сек.¹ Такие значительные пекулиарные скорости вполне совместимы с тем фактом, что газ оказывается распространенным довольно далеко в обе стороны от галактической плоскости [789].

Смещения межзвездных линий, интерпретируемые в свете теории галактического вращения, могли бы служить хорошим критерием расстояния. Однако, большие пекулиарные скорости оказывают в этом отношении свое отрицательное влияние. Но, дело осложняется вдобавок еще тем, что как оказалось, межзвездный газ обладает еще и турбулентными движениями². Последними объяснил Адамс [259, 262, 263, 266] обнаруженную им, благодаря применению мощной аппаратуры, именно 100" рефлектора с дифракционным спектрографом Кудэ большой дисперсии (около 3 Å в миллиметре), сложную структуру линий межзвездного кальция, их асимметрии и расщепления различного вида. Межзвездные линии часто оказываются двойными, а то и расщепленными на несколько компонент, в результате наличия по данному лучу зрения двух и более отдельных газовых облаков с различными индивидуальными пекулиарными скоростями, что является указанием на иррегулярное заполнение пространства дискретным газовым облаком, наподобие темных поглощающих масс³.

Эти и другие наблюдения, в частности,—Г. А. Шайна [226], выявили особенности и тонкие характеристики межзвездных масс—их дискретность, иррегулярность распределения частичек внутри отдельных облаков, различие в доплеровых смещениях (от 5 до 60 км/сек), турбулентные движения и т. д. Вместе с тем, эти же наблюдения, обнаружившие, что относительная интенсивность межзвездных линий меняется от звезды к звезде, дали указание на неоднородность химического состава межзвездной газовой среды. А именно, в спектрах нескольких ярких звезд, в Плеядах, расположенных практически в весьма близких между собой направле-

¹ См. также [754, 682, 680, 681, 314].

² Указания на существование локальных течений в облаках межзвездного газа см. также в работе Берто [361]. Бюиссон, Фабри и Бурже [392], применившие интерференционный метод к наблюдениям туманности в Орионе, констатировали в последней иррегулярности и различия в лучевых скоростях отдельных ее масс.

³ Эти обстоятельства и затрудняют, как отмечалось выше, использование интенсивностей межзвездных линий в качестве критерия расстояний.

ниях, имеются разные межзвездные линии: в одном из них линии СН, в других только Н и К, которых нет в первых и т. п.

Эти обстоятельства и, главное, наличие турбулентных движений требуют для решения задач, связанных с распространением и природой межзвездного газа, дальнейшего накопления спектроскопического материала, и в частности, исследования контуров межзвездных линий. Но и те данные, которыми мы располагаем в настоящее время, являются серьезной поддержкой концепции неоднородности межзвездного вещества вообще.

Особо развиваются работы в направлении теоретической трактовки вопросов, связанных с природой и развитием межзвездного вещества. Вопросы местного равновесия пыли и атомов, физические условия внутри пылевого или газового облака, ионизация, эффект лучевого давления, галактическое равновесие межзвездной материи, рассеяние света средой смешанных частиц и многие подобные и родственные им вопросы явились предметом сравнительно ранних, в большинстве случаев и мало удачных, теоретических исканий одних авторов [444, 443, 783, 54, 932, 933, 630, 631, 580, 531, 582, 535, 609] и ряда более новых исследований других (1941, 942, 928, 483, 484, 533, 534, 957, 805, 814, 887, 888, 890, 891831, 996, 553, 551, 503, 504, 776, 973, 445, 565] и др.).

Эддингтон был одним из первых, кто стал теоретически вычислять ионизацию в межзвездном пространстве. Исторически интересно, что при этих вычислениях он исходил из наличия кальция в межзвездном пространстве, в связи с тем, что данные солнечных наблюдений придавали преимущественное положение именно этому элементу. Но, впоследствии, по выявлении преимущественного значения водорода, ионизацию стали пересчитывать для водородной среды. Интересно и то, что Эддингтон указал, что температура межзвездного пространства приближается к абсолютному нулю, но тело, находящееся в нем и поглощающее избирательно, может достигать больших значений температуры, благодаря обилию света звезд в радиации высокой частоты. Поэтому температура самих межзвездных частиц может достичь нескольких тысяч градусов. При вычислении условий ионизации оказалось необходимым исходить из столь высоких температур. Детальные теоретические исследования вопроса о температуре межзвездной материи принадлежат Спидеру [892, 894, 897, 899].

Шален и другие исследовали природу отражающих туманностей на основе сравнения цветов туманности на различных расстояниях от освещаемой звезды, с цветом последней. Он вывел формулы для освещения туманности, имеющей плоско-параллельную стратификацию и, исходя из теории рассеяния Ми, интерпретировал цвета туманности в различных точках с точки зрения их зависимости от размеров частичек, составляющих туман-

7. Бюлл. Абст. астроф. обс., № 12

ность (1810, 813, 811, 812, 492, 493, 490, 597) и др.). Нет сомнения, что исследования условий освещения звездой окружающей ее туманности имеют большое значение, хотя обычно пока еще пользуются весьма упрощенными предположениями относительно формы, строения и других характеристик диффузной среды.

Теоретические исследования, касающиеся стабильности межзвездного вещества, гравитационного равновесия, наряду с исследованием размеров, плотности и массы пылевых или газовых облаков, приобретают большое значение в связи с общей проблемой динамики Галактики.

Г. А. Гурзadyн [59] в Бюраканской обсерватории исследовал вопрос гравитационного равновесия межзвездного водорода. Исходя из того, что наблюдения величин поглощения и кратность межзвездных линий свидетельствуют о клочковатом распределении межзвездного газа, он принял рабочую гипотезу, по которой межзвездное вещество не находится в статистическом равновесии и отдельные облака его обладают своими индивидуальными пекулиарными скоростями в отношении центроида окружающих звезд. Далее он рассмотрел вопрос о силах, действующих на межзвездный водород в пространстве, которое заполнено звездами различной светимости. При этом показал, что на межзвездный водород воздействует световое давление излучения звезд, которое может быть и обуславливает образование отдельных движущихся потоков, столь уверенно наблюдаемых при спектрографических исследованиях и делающих движение межзвездного водорода, в общем, хаотическим. Возможно, что световое давление для межзвездного водорода имеет большое значение не только с динамической точки зрения, но и с космогонической.

С другой стороны, динамике прохождения звезд сквозь водородные, а также и пылевые облака посвятил несколько исследований Т. А. Агекян [2, 3] в Ленинграде. Им рассмотрен механизм захвата звездой метеорного вещества, когда звезда проходит сквозь метеорное облако. Механизм этот основан на потерях метеорными частицами энергии движения, обусловленных неупругими столкновениями. Далее он показал, что звезды высокой светимости, при прохождении сквозь пылевые или водородные облака, движутся ускоренно в результате их взаимодействия с межзвездной материей. Из исследований Агекяна следует, что необходимо учитывать роль взаимодействия звезд с межзвездным веществом, когда исследуются вопросы, связанные с динамикой звезд высокой светимости, окруженных диффузной средой.

Теоретические исследования в области межзвездной (и межпланетной) материи ведутся уже в течение ряда лет в Тартуской астрономической обсерватории. Они начаты еще 12—14 лет тому назад с исследования Г. Г.

Кузмином [80, 81] задачи о зависимости межзвездного поглощения от длины волны и о распределении межзвездных пылевых частиц по их диаметрам. В последнее же время они относятся к динамике межзвездной пылевой материи. В работе [82] Кузмин рассмотрел вопрос о средней плотности пылевой материи и ее плотности в темных туманностях, исходя из данных П. П. Паренго о межзвездном поглощении. Рассматривая ускоряющее влияние сближений со звездами на движение пылевых частиц и противоположно действующее влияние сопротивления межзвездного газа и предполагая равновесие действия обоих факторов, дается оценка средней остаточной скорости пылевых частиц. При этом показано, что при получаемой остаточной скорости могут образовываться, вследствие радиационно-гравитационной неустойчивости, сгущения с массами порядка солнечных масс и их можно отождествить с темными туманностями. Из этих сгущений впоследствии возможно образуются звезды или скопления и ассоциации звезд. Правда, масса сгущения, вычисленная Кузмином теоретически, на целый порядок отличается от масс темных туманностей, выводимых по П. П. Паренго. Это различие, очевидно, надо отнести за счет неточности обоих методов, но особенно же, — первого, т. е. теоретического.

Так или иначе, теоретические исследования охватывают не только физическую природу межзвездных частиц, но и их эволюцию [564, 997]. Теоретические работы в этом направлении способствуют, вместе с тем, уяснению роли межзвездной материи в звездной эволюции.

Высказаны новые идеи об образовании космических тел из межзвездной материи. Уиппл показал, что облако космической пыли должно стремиться к конденсации под действием давления света звезд и собственного тяготения. В результате может образоваться космическое тело разных масс — от массы, порядка массы малой планеты до массы звезды [996]. Вопросы эволюции трактуются и в работах Хойля и Литтлтона. Надо, однако, помнить, что в основе всех эволюционных идей Хойля лежит весьма порочное и вовсе не приемлемое допущение об одновременном и повсеместном образовании материи. Противонаучность этого допущения очевидна. Открытия советских астрономов [12, 14] дали весьма убедительную критику подобных «теорий».

В работах Оорта, Хаара и других [503, 504, 735, 506] посвященных построению теории образования твердых частичек из межзвездного газа, имеется развитие идей, ведущих начало от Линдблада [631], о возможной сублимации межзвездного газа вокруг некоторых частиц, действующих как ядра конденсации. Если Линдблад начал развивать теорию конденсации, то Хар и его сотрудники теперь заняты выяснением условий образования самих ядер. Впрочем, надо заметить, что еще не доказаны основные идеи всех этих исследований, и в частности — мысль, со-

гласно которой атомы и ионы газа, окружающие твердые частички, примотраживаются к ним. Вполне естественно, что названные работы подвергаются серьезной критике [400].

Однако, представляется вероятным, что межзвездные твердые частицы формируются из межзвездного газа, а затем и разрушаются взаимными столкновениями, так что устанавливается равновесие между газовыми и пылевыми составляющими межзвездной среды [614, 735]. Другими словами, сосуществование газа и пыли можно объяснить улетучиванием твердых частиц в результате столкновений или испарением (по Оорту). Эти представления обуславливают постановку и более широкой задачи: выяснить пропорцию газа и пыли и выяснить причины, обуславливающие данную пропорцию. Однако, решение этой задачи требует пока накопления подробных наблюдательных данных, с одной стороны, и продвижения вперед теоретических изысканий—с другой. В отношении этих последних можно отметить, что одной из наиболее актуальных задач является задача исследования возможности и механизма сгущения газовой или пылевой среды межзвездного пространства и образования больших тел из мелких частиц (пылевых или газовых).

Но возникают и дальнейшие проблемы и прежде всего—проблемы, связанные с образованием звезд путем отдельных сгущений в межзвездной среде [888, 996]. В плоскости Галактики межзвездные частицы подвергаются лучевому давлению, в общем, со всех сторон, и последнее соединяет их воедино. Так образуется темное облако, которое уплотняется до тех пор, пока луч света перестает проникать в него. Тогда перестает действовать и лучевое давление, но на смену ему выступают силы притяжения. В этой стадии межзвездное вещество имеет форму весьма малых облаков—«глобул» по Боксу [373, 368]. Глобулы, возможно, действительно являются эволюционной стадией, предшествующей образованию звезды. В них соударения между частицами преимущественно эластичны и глобулы представляют собой стабильные образования. Под влиянием собственной силы притяжения и внешнего лучевого давления глобулы сжимаются. Имеет место захват или вторжение других частиц и, следовательно, глобулы увеличиваются в массе и постепенно преобразуются в звездоподобные объекты [813]. Е. Л. Рускол, в цитированной работе [148], определила средние линейные радиусы (0.12 пс.) и расстояния (230 пс.) для 16 малых туманностей из атласа Барнарда, подобных глобулам.

Мы не можем ставить себе задачей сделать хоть сколько-нибудь полное обозрение или вдаваться в какой-либо мере в подробности выполненных или ведущихся теоретических исследований. Но сделаем лишь несколько небольших замечаний для некоторой, хотя и весьма ограниченной характеристики работ в этой области.

В настоящее время далека от решения даже такая, можно сказать, первоочередная задача, как выяснение вопроса о преимущественном наличии металлических или диэлектрических частиц межзвездной среды (1488, 806, 562) и др.). В настоящее время, собственно, и нельзя еще указать наблюдений, которые могли бы установить даже различие между метеорными частицами или частицами, сгущенными из газа. Ван-д-Хулст подробно исследует оптические свойства межзвездных сферических частиц, рассматривая и диэлектрические сферические тела в свете явлений отражения, преломления и дифракции. Однако наряду с подобными изысканиями, пока еще крайне необходимы более подробные и обширные наблюдения, которые составили бы предпосылки для построений не столь формальных теоретических рассуждений.

То же самое можно сказать и относительно исследований вопросов, связанных с процессами соединений и диссоциаций молекул в межзвездном пространстве [614]. Слишком формальными являются и некоторые работы Стрэмгрена [928, 929].

Несмотря на то, что как мы отметили, не решен вопрос о преимущественном составе межзвездной среды из металлических или диэлектрических частиц, ставятся и делаются попытки решить такие задачи, как например, галактическое магнитное поле [893] и, следовательно, начато изучение наряду с оптическими и магнитных свойств частиц [900, 419]. Нужно сказать, что интерес к подобного рода исследованиям обострился в связи с наблюдениями поляризации в межзвездной среде [542, 544, 543, 946, 519, 71, 520, 566]. Как известно, электрофотополяриметрические наблюдения над затменными двойными звездами обнаружили высокую степень поляризации, не зависящую однако от фазы кругового движения компонент системы. Получены были основания для того, чтобы считать, что поляризация возникает вне атмосферы кратных систем, а скорее—в межзвездной среде. Почти не представляется сомнительной возможность поляризации в условиях преимущественно ориентированных межзвездных частиц и при наличии достаточно мощного галактического магнитного поля. Но вместе с тем имеется в виду, что состав межзвездной пыли ферромагнитный. Этого требует теория поляризации. Однако, в этом же и заключается трудность, ибо с современными представлениями не вяжется допущение преимущественного распространения в межзвездном пространстве железной пыли.

Впоследствии делались попытки связать степень поляризации с космическими расстояниями или с избытками цвета звезд [519, 520]. Правда, результаты довольно противоречивы [728] и многое из предварительных выводов требует тщательной проверки, но тем не менее в наблюдении поляризации, вероятно, будет найдено совершенно новое средство изучения. фи-

зической природы межзвездной материи¹. Но естественно, что это открытие побудило теоретиков сейчас же заняться теоретической разработкой вопроса (см., например, работы Спитцера [900]), хотя потребность в накоплении более полных и надежных данных велика.

Что касается новых средств изучения физической природы межзвездной среды, то в качестве еще одного подобного примера следует назвать радиофизический метод. Правильную ориентировку дают в этой области теоретические рассуждения советского ученого И. С. Шкловского [240, 238, 239], который показывает, что радиофизическим методом можно исследовать распределение межзвездного газа в различных галактических направлениях, считая, что источником радиоизлучения являются зоны неионизированного водорода. Как правильно указывает Шкловский, таким образом открылась возможность исследования межзвездного водорода в его основном состоянии, непосредственно. Все другие применяемые астрофизические методы делают доступными для исследования лишь возбужденные состояния атомов водорода. Шкловский критически отнесся к предположению зарубежных авторов Уиппла и Гринштейна [998], что источник этой радиации в излучении пылевого межзвездного вещества (См. также [963]). Но и в этой области мы являемся пока свидетелями большого разрыва между теорией и наблюдениями. Планомерное радиофотометрирование, в первую очередь, Млечного Пути, а затем и в других направлениях могло бы дать наблюдательные данные, важные с точки зрения правильного развития теории. Весьма интересно, что на основе радиофотометрии участков Млечного Пути Ребер [761, 762] показал, что радиация не однородна, а меняется, обнаруживая максимум в Стрельце и несколько усилений в других участках Млечного Пути.

Что касается практического радиофотометрирования, большой помехой является до сих пор малая разрешающая сила радиотелескопов. Из-за нее, по сути дела, до сих пор трудно однозначно ответить на вопрос, где возникает радиоизлучение—в межзвездных пространствах или в скоплениях горячих звезд.

В целом, несмотря на весьма заметный недостаток наблюдательных данных для контроля теорий и большие упрощения в теоретических моделях, все эти теоретические исследования имеют большое значение для выяснения роли межзвездной материи в проблеме галактического строения. Эти работы способствуют, вместе с тем, правильному направлению дальнейших

¹ Первые опыты по части измерения поляризации излучения звезд в СССР принадлежат В. А. Домбровскому [71]. Опытные измерения поляризации электрофотометром велись и в Абастуманской обсерватории в 1948—1950 гг.

наблюдений и экспериментальных исследований в той области астрономической науки, которая служит изучению проблемы космического поглощения и строения Галактики.

§ 10. Общая характеристика состояния проблемы галактического поглощения и вытекающие отсюда задачи

Основная задача астрономии, заключающаяся в выяснении строения звездного мира, решается—в первом приближении—путем изучения числа и видимого пространственного распределения звезд различного блеска. Картина пространственного распределения звезд различных видимых зв. величин является основой наших представлений о действительном строении звездного мира.

Однако, наличие пространственного поглощения света звезд приводит к большому усложнению всех задач, в которых участвуют видимые величины звезд, и делает совершенно необходимым учет поглощения для внесения соответствующих поправок в видимое распределение звезд. Поглощение вносит ошибки в вычисления фотометрических расстояний звезд в Галактике, а следовательно и размеров Галактики, массы, звездных плотностей и т. п. Что касается звездных плотностей, то здесь же можно сделать следующие замечания. Ошибки, вносимые поглощением в вычисления пространственного распределения звездных плотностей, обусловлены тем, что поглощение света влияет на интегральное уравнение звездной статистики:

$$A(m) = \omega \int_0^{\infty} D(r) \varphi(M) r^2 dr,$$

в правой части которого имеем истинное расстояние r , в левой же—находимое из непосредственных наблюдений число звезд, имеющих искаженные поглощением звездные величины.

Но, если преобразовать правую часть к расстояниям r' , также искаженным поглощением света, то уравнение примет вид (Сирс [839], Паренаго [135], стр. 118):

$$A(m) = \omega \int_0^{\infty} D_1(r') \varphi(M) r'^2 dr'$$

связано с r' соотношением:

$$\log r' = \log r + 0.2 A(r).$$

$D_1(r')$, получаемая решением интегральных уравнений обычными способами, связана с истинной звездной плотностью $D(r)$ соотношением:

$$D(r) = D_1(r e^{0.464(r)}) e^{1.394(r)} \left[1 + 0.46r \frac{dA(r)}{dr} \right].$$

Из последнего вытекает знаменитая теорема Зеелигера, утверждающая, что невозможно определять истинную плотность распределения звезд, не зная поглощения света и основываясь только на звездных подсчетах (П. П. Паренаго [134], стр. 259). Это следствие открыло причину падения пространственной плотности распределения звезд во все стороны от Солнца, полученного в моделях строения Галактики по Каптейну или Зеелигеру.

Уже относительно небольшие значения поглощения, вводимые в вычисления, могут заметно изменить картину пространственного распределения звезд¹.

Естественно, что констатирование поглощения потребовало пересмотра всех задач, в решении которых участвуют видимые величины. Особенно необходим учет поглощения для направлений, заключенных в пределах $\pm 20^\circ$ галактической широты, а для областей, весьма близких к галактическому кругу, где поглощение достигает значительных величин, дискуссия звездных подсчетов без учета поглощения совершенно недопустима. Впрочем и высокие галактические широты не всегда и не вполне свободны от заметного влияния поглощения.

Кроме общего поглощения имеет место и избирательное поглощение. Последнее искажает цвета звезд и вносит ошибки в представления о распределении звезд по спектральным типам, если они определялись не

¹ В этом отношении показательна работа Бока [362, 364]. Из нее следует, что принятие величины 4.0 за поглощение на 1 кпс снимает падение плотности звезд во все стороны от Солнца. В связи с этим же можно вспомнить о том, что сомнения в существовании т. наз. Местной системы высказывались неоднократно в связи с тем, что не удавалось объяснить ее с динамической точки зрения. Предполагалось, что поглощение ответственно за видимую картину Местной Системы, которая, в общем, должна была быть иллюзорной. Но, в случае Местной Системы принятие для поглощения на 1 кпс значения даже около 4, хоть и меняет картину пространственного распределения звезд, тем не менее не снимает полностью увеличения плотностей в Местной Системе [381, 382, 134].

Исследование избирательного и общего поглощения в Местной Системе было выполнено в Абастуманской обсерватории методами цветowych избытков (М. А. В а ш а к и д з е [33]) и звездных подсчетов ([202], автор). При этом не было обнаружено исключительной аномальности поглощения, которой можно было бы приписать все явление Местной системы. Следовательно, можно признать, что последняя существует, пусть не как резко выраженная динамическая единица, но как некоторое реальное повышение звездной плотности и космическое поглощение не является, во всяком случае, единственной причиной, вызывающей видимую картину Местной системы.

спектроскопически, а путем измерения показателей цвета. Эти обстоятельства искажают функцию светимости, меняют основные уравнения звездной статистики и тем самым весьма осложняют изучение проблемы строения звездного мира.

На протяжении предыдущих страниц мы видели, что изучению космического поглощения света, с целью определения поправок к видимому распределению звезд и исправления расстояний, а также с целью выяснения морфологии и физической природы межзвездного вещества, астрономами земного шара отдано огромное количество наблюдений и исследований. Эта проблема имеет вековую давность. Но, особенно много усилий посвящено ей за последние два десятка лет. Большинство из главнейших обсерваторий мира занималось или занимается этой проблемой в той или иной степени.

На протяжении предыдущих страниц мы видели, что данная проблема постоянно была в поле зрения русских и советских астрономов, внесших весьма существенный вклад в ее решение. Мы подробно описали первые—пионерские исследования русских астрономов, приведшие к открытию и установлению факта галактического поглощения света. Русские астрономы предложили эффективные методы исследования этой новой проблемы.

Мы убедились, что и за последние два десятка лет, когда работы над данной проблемой во всем мире протекали особенно оживленно, советские астрономы играли ведущую роль. Немало их исследований явилось в большой степени решающими и направляющими работами. Они, в одних случаях, сделали открытия, являющиеся доказательством существования галактического поглощения света (Б. А. Воронцов-Вельяминов). В других случаях они внесли окончательную ясность в вопросы, считавшиеся до того спорными (О. А. Мельников, Б. В. Кукаркин, П. П. Паренаго). В третьих—по новому осветили проблему (В. А. Амбарцумян, Ш. Г. Горделадзе) и дали совершенно новые методы изучения ее (В. А. Амбарцумян, В. Г. Фесенков, К. Ф. Огородников). Наконец,—раньше зарубежных ученых пришли к открытиям ряда новых явлений (Г. А. Тихов, Г. А. Шайн).

В Советском Союзе была создана наиболее разработанная теория поглощения (П. П. Паренаго), играющая большую роль в учете поглощения для исправления фотометрических расстояний. Многосторонние работы, посвященные изучению распределения и физических характеристик межзвездного вещества, выполнены и выполняются Московской звездно-астрономической школой, возглавляемой П. П. Паренаго. Кропотливыми исследованиями были охвачены большие области неба (В. В. Лавдовский, П. Ф. Шайн, М. Д. Берг и др.). Использована возмож-

ность применения внегалактической астрономии к задаче исследования галактического поглощения и показана универсальность поглощающей среды, т. е. заполнение ею и метагалактического пространства (М. С. Эйгенсон, М. А. Вашакидзе).

В целом, работы советских астрономов внесли огромный вклад в дело изучения проблемы космического поглощения, вообще, и избирательного — в частности. Эти работы подробно комментированы нами в соответствующих местах. Здесь заметим еще, что к заслугам советских астрономов следует, вместе с тем, отнести и постановку новых, планомерных наблюдений, служащих той же цели изучения космического поглощения. Тут необходимо вновь упомянуть о уже выполненной в Абастуманской астрофизической обсерватории работе по составлению Каталога показателей цвета 500 внегалактических туманностей (М. А. Вашакидзе) и о составленном там же Каталоге фотоэлектрических цветов ранних звезд (В. Б. Никонов). Мы позволим себе отнести и настоящую работу к планомерным усилиям советских астрономов в области изучения рассеивающей свет межзвездной материи.

Но последние работы были поставлены Абастуманской астрофизической обсерваторией с учетом того обстоятельства, что несмотря на большое количество работ и исследований, результаты, в целом, нельзя считать вполне удовлетворительными. Все еще остро ощущается необходимость накопления большой массы целеустремленно поставленных наблюдений и их интерпретации.

Результаты изучения нельзя еще считать вполне удовлетворительными, т. к. во многих отношениях они не всегда отличаются нужным согласием между собой. Разногласия и противоречия в результатах объясняются неоднородностью наблюдательного материала, разновидностью объектов и методов наблюдений, недостаточным охватом нужных направлений и малым проникновением в галактические пространства. Неопределенность, присутствующая нашим знаниям об истинных звездных расстояниях, которые входят в вычисления поглощения, усугубляет разноречивость результатов вычисления коэффициента поглощения. Но, эту разноречивость следует приписать не в меньшей степени и неоднородности поглощения в галактическом пространстве.

Эта неоднородность, иррегулярность поглощения весьма осложняет задачу. В связи с ней, для более или менее точного учета влияния поглощения на видимое распределение звезд или для должного исправления расстояний, вычисляемых для данных видимых величин звезд, необходимо изучать поглощение не в среднем для всего неба, или хотя бы для отдельных больших областей, а для индивидуальных

направлений и даже для отдельных глубин галактического пространства, ибо из клочковатого и иррегулярного строения поглощающей среды, а также и из неоднородной ее плотности следует, что величина и характер поглощения могут быть различны в разных направлениях и на разных глубинах вдоль данного луча зрения. Известно, что решение многих проблем звездной астрономии основано на среднем значении поглощения. Понятно, что в таком случае—в силу иррегулярности поглощения—они могут решаться лишь с относительным приближением. Для того, чтобы иметь возможность ближе подойти к решению задач, необходимо определять поглощение в индивидуальных направлениях. Исследование поглощения во многих индивидуальных направлениях является наиболее важной задачей в наше время.

Целые серии наблюдений и разнообразные исследования, осуществлявшиеся за последние два десятка лет с целью изучения космического поглощения и строения звездного мира, основаны, главным образом, на двух методах. Первым из них является метод звездных подсчетов. Хотя последний не очень точен, зато им можно охватить большие области, большие массы звезд и достичь больших галактических глубин. К этому методу широко прибегали и им пользуются и до настоящего времени в обширных масштабах. Это дает возможность получить общую характеристику распределения звезд, выявлять вместе с тем темные облака, их распространение на небе и по лучу зрения и т. д. и т. п.

Однако, исследование внешних неравномерностей в распределении звезд в отдельных областях лишь по одним звездным подсчетам приводит нас к трудно решаемому вопросу: какое из явлений—поглощающее вещество или действительная пространственная плотность звезд обуславливает наблюдаемые неравномерности. Вместе с тем, если для анализов звездных подсчетов прибегать к функции светимости, вид которой обусловлен некоторыми допущениями, то результаты могут оказаться далекими от истины, т. к. строго говоря, не известен действительный характер этой функции даже в окрестностях Солнца.

Вопрос может быть освещен подробным исследованием распределения звезд по спектральным классам и определением цветовых показателей звезд.

Последние составляют основу второго метода. Его применением непосредственно определяется избирательное поглощение. Общее же поглощение оценивается лишь косвенно, путем применения фактора, определяемого отношением общего поглощения к избирательному. Точности вычисляемого таким способом значения поглощения ставит предел не только точность определения этого отношения, но, зачастую, и неучет нейтраль-

ного поглощения. Так или иначе, изучение избирательного поглощения важно тем, что оно дает возможность по крайней мере оценить нижний предел общего поглощения. Непосредственное определение последнего является трудной задачей в связи с тем, что оно требует наблюдений или измерений, которые имеют характер абсолютных определений. Между тем, метод, основанный на применении спектров и показателей цвета, является методом относительных определений.

Но исследование избирательного поглощения, привлекающее к анализу спектральные данные и показатели цвета большого количества звезд, дает возможность, вместе с тем, решать задачи, связанные с характеристикой физической природы поглощения. Это важно, т. к. одни звездные подсчеты не доставляют нам сведений о физике межзвездной среды. Последние требуют колориметрических определений, т. е. оценок интенсивностей по крайней мере в двух участках спектра. В области физики поглощения, между тем, могут возникать и решаться разнообразные задачи общего и частного характера, а вместе с тем, и чисто астрофизического, а также и космогонического. В последнем случае дело может касаться трактовки данных о природе и распространении межзвездного вещества с точки зрения равновесия в Галактике, образования и эволюции космических частиц, взаимосвязи между звездным и межзвездным веществом или других общих вопросов развития Галактики.

Наконец, можно указать и на то, что определения показателей цвета, столь широко привлекаемых к исследованию поглощения, имеют и совершенно самостоятельные интерес и значение, независимые от проблемы космического поглощения. Следует подчеркнуть наконец и то, что избирательное поглощение, выводимое из цветовых измерений отдельных звезд, известно нам для точно определяемых отдельных направлений, совпадающих с направлениями на данные звезды. Иначе обстоит дело с общим поглощением, т. к. уменьшения видимой звездной яркости в результате межзвездного общего поглощения выявляются статистическими методами и их нельзя непосредственно применять к индивидуальным звездам или к резко ограниченным, индивидуальным направлениям.

Правда, исследование избирательного поглощения осложняется тем, что оно требует знаний спектральных характеристик большого количества возможно далеких, т. е. слабых звезд. А получение спектров слабых звезд требует более деликатных средств исследования и много времени. Отсутствие спектральной классификации большого количества звезд, и при том слабых, затрудняет исследование поглощения. Оно всегда затрудняло эти исследования. Еще много лет тому назад вопрос о зависимости избытка цвета от расстояния вызывал много споров, в связи с тем, что, не говоря об яв-

лении собственного покраснения, неясен был вопрос о распределении поздних звезд в пространстве, на более далеких расстояниях. Лишь выполненная большими массами спектральная классификация звезд смогла решить этот, на первый взгляд, простой вопрос. Но вообще, способ избытков цвета в настоящее время естественно ограничен в смысле проникновения в глубины галактического пространства.

Основные преимущества метода цветowych показателей были давно оценены, и астрономы сделали его наиболее часто используемым средством исследования космического поглощения. В этой связи можно было бы назвать цитированные выше наиболее ранние работы Г. А. Тихова ([1701 и др.) и ряда зарубежных астрономов (1846, 847, 841, 882, 455, 748, 8851 и др.)¹. Большие работы были осуществлены в 1928—1939 гг. в Упсальской обсерватории [793, 796, 799, 800, 974]. Следует отметить и предпринятые 15 лет тому назад цветowe определения в Каптейновых Площадах экватора и южного неба [750], привязываемые к данным уже выполненных спектральных определений в этих Площадах [321, 322, 324, 385]; наконец Гарвардские [375] и другие², одни из которых базируются на исследованиях малых областей, а другие распространены на большие области Млечного Пути.

В 1940 году в обсерватории Виндхок в южной Африке были предприняты определения цветowych избытков со снимками в нескольких участках спектра, при этом было сообщено о большом плане изучения избирательного поглощения в Южных участках Млечного Пути [875]. Но, судя по литературным данным, эта работа не реализуется в обещанных масштабах. К южному же Млечному Пути относятся и недавние исследования Хэйдена [538], но они основаны на определениях цветowych показателей ярких и немногих звезд типа В [1009].

¹ Известна, кроме них, работа Граффа [468, 470, 473], которая заслуживает быть отмеченной здесь, как попытка охватить однородными определениями большие области неба. Графф покрыл колориметрией все небо от 40° южного склонения до северного полюса. Сопоставление этих определений с данными Стеббинса, выполненное недавно, показало относительно хорошее согласие [478], что интересно методически, поскольку Графф пользовался для своих измерений визуальным колориметром. Но эта колориметрия охватывает лишь очень яркие звезды, и потому ее значение для исследования поглощения было мало.

² В попытках вычисления показателей цвета слабых звезд, не имеющих спектральной классификации, Бекер [337] в 1938 г. предложил способ определения пространственного покраснения слабых звезд на основе определения яркости в трех участках спектра путем применения соответствующих светофильтров и построения двух систем показателей цвета. Здесь разница между двумя градиентами служит критерием спектрального класса. Бекер иллюстрировал применение этого способа на примерах известных систем показателей цвета [377, 328, 334, 410]. Но, способ не нашел применения. При приложении его к слабым звездам, лишь для которых и мог он иметь смысл, встречается много трудно преодолимых практических осложнений.

Мы уже упоминали о работах Стеббинса и его сотрудников, показавших эффективность прецизионных электроколориметрических определений в целях исследования избирательного поглощения. Особенно эффективными являются исследования цветов ранних звезд типа В ввиду относительно малой дисперсии цветов и малого эффекта абсолютной величины для таких звезд. Малость ошибок спектральной классификации их также повышает эту эффективность.

Успехи, в расширении исследуемого спектрального участка [912, 913], сулят многие новые интересные открытия (см. также [518]).

Особенно интересны работы В. Б. Никонова, проведенные им в 1941—47 гг. в Абастуманской обсерватории, где он был занят построением электроколориметрического каталога фундаментального типа для звезд спектральных подклассов В8—В9. Новые методические принципы, тщательнейший учет атмосферного ослабления позволили ему существенно повысить точность по сравнению с другими аналогичными каталогами [120]. Повышение точности электроколориметрических определений делает возможным постепенный переход в фотоэлектрической колориметрии к более поздним звездам (типа А). Это имеет понятный интерес в смысле полноты исследования избирательного поглощения в Галактике. До сих пор же определения фотоэлектрических эквивалентов цвета в Абастуманской обсерватории распространены на звезды высокой светимости, — с характеристикой «с» (наблюдения Т. Г. Мегрелишвили, Н. Л. Магалашвили и др.).

Очевидно, что достигнутые успехи советской электроколориметрии обеспечат дальнейшее развитие определений в этой области и есть основания полагать, что будут получены новые важные результаты, тем более, если будет осуществлен задуманный в Абастуманской обсерватории переход на трехцветную электроколориметрию.

Данные существующих спектральных каталогов (НД, НДЕ, BSD и др.) сыграли и продолжают играть большую роль в деле исследования избирательного галактического поглощения.

Однако, в связи с постановкой в Абастуманской обсерватории специальных исследований (избирательное поглощение в отдельных, структурно интересных участках Млечного Пути, зависимость коэффициента поглощения от расстояния от видимого центра темной туманности¹ и др.) предпринята спектральная классификация относительно слабых звезд с помощью снимков с объективной призмой (опыты Т. А. Кочлашвили и И. Ф. Алания [4]). Уместно тут же отметить, что необходимость наиболее пол-

¹ Сообщение Шэнберга [828] не оставляет впечатления законченного исследования этого вопроса.

ного использования Абастуманского фундаментального каталога фотоэлектрических показателей цвета звезд типа В8—В9 (В. Б. Никонов [120]), вызвала введение собственных определений абсолютных величин звезд типа В. При этом используется накопленный в Абастуманской обсерватории опыт определения спектральных параллаксов по спектрам малой дисперсии (работа Н. Б. Каландадзе [73, 74] и Р. А. Бартая [20]).

В последнее время установлены стандарты красных фотографических величин для звезд Северного полярного ряда и в астрономической практике, благодаря успешным усилиям Гапошкиных в Гарвардской обсерватории [752, 750], стала довольно быстро распространяться фото-красная система величин, чему способствовали и успехи в выработке специальных пластинок, имеющих высокую чувствительность к красным лучам $\lambda\lambda$ 6200—6400 Å (см. также [715]). Это открыло новые возможности цветовым определениям и связанным с последними задачами (см. например, [415, 416, 417]). Преимущество красных величин в том, что базисная линия получается большой и показатели цвета должны быть точнее, хотя точность самих красных величин пока еще и мала¹.

Общие итоги исследования избирательного поглощения показывают, что рост избытка цвета с расстоянием, а также и с уменьшением галактической широты является почти общим правилом. В направлении на галактический центр избирательное поглощение значительно больше, чем в других направлениях. Но его величина в общем колеблется в довольно широких пределах.

Что касается работ, основанных на первом методе—на звездных подсчетах,—то надо отметить, что они велись с большим оживлением с тридцатых годов, осуществляясь впоследствии по обширной программе, охватывающей большие области Млечного Пути. Основная цель подобных подсчетов заключается в выяснении действительных звездных плотностей в определенных направлениях окрестностей Солнца в радиусе до 2-х килопарсексов. Эта цель вытекает из признания того обстоятельства, что настоящая, более приближающаяся к истине модель Галактики может быть построена путем детальных исследований в отдельных направлениях и на отдельных глубинах пространства. Осуществление этих обширных обзоров было возможно путем международной кооперации ряда обсерваторий. Это выразилось в большом количестве значительных работ, являющихся основой современных исследований деталей строения Млечного Пути в его отдельных

¹ По Сейферту [860] средняя ошибка красного индекса, определяемого им для внегалактических туманностей, достигает ± 0.19 зв. величины. Не отличаются большой точностью и определения Уиппла [994]. Определения красных величин совершенствуются усилиями Гэдики [466, 467] в Иельской обсерватории.

участках. Среди этих работ: исследования из серии *Investigations of Galactic Structure*, осуществленные главным образом в Гарвардской обсерватории [635, 688, 662, 663, 664, 665, 291] и в других местах¹. Для ряда новых работ характерен высокий предел проникновения—до 17-ой зв. величины (1862] и др.). Большим проникновением и возможностью широких обзоров астрономы обязаны привлекаемым в последние годы к наблюдениям большим и светосильным анаберрационным телескопам (см. напр., [284]).

Уместно отметить большую работу по фотграфическому обзору галактических скоплений с определением в них числа звезд, величин и показателей цвета, предпринятому в 1940 году Альтером [269, 271, 272, 276, 277, 278, 279]. Одна из этих работ интересна удачным применением автором способа обнаружения и оценки поглощения, основанного на рассмотрении поведения ($m-M$), относящихся к большому количеству звезд в ряде скоплений.

В кооперированной работе, основанной на звездных подсчетах, весьма успешно участвовала Пулковская обсерватория (В. В. Лавдовский [91] и др.). Известны большие ряды фотографических наблюдений, а также и исследований темных облаков, осуществлявшиеся в Пулкове в тридцатых годах и в предвоенные годы. Но, как было подробнее освещено выше, усилия советских астрономов были направлены и в сторону теоретических исканий, результаты которых дали основание серьезной критике советскими астрономами некоторых методов зарубежных астрономов, используемых при интерпретации данных о звездных подсчетах, а вместе с тем, и—разработке новых методов (К. Ф. Огородников, Р. В. Куницкий и др.).

Во многих из тех областей, где проводились звездные подсчеты, в последнее время осуществлялись также и исследования избирательного поглощения, что делает весьма полным изучение этих областей. Так, например, определяются показатели цвета, правда, не очень слабых звезд типа В8—А7 в обсерватории Иллинойс [292, 295]. В обсерватории Уорнер и Суэси определяются показатели цвета для звезд Каталога HDE в области Тельца [664]. (См. также [267, 646]). В последнее время наметилась тенденция к исследованиям спектральных типов и цветов в комбинации со звездными подсчетами в таких участках низких галактических широт, которые повидимому относительно мало подвержены влиянию местного иррегулярного потем-

¹ Работы [774, 600, 294, 295, 376, 374], большинство из которых относится к южным областям Млечного Пути. Следует заметить, что исключительно сложная видимая структура южных участков Млечного Пути делает их привлекательным объектом для исследования поглощения и звездных плотностей. В одних обсерваториях подсчеты звезд осуществляются с особым акцентом на область Большого раздвоения в Млечном Пути (обсерватория Иллинойс), в других—на область антицентра [665].

нения ([374, 376, 716, 717, 666] и др.). Можно считать, что в этих местах легче и целесообразнее вести исследования звездных плотностей. Последние получаются здесь более уверенными, именно в связи с отсутствием большого и иррегулярного поглощения и, наряду с этим, здесь можно достичь больших расстояний. Кстати, исследования последних 15 лет, выявившие, главным образом, области особенно значительных потемнений (обскураций), вместе с тем, выделили и относительно прозрачные участки и теперь можно на них сосредоточить дальнейшие исследования.

Многочисленные работы, осуществившиеся за последнее время, уже дали ряд интересных выводов как частного, так и общего характера. Они выяснили строение отдельных темных облаков или звездных областей, приблизили нас к решению задач о местных системах, о возможной спиральной структуре Галактики. Работы, основанные на звездных подсчетах с учетом поглощения, не только сделали известными общие черты строения Галактики, но и дали ряд вполне конкретных результатов, в отношении распределения плотности звезд в галактическом пространстве вокруг Солнца, в пределах около 2-х килопарсек¹.

Надо, однако, иметь в виду, что звездные плотности, вычисляемые в современных исследованиях, подвержены ошибкам до 30%. Значительную долю этих ошибок составляет влияние неточностей в общем поглощении, которое вычисляется, как мы отмечали, в большинстве случаев путем определения избытков цвета в исследуемых областях и умножения их на соответствующий фактор, оцененный на основе тех или иных соображений.

¹ Можно перечислить основные из этих результатов. Например, стало известно, что градиенты звездных плотностей в общем отрицательны по мере удаления от Солнца, за исключением некоторых направлений (напр., направления на ПК9). В направлении на антицентр установлен резкий отрицательный градиент: плотность на расстоянии в 2500 парсеков составляет лишь 20% плотности в окрестностях Солнца. Даже в местах, наименее пораженных потемнением, на низких галактических широтах, особенно в области галактического центра, поглощение достигает 1-ой зв. величины на килопарсек. Кроме того, выяснилось, что в наиболее прозрачных направлениях Млечного Пути фотографическое поглощение около 0.5 зв. величины на килопарсек в пространстве глубиной в 2 килопарсека. Далее оказалось, что в направлении на центр Галактики плотности прежде падают, а затем начинают возрастать и что существуют местные сгущения звезд, особенно звезд типа В8—А2. Наконец установлен ряд направлений с постоянными плотностями звезд [367]. Но, по недавнему исследованию Ш. Т. Хаббл и Буллиа [199] сечение Галактики в направлении на центр показало сильное увеличение зв. плотности (см. § 4). В направлении к антицентру на некотором расстоянии отмечено прекращение падения звездной плотности. Сказанное относится, разумеется, к окрестностям Солнца, которое как бы находится между двумя ветвями спирали, если учесть при этом, что в направлениях на галактические полюсы подтверждается разрежение звездной плотности.

Но, насколько уверенно оценивается этот фактор? Были ли осуществлены достаточные определения и исследования, нужным образом поставленные? Правда, оценок отношения $\frac{\text{общее поглощение}}{\text{избыток цвета}}$ сделано много, как в отдельных облаках и областях, так и для отдельных направлений, но характерно, что Оорт, посвятивший столько усилий изучению звездных плотностей, можно сказать, оставил эту задачу, в применении к низким галактическим широтам, нерешенной в ожидании большего числа данных о цветах и о величине данного отношения [732].

Для опытного определения зависимости между общим и избирательным поглощением было бы важно широкое использование собственных движений для независимых оценок поглощения по методу, разработанному в Пулковской обсерватории. Этой же цели могут эффективно служить подсчеты звезд или внегалактических туманностей и измерения избытков цвета звезд в одних и тех же направлениях. Одновременными независимыми определениями из наблюдений общего и избирательного поглощения и их сопоставлениями следует подробно изучить нейтральную составляющую межзвездной материи и учитывать ее должным образом. Множитель же, определяющий зависимость общего поглощения от избирательного, если им пользоваться, целесообразнее вычислять по новой формуле, предложенной в Абастуманской обсерватории М. А. В а ш а к и д з е и учитывающей в законе поглощения изменение показателя степени α с длиной волны.

Данные о показателях цвета, являющиеся основой исследования самого избытка цвета, в настоящее время не обладают полнотой и однородностью, нужными для их уверенного применения.

Не вполне уверенный учет поглощения, особенно на низких широтах в направлениях, для которых характерна сложная видимая структура, оставляет результаты анализа звездных подсчетов далеко не совершенными. В связи с этим остаются неясности даже в отношении характеристик общего структурного вида Галактики, разногласия в вопросе о месте Солнца в галактическом пространстве относительно рукавов спирали или объемов пониженной или повышенной звездной плотности и т. д.

Таким образом, ознакомление с современными работами приводит нас к выводу, что в общем проблема Строения Галактики пока еще далека от полного решения, несмотря на то, что затрачено огромное количество наблюдений, работ и усилий и собрана масса данных относительно многих отдельных явлений.

В прошлом, при решении проблемы Галактики, основное внимание исследователей было сосредоточено на изучении общей формы и размеров Млечного Пути. И несмотря на то, что даже эту общую задачу нельзя

считать пока еще строго решенной, внимание исследователей за последние 10—15 лет стало направляться в сторону изучения отдельных структурных деталей Галактики. Впрочем, само изучение общей задачи показало, что если мы хотим выяснить точную картину строения Галактики, то должны вести детальное, кропотливое изучение индивидуальных участков и направлений.

Но, не зная поглощения во всех этих индивидуальных участках и направлениях, мы не можем знать и настоящего строения Галактики. Тем более, что при обзоре вышеназванных работ, мы могли убедиться, что нельзя принять такую модель Галактики, в которой межзвездное вещество было бы представлено содержащимся в слое геометрически правильной формы, имеющем однородную плотность.

И раз наметилась необходимость находить отдельные численные значения плотностей в различных направлениях и на различных расстояниях, то поглощение также должно изучаться в отдельных направлениях и на различных глубинах галактического пространства. До такого изучения, всякие структурные представления или модели грубо приближительны и сглажены. Исследование поглощения именно таким образом необходимо и в связи с концепцией, согласно которой поглощение вызывают, главным образом, отдельные облака космического вещества. Работы советских астрономов утвердили эту концепцию и нельзя не считаться с нею.

Одним словом, вся задача детального изучения строения Галактики неотделима от детального изучения пространственного распределения и, вместе с тем, и физического и химического изучения галактической пылевой и газовой материи. Следует признать что структуру Галактики достаточно полно можно охарактеризовать лишь детальным исследованием распределения и природы темного, т. е. поглощающего вещества, наряду с распределением светлой материи, т. е. звезд.

Изучение поглощения с должной полнотой может базироваться на определениях ряда основных астрономических величин и, в первую очередь, — видимых звездных величин, спектральных классов и цветов (показателей цвета).

При этом задача распадается на ряд отдельных.

Во-первых, определение показателей цвета и спектральных типов должно распространяться на все более слабые звезды. И это касается не только фотографических показателей цвета, но и фотоэлектрических. Последние охватывали до сих пор лишь звезды типа В. Для полноты исследования уже созревает необходимость перехода и к звездам более поздних

классов. В Абастуманской обсерватории осуществляется этот переход на звезды типа А. Естественно, что необходимо, наряду с переходом к наблюдениям более поздних звезд, настойчиво увеличивать проникновение для этих наблюдений.

Замена обычной двухцветной колориметрии трехцветной явилась бы существенным расширением метода показателей цвета¹.

Наблюдаемые данные об избытках цвета и в частности об их связи с расстоянием необходимо увеличивать всяческими средствами и не только путем распространения определений на более слабые объекты, (например, слабые долгопериодические цефеиды и слабые внегалактические туманности), что планируется Абастуманской обсерваторией, как развитие своих работ, если удастся увеличить проникающую способность аппаратуры введением фотографирования на фотовизуальной эмульсии без применения светофильтров (опыты Д. Я. Мартынова). Но, надо бы, вместе с тем, привлекать к исследованию и другие объекты, дающие возможность вычисления избытков цвета без наличия для них специальной спектральной классификации. Таковыми являются, например, короткопериодические цефеиды — переменные типа RR Лиры, для которых известна их принадлежность в максимуме блеска к спектральному типу А0—А3. Так как эти звезды расположены и вблизи галактической плоскости и на больших галактических широтах, они являются объектами заслуживающими внимания с точки зрения нашей проблемы. В Абастуманской обсерватории кладется начало определениям цветов группы этих звезд.

Исследование поглощения в глобулах представляет собой особый интерес, поскольку возможно, что глобулы связаны со средой, порождающей звезды.

Разумеется, перед исследователями проблемы космического поглощения стоят и задачи другого характера. Среди них можно назвать создание наиболее полного, современного каталога галактических темных туманностей; развитие работ по спектрофотометрии звезд в возможно далекие инфракрасную и ультрафиолетовую области (например, применением телескопов нового типа—О. А. Мельникова); спектрофотометрию туманностей (В. А. Домбровский [72]). Совершенно очевидно, что наиболее полное применение новой методики академика Г. А. Шайна для выявления и изучения водородных туманностей или развитие наблюдений с электронным преобразователем (А. А. Калинин, В. И. Красовский, В. Б. Никонов) могут сыграть огромную роль. Необходимо не только повысить разрешающую способность аппаратуры и уточнить и детализировать кон-

¹ В этом отношении представляют интерес исследования Бекера [337, 343, 351, 345, 346, 347, 348].

туры галактического ядра, но и заняться планомерным выявлением отдельных «местных» звездных уплотнений и «нащупыванием» звездных масс в областях неба, пораженных большим поглощением. Представляется весьма вероятным (и наш материал дает на это указание), что уплотнения звезд и межзвездного вещества в общем должны совпадать в пространстве и что, следовательно, места видимых дефицитов звезд на самом деле должны быть наиболее густо населены звездами. Такая постановка вопроса может по новому ориентировать интересы будущих исследований. Наконец, другие новые средства исследования (радионаблюдения и поляриметрические наблюдения) сулят много новых открытий. В частности, радионаблюдения не только укажут на распространение некоторой невидимой нам материальной среды, но могут, вместе с тем, привести к обнаружению та кой среды, в которой формируются обычные светящиеся или несветящиеся небесные тела (звезды, планеты).

Радио- и поляриметрические наблюдения могут прибавить новые данные к нашим, пока еще скудным, сведениям о физической природе межзвездной среды, после чего теоретические исследования в этой области могут освободиться от множества произвольных допущений и формализма, характерного для многих зарубежных исследований, и стать на более надежную почву физических фактов.

Важнейшей теоретической задачей нам представляется уяснение взаимосвязи между звездной и межзвездной материей. Новые способы наблюдения, регистрация и изучение водородных туманностей, а наряду с этим, и поиски полос изотопов в спектрах межзвездного вещества (Г. А. Ш а й н. [225, 227]) прибавят многое нашим возможностям решить эту важную задачу.

Такие теоретические задачи как, например, динамика звезд высокой светимости в диффузной среде, должны решаться с учетом роли взаимодействия звезд с пылевым веществом (Т. А. А г е к я н).

Возвращаясь однако к задаче исследования поглощения методом цветных избытков, надо учитывать, что всякие статистические выводы, основанные на данных о цветах могут быть достаточно надежны, когда они основаны на большом количестве звезд, расположенных к тому же на различных и возможно больших расстояниях. При этом материал должен быть однороден в смысле проникновения до равных глубин во всех направлениях, количества звезд в сравниваемых между собой участках, точности и т. д. Весьма трудно эффективно использовать различный материал для построения общих представлений. Различный материал обна-

руживает расхождения в результатах даже в отношении отдельных, конкретных вопросов¹.

До сих пор исследования избирательного поглощения в значительной степени были сосредоточены лишь в темных облаках и в случайных областях или в открытых скоплениях, а отдельные стремления к исследованию избирательного поглощения систематическим образом, с целью локализовать окрашивающую материю на больших поверхностях неба, не осуществлялись в полной мере.

Между тем надо, чтобы исследованиями было охвачено возможно большее количество направлений. При этом должны быть охвачены направления как вблизи плоскости Млечного Пути, так и вдали от нее, так как первые интересны в связи с исследованием преимущественно локальных образований, вторые же — в связи с уточнением общих структурных характеристик Галактики, а вместе с тем, и потому, что темные облака, хотя и концентрируются преимущественно около галактического экватора, но в отдельных случаях встречаются и на высоких галактических широтах². Вместе с тем, внимания к себе требуют не только направления на центр Галактики; и в антицентре не могут не быть пораженные поглощением участки [372, 369].

Само собой разумеется, что было бы весьма интересно распространить исследование избирательного поглощения шире на области, исследованные в отношении общего поглощения, хотя бы для того, чтобы проверить насколько сложна структура избирательно поглощающего вещества. Вместе с тем, это позволит надежнее определить значение фактора для перевода цветового избытка в общее поглощение, что является важнейшей задачей.

Необходимость изучения избирательного поглощения, на основе массовых определений показателей цвета звезд, во многих направлениях и на разных глубинах, вытекает и из идей П. П. Пареняго, высказанных им в работе [132], и касающихся построения кривой поглощения $A(r, b, l)$, могущей представить последующее приближение к более совершенному учету поглощения. Представление поглощения математически как функции галактических широты и долготы и расстояния, приобретет боль-

¹ Характерен пример: Цуг, по данным открытых звездных скоплений получил максимальное покраснение для галактической долготы 40° , т. е. там, где Стеббинс показал минимальное покраснение для ярких звезд В. Таким образом, не удалось хотя бы исследование зависимости покраснения от долготы, на основе различного материала. Это и понятно, т. к. звездные скопления и В — звезды расположены на различных расстояниях.

² Хаббл в работе [560] нашел участки с широтой около 40° градусов, где число туманностей меньше среднего числа для данной галактической широты.

ший смысл, когда будут учитываться характеристики индивидуальных направлений и будет резко уменьшено влияние произвольных осреднений.

Можно признать, что многие вопросы нельзя считать решенными не потому, что имеются принципиальные трудности, а лишь по той причине, что мы до сих пор вынуждены пользоваться недостаточным, по охвату направлений и глубин, и неоднородным материалом.

Необходимо также повышать точность определения как спектров, так и цветов. В отношении последних, с этой точки зрения, важнейшую роль могут сыграть фотоэлектрические определения, которые дают прекрасный материал для изучения избирательного галактического поглощения.

Все это, вместе взятое, может дать весьма ценный материал, который способен создать хорошую базу для исследования структурных особенностей Галактики.

Таким образом, несмотря на то, что осуществлено огромное количество разнообразных наблюдений и исследований, для полного разрешения проблемы остается еще выполнить наблюдения большого количества объектов и исследовать еще очень много деталей.

Проблема космического поглощения, со всеми объемлющими ее основными задачами—изучением пространственного распространения поглощающей массы, вычислением ее влияния на видимые яркости и цвета звезд и выявлением ее физической природы—еще долго будет служить наиболее актуальной областью астрономических исследований. Исследование избирательного поглощения в Галактике является ближайшей и первоочередной задачей в этой проблеме. Ее конечная цель заключается в том, чтобы вывести общее поглощение, учесть его влияние на наблюдаемое распределение звезд и притти к истинной картине пространственного распределения космической материи. Эта задача может быть удовлетворительно разрешена лишь после того, как все небо будет достаточно покрыто сетью участков, содержащих определения показателей цвета и спектральных классов. Но прежде всего необходимо стремиться к массовым определениям цветовых показателей возможно большого количества и возможно слабых звезд.

Подобные определения должны вестись, как мы убедились выше, по возможности, во многих индивидуальных направлениях. Но, ведь невозможно ведение этих исследований во всех направлениях, без ограничений. Поэтому и в данном случае можно опираться в первую очередь на известный «План Каптейна», осуществление которого рассчитано на соединенные усилия многих обсерваторий мира и на труд нескольких поколений астрономов.

«План Каптейна» был введен, как некоторый выборочный метод, именно в связи с тем, что развитие представлений о строении Галактики пот-

ребовало изучать последнюю в деталях, в индивидуальных направлениях, избегая слишком грубых осреднений и построения слишком упрощенных схем.

Площади Плана Каптейна расположены в разных направлениях и содержат определения многих характеристик звезд, расположенных в них, так чтобы они представляли, по возможности, все разнообразие звездного мира. Среди этих характеристик имеются звездные величины, собственные движения, параллаксы, спектральные типы—величины, с которыми могут быть целесообразно комбинированы данные о цветах. С точки зрения исследования избирательного поглощения света методом цветных избытков, главный интерес представляет наличие во многих Площадах Каптейна спектральной классификации для относительно слабых звезд. В Площадах Каптейна и должны быть поэтому в первую очередь концентрированы наши усилия по определению показателей цвета, вычислению цветных избытков и исследованию галактического поглощения света звезд. Хотя надо признать, что с точки зрения современных представлений в области структурной астрономии, имеются серьезные основания для критики Плана Каптейна.

ГЛАВА ВТОРАЯ

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЦВЕТОВЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗВЕЗД ОТ 10.3 ДО 13.3 ЗВЕЗДНОЙ ВЕЛИЧИНЫ

§ 1. Вводные замечания

В настоящей—второй—главе нашей работы освещены вопросы, связанные непосредственно с определением показателей цвета звезд.

Задача и план работы,— так, как они определяются состоянием проблемы, характеризованной в предыдущей главе,— изложены в начале данной главы. Описывается наблюдательная аппаратура,—включая фотографические камеры, светофильтры и фотопластинки,—метод наблюдений и способы фотографической и фотометрической обработки негативного материала. Вывод фотографических и фотовизуальных звездных величин рассмотрен отдельно и установлена их связь с так называемой интернациональной системой. При этом выведены формулы перехода от наших величин или цветовых показателей к интернациональным. Вместе с тем, дана характеристика эффективных длин волн нашей системы. Характеристике ошибок наших определений посвящен отдельный параграф, хотя мы затрагивали этот вопрос в различных местах данной главы, попутно, при изложении всего материала.

§ 2. Задача и план работы

Настоящая работа ставит своей целью: 1) определение показателей цвета большого количества звезд до 13.3 звездной величины и 2) исследование избирательного поглощения в разных направлениях и на разных глубинах галактического пространства на основе цветовых избытков, получаемых сопоставлением наших показателей цвета с известными данными спектральной классификации звезд.

Для исследования мы выбрали направления, соответствующие центрам Площадей известного общего Плана Каптейна. Хотя Площади Каптейна не дают для поставленной цели идеальной сетки направлений, тем не менее такой выбор оправдан рядом обстоятельств, не говоря еще раз о соображениях, изложенных в самом конце предыдущей главы.

Эти обстоятельства следующие:

1) центры все-таки распределены по небу с полнотой, относительно удовлетворительной для того, чтобы целесообразно подобрать их соответственно направлениям низких, средних и высоких галактических широт;

2) к моменту, когда предпринималась наша работа, уже было опубликовано два тома Бергедорфского каталога спектральной классификации [832, 833], относящихся к нескольким десяткам Площадей Каптейна. Мы могли пользоваться ими не только как рабочим каталогом, предоставляющим нам координатную систему для отождествления звезд на пластинках, но и как источником спектральных данных, нужных для вычислений избытков цвета;

3) предполагалось, что Каталог, о котором идет речь, будет распространен их авторами на все 115 Площадей Каптейна северного неба и экватора, благодаря чему, в будущем, и мы могли бы распространять наше исследование на большее количество направлений, по мере опубликования последующих томов спектрального каталога¹.

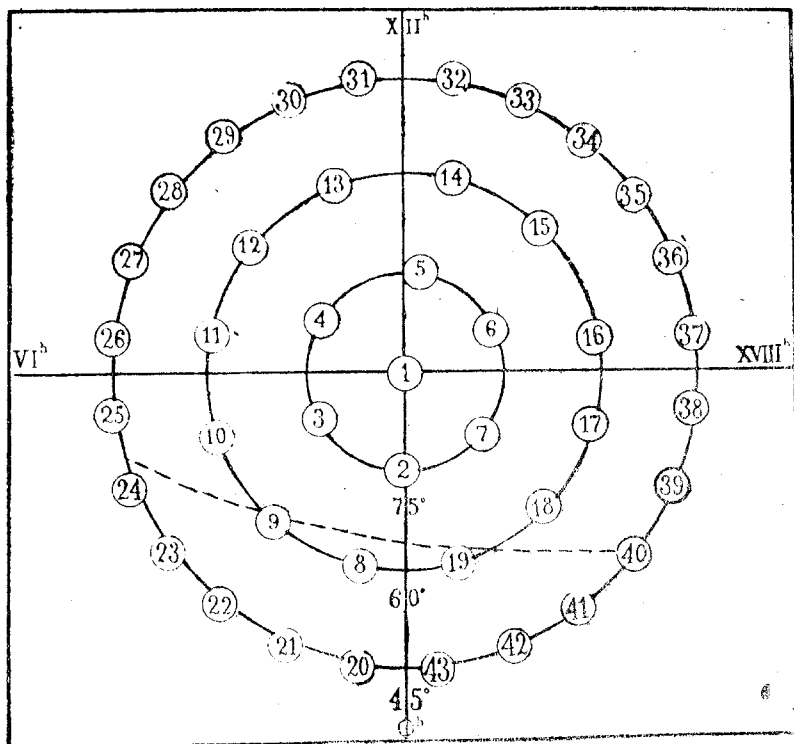
Находящиеся в нашем распоряжении 2 тома Бергедорфского спектрального каталога, который в дальнейших ссылках мы будем кратко обозначать через БСО (Бергедорфское Спектральное Обзорение), содержат 43 Площади Каптейна от № 1 до № 43, расположенные в Северном полюсе и на кругах, соответствующих склонениям $+75^\circ$, $+60^\circ$ и $+45^\circ$ (см. чертеж 1, представляющий плоскую проекцию некоторой части северной полусферы неба, с точкой Северного Полюса в центре проекции. На чертеж нанесены сетка экваториальных координат и Площади Каптейна №№ 1—43; пунктирной линией отмечено положение дуги галактического круга).

Площади Каптейна, обозначаемые нами в дальнейшем через ПК, распространены в каталоге БСО на площадь 3.5 на 3.5 градуса, т. е. в 12.25 кв. градуса каждая. Они содержат примерно от 600 до 3.000 звезд каждая, причем число звезд в каждой Площади, естественно, находится в зависимости от галактической концентрации звезд. В двух томах БСО помещено всего около 65 тысяч звезд до 13.0 и 13.5 зв. величины. А это значит, что мы могли предпринять массовые определения показателей цвета звезд в таких пределах блеска, которые доступны располагаемой нами аппаратуре и которые, вместе с тем, соответствуют интересам, вытекающим из современного состояния проблемы.

Действительно, мы увидели выше, что в настоящее время задача заключается в определении плотностей в пространстве, пока хотя-бы с радиусом в 2—2.5 кпс, т. е. в пределах досягаемости до звезд В и А 13.0—13.5 зв. величины.

¹ В настоящее время мы действительно ведем систематические определения показателей цвета звезд в Площадах Каптейна №№ 44—67, содержащихся в третьем томе Бергедорфского Каталога.

В БСО представлены звезды всех спектральных классов, без какой-либо селекции. Поэтому мы были относительно свободны в выборе звезд для наших определений показателей цвета. Вместе с тем, даже только ПК №№ 1—43 дают возможность исследовать как те направления, которые совпадают с галактическим экватором, так и те, что составляют с последним малые, умеренные и большие углы.



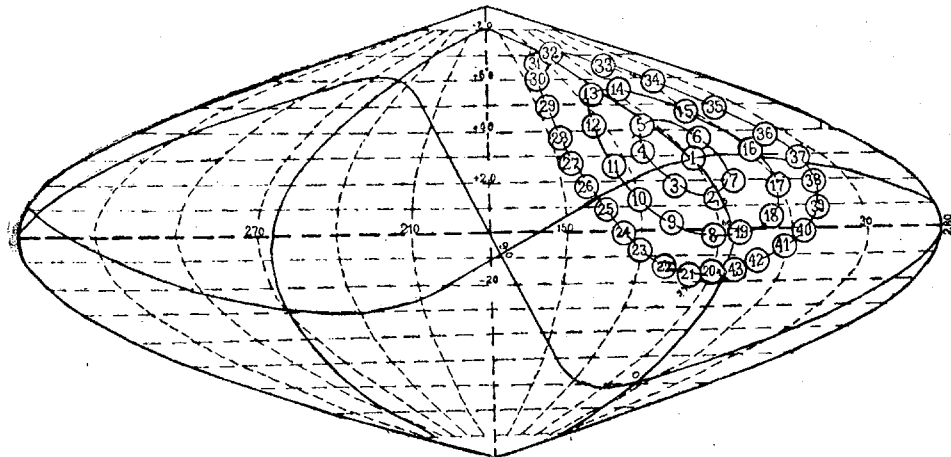
Чертеж 1

С другой стороны, нельзя не признать, что количество наших ПК, т. е. исследуемых нами направлений, вообще, мало. Отсутствие среди них направлений, совпадающих с центром Галактики, также является недостатком распределения наших Площадей.

Исследованные нами ПК 1—43 представлены на чертеже 2, изображающем схему Галактики, с нанесенными на ней сетками галактических и экваториальных координат.

В каждой ПК мы могли выбрать по несколько сот звезд разных спектральных классов. Естественно, что на высоких галактических широтах число звезд должно быть у нас заметно меньше, чем на низких. Кроме того, на высоких широтах мы стеснены и в смысле выбора звезд ранних классов.

Так или иначе, мы поставили себе задачей определение показателей цвета от 400 до 450 звезд в каждой Площади Каптейна, вблизи галактического круга и до 250 звезд в каждой Площади—вдали от него. При этом мы старались захватить по возможности больше из ранних звезд, особенно в тех Площадах, которые были бедны последними. Поэтому, в некоторых случаях, мы использовали всю или почти всю поверхность Площадей БСО, хотя и опускали в них большое количество звезд. Такой способ выбора звезд имеет свой недостаток, связанный с тем, что, как показано ниже, в некоторых случаях, поглощение меняется с изменением направления даже в небольших пределах одной Площади.



Чертеж 2

Наши определения охватили звезды всех спектральных классов от В до К, включительно. Правда, возможность непосредственного использования поздних звезд для вычисления избытков цвета ограничена, когда отсутствует деление звезд на гиганты и карлики. Но, мы все-таки решили определять показатели цвета и для них. Эти величины представляют интерес и сами по себе, а кроме того, все же возможно их использование и в наших целях на том основании, что пространственное покраснение может быть констатировано, если дисперсия цветов, характерная для звезд поздних спектральных классов, больше нормальной величины. Впрочем, в каталоге БСО встречаются также и звезды с делением их на гиганты и карлики, и из анализа их цветов мы могли извлечь дополнительные сведения в тех же целях исследования избирательного поглощения.

Если оставить в стороне вопрос о делении звезд на гиганты и карлики, чего в общем все же нет в каталоге БСО, то недостатком последнего, с точки зрения применения для нашей задачи, является то, что его предел проникновения или, как говорят, предельная величина не постоянна, а

различна для разных Площадей, уменьшаясь в среднем с приближением к галактическому кругу.

Что касается точности спектральной классификации и постоянства ее ошибок, что очень важно с точки зрения применения к нашей задаче, то они удовлетворительны.

В целом же однородные спектральные данные, содержащиеся в этом Каталоге, дающем обширный материал спектральной классификации, делают его весьма ценным вообще, а в частности и для наших целей.

Таким образом, вкратце, план нашей работы заключается:

1) в определении, фотографическим путем, показателей цвета 14.000 звезд от 10.3 до 13.3 звездной величины в Площадах Каптейна №№ 1—43, в среднем для 250—450 звезд в каждой Площади;

2) в вычислении избытков цвета этих же звезд, пользуясь спектральными данными БСО, и

3) в исследовании—на основе цветовых избытков — избирательного поглощения в 43-х направлениях, на разных глубинах галактического пространства.

Ниже мы приводим список ПК, вошедших в наше исследование. В таблице III ПК распределены по группам, в которые они собраны по признаку галактических широт.

Таблица III

Группа	Средн. галакт. удаление	Пределы галакт. широт	ПК, содержащиеся в группе	Количество ПК в группе	Колич. звезд в группе
I. галакт. плоскость.	0°	0°—3°	8, 9, 19, 24, 40	5	1758
II; низкие широты	6.5	6—9	18, 23, 25, 39, 41	5	2381
III; умеренные широты	16.5	13—20	2, 3, 7, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 38, 42, 43	12	4392
IV; средние широты	34	27—42	1, 4, 5, 6, 11, 12, 16, 27, 28, 36, 37	11	3140
V; высокие широты	58.5	48—72	13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	10	2329

Таблица IV содержит список всех ПК, вошедших в наше исследование, с указанием экваториальных и галактических координат их центров, а также и созвездий, в которых они находятся. При этом, ПК расположены здесь по вышеназванным группам. Таким расположением ПК мы будем пользоваться и в дальнейшем, почти во всех нижеприводимых таблицах.

Экваториальные координаты относятся к равноденствию 1900 года. Соответствующие им галактические координаты относятся к полюсу:

$$\alpha = 12^{\text{h}}41^{\text{m}}.3, \delta = +27^{\circ}21' \text{ (см. Harvard Annals, 101).}$$

Таблица IV

Группа	№№ п. п.	ПК	α 1900	δ 1900	l	b	Созвездие
I	1	8	1 ^h 00 ^m	+60°10'	92°	-2°	Кассиопея
	2	9	3 04	+60 20	106	+3	Жираф
	3	19	23 23	+60 00	81	-1	Кассиопея
	4	24	4 39	+44 50	128	0	Возничий
	5	40	20 47	+45 00	53	0	Лебедь
II	6	18	21 24	+60 10	68	+6	Цефей
	7	23	3 39	+45 00	120	-7	Персей
	8	25	5 37	+44 50	133	+9	Возничий
	9	39	19 47	+44 50	47	+9	Лебедь
	10	41	21 50	+45 00	61	-8	"
III	11	2	0 05	+75 20	88	+13	Цефей
	12	3	4 08	+75 00	102	+18	Жираф
	13	7	20 24	+75 10	76	+20	Дракон
	14	10	5 08	+60 10	118	+13	Жираф
	15	17	19 23	+60 10	59	+19	Дракон
	16	20	0 40	+45 20	89	-17	Андромеда
	17	21	1 36	+45 00	99	-17	"
	18	22	2 38	+45 10	111	-13	Персей
	19	26	6 36	+44 50	138	+18	Возничий
	20	38	18 46	+45 10	42	+18	Лиры
	21	42	22 49	+45 10	70	-13	Ящерица
	22	43	23 50	+44 50	80	-17	Андромеда
IV	23	1	8 00	+89 00	91	+28	Малая Медведица
	24	4	8 04	+74 50	107	+32	Жираф
	25	5	12 28	+75 00	91	+42	Дракон
	26	6	16 14	+74 50	75	+36	Малая Медведица
	27	11	7 07	+60 00	123	+27	Рысь
	28	12	9 03	+59 40	123	+41	Большая Медведица
	29	16	17 29	+59 50	56	+33	Дракон
	30	27	7 38	+44 50	141	+20	Рысь
	31	28	8 40	+45 00	143	+39	"
	32	36	16 46	+45 20	38	+39	Геркулес
	33	37	17 49	+45 00	39	+28	"
V	34	13	11 03	+59 50	111	+53	Большая Медведица
	35	14	13 22	+59 30	81	+57	"
	36	15	15 17	+59 50	62	+48	Дракон
	37	29	9 39	+44 50	141	+50	Малый Лев
	38	30	10 37	+45 10	135	+60	Большая Медведица
	39	31	11 37	+44 40	123	+68	"
	40	32	12 51	+44 50	84	+72	Гонимые Псы
	41	33	13 50	+45 10	57	+67	"
	42	34	14 48	+45 00	43	+59	Волопас
	43	35	15 49	+44 50	39	+49	Геркулес

§ 3. Наблюдательная аппаратура

При накоплении наблюдательного материала мы пользовались методом фотографирования с фильтрами в двух участках спектра.

Фотографические наблюдения были выполнены на двух параллельных 20-сантиметровых фотографических камерах, смонтированных на 40-сантиметровом рефракторе Абастуманской обсерватории. Рефрактор был установлен в Абастуманской обсерватории в 1935 году, а осенью 1937 года на нем было приступлено к систематическим наблюдениям.

Но накоплению материала для данной работы предшествовало подробное исследование наблюдательного инструмента, в частности, — его оптических характеристик. Результаты опубликованы в наших совместных с М. А. В а ш а к и д з е статьях в Бюллетене Абастуманской астрофизической обсерватории [211, 212, 42, 213]. В этих же статьях дано подробное описание 40-см рефрактора и 20-см камер, в целом. Поэтому, мы не будем здесь повторно описывать их. Отметим лишь, вкратце, наиболее существенные для данного исследования характеристики.

Объективы камер являются сложными четырехлинзовыми системами. Отверстие каждого из них 200 миллиметров, а фокусное расстояние 99 сантиметров. Таким образом, они имеют светосилу 1:5 и дают масштаб, при котором одному миллиметру в линейной мере соответствует (на пластинке) дуга в 3.5 минуты на небесной сфере. Поверхность неба, покрываемая пластинкой размером в 18 на 24 сантиметра, равна 10.5 на 14.0 град. Однако, годное фотографическое поле на пластинках значительно меньше. Центрировка объективов камер проверялась элементарным автоколлимационным способом. Проверку центрировки приходилось делать время от времени, повторно, тем более, что одна из камер, именно камера № 2, дважды снималась за время наших семилетних наблюдений и отправлялась в дальние экспедиции по наблюдению полных солнечных затмений¹.

Качество объектива характеризуется вообще тремя функциями, выражающими изменение положения фокуса в зависимости от трех параметров: 1) расстояния луча, проходящего сквозь объектив, от центра последнего — r , 2) угла φ данного радиуса r относительно произвольно выбранного начального диаметра объектива и 3) длины волны луча — λ . Т. о., положение фокуса можно представить функцией $D = f(r, \varphi, \lambda)$.

Если через r_0 , φ_0 , λ_0 обозначить постоянные или средние значения радиуса, угла и длины волны, тогда функции

$$f'(r_0, \varphi_0, \lambda_0), f''(r_0, \varphi_0, \lambda_0) \text{ и } f'''(r_0, \varphi_0, \lambda_0)$$

выразят изменения положения фокуса в зависимости от расстояния

¹ В самое последнее время, при полном профилактическом ремонте 40-см рефрактора бригадой механиков завода, была выполнена центрировка объективов с применением специальной центрировочной трубки.

от центра объектива r , от угла φ и от длины волны излучения λ , соответственно [819, 98, 78]. Другими словами, эти функции представляют собой три из основных характеристик объектива: сферическую aberrацию, астигматизм и хроматическую aberrацию, соответственно.

Апланатичность примененных нами объективов оказалась удовлетворительной. Это касается особенно объектива № 2. В пользу этого говорит и вычисление так называемой «технической постоянной» объектива, представляемой формулой [525, 526]:

$$T = \frac{200\,000}{F^2} \frac{\sum [r^2 (D^r - D)]}{\sum r}$$

где F —фокусное расстояние объектива, выраженное в миллиметрах, — радиус зоны, D^r —положение фокуса, соответствующего зоне r , а D —среднее положение фокуса. По существу T является наименьшим диаметром изображения, обусловленным одной лишь сферической aberrацией [628], будучи выраженным при этом в стотысячных долях фокусного расстояния объектива. По критерию Гартмана [526], объектив № 1 можно отнести к классу «хороших» объективов, второй же по качеству еще лучше ($T=1.03$ и 0.51 , соответственно).

Кривые сферической aberrации для обеих 20-см камер приведены в [211].

Для определения астигматизма вычислялись разности

$$\Delta = D_\varphi^r - D^r$$

представляющие собой отклонения положений фокуса для углов φ от фокуса, соответствующего начальному диаметру объектива [525].

Выяснилось, что объектив камеры № 2 больше подвержен астигматизму. Однако, вообще астигматизм относительно мал у обоих объективов [211].

Хроматическая aberrация объективов была исследована тем же методом Гартмана, причем было использовано два фильтра Шотта VG_8 и GG_{11} в комбинации с фотопластинками Ильфорд Монарх и Империял Панхроматик 400, соответственно. Этой комбинации соответствуют эффективные длины волн 4150 и 5520 \AA . Таким образом, непосредственное определение фокусного расстояния производилось лишь для двух участков спектра, а для промежуточных значений длин волн положения фокуса вычислялись на основании интерполяционной формулы Коши, выражающей показатель преломления как функцию длины волны [197, 819].

Хроматические кривые объективов №№ 1 и 2 показаны в работе [212].

Объективы оказались относительно удовлетворительны в смысле исправления хроматической аберрации в пределах 3900—4650 Å. Это особенно касается объектива № 2. После того, как на обсерватории была получена объективная призма, А. Ф. Горонджадзе [171] детально исследовал хроматическую аберрацию объектива № 2 и пришел к выводу, что объектив хорошо ахроматизован для участка 3850—4600 Å. В настоящее время камера № 2 интенсивно используется в комбинации с объективной призмой для некоторых спектральных исследований. Хроматические характеристики объектива не препятствуют успеху этих исследований.

Способность проникновения объективов была вычислена по формуле:

$$m_0 = m + \frac{p}{0.4} \log \frac{t_0}{t}$$

Как известно, параметр p , входящий в это соотношение, зависит от сорта фотопластинки и длины волны и интенсивности действующего светового потока. В связи с этим, формулы, заключающие в себе параметр p , уверенное определение которого к тому же вообще довольно трудно, следует применять с осторожностью [256]. Но, мы имели возможность проверить результаты вычислений, выполненных с помощью этих формул, данными эмпирических определений, что давало нам удовлетворительное согласие.

Были получены формулы, служащие для определения соотношения между продолжительностью экспозиции и величиной самой слабой звезды, доступной еще надежному измерению на используемом нами объективном микрофотометре.

В общем, при часовой экспозиции на пластинках типа Ильфорд Монарх, которыми мы преимущественно пользовались, приступая к работе, получаются звезды около 14 зв. величины.

Изображения звезд, даваемые обоими объективами, резкие и довольно хорошие на ограниченной площади пластинки. Ошибка фотометрического поля была исследована особо [42].

Имея в виду все обнаруженные свойства обоих объективов, мы сочли целесообразным использовать для определения фотографических величин камеру № 2, объектив которой несколько лучше ахроматизирован в фотографических лучах и меньше подвержен влиянию сферической аберрации. Камера № 1, объектив которой относительно менее апланатичен, но хроматизм которого исправлен несколько лучше в фотовизуальном участке, использовалась нами для фотовизуальных величин, которые вообще определяются в таких условиях с меньшими погрешностями.

§ 4. Наблюдения.

Наши определения показателей цвета основаны на методе, при котором отдельно определяются фотографические и фотовизуальные звездные величины. Бюлл. Абаст. астроф. обс., № 12

чины и затем вычисляются показатели цвета как разности последних. Этим и были обусловлены порядок и способ наблюдений при накоплении необходимого материала.

Следует отметить, что перед тем, как приступить к планомерному накоплению материала, мы совместно с М. А. В а ш а к и д з е, проводили работы по разработке методики и испытанию ряда способов определения показателей цвета с нашей аппаратурой. В результате этой работы был выработан некоторый способ, относящийся к группе относительных методов [41]. При этом способе на одной панхроматической или ортохроматической пластинке получается два изображения звездного поля: одно в фотографических (сине-фиолетовых) лучах, сквозь «синий» светофильтр, а другое—в фотовизуальных, через соответствующий—«желтый»—фильтр. Два изображения, соответствующие двум последовательным экспозициям, получаются при надлежащем передвижении кассеты в плоскости пластинки так, чтобы каждая звезда представлялась как бы двойной.

При тех же условиях на другой пластинке получаются два изображения стандартной области Северного полюса. Разность в фотографических эффектах, т. е. разность в отсчетах микрофотометра двух изображений (ΔE) рассматривается как цветовой эквивалент.

По звездам Северной полярной последовательности, с известными показателями цвета, строится характеристическая кривая (Π , ΔE), на основе которой получаются показатели цвета исследуемых звезд, вычисляя для них ΔE по трем фотометрическим измерениям: двух изображений и одного фона.

Характеристическую кривую можно строить также, пользуясь не разностями ΔE , а отношениями отсчетов микрофотометра двух изображений—фотографического и фотовизуального.

В известном «методе отношений экспозиций» С и р с а [835] оценка фотовизуального изображения в «цепочке» фотографических изображений служит цветовым эквивалентом и соответствует некоторому определенному отношению экспозиций. При этом, изменение экспозиций увеличивает разброс точек, связанный с уравнением яркости. Это обусловлено тем, что показатель Ш в а р ц ш и л ь д а при изменениях экспозиций приобретает разные значения для звезд различных видимых величин.

В данном же способе экспозиция сохраняется неизменной и не остается места для этого источника разброса точек.

Однако, остается другой источник рассеяния: уравнение яркости, довольно ошутимое в нашем случае из-за абберрации объективов. Конечно, ошибки яркости можно заметно сократить, если строить характеристические кривые отдельно для нескольких интервалов звездных величин (или для отдельных интервалов значений E).

При описанном способе отпадает необходимость отдельных определений фотографической или фотовизуальной зв. величин. Он имеет и другие преимущества, как то: быстрота фотометрической обработки, достигаемая благодаря наличию в поле зрения микрофотометра обоих изображений звезды и сокращению числа наведений на фон пластинки; уменьшение случайных ошибок отождествления звезд и др.

Но, наряду с этим, он не свободен и от недостатков, основные из которых заключаются в необходимости последовательных, а не одновременных экспозиций в двух лучах и в удвоенной продолжительности наблюдения данного звездного поля, не говоря о накладывании изображений в полях, богатых звездами.

При наличии двух параллельных камер можно вести одновременное фотографирование, но с разной последовательностью фильтров. Это снимет ошибку предварительной засветки и улучшит общую точность, но и увеличит обработку.

Но главной причиной, что заставило нас отказаться от постоянного применения этого способа в нашей работе, явилось отягощение его эффектом звездной величины. М. А. В а ш а к и д з е же успешно пользовался им при определении показателей цвета внегалактических туманностей на анаберрационной камере, разлив его должным образом [34, 35, 37].

В наши каталожные данные вошло небольшое число измерений, основанных на этом способе. Они использованы в общем материале с меньшим весом.

В основном же, наши определения показателей цвета звезд основывались на измерениях фотографических и фотовизуальных зв. величин в отдельности. Исследуемая площадка фотографировалась одновременно на двух камерах, причем, на камере № 1, используемой — как сказано выше — для фотовизуальных величин, перед пластинками соответствующего сорта, в кассету прокладывался желтый фильтр (GG_{11} по Шотту), а на камере № 2 — синий фильтр (BG_3). В дальнейшем мы их будем обозначать через $ГГ_{11}$ и $БГ_3$, соответственно. Снимки производились по возможности на умеренных зенитных расстояниях, или на высотах, близких к высоте над горизонтом Полярной области.

Непосредственно до или вслед за Площадкой, в таком же порядке, с такой же экспозицией, при том же фокусе и вообще без каких-либо других изменений, фотографировалась Полярная область, стандартные звезды которой служили для построения характеристических кривых. Если за ночь фотографировалось несколько ПК, то Полярный ряд располагался по времени между ПК, по середине. В длинные ночи, зимой, при фотографировании четырех и более ПК, Полярная область снималась дважды, с расположением этих снимков около начала и около конца всей серии.

При экспонировании Полярной области, гидирование не велось и инструмент бывал предоставлен часовому механизму. Экспозиции брались разные от 35 до 60 минут. Причем, экспозиции для фотовизуальных снимков были систематически продолжительнее в связи с меньшей проникающей способностью комбинации панхроматических пластинок с фильтром ГГ₁₁. Все звезды, присутствующие на фотовизуальной пластинке, фиксировались и фотографической пластинкой, но не наоборот. То есть, предел нашему проникновению в область слабых звезд ставили фотовизуальные снимки.

Продолжительность экспозиций варьировалась в зависимости от задачи, которую мы ставили в отдельных случаях в смысле достижения известного предела звездной величины. В общем, при подборе экспозиций мы стремились к тому, чтобы уверенно определять величины звезд в пределах 10.3 — 13.3 зв. величины. Более яркие звезды оказалось возможным промерять на этих же пластинках, но с использованием большей диафрагмы микрофотометра. Впрочем, некоторое количество снимков выполнено с короткой экспозицией, около 10 минут, специально для измерений ярких звезд.

Фотографирование мы вели почти исключительно фокально, несмотря на то, что отдавали себе отчет в том, что некоторая внефокальность при фотографировании могла улучшить результаты. Действительно, при внефокальных снимках характеристическая кривая ложится круче обычной, что повышает точность вычисления звездных величин. Вместе с тем, в этом случае сглаживаются ошибки гидирования, эффект дрожания звезды и т. д. Кстати, более высокая точность выводимых фотовизуальных звезд, по сравнению с точностью фотографических, что можно констатировать при наших определениях, свидетельствует о том же; фотовизуальные изображения в нашем случае по характеру своей видимой структуры как бы являются внефокальными. Однако мы все-же не пошли по пути внефокальной фотографии, так как при последней, естественно, должен был понизиться предел проникновения. С этим нам приходилось считаться из-за и без того малого проникновения для фотовизуальных лучей (с желтым светофильтром) и наряду с этим из-за нежелания особенно растягивать экспозиции при условии фотографирования Полюса без контрольного гидирования.

Само собой разумеется, что для фотографирования были использованы совершенно безлунные ночи, характеризующиеся при этом хорошей прозрачностью. Если за ночь фотографирования стабильность прозрачности менялась, то снимки в обработку не шли или, в крайнем случае, использовались вместе с другими с меньшим весом. Ведущиеся в обсерватории электрофотометрические наблюдения служили хорошим средством контроля стабильности прозрачности в течение ночи.

Для тех, весьма немногих случаев, когда данную Площадь Каптейна нам приходилось связывать со снимком Полярной области, полученным не в ту же ночь, а в другую, приходилось считаться с возможностью изменения интенсивности скрытого (латентного) изображения. Совершенно элементарное исследование убедило нас в незначительности этого эффекта и полной возможности пренебречь им. Уже значительно позже стало нам известно об исследовании Н. Н. Сытинской, опубликованном в 1949 году [154]. В нем показана полная неизменность латентного изображения в течение нескольких первых дней.

Тем не менее, фотографирования исследуемого и стандартного полей в разные ночи необходимо решительно избегать. Если нет опасности со стороны изменений в скрытом изображении, то легко могут сказаться изменение прозрачности атмосферы или даже перефокусировки (если таковая имеет место) и др. явления.

Известно, что чувствительность фотопластинок понижается при понижении температуры. Поэтому при фотографической фотометрии рекомендуется получать все пластинки, подлежащие фотометрическому сравнению, в относительно небольших интервалах температуры, примерно до 10—15 градусов [256]. Правда, известны исследования (напр., [452]), согласно которым некоторые авторы допускают возможным считать чувствительность пластинки достаточно постоянной в пределах температуры от +20° до -20°. Возможно, что этот вывод несколько преувеличен и к нему надо относиться с некоторой осторожностью. Просмотр записей значений температуры в наших журналах наблюдений показал, что изменения температуры в течение данной ночи наблюдений не достигали и 10 градусов.

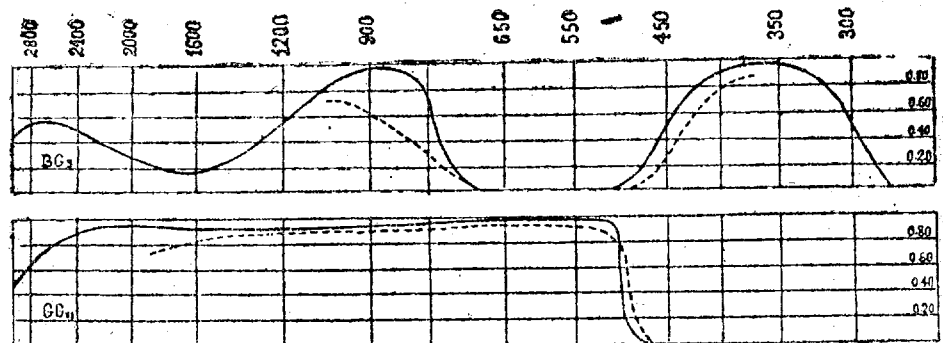
Тем не менее, неизбежное влияние резких изменений температуры на параметры характеристической кривой эмульсии заставило нас прибегать к ряду предосторожностей. С вечера, перед наблюдениями, коробки с фотопластинками заблаговременно выносились в помещение, где температура воздуха была близка к температуре внутри наблюдательной башни. Так мы избегали резких изменений температуры самих пластинок в течение первых минут экспозиции и других нежелательных явлений, которые могли бы произвольно менять чувствительность и вид характеристической кривой.

Необходимо, наконец, заметить, что фотографирования исследуемого и стандартного полей в разные ночи надо совершенно избегать не только из-за опасности со стороны возможных изменений прозрачности, о чем сказано выше; изменения температуры воздуха тоже могут привести ощутимые изменения в характеристические кривые (Н. П. Барабашев, Б. Е. Семейкин [19]).

§ 5. Светофильтры

Как уже сказано выше, наши определения показателей цвета звезд основаны на методе, при котором отдельно измеряются фотографические и фотовизуальные звездные величины. В связи с этим исследуемые звездные поля экспонировались через «синий» и «желтый» светофильтры.

Используемые нами фильтры изготовлены из стекла, окрашенного в массу, фирмой Шотт. Один из них — синий, БГ₃, — служит для определения фотографических звездных величин. Его области пропуска-



Чертеж 3

ния ограничиваются длинами волн 2900—4500, 7500 — 15000 Å. Стало быт, он может применяться для съёмки в ультрафиолетовых и инфракрасных лучах. Другой фильтр — ГГ₁₁, желтый — служит для определения фотовизуальных величин. Его область пропускания начинается около 4900 Å и простирается далеко в инфракрасную область. Таким образом, он полностью поглощает коротковолновую часть спектра.

Сплошные кривые на чертеже 3, заимствованные из каталога фирмы Шотт, представляют собой спектрофотометрические кривые пропускания светофильтров. По оси абсцисс отложены длины волн в миллимикронах, а по оси ординат — пропускание.

Надо иметь однако в виду, что кривая для БГ₃ относится к пластинке светофильтра толщиной в один миллиметр, а для ГГ₁₁ — к двухмиллиметровой пластинке. Оба светофильтра, использованные нами, имеют толщину в 2 мм. Мы обращаем внимание на этот факт в связи с тем, что с увеличением толщины возрастает «жесткость» светофильтра [173, 576], т. е. кривая становится более крутой. Поэтому, надо иметь в виду, что наш фильтр БГ₃ на самом деле более жесткий, чем это следует из чертежа 3. От этого он лишь выгадывает, поскольку в таком случае спектр более резко делится на области пропускания и поглощения. Не-

вполне резкое разделение спектра на области пропускания и поглощения является, вообще, существенным недостатком светофильтров, особенно стеклянных, окрашенных в массу. Конечно, отсюда не следует, что надо пользоваться светофильтрами, имеющими большую толщину, ибо сокращая этим ширину промежуточных областей (между областями пропускания и поглощения), мы допускаем увеличение потери света в области пропускания, неизбежно влекомое красителями, сверх потерь за счет поглощения в стекле.

Фильтру ГГ₁₁ свойственна вполне удовлетворительная жесткость. Ширина его промежуточной области около 300 Å, причем пропускание в этой области не превосходит 30%. Так что, если пределом поглощения светофильтра считать ту длину волны, для которой коэффициент пропускания составляет 46% [173], то фильтр ГГ₁₁ следует признать почти идеально жестким. «Мягкость» светофильтра БГ₃ проявляется в отношении промежуточной области, расположенной в пределах длин волн 4000 — 5000 Å, но для пластинки, имеющей толщину 2 мм, она не должна являться особенно заметной.

Эти характеристики фильтров имеют отношение к точности определяемых нами показателей цвета. Можно считать, что отличная жесткость одного фильтра и вполне удовлетворительная — другого являются благоприятными факторами с точки зрения достижимой точности наших определений.

При рассмотрении кривых чертежа 3, надо иметь в виду также, что они дают пропускание стекла и красителя в собственном смысле и не учитывают потери света за счет отражения лучистой энергии от двух поверхностей стеклянного фильтра, что влечет за собой, как известно, потерю в среднем около 8%-ов света. Вместе с тем, отражение может вообще несколько нейтрализовать и изменить кривую пропускания. Вычисление этих потерь можно произвести элементарным способом, с применением известной формулы Френеля [256, 214].

Коэффициенты пропускания фильтров в функции длины волны для пластинок толщины в 1 мм и без учета потери за счет отражения даны в нижеследующей таблице V. Пропускания с учетом потерь от отражения не включены в таблицу. Зато на чертеже 3 приводим данные М. С. Зельцера, любезно промерившей, по нашей просьбе, наши фильтры на фотоэлектрическом спектрофотометре.

Эти последние измерения, иллюстрированы на чертеже 3 с помощью пунктирных линий. Можно констатировать, что реальные характеристики данных светофильтров, с учетом, к тому же, потерь от отражения, несколько отличаются от фирменных характеристик. Но для фильтра ГГ₁₁ действительная кривая пропускания несколько смещена в сторону коротких длин волн, что является менее благоприятным явлением для наших

определений. Зато длинноволновая часть кривой пропускания для светофильтра БГ₃ расположена очень низко, а потому, имея в виду к тому же светочувствительные свойства примененных фотопластинок, можно считать, что в нашем случае мы имеем дело с «непорочными» фотографическими величинами.

Таблица V

Длина волны	БГ ₃	ГГ ₁₁	Длина волны	БГ ₃	ГГ ₁₁
2810 Å	с.13	—	5780 Å	—	0.99
3020	60	—	6440	—	99
3120	77	—	7000	0.06	99
3340	92	—	7750	90	98
3660	86	—	8500	98	97
4050	86	—	9500	94	96
4360	63	0.01	10500	81	96
4800	10	24	11500	64	96
5090	01	97	13000	39	96
5460	—	99	14500	27	96

Позднее Т. А. Кочлашвили [79] измерила с помощью специальной аппаратуры коэффициент прозрачности. В пределах 5200—6800 Å он оказался несколько (в среднем на 7%) ниже фирменного значения.

Впрочем, для нас наиболее важным является не общая характеристика спектрального пропускания светофильтров, а эффективные длины волн, которыми характеризуются применяемые нами комбинации фильтров и фотопластинок (см. ниже).

Известно, что все оптические и механические дефекты светофильтров, как то: неоднородность стекла и поглощающей среды, пузырьки, призматичность пластинки, отступления от плоскости и др., отрицательно влияют на качество изображений. Призматичность пластинки светофильтра, наряду с отступлениями ее поверхностей от плоскости, может способствовать появлению добавочных рефлексов и снижению резкости изображения. Вообще, светофильтр снижает резкость изображения. При этом, это влияние больше, если светофильтр помещен не перед объективом, а между последним и фотопластинкой, где благодаря непараллельному ходу лучей, вредное влияние светофильтра проявляется более явно. Установка светофильтра перед объективом сопряжена с необходимостью пользоваться фильтром большого размера и, соответственно, большей толщины. Мы устанавливали фильтры в кассете перед фотопластинкой на расстоянии 3 мм от последней. Однако, мы не считаем это недостатком, имея в виду признанные хорошие качества стеклянных светофильтров

Шотта, которым свойственны высокая оптическая однородность стекла и окрашенной массы, отсутствие заметного отступления от плоскости и незначительная призматичность пластинки.

Нельзя, кроме того, пройти мимо способности светофильтров к светостойкости. Этот вопрос обращает на себя особое внимание в нашей работе, при выполнении которой мы пользовались одними и теми же фильтрами в течение длинного периода — почти в 8 лет. К сожалению, приступив к работе, мы не произвели соответствующего исследования, повторение которого к концу работы могло бы дать ответ на вопрос о светостойкости наших фильтров. Единственным опытным критерием нам могло служить сравнение между собой совершенно однородных фотонегативов, расположенных по времени около начала и конца нашего наблюдательного периода, т. е. восьмилетнего периода. Для этой цели надо было бы выбрать несколько пар негативов и сравнить между собой отклонения в цветах звезд, получаемых из этих пар, с отклонениями, соответствующими другим, тесно расположенным по времени, парам. Однако, вряд-ли можно было надеяться, что даже весьма тщательные измерения могли выявить эффект выцветания светофильтров, который заведомо следует считать меньшим, чем, например, эффект старения фотопластинок и вообще другие явления, обуславливающие, все вместе, среднюю точность определения показателей цвета. Тем более, что как известно, выцветанию более подвержены светофильтры, изготовленные из желатины с помощью органических красителей¹. Но все-таки, не имея оснований считать стеклянные светофильтры, окрашенные в массу, хотя и с помощью более стойких неорганических соединений, идеально светостойкими, мы все это время хранили их в закрытых, затемненных помещениях.

Важной характеристикой светофильтра является величина, показывающая насколько необходимо увеличить экспозицию по отношению к той, которая требуется для фотографирования без фильтра, для того, чтобы получить один и тот же фотографический эффект. Эту величину называют фактором фильтра или кратностью его [236, 234]. Понятно, что последняя является величиной, обратной коэффициенту пропускания. Известны элементарные формулы, по которым вычисляется кратность фильтра. Мы не сочли нужным заняться этими вычислениями, т. к. эффективная кратность должна в значительной степени зависеть вместе с тем и от фотохимических и спектральных свойств фотопластинок, применяемых в комбинации со светофильтрами. Эта зависимость понятна, если помнить, что светофильтр меняет спектральный состав проходящей

¹ К сожалению, мы не нашли в литературе количественных данных относительно выцветания светофильтров Шотта, известных, впрочем, высокой светостойкостью.

сквозь него и падающей на фотопластинку лучистой энергии. Это изменение, можно сказать, разное может восприниматься эмульсиями, имеющими разные спектро-фото-химические характеристики. С другой стороны, при строгом расчете кратности, необходимо учитывать и спектральное поглощение в объективах, применяемых для фотографирования с фильтром.

Кратность фильтров может интересовать нас лишь с точки зрения неизбежного снижения способности проникновения всей нашей аппаратуры, но последняя оценена нами, собственно, той предельной звездной величиной, которой мы достигали в наших наблюдениях и измерениях (см. ниже). Приближенная оценка, основанная на опытных снимках с фильтрами и без них, показала нам, что фильтр БГ₃ поглощает в среднем до 0.8 зв. величины, а фильтр ГГ₁₁ (в комбинации с панхроматической пластинкой) — не менее 1.5 зв. величины.

Строго говоря, фильтр перед пластинкой должен создавать рассеянный свет, хотя последний и не может быть хоть сколько-нибудь значительным в нашем случае. Возможно, что в особо деликатных фотометрических задачах следует как-то учитывать его влияние. В работах же, аналогичных нашей, этот эффект, как входящий в фон пластинки, учитывается вместе с фоном в процессе обычных измерений изображений.

Желтый фильтр резко менял нам структуру изображения звезды и придавал ему совершенно отличную от обычной форму. В этом нашел свое проявление хроматизм объектива. Изменение отсчета фокусного расстояния при переходе от фокусирования без фильтра на фокусирование с желтым фильтром равно 3.3 мм для объектива № 1. Разница в фокусных расстояниях для желтого и синего фильтров для объектива № 1 4.6 мм, а для объектива № 2 — 3.8.

§ 6. Фотопластинки

Мы пользовались для наших наблюдений двумя родами фотографических пластинок: обычными — для определения фотографических звездных величин и панхроматическими — для фотовизуальных величин. Последние почти неизменно были марки ИСС (ISS) фирмы Агфа. Лишь в весьма редких случаях мы пользовались для фотовизуальных величин пластинками Астра IX фирмы Ильфорд Монарх.

Фотопластинки Агфа ИСС имеют панхроматическую эмульсию весьма высокой чувствительности (до 7000 ХД). Их чувствительность начинает заметно падать лишь после λ 6400. Но, на спектральных снимках, полученных с объективной призмой (дисперсия 130\AA на 1 мм, около $H\gamma$), удается получить относительно удовлетворительное изображение линии H_{α} для звезд типа А. Эти пластинки имеют противоореальный слой.

который обеспечивает полное исключение ореола. Они удобны в обращении, т. к. противоореольный слой исчезает в процессе проявления.

Пластинки Астра IX имеют весьма высокую чувствительность, однако падение кривой спектральной чувствительности у них наступает несколько раньше, хотя можно считать, что кривая пропускания простирается до 6300 \AA . Этим пластинкам свойственен очень темный фон. Они вместе с тем противоореольны.

К сожалению, в силу независящих от нас причин, мы были вынуждены пользоваться для определения фотографических звездных величин разными сортами фотопластинок. Впрочем, как показано ниже, мы убедились, что разновидность пластинок не внесла в наши выводы заметных погрешностей, благодаря постоянному применению светофильтров. Поэтому пестроту сортов используемых нами пластинок не следует считать серьезным недостатком нашей работы.

Марки фотопластинок, использованных для определения фотографических величин были следующие: Агфа Изохром, Агфа Астро, Гольден Изо Зенит, Империап 1200. В тех случаях, когда мы прибегали к способу двух изображений на одной пластинке, были использованы Агфа ИСС и Астра IX. Впрочем, большинство снимков, — 62% — были выполнены на пластинках Агфа Изохром, 20% — на пластинках Агфа Астро и Империап 1200, которые мало отличаются друг от друга по спектральным и сенситометрическим характеристикам [922, 18]; 13% — на Гольден Изо Зенит (1400 ХД) и т. д.

Для фотовизуальных величин преимущественно употреблялись пластинки Агфа ИСС и Астра IX. Единственный снимок, полученный на обычной Ильффорд Монарх, вряд ли заслуживает упоминания.

Пластинки Агфа Изохром имеют ортохроматическую эмульсию высокой чувствительности (около 6000 ХД). Кривая спектральной чувствительности заметно понижается к 5000 \AA , затем несколько возрастает и обнаруживает небольшой максимум около 5350 \AA , после чего понижается круче, а около 5800 \AA чувствительность теряется вовсе. Они имеют противоореольный слой, полностью исключающий ореол. Пластинкам свойственен светлый, ровный фон.

Кстати, упоминая здесь о противоореольном слое, мы имеем в виду ореол, возникающий вследствие отражения света от задней стеклянной поверхности фотопластины, т. е. ореол отражения. Известно, что диффузное рассеяние света в эмульсии также вызывает диффузный ореол. Его называют часто иррадиацией. Диффузный ореол вызывается внутренним отражением падающего света от зерен эмульсии и вместе с тем, дифракцией света, производимой зернами. В связи с этим степень иррадиации заметно зависит от размеров зерен эмульсии и она различна

для разных фотопластинок. Однако диффузный ореол при всех обстоятельствах, как по интенсивности, так и по размерам, значительно слабее ореола отражения. Поэтому удаление последнего, чему и служит противоореольный слой, является достаточным.

Конечно, представило бы интерес испытание противоореольного действия слоя, т. е. выяснить, в какой мере достигается противоореольность. Но, подобное испытание, хотя и осуществимо разработанными способами [151], требует специальной сенситметрической аппаратуры, которой мы не располагали. Нет оснований, однако, полагать, что мог иметь место остаточный ореол, различно проявляющийся в разных случаях и могущий явиться источником заметных добавочных ошибок.

Кривые спектральной чувствительности Агфа Астро и Империял 1200 мало отличаются одна от другой. Заметное падение чувствительности у обоих сортов начинается около 4850 \AA , а полное исчезновение чувствительности наступает около 5200 \AA . Фон у Империял 1200 весьма светлый.

Почти для всех перечисленных сортов хорошо выражен максимум чувствительности в участке около 4400 \AA , что впрочем и должно быть, т. к. этот участок совпадает с областью собственной чувствительности бромистого серебра [56]. Перечисленные же пластинки все имеют бромосеребряную эмульсию.

Совместное исследование на спектрографе всех сортов пластинок, за исключением Гольден Изо Зенит, показало, что широта характеристической кривой, т. е. участок последней, где приращение фотографического почернения пропорционально приращению света, почти одинакова у всех использованных нами пластинок (разумеется, при одинаковых условиях проявления); она лишь несколько больше у Империял 1200. Фактор контраста, играющий в фотографической фотометрии большую роль, оказался приблизительно одинаковым для всех пластинок за исключением Империял 1200, для которых он несколько меньше. Количественная оценка плотности в точке пересечения характеристической кривой с осью ординат подтвердила наличие большой вуали у пластинок Астро IX и отсутствие ее у пластинок Империял 1200. В наших опытах мы не обнаружили заметных реальных различий в инерции пластинок, т. е. в положении точки пересечения продолжения прямолинейной части характеристической кривой с осью абсцисс, хотя она должна зависеть от свойств данной эмульсии, но, впрочем, и — от условий проявления.

Наконец, следует отметить, что наши фотопластинки имеют слои различной толщины. Если Империял 1200 и Агфа весьма тонкослойны, то Илфорд Монарх и особенно Астро IX заметно толстослойны. Мы

указываем на это обстоятельство, как на некоторый недостаток, так как процессы проявления, фиксирования и сушки протекают с разной скоростью для слоев разной толщины. Условия, которые хороши для толсто-слойных фотопластинок, могут оказаться форсированными для тонко-слойных, а форсирование любого из этих процессов может привести к нарушению однородности качества негатива. Конечно, при нашем способе фотометрических сравнений с одновременно обрабатываемым негативом Полярной области этот эффект весьма ослаблен.

Исследования Гольден Изо Зенит мы не могли выполнить в связи с тем, что последняя коробка этих пластинок, отложенная для данной цели, оказалась несколько засвеченной.

К вопросу о спектральных характеристиках комбинаций наших светофильтров и фотопластинок мы еще вернемся в связи с определением эффективных длин волн.

Накопление негативного материала длилось у нас в течение нескольких лет. Естественно, поэтому, поставить вопрос о старении фотопластинок и соответствующем изменении свойств характеристических кривых, тем более, что высокочувствительные эмульсии, которыми пользуются обычно в астрономической практике, в большей степени обладают способностью менять свои свойства с течением времени. Между прочим, старение может проявиться как в снижении, так и в повышении относительной чувствительности в области сенсбилизации.

Однако, если иметь в виду, что все наши фотометрические определения велись дифференциальным способом, можно быть уверенным за практическое отсутствие влияния старения фотопластинок на наши определения.

Наконец, можно заметить, что необходимость стандартизировать работы по фотографической фотометрии требует, чтобы предварительно исследовались спектрочувствительные свойства эмульсий, или даже их комбинаций со светофильтрами, и выбирались те из последних, которые наиболее удовлетворяют поставленным задачам. По спектральной чувствительности фотографической эмульсии можно производить и расчет нужных или желательных светофильтров (А. В. Марков, [103]). К сожалению, мы были ограничены в этом отношении. Приступая к работе, мы располагали только одной парой светофильтров и некоторым запасом фотопластинок, марки которых впоследствии менялись по независящим от нас причинам. В связи с этим нам оставалось провести сравнительное исследование фотопластинок пост фактум, по окончании всей работы.

§ 7. Фотографическая обработка фотопластинок

Пластинки проявлялись в подавляющем большинстве случаев метологидрохиноновым проявителем¹. Мы остановились на нем в связи с тем, что, как оказалось, такому проявителю, составленному по нижеприведенному рецепту, присуще свойство проявлять в умеренном темпе, с хорошим выявлением предельно слабых звезд и с небольшой вуалью проявления, что важно для фотометрических работ, подобных нашей. Наконец, этот проявитель, получивший вообще весьма большое распространение в научной фотографии, обеспечивает также продолжительное и хорошее хранение негативов².

Для того, чтобы использовать эти фотографические свойства метологидрохинонового проявителя с рациональным эффектом, он составлялся по следующему рецепту:

Гидрохинон	8 гр
Метол	5 гр
Сульфит натрия, кристаллический	50 гр
Сода безводная	50 гр
Бромистый калий	3 гр

Означенное размещивается в дистиллированной воде 1000 гр, после чего раствор дополняется дистиллированной водой до 2 литров. Порядок разбавления химикатов не произвольный, а следует рекомендуемой руководством по фотографии очередности.

Такое соотношение составляющих представляется наиболее целесообразным. Более концентрированный проявитель был нежелателен, ибо известно, что концентрированные проявители воздействуют на фотоластинку неравномерно. Сочетание гидрохинона и метола дает быстрое проявление изображения и нужную плотность последнего. Гидрохинон известен хорошей способностью выявлять слабые световые возбуждения, но вместе с тем, он характеризуется малой степенью избирательного действия проявителя, т. е. малым отношением скорости проявления изображения к скорости проявления фона, что вызывает заметную вуаль, особенно при повышенной температуре проявления. Плотность вуали увеличивается с продолжительностью проявления, однако, не по тому-же закону, по которому растет плотность изображения. Метол также обладает значитель-

¹ До 1940 года мы часто пользовались параамидофеноловым проявителем. Приготавливалось два раствора. Первый составлялся из параамидофенола (20 гр.) и калия метабисульфита (10 гр.), разведенных в одном литре дистиллированной воды. Второй — из углекислого натрия (60 гр.) и сернистого натрия, разведенных также в одном литре воды. Оба раствора смешивались вместе в неравных частях, с преобладанием первого из них.

² Этот же проявитель рекомендуется фирмой для пластинок Агфа Изохром и Агфа ИСС, которыми мы пользовались в подавляющем большинстве случаев.

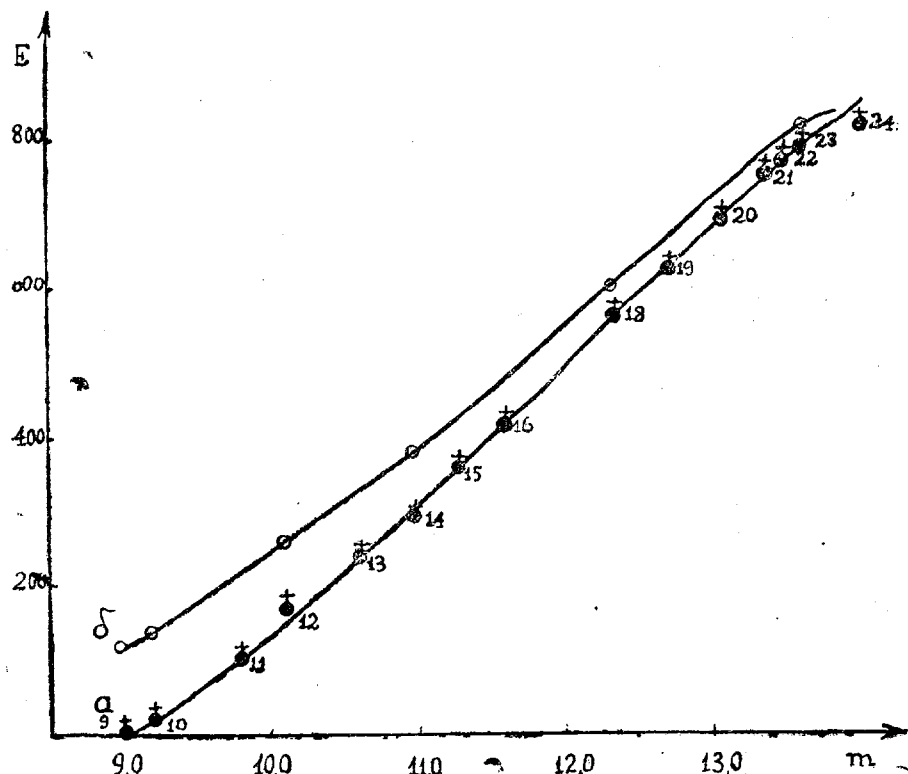
ной вуалирующей способностью. Хорошим средством регулирования процесса в данном отношении является добавочная составляющая в виде бромистого калия. Последний, наряду с тем, что задерживает проявление, удлиняет его и тем создает условия для лучшей стандартизации, оказывает вместе с тем и девуалирующее действие на негатив. Результат проявления и степень химической вуали зависят, конечно, и от сорта и качеств фотографических пластинок, от природы и возраста эмульсии. Пропорция метола и бромистого калия варьировалась смотря по сорту проявляемых пластинок. Так например, в числе используемых нами пластинок сорт Астра IX был особенно склонен к вуали и, для уменьшения последней, для него требовалось особое сочетание метола и бромистого калия. Что касается таких составляющих проявителя, как сода и сульфит, роль которых заключается в ускорении проявления и в предохранении проявителя от быстрого окисления кислородом воздуха и, следовательно, от изменений его проявляющих свойств, то они брались в установленных и неизменных пропорциях. При этом мы не забывали о том, что неумеренное пользование содой, как вообще, — щелочью, вызывает со своей стороны вуаль, не говоря о том, что оно вредно действует и на желатинный слой фотопластинки, вызывая в нем склонность к сползанию, особенно при продолжительном проявлении.

Таким образом, мы стремились получить однородный характер негативов, поскольку он мог зависеть от рецептуры проявителя. Но, конечно, характер негатива в значительной степени зависит и от фотохимических и спектрофотохимических свойств, а также и от зернистости самой эмульсии, т. е. от сорта пластинок.

Что касается самого проявления, естественно, что и в этом отношении мы стремились сохранить однородность и неизменность условий. При этом мы старались иметь всегда определенное количество проявительной жидкости в кювете, исходя из рекомендуемого в ряде руководств по фотографии расчета—по 70 кубических сантиметров проявителя на каждую пластинку размером 9×12 сантиметров, чтобы эмульсия проявляемых негативов покрывалась достаточно высоким слоем проявителя во избежание возникновения так называемой воздушной вуали. Это следует иметь в виду особенно при пользовании гидрохиноновым проявителем [237].

Температура проявления поддерживалась около $+16—+18^{\circ}\text{C}$. Продолжительность проявления—8—11 минут. В некоторые периоды нам приходилось проявлять в помещении с довольно низкой температурой—около 10° . При низких температурах проявления обычно рекомендуют увеличивать щелочность проявителя добавлением 40%-го раствора едкого калия [237]. Однако, в большинстве случаев мы нагревали проявитель заблаговременно до $20—22^{\circ}$, имея в виду, что за время проявления

он остывал на 4—5 градусов. Такие колебания температуры могли вызывать неприятные явления в смысле изменения вида и параметров характеристической кривой. Особенно опасным могло быть неравномерное остывание проявителя в различных частях большой кюветы. Это заставило нас попытаться оценить возможные погрешности в определении звездных величин, зависящие от изменения температуры в процессе проявления. С этой целью мы поставили несколько опытов. Последние сводились к следующему: в совершенно одинаковых условиях была получена



Чертеж 4

пара фотографий Стандартной площадки. Проявление каждой пластинки происходило в различных условиях, хотя и в проявителе, взятом из одной посуды. Одна из них проявлялась в условиях неизменной температуры $+18^{\circ}$. При проявлении другой пластинки создавались условия, при которых температура раствора в процессе проявления понижалась на 5—6 градусов (опусканием кюветы в другую кювету, содержащую охлажденную воду). Характеристическая кривая претерпевала некоторые изменения, иллюстрированные чертежом 4, на котором кривая (a) соответствует первому случаю, т. е. проявлению в условиях неизменной темпера-

туры, а кривая 6—второму случаю. Цифры на кривой а означают номера звезд. Крестики представляют собой данные измерения третьего негатива, снятого в тех же условиях и проявленного в стандартных условиях, но—отдельно от первого негатива (дополн. контроль).

Охлажденный проявитель, как видим, меняет характеристическую кривую в том смысле, что делает ее более пологой и расположенной выше, т. е. пластинка не проявляется в той же степени, как в проявителе нормальной температуры.

Изменение температуры проявления сказывалось и на фоне (вуаль) проявленных фотопластинок. Очевидно, уменьшение температуры проявления означает замедление проявления, но, как показали наши опыты, при этом замедление проявления различно для разных эмульсий. При увеличении же температуры проявление вуали протекает энергичнее и в большей степени, чем проявление изображений. Таким образом, при повышении температуры проявления фотопластинка вуалируется. Это влечет вместе с тем и изменения в характеристиках контрастности и др. Поэтому мы старались не проявлять при температуре $+20—+22^{\circ}\text{C}$. Тем более, что при более высоких температурах, выше $22—24^{\circ}\text{C}$ проявление становится затруднительным из-за склонности эмульсионного слоя к механическим деформациям, появляющейся с приближением температуры к температуре плавления эмульсии (около $+30^{\circ}\text{C}$).

Но в данном случае, благодаря дифференциальному способу наших определений, т. е. измерению зв. величины относительно стандартных звезд, поле которых обрабатывалось точно в тех же условиях и совместно с исследуемым полем,—эффект охлаждения проявителя на получаемые величины в конечном итоге должен был отсутствовать.

Для того, чтобы получить равномерно проявленные негативы, в процессе проявления кювета с фотопластинками медленно покачивалась, по возможности, во всех направлениях, что способствовало поступлению свежих частиц проявляющего раствора к проявляемому слою. Впрочем, в последнее время мы встретили в литературе указания на то, что проявление без покачивания дает лучшие результаты [777].

Наконец, нельзя пренебрегать тем, что при хранении проявителя, в последний проникает воздух, что вообще меняет проявляющие свойства проявителя, в частности, увеличивает скорость проявления и др. [237]. В связи с этим мы старались проявлять по возможности всегда со свежим проявителем. Во всяком случае, хранить проявитель необходимо в закрытых малых сосудах для того, чтобы жидкость доходила до пробки и не соприкасалась с воздухом, от которого проявитель окисляется.

Для фиксирования пластинок мы пользовались фиксажем, приготовленным по следующему рецепту:

Гипосульфит натрия 250 гр.

10. Бюлл. Абаст. астроф. обс., № 12

Сульфит натрия кристаллический 30 гр.

Вода дистиллированная 1000 гр.

К раствору добавлялось до 15 грамм лимонной кислоты, имеющей способность предохранять желатин слоя от размягчения и набухания.

Как известно, при данной концентрации фиксажного раствора, продолжительность фиксирования изменяется приблизительно обратно пропорционально температуре [718]. Однако, мы не всегда соблюдали неизменность температуры при фиксировании, не стремясь особенно к неизменности продолжительности фиксирования.

Последняя, после того, как достигается полное фиксирование, не влияет на характер негатива. Но засветка пластинок опасна до полного фиксирования, ибо засветка всегда может вызвать вуаль и к тому же — неравномерную. При всех условиях, исчезновение опалового слоя пластинки не требовало у нас более 20—25 минут и мы держали пластинки в фиксажном растворе не менее 25 минут. Некоторые авторы рекомендовали оставлять негатив в фиксаже дополнительно на такой же срок, какой требуется для исчезновения опалового слоя, но впоследствии обнаружилось, что в этом нет необходимости [718]. Важно лишь не допускать значительного истощения фиксажа. С этой целью мы старались менять раствор после фиксирования в нем до 20 пар пластинок размером 9×12 сантиметров или, в некоторых случаях, подкислять его бисульфитом натрия, что противодействует истощению фиксажа. В тех случаях, когда нам приходилось пользоваться недостаточно свежим фиксажем, мы покачивали кювету, содержащую последний, для того, чтобы способствовать поступлению свежих частиц фиксажа к фиксируемой эмульсии.

Вообще же говоря, получение совершенно однородного фотографического материала требует соблюдения стандартизации и в отношении фиксирования. Правда, поскольку последнее заключается в удалении из эмульсии не подвергшегося воздействию света бромистого серебра, оно не должно влиять на характеристики проявленных изображений звезд. Но, характер фона безусловно зависит от условий фиксирования. Этим обстоятельством не должно пренебрегать в астрономической практике, где процессу фиксирования зачастую бывают склонны придавать второстепенное значение.

Во избежание введения в фиксажный раствор окисленного проявителя, оставшегося на поверхности пластинок, что могло бы впоследствии окрашивать негативы, мы прополаскивали пластинки в воде перед тем, как погружать их в фиксаж.

После фиксирования, пластинки промывались обычно, за небольшими исключениями, в проточной воде под водопроводным краном, подающим родниковую воду, не фильтруемую какими либо искусственными средствами. Обычно предостерегают от внезапного перехода из фиксажного

раствора в воду, учитывая, что такой переход ведет к сильному поверхностному натяжению в слое эмульсии и к образованию пузырей и сморщиванию слоя [718]. С этим обстоятельством нам приходилось считаться, имея в виду низкую температуру родниковой воды. Поэтому, в нужных случаях, мы пользовались еще промежуточным прополаскиванием негативов в умеренно холодной воде. Пластинки промывались в проточной воде, по крайней мере, в течение одного часа, после чего тщательно всполаскивались в дистиллированной воде. В тех же редких случаях, когда проточной воды у нас не было (до полного окончания строительства обсерватории) и мы пользовались стоячей водой, последняя несколько раз менялась, чтобы таким способом облегчить диффундирование гипосульфита из желатинной эмульсии в воду, в чем и заключается назначение промывания.

Предварительно мы определили минимальную, в среднем, продолжительность необходимого времени для промывания или необходимую частоту смены воды. С этой целью лучше всего прибегать к следующему опыту исследования окраски воды [237, 645]. Капельки с вынутой из воды пластинки собираются в одну пробирку. Другая же пробирка наполняется водой, применяемой для промывания. Затем в обе пробирки вводится иод с крахмалом. Если в первой пробирке оказываются остатки гипосульфита, то соединение последнего с иодом вызывает обесцвечивание раствора. Если же в обеих пробирках окраска остается одинаково неизменной, то это указывает на то, что промывание можно считать вполне законченным.

Сушка пластинок производилась в естественных условиях без применения сушильной печи, вентилятора или способа погружения негатива в спирт. Последний способ имеет тот недостаток, что он может вызывать полосы и пятна на негативе или даже сплошное помутнение его, не говоря о том, что быстрая сушка с использованием спирта влечет за собой некоторые трудно учитываемые изменения в плотностях негатива [645]. Конечно, в условиях естественной сушки, требующей большей продолжительности, негативы легко подвергаются запылению, но на время сушки они ставились в вертикальное положение, что должно было уменьшать возможное оседание пыли на них.

Описанные приемы и режим обеспечивали нам получение доброкачественного и однородного негативного материала, по возможности малоотягощенного такими дефектами, которые могли бы заметно увеличивать случайные ошибки результатов фотометрических измерений.

§ 8. Негативный материал

Основной материал, полученный нами в результате семилетних наблюдений, длившихся с лета 1939 года, состоит из большого количества фото-

снимков исследуемых Площадей Каптейна и Северного Полюса, выполненных в фотографических и фотовизуальных лучах. Из этого материала основное применение для наших определений нашли 284 фотографических и фотовизуальных негатива, относящихся к исследуемым Площадям и 158 негативов со снимками Северного Полюса, служащего в качестве редуционной площадки. Однако, это лишь те снимки, которые служили непосредственно выводам фотографических и фотовизуальных величин, или показателей цвета. Но мы обработали большое количество (более 60 пар) других негативов, которые служили для определения системы цветов, для оценки величин погрешностей, учета разных эффектов и т. д. Наконец, мы имели и спектральные снимки, послужившие для вычисления эффективных длин волн, о чем речь будет идти ниже.

Основной фотографический материал получен в период с мая 1939 года по февраль 1945 года. Прочий контрольный и редуционный материал, включая и снимки, по которым определялись эффективные длины волн, система цветов и т. п., мы продолжали накапливать в 1945 и 1946 гг. Некоторые проверочные и редуционные снимки делались и в 1948 и 1949 гг.

Мы не будем приводить здесь всего списка и описания негативов, так как основной фотографический материал описан в ранее опубликованных статьях: [204], стр. 22; [205], стр. 102; [208], стр. 73; [209], стр. 126. Во всех указанных статьях они собраны в таблицах II, в которых даны инвентарные номера негативов, даты снимков, сорт фотопластинок, продолжительность экспозиции и зенитные расстояния, соответствующие серединным моментам снимков.

Для полноты отметим, что впоследствии были измерены еще другие пары негативов, которые не вошли в таблицы, а потому перечислим их здесь же:

- ПК 24 № 386 (Агфа Изохром). Полюс: №№ 384, 387 11.IX. 1939.
 № 389 (Агфа ИСС)
 ПК 38 № 500 (Агфа Астро). Полюс: №№ 500а, 501а 11.IV.1940.
 № 501 (Агфа ИСС).

Все они сняты с экспозиций в 10 минут, при зенитном расстоянии для ПК в 44° .

Из 442 негативов основного фотографического материала более 70% были получены автором настоящей работы. Почти все (более 96%) негативы, служащие редуционным целям и исследованиям различных эффектов и выводу эффективных длин волн, также получены автором.

§ 9. Фотометрические измерения негативов

Фотометрические измерения негативов — для вывода фотографических и фотовизуальных звездных величин — выполнены с помощью фотоэлектрического микрофотометра конструкции Никонова (изготовлен Астрономическим Институтом в Ленинграде).

Несмотря на то, что объективный микрофотометр Никонова, отлично зарекомендовав себя, находится в большом пользовании на ряде советских обсерваторий, он до сих пор не был описан в должной мере в литературе. Статья В. Б. Никонова [117] касается первой упрощенной модели (макета) и, конечно, не может служить описанием действующих моделей. В связи с этим следует несколько подробнее осветить работу микрофотометра.

Принцип действия этого микрофотометра заключается в следующем. Фотографическое изображение звезды на негативе, вводится в интенсивный световой поток, идущий от некоторой постоянной лампы и проектирующийся, наконец, на поверхность фотоэлемента. Ослабленный изображением световой поток воздействует на фотоэлемент. Возникший в результате фототок в общем пропорционален падающему на фотоэлемент световому потоку¹. Он измеряется отбросом стрелки гальванометра, который со своей стороны пропорционален фототоку. Таким образом, отброс гальванометра является мерой фотографической величины звезды.

Коротко говоря, в этом микрофотометре измеряется полное поглощение света в звездном изображении, т. е. имеет место комбинация измерения диаметра изображения и измерения плотности. Описанный принцип обуславливает самую конструкцию данного микрофотометра.

Схема микрофотометра представлена на чертеже 5.

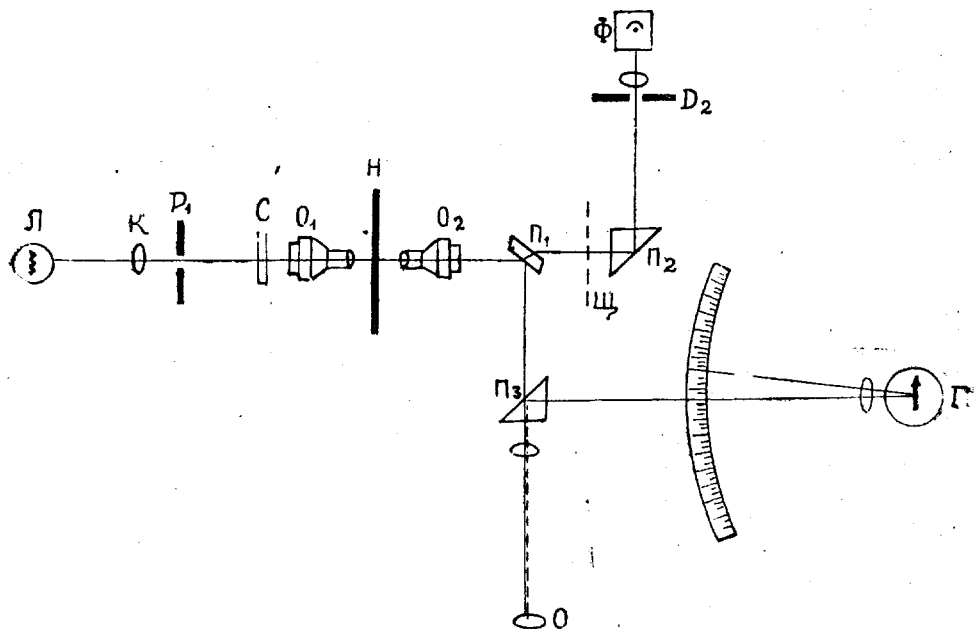
Нить 12-вольтовой лампы L проектируется конденсором K на микроскопический объект O_1 . Между конденсором и объективом, вплотную к первому, расположена диафрагма D_2 , а также матовое стекло C . Объектив O_1 проектирует в свою очередь уменьшенное изображение диафрагмы D_1 на фотослой измеряемого негатива H .

Таким образом, на эмульсии негатива мы имеем сечение светового потока, идущего от лампы L . При этом важно, чтобы здесь световой поток имел строго постоянную и равномерную плотность по всему сечению. Это достигается рядом мер. Во-первых, лампа L и ее установка должны удовлетворять некоторым условиям. Нить лампы расположена горизонтально и перпендикулярно к оптической оси конденсора. Она

¹ Строгая пропорциональность фототока фотоэлемента падающему на него световому потоку имеет место при соблюдении известных условий в соотношении между сопротивлением внешней цепи фотоэлемента и внутренним сопротивлением последнего.

² Точнее: расположен диск диафрагм разных диаметров; вращением диска можно вводить в коллимационную линию любую из диафрагм.

представляет собой тесную спираль длиной более 3-х миллиметров, с внешним диаметром около 0.75 мм. Установка лампы допускает ее перемещение по трем координатам для юстировки. Все это нужно для того, чтобы добиться получения на пластинке такого сечения светового потока, т. е. изображения диафрагмы или коротко «блика», которое имеет весьма однородную плотность. Во-вторых, блик тщательно фокусируется на эмульсию путем вращения объектива O_1 в своей оправе. Эта фокусировка весьма ответственна. Лишь при точной фокусировке можно быть уверенным в требуемой равномерности интенсивности светового



Чертеж 5

вого потока в плоскости, совпадающей с плоскостью эмульсии. При неравномерной интенсивности блика могут возникнуть весьма заметные погрешности, обусловленные зависимостью отсчета от положения изображения звезды внутри блика¹.

С другой стороны негатива H , против объектива O_1 , расположен второй, подобный же объектив O_2 , фокусируемый на эмульсию. Проходя сквозь негатив, объектив O_2 , плоскопараллельную пластинку Π_1 и призму полного внутреннего отражения Π_2 , световой поток падает, наконец, на фотоэлемент Φ . Перед последним установлен другой диск со сменными диафрагмами D_2 , для устранения рассеянного света от блика в фотослое

¹ Постоянство плотности светового потока в плоскости эмульсии проверяется время от времени элементарным способом (измерениями отсчетов, при введении в разные места сечения потока точек, нанесенных на эмульсию тушью).

негатива. Эта диафрагма отнюдь не второстепенна, а играет в приборе существенную роль [104]. Сам фотоэлемент помещен в коробку, которая также защищает его от постороннего света.

Между Π_1 и Π_2 поставлен щиток \mathcal{C} , который, в зависимости от надобности, либо пропускает световой поток к фотоэлементу, либо преграждает ему путь. В окуляре O , где помещен глаз измерителя, мы можем видеть небольшую поверхность измеряемого негатива, освещенную бликом и его светом, рассеянным в фотослое. В том же окуляре видна, благодаря наличию призмы Π_3 , вместе с нитью, натянутой в фокальной плоскости, шкала \mathcal{I} , изображение которой, при вращении зеркала гальванометра Γ , перемещается по отношению к неподвижной нити, с помощью которой и берется отсчет.

В микрофотометре установлен простой вентильный селеновый фотоэлемент, имеющий чувствительную поверхность несколько меньше двух квадратных сантиметров. Его общая чувствительность около 500 мА/люм. Фотоэлемент включен в цепь с зеркальным гальванометром типа Лёле фирмы Руштраг, АЕГ; неподвижно установленным на кронштейне, заложеном во внешнюю капитальную стену помещения. Токовая чувствительность гальванометра равна 5×10^{-9} А/мм, внутреннее сопротивление 1100 ом; период же — 0.53 секунды¹. Гальванометр непосредственно замкнут на фотоэлемент. Однако, временами, считаясь с наличием разности между внутренним сопротивлением фотоэлемента и внешним критическим сопротивлением гальванометра, мы включали дополнительное сопротивление для того, чтобы достичь благоприятного режима работы гальванометра, т. е. режима критического успокоения, при котором время установки нити гальванометра минимально (около 2 секунд в нашей практике).

Лампа Λ , потребляющая ток около 2-х ампер, питается 100-амперными (иногда — 60-амперными) щелочными аккумуляторами, включенными параллельно двумя рядами, по 10 банок в каждом. Это обеспечивает хорошую стабильность накала. Для достижения лучшей стабильности требуется, наряду с этим, соблюдать полную надежность контактов в цепи. Токоподводящие провода припаяны к цоколю лампы. Их концы, соединяющиеся с аккумуляторами, очень плотно зажимаются винтами на контактах. Проводка от аккумуляторов к микрофотометру идет хорошо изолированными проводами. Ползунок реостата, регулирующего накал лампы, представляет собой кольцо, весьма плотно облегающее реостат по всей окружности цилиндра и плотно закрепляемое винтом. В тех случаях, когда появлялась тенденция к систематическому снижению накала,

¹ За время выполнения нашей работы мы применяли один и тот же гальванометр. Что касается фотоэлемента, он был дважды заменен. Впрочем, названный выше фотоэлемент находился в работе в течение наиболее длительного времени.

что указывало на разряженность аккумуляторов, последние заменялись подзаряженными секциями. Наконец, при включении лампы, мы выжидали несколько минут перед тем, как приступить к измерениям, это бывало особенно необходимо после свежей зарядки аккумуляторов. Все эти меры были необходимы для обеспечения хорошей стабильности накала лампы во время измерений.

Описанная выше схема и простые дополнительные приспособления обуславливают следующий порядок производства микрофотометрических измерений. В окуляре мы видим освещенное поле негатива, достигающее почти 2-х миллиметров в диаметре, что соответствует почти 7 минутам дуги на наших негативах. Это достаточно для относительно легкого отождествления звезд. Измеряемое изображение приводится на крест нитей, проектирующийся в поле зрения и ориентирующий на центр блика¹. В это время, по мере надобности, могут быть отсчитаны прямоугольные координаты изображения звезды на негативе, — по взаимно перпендикулярным шкалам вдоль двух сторон рамы микрофотометра, несущей негатив. Передвижением некоторого рычажка приспособление III пропускает световой поток на фотоэлемент; вместе с тем, в окуляре, в верхней части поля, возникает изображение шкалы со спроектированной на ней нитью, по которой и берём отсчет. Само поле негатива в это время закрывается и видна лишь небольшая часть его с изображением звезды, ограниченная диафрагмой. При обратном передвижении рычажка мы вновь видим освещенное поле и наводим на крест нитей следующую звезду, но одновременно происходит затемнение фотоэлемента и мы получаем возможность проверить положение нуля гальванометра.

Юстировка и фокусировка микрофотометра проверялись и исправлялись, в среднем, раз каждые 3 — 4 месяца. Это приходилось делать, хотя конструктивная жесткость микрофотометра и его установки были в общем удовлетворительны. В процессе же самих измерений и особенно по установлению нового очередного негатива в микрофотометре, приходилось строго следить за фокусировкой объективов O_1 и O_2 ², стремясь к тому, чтобы зерна эмульсии негатива и края изображения диафрагмы, т. е. блика, были бы одинаково в фокусе (юстировка фокусировки). Одновременно проверялась и центрировка диафрагм D_1 и D_2 , нарушение которой может внести большие ошибки в результаты измерения, т. е. необходимо соблюдать концентричность изображения диафрагм, которые к тому же по размерам равны между собой. Вместе с тем необходимо тщательно проверять перпендикулярность плоскости негатива к коллимаци-

¹ Совпадение пересечения нитей с центром изображения диафрагмы контролируется систематически.

² Для этого пользуются перекладным зеркальцем, заключенным в передней части коробки, в которой расположен фотоэлемент.

онной линии, ибо наклон негатива был бы равносильен нарушению фокусировки по окружности блика. Наш микрофотометр имел приспособление для «автоматической фокусировки». Негатив, установленный эмульсионной стороной к объективу O_1 , автоматически поджимался к последнему в момент, когда передвижением рычажка световой поток пропускался к фотоэлементу и производился отсчет гальванометра. Но этот способ требовал особых предосторожностей во избежание повреждения эмульсии конусом, зажимающим объектив O_1 , и впоследствии пришлось отказаться от автоматической фокусировки, предпочтя хотя и учащение контроля фокуса, но зато избегая возможностей повреждения эмульсии.

Рама микрофотометра, несущая измеряемую фотопластинку, имеет два взаимноперпендикулярных перемещения. Положение рамы фиксируется двумя прямоугольными координатами. Это дает возможность пользоваться системой прямоугольных координат для определения отдельных изображений на негативе. Для массовых измерений, подобных нашим, это крайне важно в отношении легкого и удобного отождествления звезд на негативе со звездной картой.

Звездные карты, соответствующие исследуемым нами областям, составлялись предварительно в прямоугольных координатах, даваемых в каталогах БСО. За масштаб мы брали 12 сантиметров на один градус. На карту накладывалась прозрачная (целлулоидная) сетка прямоугольных координат, шкала которой по осям абсцисс и ординат была выбрана в таком масштабе, что разность, например, в абсциссах прозрачной сетки для двух звезд, взятых на нижней карте, была в точности равна разности в отсчетах соответствующих координат на микрофотометре для тех же звезд на негативе. Легко представить, что так как масштаб на наших негативах в 7 раз меньше масштаба, составляемых нами звездных карт прямоугольных координат, то масштаб накладной прозрачной сетки должен был быть увеличен также в 7 раз, т. е. одному делению на ней, условно называемому миллиметром и отвечающему перемещению несущей рамы микрофотометра на один миллиметр, должен был соответствовать отрезок, имеющий реальную длину в 7 миллиметров. Легко понять, что для наибольшего удобства в работе при массовых измерениях, следует предварительно ориентировать накладную сетку на звездной карте таким образом, чтобы «сеточные» координаты каких-либо трех достаточно удаленных друг от друга звезд, заранее отмеченных на негативе и на карте, в точности совпадали с соответствующими отсчетами координат несущей рамы. Другими словами, подводя отмеченные звезды на негативе к кресту нитей в поле зрения микрофотометра, мы берем координатные отсчеты микрофотометра. После этого мы так ориентируем накладную сетку, чтобы на эти же звезды на карте пришлись те же отсчеты сетки. После выполнения подобной ориентировки и закрепления прозрачной сетки в

таком положении неподвижно по отношению к звездной карте, наводка на все измеряемые звезды, нанесенные на карту, осуществляется совсем просто.

Пусть n_* , n_ϕ и n_0 являются отсчетами гальванометра микрофотометра при наведении на звезду, фон негатива вблизи звезды и при затемнении фотоэлемента, соответственно. Далее, пусть J и J_* являются падающим на негатив световым потоком и потоком, прошедшим через него, соответственно. Рассмотрим отношение $\frac{J_*}{J}$. Оно выражает прозрачность того элемента негатива, который ограничен бликом. Если в блик введено изображение звезды, то это отношение будет тем меньше, чем больше число разложенных зерен фотографической эмульсии будет содержать участок негатива, ограниченный бликом, т. е. тем больше будет в таком случае ослабление начального светового потока. Следовательно, приведенное отношение, называемое средней абсолютной прозрачностью, служит мерой фотографического действия света звезды на негатив.

Однако, имея в виду наличие на негативе фона и его неизбежное влияние на измерения, целесообразнее принимать за меру фотографического действия отношение интенсивности светового потока, прошедшего через соседний со звездой участок фона, ограниченный тем же бликом (J_ϕ). Следовательно, отношение

$$\frac{J_*}{J} : \frac{J_\phi}{J} = \frac{J_*}{J_\phi}$$

явится мерой фотографического действия света звезды при измерении негатива на объективном микрофотометре.

Имея в виду пропорциональность фототока падающему на фотоэлемент световому потоку и, наряду с этим — пропорциональность отброса гальванометра фототоку, отношение $\frac{n_*}{n_\phi}$ должно служить мерой фотографического действия, выражая собой отношение световых потоков, прошедших через измеряемый элемент негатива и соседний с ним элемент фона. Правда, строгая пропорциональность отброса гальванометра фототоку соблюдается лишь при известных соотношениях параметров цепи, составленной из фотоэлемента и гальванометра. Но, даже при отсутствии пропорциональности, объективный микрофотометр может быть вполне надежно применен для определения звездных величин относительным методом, пользуясь характеристическими кривыми, построенными по стандартным звездам.

Отношение $\frac{n_*}{n_\phi}$ естественно, меньше единицы и если вычислять его с точностью до третьего знака, то удобно освобождать его от десятичных знаков, умножая на 1000.

Отношение

$$1000 \frac{n_*}{n_{\phi}}$$

обозначим через E и будем его называть отсчетом микрофотометра. Очевидно, E меняется в пределах от 0, — когда измеряемый элемент негатива совершенно непрозрачен, — до 1000, когда почернение элемента столь мало, что не отличается от фона.

Строго говоря, отсчет микрофотометра равен

$$E' = 1000 \frac{n_* - n_0}{n_{\phi} - n_0}$$

но измерения ведутся в таких условиях, что n_0 остается все время равным нулю, и потому мы имеем дело именно с выражением

$$E = 1000 \frac{n_*}{n_{\phi}}$$

что упрощает вычисления.

При обработке негатива мы не ограничивались лишь одним измерением каждого изображения, а делали по две наводки на него и по два раза отсчитывали, вместе с тем, фон около данного изображения. Отсчет на шкале берется с точностью до 0.2 мм, что в конечном итоге соответствует ошибке, меньшей ± 0.01 зв. величины.

Последовательность отсчетов следующая: звезда — фон около звезды — повторно звезда — повторно фон около звезды, с другой стороны от нее. По два значения n_* и n_{ϕ} осредняются, после чего вычислялось E . Если разница в отсчетах при двух наводках на данную звезду превышала 0.6 деления шкалы, отсчет повторялся, т. е. брали еще третий или даже четвертый отсчет. Для фона, при двух наведениях на него, мы допускали разницу и до двух делений.

Во многих случаях можно было бы брать для фона лишь одно среднее значение отсчета гальванометра из трех или четырех наведений на фон и использовать его, правда, не для всей пластинки или всей измеряемой области, а для двух-трех десятков относительно тесно расположенных звезд. Как показали опыты, при некоторых условиях, это не могло внести заметных ошибок, объем же работы по обработке негатива мог бы быть значительно сокращен. Однако, мы все-таки отсчитывали фон при каждой звезде, — во избежание случайностей, тем более, что как мы убедились, даже при самой тщательной обработке негатива и при самых благоприятных качествах данной марки фотопластинки, вовсе не имеет места полная микрофотометрическая однородность фона. Впрочем, известно, что Росс в работе, где он изложил теорию измерений [777], показал, что даже тогда, когда фон меняется по всему негативу,

n_* и n_f действительно дают меру зв. величины, если n_f взято около изображения.

Отсчеты при наведении на звезду, отличные от отсчета на фон на 5 единиц (весьма слабое изображение звезды) или равные 5-ти (весьма яркая звезда), практически ставили предел нашим измерениям при фоне, равном или превосходящем 100. Нуль гальванометра, как сказано, у нас совпадал с нулем шкалы. Обычно, он бывал достаточно стабильным. Скорость микрофотометрической обработки, конечно, зависит от измерителя и от обрабатываемой области, которая может быть трудной в смысле отождествления звезд. Но, в среднем, в один час опытный измеритель промеряет 40—60 звезд, записывая вместе с тем отсчеты.

При измерениях мы пользовались накалом лампы от 9.0 до 11.0 вольт, в зависимости от плотности фона негатива. Во всяком случае, мы старались иметь такой накал, при котором отсчет гальванометра при наведении на фон элемента негатива, ограниченного нашей рабочей диафрагмой, находился в пределах 120—160. Мы стремились держать накал лампы по возможности неизменным в течение всего времени полной обработки данного негатива и даже двух, связанных между собой негативов. Это важно с той стороны, что изменение накала лампы меняет цветность испускаемого им светового потока. Но поглощение в измеряемом негативе нельзя считать нейтральным,— оно избирательно и следовательно изменение накала лампы может привести к дополнительным погрешностям в измерениях, несмотря на то, что отсчет микрофотометра характеризует данный элемент негатива и не зависит от интенсивности светового потока, также как и не зависит от чувствительности фотоэлемента. Мы говорили о тех мерах, которые принимались для достижения стабильности накала лампы и они обеспечивали ее в полной мере. Тем не менее мы контролировали накал все время, в процессе измерения негатива, вольтметром, включенным с этой целью в цепь. Впрочем, мы убедились, что изменение накала в той мере, которая может вызвать изменение фона в пределах 120—160 (значения, при которых мы обычно работали) не влияет на значение E .

Действительно, приведем данные измерений негативов №№ 825 и 826 с фотовизуальными и фотографическими изображениями звезд Полярной последовательности. Измерения проделаны по два раза с накалами, соответствующими фону около 120 и около 160. Для всех звезд—от ярких до слабых—отсчет микрофотометра меняется ничтожно мало (Таблица VI). Влияние на определяемые величины должно практически отсутствовать.

Для выполнения полных фотометрических измерений одного негатива, содержащего несколько сот измеряемых звезд, как это имело место в нашей работе, негатив должен находиться в обработке на микрофотомет-

ре в течение довольно большого промежутка времени, зачастую двух — трех и более суток. За это время могла измениться юстировка прибора: фокусировка блика или эмульсии, центрировка диафрагм и т. д. Все могло бы сказаться на отсчетах микрофотометра и вызвать добавочные случайные ошибки.

Таблица VI

Звезда	Негатив № 825		Негатив № 826	
	Отсчет микрофотометра		Отсчет микрофотометра	
	при фоне 120	при фоне 160	при фоне 120	При фоне 160
9	38	39	16	19
10	60	61	41	44
11	177	180	123	125
12	228	229	198	200
13	408	406	262	263
14	417	418	287	291
15	563	564	382	387
16	664	664	441	435
17	682	683	557	560
18	820	822	587	590
19	867	866	667	672
20	895	895	723	723
21	916	916	795	797
22	917	918	800	802
23	937	938	800	800
24	—	—	844	845
25	—	—	835	835
7 r	202	202	440	443
8 r	393	392	515	515
9 r	541	544	—	—
10r	854	856	660	658
11r	—	—	784	783
4 s	217	220	214	216
6 s	493	497	—	—

Для того, чтобы держать эти эффекты под контролем, мы выбирали на негативе несколько «контрольных звезд» различного блеска и время от времени—обычно три или четыре раза в день—повторно измеряли их во все дни, пока данный негатив находился в обработке. Осуществляя таким образом общий контроль точности, мы вместе с тем могли вводить и соответствующую редукцию, если замечали, что отсчет микрофотометра для данной звезды систематически монотонно изменялся. Однако при хорошей юстировке и при строгом соблюдении фокусировки O_1 и O_2 и:

центрировки диафрагм D_1 и D_2 , стабильность отсчетов бывала вполне удовлетворительной. Для иллюстрации мы приведем один пример многократного измерения четырех звезд на одном негативе (таблица VII).

Таблица VII

Звездная величина звезды	22.IX		23.IX	24.IX		25.IX	26.IX		
	утро	пол- день		утро	пол- день		утро	полдень	другой измери- тель
9.4	190	190	189	191	186	188	189	186	186
10.3	534	530	535	535	532	529	528	530	532
12.5	896	898	899	896	903	902	903	903	904

Как легко усмотреть, среднее арифметическое отклонение в отсчетах микрофотометра заключено в пределах от 1.7 до 3-х единиц, при этом оно больше для слабых звезд и меньше для ярких. Впрочем, эта разница незначительна и она обнаруживает себя не во всех случаях.

Даже максимальное отклонение в 4 единицы соответствует на средней части характеристической кривой всего лишь 0.02 звездной величины.

Конечно, точность измерений на микрофотометре зависит от применяемой в измерениях диафрагмы. Очень важно правильно установить размер диафрагмы, определяющий величину блика на измеряемом негативе. Выбор оптимального размера блика обусловлен в основном тем интервалом звездных величин, в пределах которого планируются данные измерения, а также и характером самих изображений. Понятно, что блик должен иметь размер, превышающий размер наибольших из измеряемых изображений звезд, но—превышающий лишь немного. Известно, что в случае измерения фокальных изображений крутизна характеристической кривой зависит от величины диафрагмы. При этом, как это легко понять, чем больше диафрагма, тем меньше крутизна. Значит, увеличение диафрагмы понижает точность результатов. С другой стороны, при больших диафрагмах, естественно, больше интервал измеряемых звездных величин.

Перед тем, как установить оптимальный размер рабочей диафрагмы, мы провели ряд опытных измерений в различных диафрагмах, подробно анализируя соответствующие характеристические кривые и получаемые точности. В результате мы остановились на диафрагме, обозначенной у нас № 2-ым и имеющей в диаметре 1.1 мм. При оптике нашего микрофотометра, этой диафрагме соответствует блик в 0.1 мм на измеряемом негативе, т. е. проекция на пластинке получается уменьшенной в десятикратном размере. В этом блике надежно промеряются у нас звезды от

10.2 до 13.5 величины, что удовлетворяет нашему выбору звезд, подлежащих исследованию. Кстати это является и подтверждением тому, что звездные изображения, получаемые на наших камерах, удовлетворительны; мы могли бы указать на примеры, из практики других обсерваторий, когда негативы не выдерживают работы с бликом в 0.1 мм в названных пределах величин.

Мы имеем в нашем Каталоге и более яркие звезды, но их относительно мало и для них мы прибегали к диафрагме № 1, для которой диаметр проекции на негативе равен 0.22 мм. Параллельное применение двух диафрагм расширяет пределы звездных величин измеряемых звезд, не внося заметных ошибок в эти измерения. Для отдельных Площадок мы имели снимки, выполненные с короткой экспозицией. В таких случаях могла применяться диафрагма № 2 и для ярких звезд.

Ошибки измерения негатива, влияющие на определения звездных величин, могут быть следующими:

- а) ошибка наведения на изображение звезды (установка изображения в центре блика),
- б) ошибка наведения на фон,
- в) ошибка, вызываемая изменением накала лампы,
- г) ошибка, вызываемая изменением чувствительности фотоэлемента,
- д) ошибка, вызываемая изменением чувствительности гальванометра,
- е) ошибка изменения нуля гальванометра,
- ж) ошибка центрировки диафрагм D_1 и D_2 ,
- з) ошибка фокусировки.

Если объектив O_1 отфокусирован хорошо и если приняты некоторые другие меры, связанные с юстировкой прибора, то ошибка (а) должна сводиться к нулю, так как при совершенно равномерной плотности светового потока внутри полного сечения диафрагмы, что имеет место при совершенной юстировке прибора, отсчет гальванометра не зависит от положения изображения в блике, если, конечно, все разложенные зерна эмульсии, относящиеся к данному изображению, находятся внутри блика.

Тем не менее необходимо считаться с одним трудно учитываемым обстоятельством. Дело в том, что даже при идеально однородном световом потоке и полном помещении изображения в пределах блика, отсчет может колебаться при подведении звезды в разные места сечения потока. Это может быть обусловлено неоднородностью и аберрацией линз объектива. В связи с этим, мы ввели в практику установку звездного изображения в диафрагме ориентируясь не по кресту нитей (хотя, конечно, последняя служила для начальной ориентировки), а—по минимальному значению отброса на шкале, т. е.—отклонения зеркальца гальванометра. Действительно, даже при условиях отличной юстировки элементов, даю-

щих блик на негативе, ощущались слабые вариации в отбросах и можно было вылавливать их минимальные значения.

Ошибка (б) может показаться с первого взгляда весьма значительной, ибо вполне точное наведение на то же место фона практически неосуществимо, а фон заметно меняется на пластинке. Но мы уже говорили о порядке производства отсчетов на звезду и фон,— о порядке, который обеспечивает уверенные результаты.

То обстоятельство, что точность измерения фотовизуальных величин заметно больше точности измерения фотографических величин, обусловлено и влиянием фона. Даже самые слабые звезды, не поддающиеся фотометрическому измерению, на фотографических пластинках, снимавшихся фокально, оставляли очевидно следы на фоне пластинки. Действительно, мы заметили, что ошибка измерений фотографических величин для Площадей, изобилующих слабыми звездами, а именно в Млечном Пути, несколько выше обычной. Возможно, что именно это и сказалось на данных таблицы IX (см. ниже), где хоть и можно считать, что с точки зрения точности измерений все Площади в основном однородные, но все-таки ошибка, соответствующая Площадям низких галактических широт, имеет тенденцию к некоторому увеличению. На фотовизуальных величинах мы не могли заметить зависимости ошибки измерения от густоты звездного поля.

В связи с этим же можно указать на возможность влияния фона, подверженного некоторым местным вуалированиям по причине локального освещения поля или, наоборот, вследствие относительно пониженного освещения. Мы имеем в виду влияние на освещение фотопластинок локальных образований на небе: ярких звездных куч или темных туманностей. Даже простой случай редукции пластинки со снимком участков Млечного Пути на основе снимка Северной полярной области уже имеет в виду влияние разностей фона. В одних случаях это влияние может быть мало, в других напротив—заметно. Но это влияние должно выражаться в только-что указанном смысле. Кроме того, что мы подметили слабую тенденцию ошибки к увеличению с уменьшением галактической широты, мы произвели особые измерения специально выбранных областей. Наконец, мы снимали и такие участки Млечного Пути, где «яркие» области чередовались с «темными» в пределах одной и той же пластинки, и ошибку измерения мы могли исследовать для соответствующих мест данной пластинки (негативы №№ 2299, 2300, 2301, 2301Д, 2302 и др.). Укажем, в качестве примера, что на первых четырех из перечисленных тут негативов были произведены многократные измерения фона (около 70 раз на каждом негативе, в разных точках данного, относительно небольшого участка). Среднее значение отклонения отсчета гальванометра при наведении на фон для пластинок, экспонированных в

фотографических лучах во многозвездных участках, оказалось вдвое больше, чем в малозвездных участках. Между тем для пластинок, экспонированных в фотовизуальных лучах, этого различия не оказалось или во всяком случае оно не заметно и на отчетах не сказывается. Эти измерения были произведены возможно тщательно наряду с параллельными измерениями—для контроля—фона в определенных, выбранных заранее точках пластинок. Одновременно делались отсчеты и на звездные изображения. При этом средние отклонения отсчетов микрофотометра оказались уже не столь разными и находились в общем соответствии с тем, что сказано выше о средней ошибке измерения звезды.

Ошибка (в) легко устранима, поскольку изменение накала лампы контролируется и, вместе с тем, она не велика, как это показано выше.

Ошибками (г) и (д) можно пренебречь, т. к. нет оснований считать, что чувствительность фотоэлемента или гальванометра хоть сколько-нибудь заметно изменяется во время измерения негатива. Правда, известно, что чувствительность фотоэлемента реагирует на изменения температуры. Некоторые авторы указывают на довольно большие значения температурного коэффициента для фотоэлементов и, в частности—селеновых [96]. Но, известно и то, что в общем и особенно в интервале температуры -25° — $+34^{\circ}\text{C}$ селеновый фотоэлемент обнаруживает меньшую зависимость от температуры по сравнению с другими фотоэлементами [624, 144]. Излишне говорить о том, что в условиях нашей обработки колебания температуры были столь незначительны, что ими можно было и вовсе пренебречь.

Что касается резких падений чувствительности фотоэлемента, что происходит изредка, они сразу привлекают к себе внимание и, следовательно, легко обнаруживаются.

Вместе с тем, подобные фотоэлементы не свободны от свойства «утомляемости», что проявляется в том, что интенсивность фототока обуславливается не только интенсивностью света, падающего на поверхность фотоэлемента, но и продолжительностью освещения до измерения. «Утомляемость» не проявляется вовсе или почти вовсе, когда освещение фотоэлемента чередуется с затемнением. Применяемый нами порядок производства микрофотометрических измерений обеспечивает чередование освещения с затемнением. Поэтому можно считать, что ошибки «утомляемости» фотоэлемента, небольшие сами по себе, вовсе не должны сказываться на результатах наших измерений.

Наконец, селеновые фотоэлементы отличаются равномерностью чувствительности по поверхности [58]. Впрочем, последнее не могло представить для нас особенного интереса, т. к. блик, проходящий через диафрагмы и экранированный изображением звезды на негативе, проектируется всегда на одно и то же место поверхности фотоэлемента. При всех этих

рассуждениях надо иметь в виду, что все характеристики фотоэлементов, конечно, меняются от образца к образцу. Но, при дифференциальных измерениях, подобных нашим, все эти явления ничтожно сказываются на результатах. Не страшно, поэтому, и то, что один или два раза нам пришлось заменить фотоэлемент.

Ошибка (ϵ) может играть заметную роль в случае малых отсчетов, т. е. для весьма ярких звезд. Медленные изменения нуля гальванометра (т. е. отсчета при загемненном фотоэлементе) неизбежны даже при отличном состоянии аккумуляторов, изоляции, контактов и т. п. Наконец, как известно, нуль гальванометра может меняться под влиянием температуры. Но, как сказано, порядок измерения делает возможным все время держать под контролем и корректировать положение нуля на шкале, благодаря чему эта ошибка устраняется.

Измерения весьма чувствительны к нарушению центрировки диафрагм D_1 и D_2 . Но при хорошем состоянии и хорошей юстировке прибора нет причин, которые могли бы заметно и часто нарушать взаимную центрировку диафрагм. Несмотря на это, как сказано, в процессе измерения мы следили за центрировкой и, во всяком случае, проверяли ее перед измерениями и после них.

Нарушения фокусировки таят в себе источники больших ошибок. Однако, фокусировка также находилась под непрерывным контролем во время измерения негатива.

При измерениях с автоматической фокусировкой, неизменность фокуса поддерживалась автоматически. После того-же, как автоматическая фокусировка была отвергнута и измерения шли с прижиманием к конусу обратной, не эмульсионной стороны негатива, нарушения фокуса могли возникать лишь за счет изменений в толщине фотопластинки. Но такие изменения, во всяком случае,— в ощутимых размерах не могли иметь места на столь малой площади негатива, как при наших измерениях—до 3-х градусов или 5 сантиметров. Из исследования А. В. Маркова [104] известно, что реальная дефокусировка, обусловленная этой причиной практически не играет роли для случаев фотометрии, подобных нашему. Предварительно, перед началом измерений, установив фокус по звезде в середине измеряемой площади, мы проводили в поле зрения всю площадь, подлежащую измерению, следя за тем, чтобы фокус оставался неизменным по всей площади. Лишь убедившись в этом, мы приступали к измерениям. Тем не менее, фокусировку, также как и центрировку диафрагм, мы проверяли и в процессе измерений.

Наконец, надо иметь в виду, что влияние всех перечисленных ошибок на отсчет микрофотометра значительно меньше, чем на отброс гальванометра. Другими словами, имея дело с отношениями отсчета гальванометра на звезду к отсчету на фон, мы значительно сокращаем влияние перечисленных эффектов на конечные результаты измерений.

Здесь же следует упомянуть еще о двух других источниках ошибок. Первый из них заключается в неверных отождествлениях звезд. Однако, тщательное сравнение поля пластинки с рабочей картой, а также и повторное и независимое измерение той же пластинки уменьшают вероятность возникновения ошибок отождествления. Наконец, казалось бы, что ошибки измерения могут возникать под влиянием изображений звезд, соседних и весьма близких к измеряемым. Мы провели ряд опытов с целью выяснить наличие подобных ошибок. Опыты заключались в том, что мы фотографировали некоторую область, богатую звездами на одной пластинке и, вслед за тем, ту же область—на другой, но дважды последовательно, несколько сдвигая пластинку по отношению к оптической оси. Все три экспозиции и, во всяком случае—первая и вторая, были строго одинаковы. Пластинки проявлялись вместе. После этого на второй пластинке находились звезды, которые имели около себя «спутников» в виде изображений каких-либо звезд, полученных при последней экспозиции. Такие звезды промерялись как на первой пластинке, где они были свободны от влияния соседних изображений, так и на второй пластинке, где весьма близкое расположение соседнего изображения могло влиять на отсчет микрофотометра. Многократные опыты показали, что подобное влияние практически не имеет места. Конечно, такими опытами трудно выявить, очевидно, небольшую ошибку влияния соседнего изображения, имея в виду, что изменение прозрачности при двух первых снимках, неизбежное увеличение вуали на второй пластинке и т. п. могут «смазать» названный эффект. Но опыты убедили нас, что если этот эффект и имеет место, то он очень мал и практически не влияет на измерения. Впрочем, это и следовало ожидать, ввиду того, что в нашем микрофотометре рассеянный свет убирается.

Заметим, что количественная теория микрофотометра разрабатывалась Сирсом и Россом [855, 777]. Формула, выражающая влияние расфокусировки на ошибку фотометрического измерения составлена М. А. Башакидзе [38]. Но, наиболее фундаментальное исследование вопроса о точности и правильности промера астрофотограмм и построение теории микрофотометра, в целом, принадлежит А. В. Маркову [104].¹

¹ Это исследование А. В. Маркова, отличающееся полнотой и обстоятельностью и вводящее новые приемы фотометрирования небесных объектов, поднимает на новую ступень всю теорию и практику промера астрофотометрических негативов. В нем обоснованы приемы ускорения и уточнения промера фотографической яркости изображений, на негативе. При этом наиболее полно сформулированы требования, соблюдение которых может обусловить нужную точность микрофотометрических измерений. В исследовании вскрыты ошибки зарубежных исследователей, происходившие из-за пренебрежения влиянием рассеянного света или неточностью, вызываемой неучетом краевого эффекта. В целом, исследование А. В. Маркова свидетельствует о значительных успехах советской науки в деле развития практики и теории микрофотометрических измерений фотографических изображений небесных объектов.

Какова же в конечном итоге точность наших измерений на объективном микрофотометре? Эту точность можно охарактеризовать вероятной ошибкой одного определения величины звезды по двум или нескольким повторным измерениям одного и того же негатива. Под вероятной ошибкой мы разумеем здесь величину, определяемую по формуле:

$$\rho = \pm 0,43 \frac{\sum |\Delta|}{(n-1)}$$

где $\sum |\Delta|$ — сумма абсолютных значений разностей между двумя значениями определяемой величины, n — число звезд. Все негативы, вошедшие в нашу обработку, промерены нами по два раза, а многие и по несколько раз — со специальной целью вывести вероятную ошибку одного измерения. Таким образом, у нас образовался большой материал, из которого эта величина получается с уверенностью. Однако, она несколько различна для фотографических и фотовизуальных негативов. Это обусловлено весьма заметным различием в характере изображений звезд на этих негативах, в силу хроматических свойств объектива. При этом, фотовизуальные изображения измеряются лучше, т. е. они имеют меньшую ошибку измерения, чем фотографические изображения. Первые по своему виду напоминают почти внефокальные изображения, представляя собой почти правильные, однородно зачерненные дискообразные изображения. У вторых же — более резкие, неправильные очертания.

Значение вероятной ошибки определения фотографической величины по нескольким повторным измерениям одного и того же негатива оказалось равным $\pm 0,04$. Для фотовизуальных величин эта ошибка равна $\pm 0,03$. Эти величины вычислены на основе весьма многочисленных данных, позволивших нам вместе с тем проследить вероятную зависимость их от яркости или цвета звезд.

Соответствующие данные приведены в таблицах VIIa и VIIб. Первая из них представляет зависимость вероятной ошибки измерения от цвета звезды (аргументом таблицы служит средний показатель цвета звезд), для фотографических и фотовизуальных изображений. В скобках указано количество звезд, участвующих в данных измерениях.

Таблица VIIa

Показ. цв.	0.00	0.30	0.60	0.90	1.20	1.60
Для фотогр. вел.	± 0.042 (115)	0.041 (150)	0.039 (165)	0.040 (160)	0.039 (170)	0.041 (130)
Для фотовиз. вел.	0.031 (110)	0.030 (145)	0.029 (165)	0.029 (170)	0.032 (165)	0.030 (130)

Во второй таблице аргументом служит средняя звездная величина.

Зависимость вероятной ошибки от цвета не наблюдается. Зато можно подметить небольшой эффект яркости; яркие звезды измеряются с несколько меньшей точностью. Этот результат, понятно, нельзя считать неожиданным.

Таблица VIIIб

Зв. вел.	10,5	11,0	11,5	12,0	12,5	13,0
Для фотогр. вел.	± 0.043	0.042	0.040	0.038	0.039	0.039
	(105)	(125)	(160)	(175)	(155)	(150)
Для фотовиз. вел.	0.031	0.031	0.031	0.029	0.030	0.029
	(100)	(140)	(165)	(175)	(160)	(155)

Но в общем, как видно, ошибка измерения у нас невелика. В дальнейшем мы увидим, что она настолько мала по сравнению с ошибкой определения по нескольким негативам, что, пожалуй, достаточно было бы одной фотометрической обработки каждого негатива. Тем не менее, мы не ограничивались лишь одним измерением негативов, хотя бы только из-за того, что повторные измерения одного и того же негатива способствуют уменьшению ошибки отождествления, с которой также приходится считаться.

Величина ошибки измерения оказалась зависящей от сорта пластинки, что вполне понятно, ибо разные сорта пластинок характеризуются разными плотностями фона. Для пластинок Астра IX или даже Агфа Астро ошибка измерения оказалась наибольшей. Поэтому очевидно, что следует стремиться к пользованию такими пластинками, которые отличаются не только равномерным, но и слабым фоном.

Заслуживает быть отмеченным, что если отвлечься от различия в сортах пластинок и рассматривать ошибки измерения у нас для всех примененных пластинок в среднем, то оказывается, что она остается почти неизменной для всех исследованных Площадей, что указывает на то, что все измерения выполнены в общем в одинаковых условиях, с одинаковой точностью. Нижеследующая таблица IX иллюстрирует сказанное. В ней приводятся для отдельных Площадей значения вероятной ошибки определения показателя цвета по двум измерениям одной и той же пары негативов. Понятно, что эти величины несколько больше приведенных выше.

Таким образом, вероятная ошибка определения показателя цвета по двум измерениям одной и той же пары негативов равна $\pm 0^m.05$.

Таблица IX

ПК	ρ'	ПК	ρ'	ПК	ρ'	ПК	ρ'
8	± 0.05	2	± 0.05	1	± 0.05	13	± 0.06
9	05 ₅	3	05	4	05	14	05
19	05 ₅	7	06	5	04	15	05
24	06	10	04	6	04	29	05
40	05	17	06	11	05	30	05
		20	04	12	05	31	04
18	05	21	06	16	04	32	05
23	06	22	06	27	05 ₅	33	04
25	06 ₅	26	04	28	—	34	05
39	06 ₅	38	06	36	05 ₅	35	05
41	05	42	04	37	05		
		43	05				

§ 10. Построение характеристических кривых и вывод звездных величин

Как уже упомянуто, для построения характеристических (редукционных) кривых, служащих для вывода звездных величин, мы пользовались звездами Северной полярной последовательности (СПП), которые фотографировались, проявлялись и измерялись в условиях, тождественных с условиями пластинок исследуемых Площадей (ПК).

СПП и ПК фотографировались в большинстве случаев на пластинках 9×12 см, вырезанных из одной большой пластинки 18×24 см. Если же использовались пластинки меньших фирменных размеров, то во всяком случае, брались пластинки из одной и той же коробки. Можно было бы фотографировать СПП и ПК на одной и той же пластинке, как это нередко практикуется. Но, в таком случае, во-первых, возникли бы затруднения в отождествлении звезд, особенно, для Площадей, богатых звездами — около галактического круга. Во-вторых, получение изображений звезд Полярной последовательности для каждого снимка Площади заняло бы очень много времени и, в-третьих, такой способ мог бы вызвать систематические ошибки, обусловленные явлениями «предварительной засветки». Кроме последнего эффекта, при наблюдениях в таком порядке, могут оказывать неприятное влияние приводящие к ощутимым ошибкам и другие явления, например — действие влажности. Оно, очевидно, проявляется в том, что сильно понижается чувствительность фотопластинки в первые минуты экспозиции [833].

Правда, последние явления можно было бы устранить удвоением снимков, фотографируя в обратных последовательностях: СПП-ПК и ПК-СПП, но вряд ли было бы оправдано такое удлинение времени для на-

копления материала, тем более, что используемые нами аппаратура и фотопластинки требовали довольно продолжительных экспозиций — до 40 и 60 минут — для достижения желаемого предела величин (13.3 зв. вел.). Впрочем, эти соображения были проверены нами и опытным путем. Для ПК 29, кроме негативов, вошедших в основные измерения, мы получили снимки с одновременными изображениями звезд Полярной последовательности. По обработке оказалось, что отклонения значений показателей цвета, выведенных из этой пары, от средних значений, полученных по всем негативам, не отличаются от соответствующих отклонений, взятых для любой другой пары негативов. Но вместе с тем заметно возрастают ошибки отождествления звезд. Эти последние дали знать о себе даже в отношении ПК 29, отличающейся малым числом звезд (галактическая широта $+50^\circ$). Несомненно, что для Площадей более низких галактических широт они оказались бы весьма заметными и, более того, во многих случаях было бы практически очень затруднительно обрабатывать такие негативы.

На негативах Полярной области измерялись звезды Последовательности №№ 8—24,6 r —12 r и 4 s , 6 s . Значения их фотографических и фотовизуальных величин были взяты, в основном, из публикаций Международного астрономического союза [1030, 836], но были учтены и те поправки, которые опубликованы после 1922 года [842]. В 1945 году появилась работа Сирса и Джойнер, содержащая результаты новой ревизии цветовых показателей в Северной полярной последовательности [853]. Хотя цветовая система в общем остается та же, имеются некоторые поправки к цветам звезд в пределах 9.2 — 13.3 зв. величины. Этими поправками мы уже не могли воспользоваться, к тому же они очень малы (в пределах одной и двух сотых зв. величины).

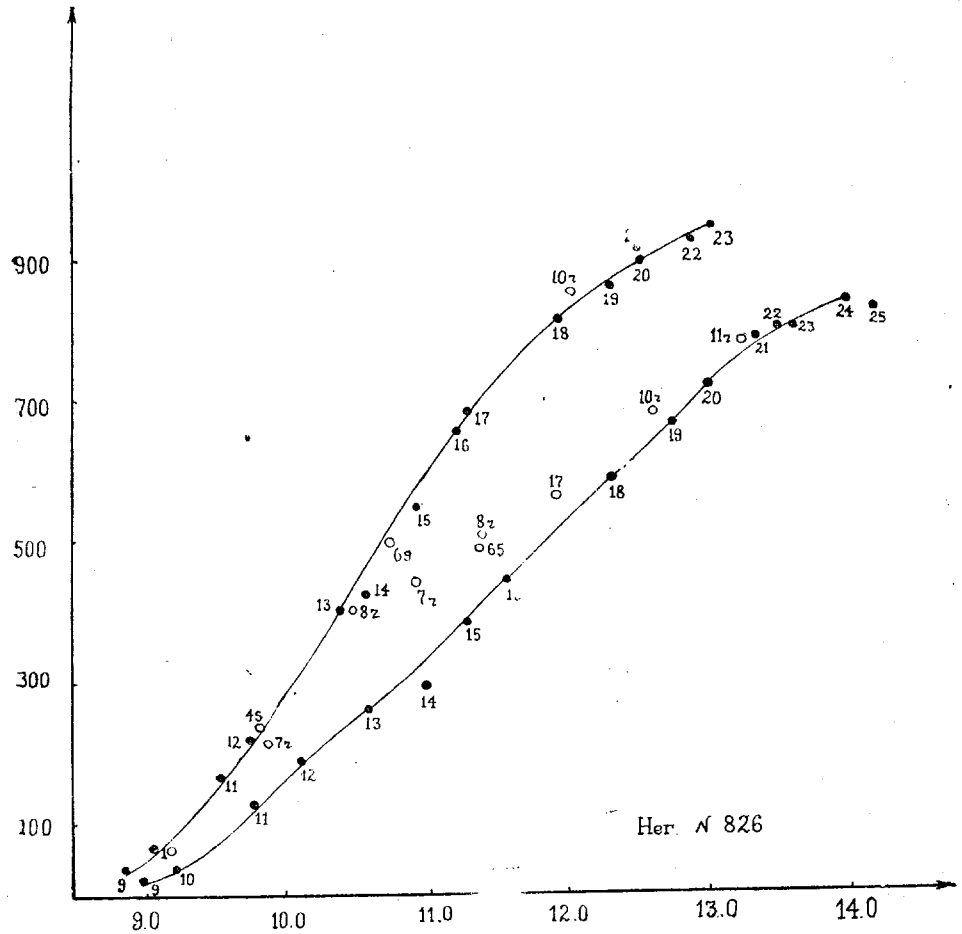
Если исключить звезды №№ 8 и 9, все остальные из перечисленных звезд находятся в окружности с диаметром менее одного градуса, внутри которой на высоте Полюса, над горизонтом в Абастумани, поправки за атмосферное ослабление весьма незначительно различаются между собой, в зависимости от разности в зенитных расстояниях. Поэтому эти поправки не были учтены.

Поправки за ошибку поля принимались во внимание.

Полярные снимки измерялись дважды — перед измерением негатива Площади и после него. Измерение негативов Полярной последовательности дважды в таком порядке имеет то преимущество, что, во-первых, получаются более уверенные средние значения E , а во-вторых, попутно осуществляется общий контроль измерений. Характеристические кривые (m , E) строились по средним значениям E , полученным из двух измерений, в масштабе 0.2 зв. величины (по оси абсцисс) и 40 единиц отсчета микрофотометра (по оси ординат) в одном сантиметре. Кривые получались вполне уверенными; рассеяние точек — незначительно, особенно для

фотовизуальных величин. В качестве иллюстрации приведем чертеж 6, где представлены две редукционные кривые ($m_{фг}, E$) и ($m_{фв}, E$), которые можно рассматривать как типичные (негативы №№ 825 д и 826 д).

Приведенные кривые относятся к измерениям в обычно используемой нами «рабочей» диафрагме. Кривая для фотографических величин построена по звездам, показатели цвета которых преимущественно не



Чертеж 6

превосходят 0.5 зв. величины; лишь пять звезд имеют показатели цвета в пределах от 0.5 до 0.7 и одна немного более 0.8 зв. величины.

Красные звезды №№ 6 r—12 r (показатели цвета более 1.0 зв. величины) располагаются отдельно и для случая фотографических величин они образуют некоторую «ветвь» основной кривой. Эти звезды нанесены на чертеже в виде кружков. К ним мы вернемся ниже в

связи с вопросом об уравнении цвета. Пока же мы не будем принимать их во внимание.

Интересно рассмотреть количественные характеристики этих кривых, как они представлены в следующей таблице X, где, наряду со значениями E и m , даны числа Δ , выражающие прирост величины, соответствующий приросту E в 40 единиц.

Легко усмотреть, что звездные величины определяются вполне уверенно в интервале от 9.4 до 13.5 в случае фотографических и от 9.2 до 12.7 зв. величины, в случае фотовизуальных величин, где редуционные кривые почти прямолинейны. За этими пределами, т. е. для очень ярких и очень слабых звезд, редуционные кривые очень пологи и при-

Таблица X

E	$m_{фг}$	$\Delta_{фг}$	$m_{фв}$	$\Delta_{фв}$	E	$m_{фг}$	$\Delta_{фг}$	$m_{фв}$	$\Delta_{фв}$
40	9.19	—	8.86	—	520	11.95	0.19	10.78	0.12
80	9.51	0.32	9.17	0.31	560	12.15	20	10.90	12
120	9.75	24	9.37	20	600	12.34	19	11.03	13
160	10.01	26	9.54	17	640	12.55	21	11.17	14
200	10.26	25	9.63	15	680	12.76	21	11.31	14
240	10.50	24	9.83	14	720	12.97	21	11.46	15
280	10.74	24	9.98	15	760	13.20	23	11.62	16
320	10.96	22	10.12	14	800	13.47	27	11.81	19
360	11.17	21	10.26	14	840	13.90	43	12.04	23
400	11.38	21	10.40	14	880	—	—	12.31	27
440	11.57	19	10.53	13	920	—	—	12.67	36
480	11.76	19	10.66	13					

рост величин велик, точность определения, соответственно, меньше. Вообще, интервал величин, который можно охватить надежными измерениями в одной диафрагме, равен около 3.5 зв. вел. Фотографическая редуционная кривая несколько положе фотовизуальной. Причина этого заключается в различном характере изображений звезд в фотографических и фотовизуальных лучах.

Пользуясь редуционными кривыми (m , E), легко получать значения звездных величин для исследуемых звезд на основании соответствующих им отсчетов E^1 . Однако, разумеется, что получаемые таким образом величины требуют исправления за ошибку поля и за разность в зенитных расстояниях, соответствующих высоте Полюса и высоте исследу-

¹ Для удобства вычислений, значения E не снимались непосредственно с кривых, а брались из таблиц отсчетов и величин, заранее составленных по кривым в удобной для пользования форме.

дуемой области над горизонтом в момент фотографирования. В случае фотографических величин необходимо было вводить также коррекцию за цвет, а в некоторых случаях поправку для приведения определений на пластинках разных сортов к одному известному сорту.

Ошибка поля или эффект расстояния от оптического центра таит в себе возможности возникновения весьма заметных погрешностей в определениях, подобных нашим. По мере удаления от оптической оси, как известно, растет эффект комы. В связи с этим свет звезды, при образовании изображения на пластинке, распределяется на поверхности фотопластинки, которая тем больше, чем больше данный элемент поверхности удален от оптического центра. Следовательно, меняется концентрация света, т. е. меняется плотность изображения, уменьшаясь с удалением от оптического центра. В конце концов меняется количество разложившихся зерен. Конечно, форма и размер изображения также претерпевают изменения. Между тем в микрофотометре применяемого нами типа измеряется полное поглощение света в звездном изображении, т. е. на результат измерения одновременно влияют как плотность, так и диаметр изображения. Когда мы имеем дело с весьма слабыми звездами, то в звездных изображениях различимы отдельные разложенные зерна эмульсии и поглощение в них, т. е. отсчет микрофотометра не зависит от формы изображения. Этим и объясняется достоинство нашего микрофотометра, из которого следует, что на нем возможно измерять и такие изображения, которые искажены комой, астигматизмом и другими подобными явлениями. С другой стороны, в случае ярких звезд, т. е. плотных изображений, зерна эмульсии не выступают отдельно, а перекрывают друг друга. При этом имеет место фотографическое расширение и поглощение в звездном изображении, а стало быть, отсчет микрофотометра зависит от величины и формы изображения. Излишне, конечно, говорить о том, что имеется в виду, что все изображения звезды или все разложенные зерна, составляющие его, помещаются внутри данной диафрагмы микрофотометра. Такова физическая сущность фотометрического эффекта расстояния от центра. В большинстве случаев этот эффект может весьма заметно влиять на результаты измерений, а потому его необходимо учитывать со всей строгостью.

Ошибка поля для наших объективов, как сказано выше, была предварительно исследована нами совместно с Вашакидзе в 1939 году [42]. Было получено шесть формул для разных случаев и комбинаций каждого из объективов с разными фильтрами и без них. Ошибка поля оказалась несколько различной для разных случаев, однако все они могли

быть представлены одной средней кривой или одной формулой и последней можно было пользоваться для всех случаев.

Но надо иметь в виду, что камера № 2 дважды демонтировалась за это время и отправлялась в дальние экспедиции по наблюдению солнечного затмения, в связи с чем нарушалась и требовала повторного исправления центрировка оптической оси объектива по отношению к коллимационной линии камеры. Разные условия центрировки разнo влияли на значения ошибок расстояния от центра. Поэтому нам приходилось повторно определять поправки за расстояние и пользоваться в разные периоды их различными значениями. Надо признать, что в первые определения ошибки расстояния от центра вкралось некоторое влияние несовершенной центрировки. Несовмещение оптической оси объектива и коллимационной линии камеры, меняя характер изображения звезд на пластинке, может вызывать большие ошибки, зависящие не только от расстояния от центра, но и от позиционного угла. На самом деле коррекции за расстояние от центра имеют меньшее значение, чем те, которые приведены в работе [42].

Недостатком первого определения является и то, что для него была использована Полярная последовательность звезд. Фотографирование в Полюсе слишком отягощено легко возникающими ошибками, зависящими со своей стороны от положения на пластинке, чтобы прибегать к нему при исследовании ошибки поля, как таковой. Малейшая ошибка в часовом ходе может вызвать ложные поправки за расстояние от центра.

Но, для исправления величин, получаемых по пластинкам, снятым в некоторые периоды, когда коррекции специально не определялись, хотя они не могли не измениться, нам удавалось пользоваться одним снимком звездного поля для вычислений поправок за расстояния. Такая возможность основана на использовании звезд с известными величинами. Мы подбирали такие пары звезд равных величин, одни из которых находились в центре пластинки, в то время, как другие—вдали от него. В таком случае разницу в расчетах на каждую звезду из пары и можно рассматривать в качестве эффекта расстояния от центра.

Этот способ исключает ошибки, влекомые обычным порядком последовательного фотографирования одной и той же области на одной пластинке в разных удалениях от центра, — ошибки, могущие возникать в силу возможных изменений прозрачности или в связи с эффектом «предварительной засветки» или, наконец, от разных условий гидрирования. Впрочем, большую опасность при подобных снимках представляет возможность несоблюдения совершенно точного равенства последовательных экспозиций. Тем более, что снимки, обычно выполняемые для подобных целей, не требуют длительных экспозиций. Тем опаснее даже малые нарушения в продолжительности последовательных экспозиций.

Однако, как сказано выше, для определения этих поправок лучше не пользоваться снимками Северного полюса, для которых малейшие неточности в установке телескопа или неудовлетворительный ход часового механизма могут внести ошибки, превосходящие исследуемую. Надо пользоваться звездными полями, подобранными так, чтобы они проходили вблизи зенита данного места, благодаря чему влияние дифференциальной экстинкции практически сводится к нулю.

Основные наши определения ошибки поля базировались на фотографировании звездных куч Плеяд и Яслей. Эффект предварительной засветки устранялся путем двухкратного фотографирования с последовательным перемещением изображений сначала от центра к краям, а затем в обратном порядке, от краев — к центру. Кроме того, была исследована возможная зависимость поправки за расстояние от позиционного угла, т. е. ошибка расстояния была исследована отдельно в четырех квадрантах. Этот последний вопрос потребовал специального исследования в связи с тем, что при программных фотографированиях мы не стремились к соблюдению порядка двухкратного фотографирования исследуемой области при восточном и западном положениях телескопа и в моменты звездного времени, отличные друг от друга на 6 часов, как это часто делается для устранения подобных ошибок.

Наконец, поправка за расстояние от центра оказалась в значительной мере зависящей от звездной величины звезды и настолько, что может меняться даже знак поправки.

Характер зависимости ошибки расстояния от центра может зависеть не только от звездной величины звезд, но и от их цветов. Действительно, изображение звезды на разных расстояниях от оптического центра зависит от хроматической кривой объектива. Более того, оно зависит и от спектральной чувствительности данной фотопластинки. В таком случае, принципиально недопустимо пренебрегать эффектом цвета и влиянием атмосферной экстинкции. Наконец, нельзя пренебрегать и влиянием диафрагмы, хотя как показали наши опыты, — оно практически совершенно незначительно.

Вообще, надо признать, что учет поправок за расстояние от центра не так прост, как это может показаться на первый взгляд.

На величину этих поправок влияет еще и целый ряд других факторов. Не только ослабление света — благодаря виньетированию, — и изменение формы изображения с расстоянием — благодаря коме, астигматизму и аберрации — являются этими факторами, но и дисторсия объектива, погрешности в установке телескопа по широте места, — особенно заметные при фотографировании в больших часовых углах, — дифференциальная рефракция, — влиянию которой особенно подвержены фотографии, полученные на относительно малых высотах над горизонтом, —

гидирование и даже качество изображений (атмосферные условия). При этом, как мы заметили, — правда, на небольшом материале, — при плоских изображениях ошибка поля уменьшается, очевидно, благодаря тому, что «размаз» изображения сглаживает разницу в характере изображений. Если иметь в виду наиболее тонкие эффекты, то следует считаться и с тем явлением, что потеря света на отражение больше для наклонных лучей (формула Френеля). Следовательно, светофильтр, установленный перед фотопластинкой может привести, со своей стороны, дополнительные эффекты.

Наконец, нельзя забыть и об эффекте гнутия, который в некоторых случаях устраняется наблюдением при восточном и западном положениях телескопа, а в большинстве случаев пренебрегается вовсе. Большинство из этих факторов влияют разное в разное время, т. е. их влияние меняется от ночи к ночи, от пластинки к пластинке. Легко представить поэтому всю сложность возможно полного учета поправок за расстояние от центра. Практически приходится вести весьма кропотливую работу, исследуя и определяя или, во всяком случае, контролируя значения этих поправок для каждой индивидуальной пластинки.

Конечно, влияние перечисленных выше факторов не во всех случаях одинаково заметно. Тем не менее, сказанное вновь убеждает нас в том, что при деликатных фотометрических работах надо, во-первых, стремиться к фотографированию около меридиана, не говоря о необходимости избегать фотографирования при сколько-нибудь значительных зенитных расстояниях, особенно — превышающих 48° , т. е. зенитное расстояние Полюса на нашей широте, и во-вторых, — вести фотометрические измерения только внутри возможно небольшой площадки, вблизи оптического центра.

Большой объем намеченной работы заставлял нас стараться не упускать хороших наблюдательных часов даже тогда, когда исследуемая Площадь Каптейна не находилась вблизи меридиана, особенно, — если она, по своему положению среди звезд, являлась для данного периода «уходящей». В связи с этим в некоторых (не многих) случаях мы отклонялись от правила фотографирования вблизи меридиана.

Что касается второго условия, то если в первый период нашей работы мы не пренебрегали большими расстояниями от центра, рассчитывая на коррекцию, вскоре мы решительно ограничили измеряемую площадку на пластинке. Но иногда в стремлении накопить звезды нужной яркости или особенно — нужного спектрального типа, нам приходилось подбирать и измерять их на краю площадки. Площадки же в используемых нами Каталогах БСО распространены на 3.5×3.5 градуса и если оптический центр фотопластинки совпадает с центром Площади, то, при полном использовании всей ПК, мы удаляемся от оптической оси до

105 минут дуги. В таких случаях ошибку поля приходилось учитывать со всей скрупулезностью.

Интересно проиллюстрировать влияние ошибки за расстояние от центра и устранение его на следующих данных. Для трех пар негативов, относящихся к различным ПК, мы составили разности величин ($m_{фг}$) кб и ($m_{фв}$) гр. Здесь и во всех других местах, ниже, значок «Кб» при символах величины или показателя цвета означает, что эти последние относятся к нашим определениям, выполненным на горе Канобили. Значок «Гр» означает величины БСО (Гронингенские). При этом в одном случае величины ($m_{фг}$) кб были получены без учета ошибки расстояния. В другом же принималась во внимание поправка за расстояние. Для этих двух случаев разности величин группировались по звездам, находящимся в кругу с радиусом в 0.8 см вокруг оптического центра пластинки и в пяти концентрических кольцах, с внутренними краями, представляющими круги с радиусами вокруг оптического центра в 0.8, 1.3, 1.7, 2.0 и 2.3 см, соответственно. В первом случае разности в величинах систематически возрастали при переходе к внешним кольцам. Во втором случае эти разности оставались в среднем постоянными, что свидетельствовало о том, что поправки достигали цели (табл. XI).

Таблица XI

	До испр. за расст. $\Delta m'$	По исправл. за расст. Δm	Количество звезд
Внутренний круг	+ 0.08	+ 0.07	125
Первое (внутреннее) кольцо	10	08	125
Второе кольцо	11	08	135
Третье кольцо	13	09	135
Четвертое кольцо	17	08	140
Пятое (внешнее) кольцо	19	09	135

Довольно эффективно можно сокращать ошибку поля диафрагмированием объектива камеры. В таком случае заметно улучшаются изображения звезд и расширяется поле хороших изображений, но уменьшается предел достигаемых звездных величин. Мы пробовали прибегать к такому средству, но лишь в виде опытов. Как правило же мы им не пользовались по двум причинам. Во-первых, если большая способность проникновения для фотографических величин допускала диафрагмирование объектива даже без необходимости заметно увеличивать экспозицию, то и без того низкий предел фотовизуальных величин понижался от диафрагмирования настолько, что он никак уже не мог удовлетворить нашим задачам. Во-вторых, большое количество негативов, служащих для разных приведений и вспомогательно-редукционных целей, по необходи-

мости было выполнено с короткими экспозициями, исключаящими диафрагмирование объективов. Следовательно, для того, чтобы соблюсти однородные условия, т. е. чтобы не менять параметров применяемой оптики, мы решили выполнить всю работу без диафрагмирования объективов.

Вообще же мы убедились, что точность определений звездных величин и общее качество подобных каталогов зависит не столько от свойств применяемого инструментария, сколько от тщательности фотометрической обработки и в первую очередь от тщательного учета ошибки поля, который, как мы убедились, необходимо вести индивидуально для каждого негатива.

Мы были вынуждены избрать именно этот индивидуальный путь учета ошибки поля, хотя он весьма кропотлив и требует много времени. Практически приходится исследовать и строить кривую или табличку поправок за ошибку поля для каждого негатива. Достигается же это способом, вскользь описанным выше.

На данном негативе выбираются такие две звезды, которые имеют одну и ту же звездную величину (хотя бы по КATALOGУ БСО), но расположены одна около оптического центра, другая — вдали от него. При этом должны быть подобраны звезды одного и того же спектрального типа (нежелательно допускать разницу более двух или в крайнем случае — четырех подклассов). Беря отсчеты микрофотометра для первой и второй звезд, мы обнаруживаем их различие. Это последнее обусловлено только ошибкой поля (если зв. величины равны в пределах 0.01 — 0.02 зв. вел., а спектры — в пределах 2 — 4 подклассов). Само различие в отсчетах, отнесенное к данному расстоянию, служит поправкой за ошибку поля, выраженной в единицах отсчета микрофотометра. Нет необходимости переводить ее в звездные величины.

Чем лучше мы подобрали звезды в смысле совпадения их блеска и спектрального типа, чем больше мы взяли таких пар и чем разнообразнее пары по блеску и цвету, а также — по расположению вдоль радиуса от оптического центра, тем точнее и полнее учет ошибки поля.

При разнообразном подборе пар, можно пользоваться не одной единственной табличкой поправок для всех исследуемых звезд, а — несколькими, относящимися к разным интервалам блеска или отсчета микрофотометра. Таблички (или кривые) поправок можно дифференцировать и по признаку цвета звезды, пользуясь спектральной классификацией БСО. Но, каждую табличку можно и следует выводить как среднюю из измерений, по возможности, большего количества пар звезд.

В ряде Площадей Каптейна, богатых звездами, мы использовали для данной цели более двух десятков звезд. Но не во всех Площадах удастся подобрать соответственные пары в таком количестве.

При измерении фотовизуальных негативов мы встречались с затруднениями, связанными с ограниченностью данных о фотовизуальных звездных величинах. Здесь бывали случаи, когда мы не могли выводить табличку поправок для данного негатива и пользовались средними из табличек, относящихся к другим негативам. Но, поправки в случае фотовизуальных величин, вообще, значительно умереннее и более «устойчивы» от негатива к негативу.

Атмосферное поглощение учитывалось введением поправок за разность зенитных расстояний редуциционной области СПП и исследуемой ПК.

Известна формула:

$$m_z - m_0 = -\frac{\log p}{0.4} [F(\zeta) - 1]$$

где m_z и m_0 — звездные величины данной звезды на зенитном расстоянии и в зените, соответственно; $F(\zeta)$ — оптическая длина пути луча звезды в земной атмосфере; p — коэффициент прозрачности.

Если допустим теперь, что m_{z_1} и m_{z_2} равны видимым звездным величинам на двух различных зенитных расстояниях ζ_1 и ζ_2 , то просто получить формулу:

$$m_{z_1} - m_{z_2} = \alpha [F(\zeta_1) - F(\zeta_2)]$$

где через α обозначено

$$\alpha = -\frac{\log p}{0.4}$$

Этой формулой и пользовались мы для учета поправки за разность зенитных расстояний Северного полюса и наблюдаемой Площади, считая ζ_1 и ζ_2 зенитными расстояниями Полюса и Площади, соответственно. Следовательно, мы приводили наши наблюдения видимых звездных величин к зенитному расстоянию Полюса. Для коэффициента прозрачности p мы брали два значения, соответствующие фотографическим и фотовизуальным лучам: 0.70 и 0.82. Предварительные данные и исследования убедили нас в справедливости пользования этими значениями для длин волн в среднем около 4200 Å и 5600 Å для осуществляемых нами коррекций за зенитное расстояние.

Это находило подтверждение и в ряде других исследований, выполненных в Абастумани. Так, например, из весьма многократных определений коэффициента прозрачности атмосферы в Абастумани по электрофотометрическим наблюдениям звезд в течение 1942—1945 годов В. Б. Никонов [120] получил:

$$p = 0.68 \quad \text{для } \lambda = 3800 \text{ Å,}$$

$$p = 0.84 \quad \text{для } \lambda = 5300 \text{ Å.}$$

По Т. Г. Мегрелишвили [108] коэффициент прозрачности для двух названных участков спектра имеет следующие сезонные значения:

Весна:	Лето:	Осень:	Зима:
0.68 и 0.84	0.63 и 0.82	0.68 и 0.84	0.68 и 0.84

Н. Б. К а л а н д а д з е [73] подробно исследовала общую и спектральную прозрачность с помощью объективной призмы перед объективом 20-см камеры и получила значения:

$$p = 0.73_2 \pm 0.009 \quad \text{для } \lambda = 4200 \text{ \AA}$$

$$p = 0.83_0 \pm 0.008 \quad \text{для } \lambda = 5630 \text{ \AA},$$

которые также близки к значениям, принятым нами.

Наконец, Н. Л. М а г а л а ш в и л и в своей работе [97] приводит таблицу II, по которой нетрудно выяснить, что в период с 7 мая по 29 июля 1945 г. коэффициент прозрачности заключался в пределах 0.71—0.73 и 0.85—0.86 для фотографических и фотовизуальных величин, соответственно. Лишь к 7 августа, когда, кстати, существенно изменился характер атмосферных масс над Абастумани, коэффициенты приобрели значения 0.70 и 0.83, соответственно.

Коэффициент прозрачности определяется в Абастумани почти в каждую наблюдательную ночь в связи с производством фотоэлектрических наблюдений. Собственно говоря, мы могли пользоваться этими данными для того, чтобы вычислить формулу зенитной редукции отдельно для каждой ночи, т. е. для каждого данного значения. Но это оказалось нецелесообразным, т. к. пользование средним значением дает вполне удовлетворительные результаты, тем более, что коэффициенты прозрачности, определенные фотоэлектрически, относятся к эффективным длинам волн, несколько иным, чем наши, а простая интерполяция по последним заставила бы терять точность, достигаемую использованием еженочных наблюдений.

Но, электрофотометрические данные о прозрачности за отдельные ночи мы использовали при критическом рассмотрении нашего материала, когда в зависимости от качества материала и от атмосферных условий мы отказывались от некоторых негативов или устанавливали веса для определений по негативам, из которых составлялись средние значения величин. Отметим, попутно, и то, что, как показали электрофотометрические наблюдения, стабильность прозрачности атмосферы в Абастумани, на горе Канобили хороша как вообще, так и в пределах одной ночи. Это вытекает из исследований В. Б. Н и к о н о в а [119, 118], Т. Г. М е г р е л и ш в и л и [108] и Ш. М. Ч х а и д з е [218, 219], исследования которого относятся уже не к ночным электрофотометрическим наблюдениям, а — к дневным, актинометрическим. Это очень важное качество с точки зрения наших работ, при которых в течение одной ночи фотографируются с довольно продолжительными экспозициями несколько Площадей, связываемых при этом с одной редукционной областью, фотографируемой в течение ночи лишь один или хотя бы два раза.

12. Бюлл. Абаст. астрон. обс., № 12

Не безинтересно проиллюстрировать сказанное приведенной таблицей XII, содержащей данные для построения характеристической кривой по звездам СПП. Негативы, полученные в течение одной ночи 9-10. IV, 1943 в 23.2 и 3.5 часа, соответственно, экспонированы в одних и тех же условиях и проявлены одновременно. Эта ночь не отличалась особыми качествами ни

Таблица XII

Звезда СПП	Е			Звезда СПП	Е		
	I	II	III		I	II	III
9	31	33	30	16	451	454	453
10	56	55	56	18	602	600	503
11	137	140	138	19	680	682	686
12	210	212	215	20	737	736	738
13	276	272	276	21	810	812	811
14	308	302	305	22	816	816	814
15	397	392	396	23	817	816	821

Таблица XIII

Звезда СПП	Фотовиз. величины		Фотограф. величины	
	I	II	I	II
8	25	25	225	232
9	133	136	412	408
10	169	172	416	420
11	352	357	503	—
12	400	404	592	600
13	598	602	634	640
14	610	608	662	670
15	738	740	726	738
16	808	806	762	770
17	814	806	763	772
18	880	878	797	803
7r	386	391	—	—
8r	596	600	754	760
10r	912	910	820	823
11r	881	878	—	—
4s	—	—	605	612
6s	—	—	754	760

«на глаз», ни судя по данным электрофотометрических наблюдений. Она выбрана почти случайно и ее можно отнести к числу «средних» ночей. Легко убедиться, что все три негатива можно представить одной и той же характеристической кривой (таблица XII).

Мы проделали и другой опыт, получив тождественные пары негативов в две соседние ночи (негативы №№ 1361, 1362, относящиеся к 1.IX.1943 г. и №№ 1369, 1370, относящиеся к 2.IX. 1943 г.), и даже в ночи, разделенные промежутком в 5 дней, но проявленные вместе (таблица XIII).

Таблица XIII показывает, что каждый из данной пары негативов дает практически одну и ту же характеристическую кривую (подобные опыты, давшие аналогичные результаты, проделаны с негативами №№ 1653, 1654, 1660 и 1661). И если имеются хоть сколько-нибудь заметные расхождения между негативами двух последующих ночей, то они скорее для фотографических, чем для фотовизуальных лучей, что вполне естественно, когда расхождения относятся за счет изменений прозрачности атмосферы.

При принятых нами значениях коэффициента прозрачности, α делается равной 0.387 и 0.215 для фотографических и фотовизуальных лучей, соответственно. Относя $F(\zeta_1)$ к Полюсу и беря его значение из известных таблиц Бемпорада, формулы редукции к зенитному расстоянию Полюса можно написать в простом виде:

$$\Delta m_{\text{фг}} = 0.387 [1.501 - F(\zeta)]$$

$$\Delta m_{\text{фв}} = 0.215 [1.501 - F(\zeta)].$$

Здесь значения $F(\zeta)$ берутся из тех же таблиц, но для относительно умеренных зенитных расстояний вместо $F(\zeta)$ можно брать, просто, значения $\text{sec } \zeta$.

Если не ставить себе целью вывод самостоятельных значений звездных величин, то можно исправлять за разность зенитных расстояний только и непосредственно показатели цвета по легко выводимой формуле:

$$\Delta \text{ПЦ} = \text{ПЦ}_{\zeta_1} - \text{ПЦ}_{\zeta_2} = (\alpha_{\text{фг}} - \alpha_{\text{фв}}) [F(\zeta_1) - F(\zeta_2)]$$

или в числах:

$$\Delta \text{ПЦ} = 0.172 [1.501 - F(\zeta)]$$

или, наконец, еще проще:

$$\Delta \text{ПЦ} = 0.26 - 0.17 \text{ sec } \zeta$$

если, конечно, снимки в фотографических и фотовизуальных лучах производились одновременно и на одинаковых зенитных расстояниях. Но это обычно так и делалось.

Мы пользовались последними формулами в тех случаях, когда прибегали к методу двух изображений на одной пластинке. Но, в таких случаях приходилось считаться с разностями в зенитных расстояниях снимков в раз-

ных лучах, в связи с последовательностью фотографирования при данном способе. Поэтому применялась формула, соответственно видоизмененная:

$$\Delta ПЦ = 0.22 - 0.39 \sec \zeta_{фг} + 0.21 \sec \zeta_{фв}$$

При выводе вышеприведенных формул мы вообще не учитывали высоту места наблюдения над уровнем моря—за небольшими исключениями, хотя она для нашей обсерватории достигает 1600 метров. Среднее значение давления воздуха на горе Канобили в миллиметрах ртутного столба выражается числом 630. В таком случае коэффициент, на который необходимо умножить значения атмосферных масс (по таблицам Бемпорада) для того, чтобы привести их к высоте горы (отношение среднего давления на горе к давлению на уровне моря), равно 0.83. Легко убедиться, что, если учесть последнее в вышеприведенных формулах, значение поправки за зенитное расстояние не претерпит практически заметных изменений. А имея в виду дифференциальный характер наших наблюдений, тем более можно считать, что нет необходимости в поправке за высоту над уровнем моря. К ней мы прибегали в исключительных случаях больших зенитных расстояний, когда разность $[1.501 - F(\zeta)]$ достигала 0.3.

Мы не исследовали другого эффекта: влияния цвета звезды на величину поправки за зенитное расстояние [85]. Однако, можно заведомо считать этот эффект настолько малым, что он не должен оказать ощутимого действия на наши редукции.

Численно, поправки за разность в зенитных расстояниях в большинстве случаев невелики, что можно заключить и из того, что для около 160 пар снимков, вошедших в наши основные измерения, лишь семь случаев, когда зенитное расстояние превышает 60 градусов; в десяти случаях оно находится в пределах 54 и 60 градусов, и в 115 случаях—в пределах 24 и 53 градусов. В остальных случаях зенитные расстояния хоть и отличны от зенитного расстояния Полюса, но сами по себе малы.

Поправка за зенитное расстояние естественно должна была бы включать в себя, кроме чистого эффекта экстинкции, и эффект качества изображений звезд, который тем больше, чем меньше высота наблюдаемой площадки над горизонтом. Этот последний эффект подвержен изменениям во времени и он очень трудно поддается учету, тем более, что очевидно зависит еще от блеска и цвета звезды. При фокусном расстоянии камер в один метр, как это имеет место у нас, он мог бы оказать заметное влияние на результаты определений. К счастью, атмосферные условия на горе Канобили отличаются прекрасными и стабильными качествами звездных изображений. Это последнее обстоятельство очевидно играет свою роль в достижении конечной точности наших определений.

Следует, тем не менее, отметить, что и по причинам, изложенным здесь, при осуществлении работ, подобных нашей, целесообразно вести фотогра-

фирование на высотах Полюса. Впрочем, соблюдение последнего условия еще не означает освобождения результатов наблюдений от эффекта азимута, т. е. от возможных изменений качества изображений в зависимости от азимута. Последний эффект мы не учитывали не только потому, что его исключение потребовало бы либо фотографирования только в меридиане (но тогда нельзя было бы соблюдать условия равенства зенитных расстояний), либо нескольких фотографий данной Площади в различных азимутах (тогда эффект одновременности наблюдений, пожалуй, превзошел бы эффект азимута), либо, наконец, подробного исследования зависимости качества изображений от азимута. Но мы не учитывали его и потому, что почти систематический контроль качества изображений, который мы осуществляли попутно с нашими наблюдениями, не дал нам оснований ожидать эффекта азимута в такой степени, какая могла бы практически оказывать влияние на результаты определений¹.

Вывод средних значений звездных величин мы основывали на определениях по крайней мере по трем негативам. Из исследованных нами 43-х Площадей Каптейна лишь для двух удовлетворились мы двумя парами негативов. Для каждой из всех остальных же мы имеем не менее трех пар пластинок и не менее четырех пар — для большинства Площадей. Трех пар снимков вполне достаточно для каждой Площади, если они получены при хороших атмосферных и других условиях.

За все время работы мы получили вообще снимков на несколько десятков больше, чем перечислено в таблицах II наших работ (см. выше), но не все были включены в последние. В таблицы не вошли те пары, которые использованы лишь частично, с теми или иными конкретными целями, для проверки нескольких звезд или групп звезд. Так, например, если звезды, представляющие особенную ценность для нас (ранние звезды в тех Площадах, где их вообще мало), были расположены вдали от центра ПК и большая ошибка расстояния делала вывод их величин неуверенным, то мы повторяли фотографирование, совмещая участок этих звезд с оптическим центром пластинки. Это давало нам возможность улучшать выводимые величины данных звезд. Но в остальной части эти негативы не обрабатывались, а в связи с этим они и не включены в таблицы.

При выводе средних значений из ряда определений по различным негативам, мы учитывали вес каждого определения, оцениваемый нами на основании атмосферных условий в ночь наблюдения, характера изобра-

¹ Правда, в 1931 и 1932 гг., при работе экспедиции по изучению атмосферного режима с целью поисков места для постройки Горной обсерватории, подобная зависимость качества изображений звезд от азимута в Абастумани была подмечена нами [20], но те наблюдения относились непосредственно к ущелью Абастумани. Эффект азимута вызывался очевидно целиком нижними слоями атмосферы, распространяемыми параллельно рельефу ущелья. Они, при наблюдениях с горы Канобили, не пересекаются линией наблюдения.

жений, качеств гидировки и изображений звезд Полюса и всех других признаков и факторов, могущих влиять на выводимые величины.

Что касается фотометрических измерений на объективном микрофотометре, то каждый негатив обрабатывался, по крайней мере, дважды, что вполне удовлетворяет требованиям необходимой точности наших определений; мы убедились выше в достаточно малых значениях ошибок измерений одного негатива.

§ 11. Фотографические величины звезд. Их связь с интернациональной системой

Итак, фотографические величины звезд, вошедших в наш Каталог, мы выводили на основе стандартов Северной полярной последовательности. Выше, где приведены для иллюстрации редуцированные кривые (m , E), мы лишь вскользь упоминали о том, что кривая имеет некоторую «ветвь», соответствующую красным звездам. Действительно, кривая построена по звездам, показатели цвета которых меньше 0.6 зв. величины. Звезды, снятые в фотографических лучах, но имеющие большие показатели цвета — около 0.7 зв. величины и более, — систематически выпадают из цепи других звезд: не ложатся на основную кривую, а отклоняются от нее. Систематическое отклонение выражается в том, что фотографические яркости красных звезд измеряются с л а б е е, т. е. ветвь, которую составляют красные звезды, располагается слева и выше основной кривой, когда звездные величины по оси абсцисс растут слева направо, а отсчеты микрофотометра по оси ординат — снизу вверх. Эта ветвь отходит от основной кривой на 0.2—0.4 зв. величины, постепенно стремясь к ней при переходе к слабым звездам и сливаясь с ней в точках с абсциссами около 13.0 зв. величины (чертеж 6). Следовательно, для очень слабых звезд зависимость от цвета резко уменьшается. В пределах же от 10.0 до 12.2 зв. величины она остается почти постоянной, не меняясь с яркостью. При этом, расхождение между кривыми остается в пределах 0.4—0.3 зв. величины.

Эта ветвь, собственно, обусловлена тем, что величина звезды, постольку поскольку она определяется по измерениям изображения на фотографической пластинке, зависит не только от интенсивности ее света, но и от цвета. Сравнения между собой различных каталогов величин всегда обнаруживают заметные систематические различия, зависящие от цвета. Наличие этих различий делает необходимым определение соотношения между фотометрической системой, даваемой данной аппаратурой, и интернациональной системой. В этом заключается задача определения урав-

нения цвета. Другими словами, измеренная звездная величина нуждается в поправке за счет цвета звезды, т. е. в поправке, являющейся функцией от цвета звезды. Лишь при учете этой поправки мы получим исправленную звездную величину $m'_{\text{фг}}$, которая складывается из наблюдаемой $m'_{\text{фг}}$ и поправки $\varphi(\text{ПЦ})$. Последнюю нельзя вообще считать линейной функцией по отношению к цвету—ПЦ. Она более сложная функция, зависящая, вместе с тем, и от интенсивности света звезды, т. е. от ее величины, хотя последней в уравнении цвета часто пренебрегают.

Пользуясь редуциционной кривой, имеющей ветвь красных звезд, мы, по существу, выполняли операцию графического учета «уравнения цвета», снимая значения $m'_{\text{фг}}$ для звезд ранних и средних спектральных классов (В-А-Г) с основной кривой, а для поздних звезд (G2—G4 и позже)—с ветви красных звезд. При этом мы пользовались спектральной классификацией каталогов БСО, как критерием цвета звезд. Следовательно, исправлялись величины лишь тех звезд, цвета которых выражаются приблизительно показателями цвета большими, чем 0.5 зв. величины. Нельзя однако не признать, что такой способ оставляет возможности для образования ошибок, связанных с тем, что в областях, пораженных значительным избирательным поглощением, даже ранние звезды могут быть достаточно красны для того, чтобы они требовали учета эффекта цвета. Это касается, в первую очередь, слабых или далеких звезд, которые, находясь даже в относительно прозрачных направлениях, все-таки могут обнаружить межзвездное покраснение. Но и яркие звезды не избавлены от этого эффекта: если они расположены в областях, отягощенных большим избирательным поглощением. Поэтому, вывод звездных величин с достаточной точностью требует их определения в двух приближениях: сперва предварительно, а потом—с учетом установленного покраснения. Эта работа весьма кропотлива, но для ряда Площадей и для наиболее ранних звезд нам пришлось ее выполнить.

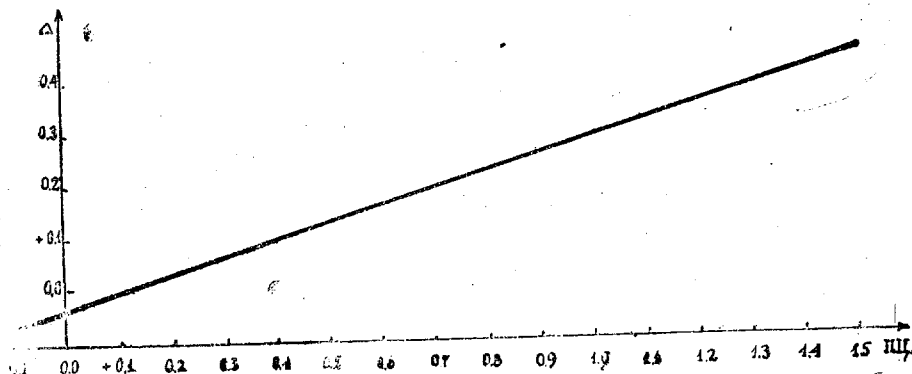
Для представления зависимости от цвета в виде уравнения, мы строили характеристические кривые лишь по тем звездам Полярной последовательности, показатели цвета которых близки к нулю. Затем, с этих кривых снимали значения величин для «красных» звезд Полярной последовательности, т. е. тех звезд, показатели цвета которых близки к 1.0 зв. величине. Полученные значения фотографических величин последних мы сопоставляли со значениями, известными в интернациональной системе, а соответствующие разности представляли как линейные функции показателей цвета. Написав несколько десятков таких уравнений, мы находили численные значения параметров по способу наименьших квадратов. Более 160 отдельных соотно-

шений послужили нам для вывода формулы, представляющей уравнение цвета в следующем виде:

$$(m_{pr}) = (m_{pr})_{спп} - 0.032 + 0.324 ПЦ \quad (1)$$

$$\pm .016 \pm .014$$

Зависимость фотографических величин от цвета звезд значительна, что объясняется aberrациями объектива и некоторым отланием эффективной длины волны нашей комбинации светофильтра с фотоластинками от эффективной длины волны, соответствующей интернациональной системе.



Чертеж 7

Чертеж 7, представляющий кривую, отвечающую формуле (1), дает более наглядное представление об уравнении цвета.

Оно довольно значительно для красных звезд, характеризующихся показателями цвета около 0.7 и более.

Как уже говорилось, мы пользовались различными марками фотоластенок для определений фотографических величин звезд. Вполне понятно, что уравнение цвета должно быть различно для разных марок. Однако, огромную положительную роль играет применение светофильтра, который в значительной степени устраняет цветочувствительные различия фотоластенок разных марок, выравнивая значения эффективных длин волн комбинаций светофильтра БГз с фотоластинками различных марок. Мы определяли уравнения цвета почти для всех используемых нами сортов фотоластенок без фильтров и в комбинациях с фильтрами и, к большому удовлетворению, убедились в столь выгодном действии светофильтра БГз. Лишь для комбинации последнего с фотоластинками Агфа Астро множитель при ПЦ в уравнении оказался заметно большим, т. е. равным +0.427, с ошибкой определения, равной ±0.029. Но и это значение множителя нельзя считать показателем большого различия в цветочувствительностях пластинок в комбинации с фильтром. Поэтому, мы не приняли во внимание этих

различий и включили в упомянутые выше 160 соотношений данные, относящиеся ко всем использованным сортам фотопластинок, в том числе и к Агфа Астро. Следовательно уравнение (1) следует рассматривать как некоторое среднее для всех сортов фотопластинок.

Близость между собой эффективных длин волн различных комбинаций светофильтра БГз с использованными фотопластинками следует и из результатов непосредственного определения эффективных длин волн нашей системы, выполненного нами возможно тщательно. Но этого определения мы коснемся подробно в соответствующем месте.

Наконец, мы сопоставляли между собой значения показателей цвета или звездных величин, получаемых по различным сортам пластинок, и убеждались в незначительности систематических различий. Тем не менее, результаты этого сопоставления дали нам возможность приводить определения, выполненные по разным сортам пластинок, к определениям, относящимся к пластинкам Агфа Изохром, которые мы считаем основными в наших измерениях фотографических величин. Подобная редукция потребовала много труда, но она незначительно повлияла на окончательные средние значения показателей цвета звезд. Между прочим, снимки для этих редукций делались специально. А так как редукция вызывалась возможными различиями лишь в фотографических величинах (в виду того, что пластинки для фотовизуальных величин были почти всегда одинаковы), то можно было ограничиться лишь снимками в фотографических лучах. Но тем не менее мы производили парные (фотографические и фотовизуальные) снимки, как обычно. В данном случае фотовизуальные снимки служили хорошим контролем прозрачности и прочих условий. Это было важно, если иметь в виду, что снимки для данных целей занимали большие промежутки времени — до полной ночи (№№ соответствующих негативов: 1398, 1399, 1400, 1401, 1402, 1403, 1404, 1405, 1406, 1407, 1414, 1415, 1416, 1417, 1418, 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425, 1426, 1427, 1428, 1429а, 1430а, 1431а, 1432а, 1511, 1513, 1515а, 1552, 1553, 1554, 1555, 1156, 1557, 1558, 1559, 1561, 1562, 1563, 1564, 1565, 1566, 1567, 1568, 1569, 1570, 1571, 1572; сняты в период с 30. XI. 1943 по 11. X. 1944).

Строго говоря, тщательный вывод уравнения цвета требует учета не только различия в марках фотопластинок, но и изменения продолжительности экспозиции, качества изображений, условий проявления и, наконец, гидрирования и фокусировки. Возможно, что эти два последних фактора являются наиболее ощутимыми. Но понятно, что когда мы придерживаемся однородного режима фотографирования и проявления со всей возможной строгостью, практическое влияние большинства из перечисленных факторов сводится почти к нулю. Учет качества изображений, конечно, практически почти невозможен, но то обстоятельство, что мы, придавая веса различным

определениям, брали в расчет и этот фактор, должно уменьшать влияние его и со стороны уравнения цвета.

Рассмотрим теперь подробно полученные нами ряды фотографических величин, их соотношение с соответствующими рядами других определений и особенно с системой интернациональных величин. В связи с исследованием в последующем избирательного поглощения и его увеличения с расстоянием, особенное значение приобретает для нас вопрос о возможном наличии в наших определениях заметной систематической ошибки, зависящей от видимой звездной величины. Этот вопрос заслуживает особенного внимания к себе в интересах правильной интерпретации обнаруживаемого наблюдением покраснения звезд с уменьшением их видимого блеска.

Проверим указанную систематическую ошибку сравнением наших величин со значениями, полученными в других системах.

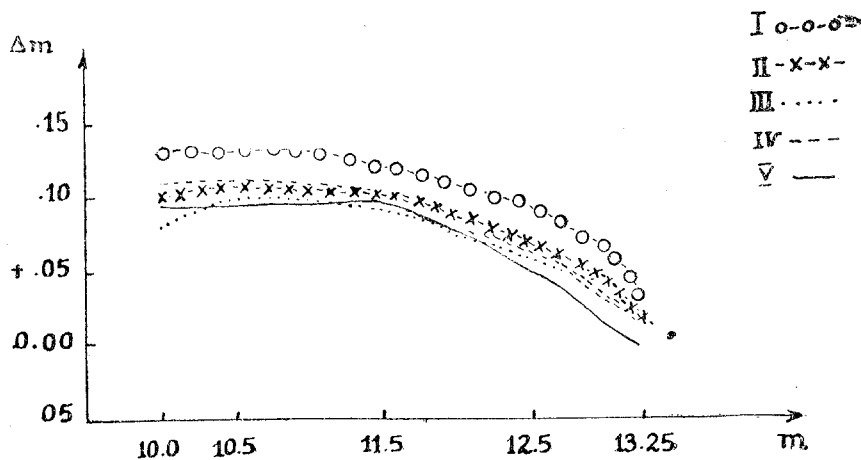
Все 14000 звезд нашего Каталога имеют известные фотографические величины, определенные в Гронингене по фотографиям, произведенным в Гарвардской обсерватории. Эти величины помещены в каталоге БСО. Они признаны близкими к интернациональной системе величин и, вместе с тем, они сами не отягощены систематическими ошибками, как это следует из рассуждений ввводной части каталогов БСО. Таким образом, нам представилась хорошая возможность сравнения величин для весьма большого количества звезд.

Составив таблицы разностей между нашими фотографическими величинами и Гронингенскими и расположив, при этом, разности по блеску звезд, мы построили графики зависимости разности от блеска почти для 13000 звезд, отдельно для отдельных групп ПК. Мы нашли целесообразным рассмотреть эти разности именно по тем группам ПК, на какие они разделены у нас по признаку галактических широт, т. к. дискуссия общих результатов в большом количестве случаев базируется на сравнении между собой средних данных, относящихся к упомянутым группам. В этом смысле, важно убедиться, что отдельные группы в среднем однородны в отношении систематических ошибок входящих в них звезд.

Как это следует из чертежа 8, разности ведут себя почти совершенно одинаково для всех групп ПК. Вообще же, все они уменьшаются в небольших пределах по мере перехода к слабым звездам. Следовательно, если Гронингенские величины считать совершенно свободными от систематических ошибок и признать наличие у нас систематической ошибки хотя и незначительной, то знак этой ошибки таков, что последняя не могла бы уменьшить надежности наших интерпретаций и выводов об избытках цвета и об их увеличении с расстоянием.

Характерно, что кривые на чертеже 8 не только имеют одинаковый вид, но вместе с тем они расположены тесно, что показывает и количественную однородность материала, относящегося к различным группам ПК.

Правда, кривая для группы I несколько выше других, но это, возможно, объясняется тем, что она относится к самым первым нашим определениям, при которых, очевидно, не все факторы учитывались достаточно тщательно. В частности, могло сказаться, хотя и в весьма небольшой степени, — отсутствие редукции величин, полученных по пластинкам Агфа Астро. Во всяком случае, нельзя отнести это явление за счет Гронингенских величин, насколько об этом можно судить по данным вводной части каталогов БСО.



Чертеж 8

Связь наших величин с Гронингенскими можно выразить и формулой, выведенной нами по способу наименьших квадратов на основе большого количества сопоставлений (несколько сот условных уравнений). При этом разности группировались в таблицы, составленные по аргументам блеска и спектрального класса, а в условные уравнения вносились значения разностей, средние для данного блеска и данного спектрального класса.

В результате мы получили для соотношения между нашими фотографическими величинами и Гронингенскими следующее выражение:

$$(m_{\text{фг}})_{\text{кб}} - (m_{\text{фг}})_{\text{Гр}} = +0.02_3 - 0.01_4 (m - 11.0) + 0.08_5 C \quad (2)$$

$$\pm .010 \pm .008 \qquad \qquad \qquad \pm .021$$

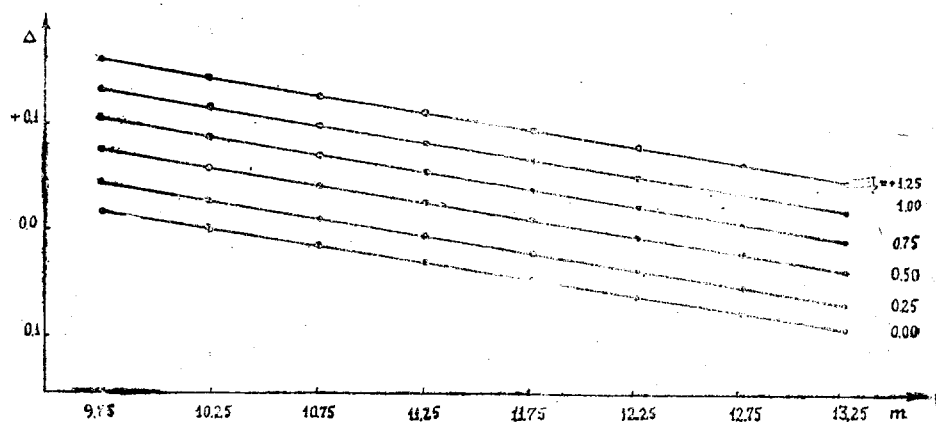
Но при выводе этой формулы мы пользовались Гронингенскими величинами, приведенными к величинам Моунт Вильсон согласно таблицам сравнения № 17 в БСО, I и БСО, II. Таким образом, эта формула скорее выражает связь с величинами Моунт Вильсон [854]. Впрочем, мы имели возможность сравнить наши величины с величинами Моунт Вильсон непосредственно. В построении же величин Моунт Вильсон достигнуты

весьма хорошие результаты. Эта система, распространенная до такого далекого предела как 17—18 зв. величины, свободна от систематических ошибок. Она мало отличается от системы Trans. Int. Astr. Union, I. 1922, в частности и в интервале зв. величин 11—13.5, как в отношении нуля-пункта, так и в отношении шкалы величин (MtW Contr., 289, 1925). В каждой ПК имеются в среднем около десяти общих звезд, т. е. звезд, имеющих определения величин в каталоге Моунт Вильсон и у нас. Подобное сопоставление для 300 звезд во всех исследованных нами ПК дало столько же условных уравнений, решение которых привело к следующему:

$$(m_{\text{фг}})_{\text{КБ}} - (m_{\text{фг}})_{\text{МВ}} = -0.019 - 0.03_2 (m - 11.0) + 0.11_3 C \quad (3)$$

$$\pm 0.018 \quad \pm 0.011 \quad \pm 0.022$$

Чертежи 9 и 10 построены на основе уравнения (3), причем на первом из них даны зависимости разности в звездных величинах от блеска, отдельно для звезд, имеющих цвета, соответствующие показателям цвета, равным 0.00; 0.25; 0.50; 0.75; 1.00 и 1.25. На втором чертеже разности в величинах представлены в зависимости от цвета звезд, отдельно для звезд, имеющих фотографические яркости, равные 10.5, 11.0, 12.5, 13.0 и 13.25 зв. величины.

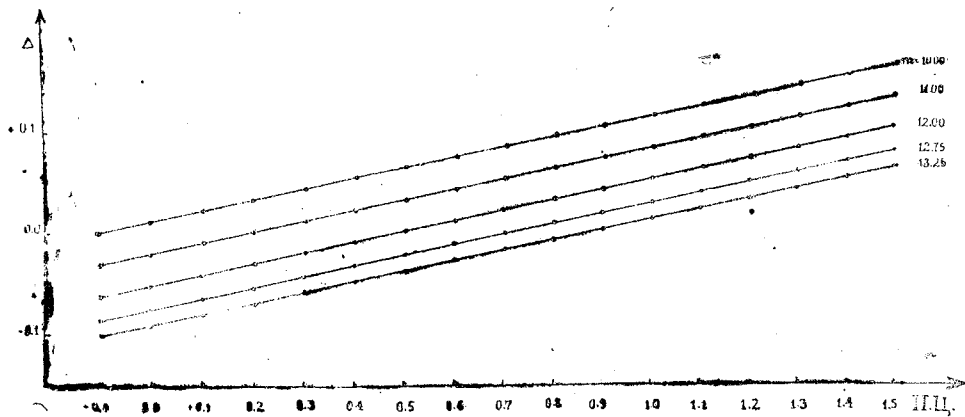


Чертеж 9

Коэффициент, определяющий зависимость от блеска, в формулах (2) и (3) мал и он действительно уменьшает разность в величинах при переходе к слабым звездам. Но из этих уравнений следует, вместе с тем, более заметная зависимость от цвета.

Уравнения, подобные уравнению (2), выводились и в отдельности для Площадей разных групп. В отношении их можно заметить, что они все носят в общем одинаковый характер. Каждое из них основано на условных уравнениях числом от 80 до 150.

Интересным является сравнение наших величин с интернациональными величинами С и р с а и его сотрудников, опубликовавших в 1941 году Величины и Цвета Звезд Севернее $\delta = +80^\circ$ [855]. Этот каталог представляет собой образец наиболее тщательно выполненной работы по построению системы величин и он предоставляет большие возможности для сравнений и редукиций к интернациональной системе как фотографических, так и фото-



Чертеж 10

визуальных величин. Для этой цели мы использовали большой негативный материал, как из тех пластинок, которые послужили нам для наших основных определений (см. выше), так и из специально полученных фотографированием областей с центрами около $\delta = +82-84^\circ$. Мы избегали таких участков около Северного Полюса, про которые известно, что они поражены поглощением (напр. $\delta = 86^\circ. 5$; $\delta = 87^\circ. 3$ [660]).

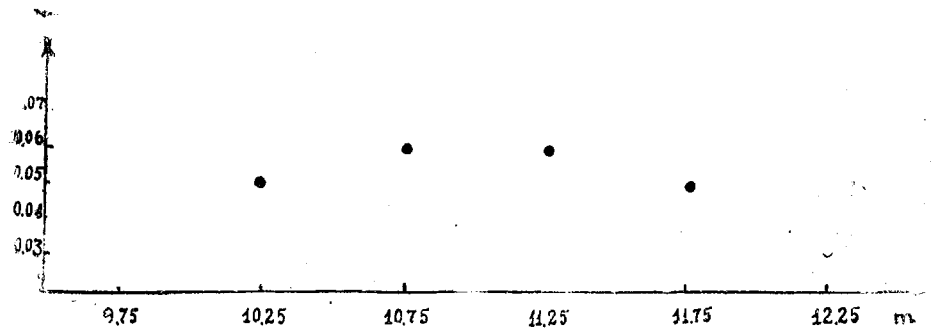
Сравнение наших и интернациональных значений фотографических величин для большого количества звезд дало нам для разности $(m_{фг})_{кб} - m_{фг}_{инт}$ следующие значения, зависящие от блеска звезд (см. также чертеж 11):

$9m_{75}$	10.25	10.75	11.25	11.75	12.00
$+0m_{04(40)}$	$+0.05(85)$	$+0.06(150)$	$+0.06(100)$	$+0.05(60)$	$+0.03(45)$

В этой табличке цифры, помещенные в скобки, означают количества звезд, по которым выведены средние значения разностей. Звезды, содержащиеся в каталоге С и р с а, главным образом, ярче 12-ой зв. величины и потому данные таблички не могут перекрыть весь интервал величин нашего Каталога.

Разности величин находятся в пределах 0.03—0.06, причем наибольших значений они достигают для звезд среднего блеска. Ход разности в зависи-

мости от блеска звезд выражает отклонение нашей шкалы величин от интернациональной.

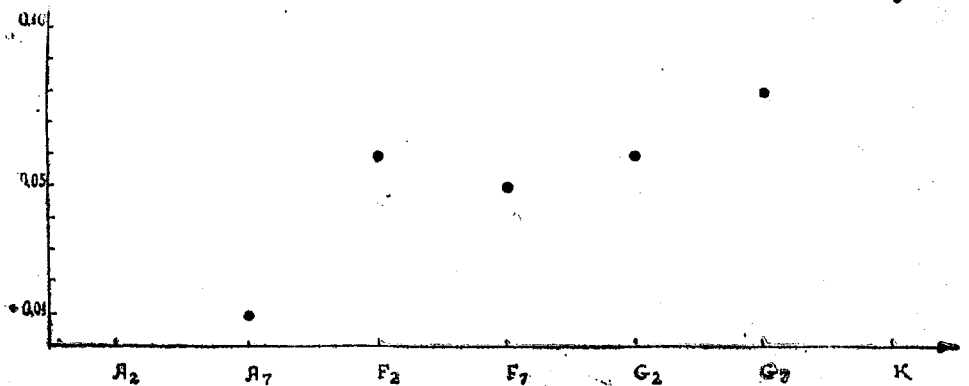


Чертеж 11

Если рассмотреть аналогичные разности в величинах в зависимости от цвета, или спектрального типа звезд, то получится следующая картина (см. также чертеж 12):

A0—A4 A5—A9 F0—F4 F5—F9 G0—G4 G5—G9 K0—
 +0.^m02(20) +0.01(30) +0.06(45) +0.05(95) +0.06(120) +0.08(95) +0.11(20)

Зависимость от цвета выражена резко и разности возрастают с увеличением показателей цвета, что находится в согласии и с данными, изложенными выше, например, — вытекающими из чертежа 10.



Чертеж 12

Среднее взвешенное значение для разности $(m_{\text{фг}})_{\text{кб}} - (m_{\text{фг}})_{\text{инт}}$ оказывается равным +0.05₃ и +0.06₀ зв. величины по первой и второй таблицам, соответственно.

Наконец, мы вывели по способу наименьших квадратов формулу, где упомянутая разность представлена как функция блеска и цвета звезд, одновременно.

Использование, в связи с этим, 12 снимков и измерение около 90 звезд на каждом негативе привело нас к следующему соотношению между нашими и интернациональными фотографическими величинами:

$$(m_{\text{фг}})_{\text{кб}} - (m_{\text{фг}})_{\text{инт}} = +0.01_2 - 0.03_0 (m - 11.0) + 0.08_7 C \quad (4)$$

$$\pm .014 \pm .011 \qquad \pm .018$$

Это уравнение мы рассматриваем в качестве редуционного к интернациональной системе. Три члена, содержащиеся в его правой части, определяют собой нуль-пункт, точность шкалы величин и, наконец, влияние на величину звезды ее цвета. Этим последним членом иногда—хоть и редко теперь—пренебрегают при выводе редуционных уравнений. Но он имеет не меньшее значение, чем второй, ибо звездная величина, понятно, является величиной, выражающей одновременно как полную интенсивность света, т. е. излучение, так и спектральное распределение энергии этого излучения. В связи с этим подобные соотношения всегда лучше представлять именно тремя членами.

На основании уравнения (4) составлена таблица XIV, по которой можно подробнее рассмотреть зависимость разностей в величинах от блеска и цвета.

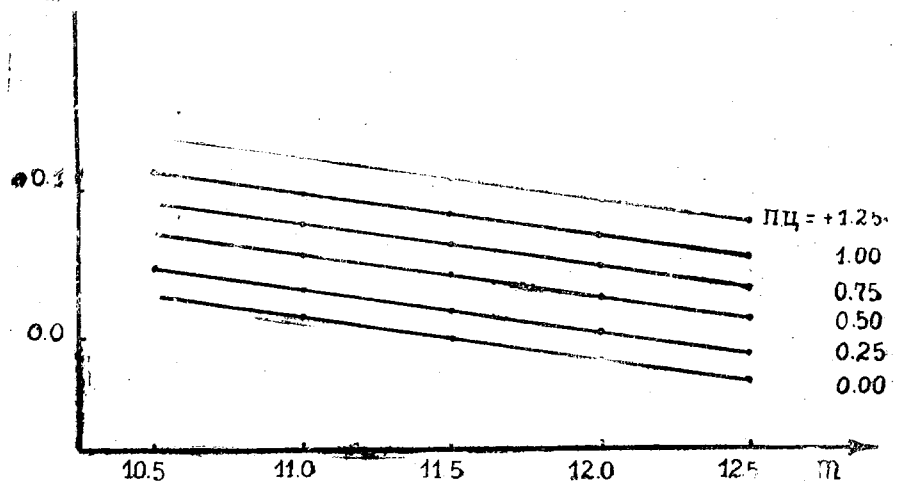
Таблица XIV

Пок. цв. / Зв. вел.	0.00	+0.25	+0.50	+0.75	+1.00	+1.25
10.5	+0.027	+0.049	+0.071	+0.093	+0.114	+0.137
11.0	+ 012	+ 034	+ 056	+ 078	+ 099	+ 121
11.5	- 003	+ 019	+ 041	+ 062	+ 084	+ 106
12.0	- 018	+ 004	+ 026	+ 048	+ 070	+ 091
12.5	- 033	- 011	+ 011	+ 033	+ 054	+ 076

Еще нагляднее выступит данное соотношение между величинами, если построить чертежи 13 и 14, аналогичные чертежам 9 и 10.

Общий характер этих чертежей находится в согласии с графиками 9 и 10, также как и с данными чертежей 11 и 12. Этому и следовало ожидать, ввиду того, что во всех данных случаях мы сравниваем наши величины с интернациональной или близкими к ней системами. Согласно несколько нарушается лишь в отношении левого конца графика 11, что можно объяснить тем, что в данном случае осреднение происходит для

относительно малого количества звезд. При этом значительная часть их не является общими со звездами, участвующими в построении других частотей.

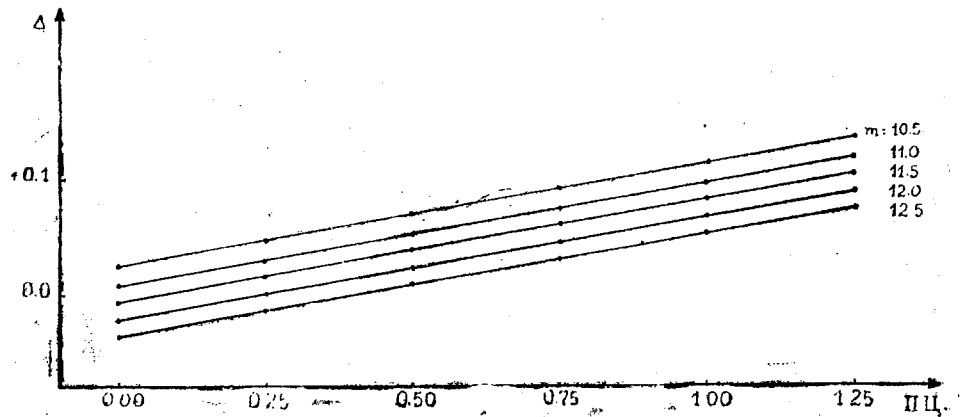


Чертеж 13

Ниже мы приводим сводную таблицу разностей между нашими фотографическими величинами и величинами Гронинген, Моунт Вильсон и Сирса, соответственно (таблица XV).

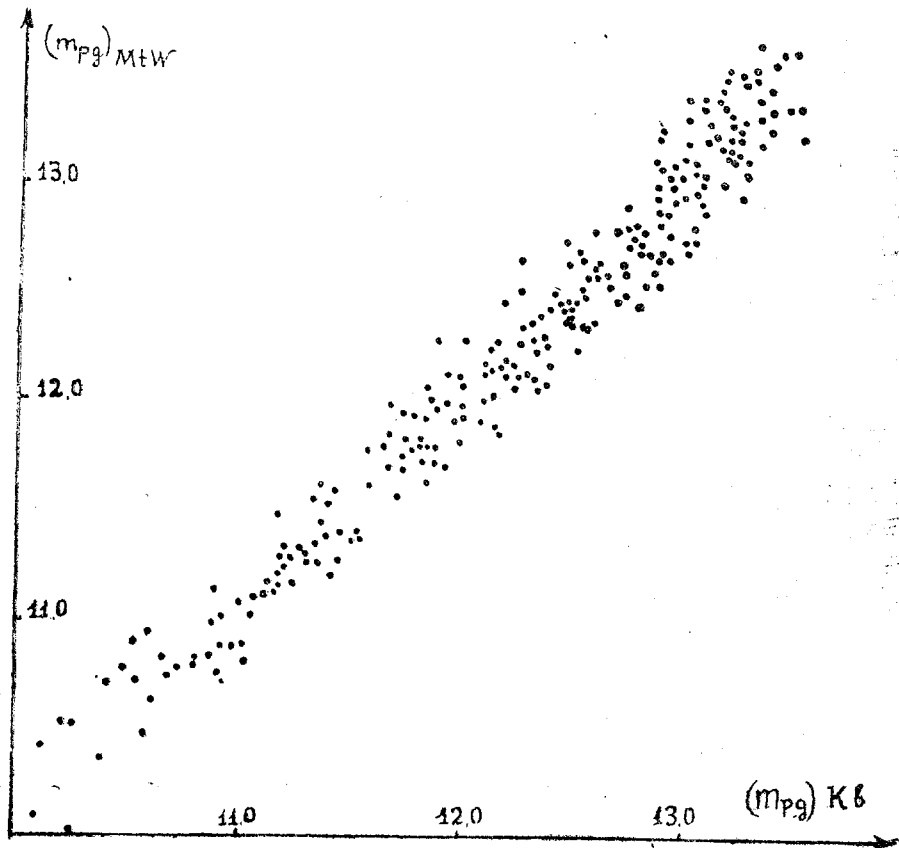
Дискуссия данных этой таблицы не представляется необходимой; последние повторяют выводы, изложенные выше.

В заключение мы хотели бы сделать лишь одно замечание общего характера. Так как уравнение (3) составлено на основе звезд, вошедших:



Чертеж 14

в наши ПК, подвергнутые многократным измерениям, а уравнение (4) — на основе специальных снимков, мы склонны считать, что уравнение (3) представляет наши наблюдения лучше, чем уравнение (4), хотя в общем, между ними нет существенной разницы. Но, когда мы попробовали построить уравнение, аналогичное (4)-му, по тем звездам, которые лежат ближе к кругу склонений $+80^\circ$, где фотографирование происходит в обычных условиях и нет влияния «полярных ошибок», мы получили уравнение, приближающееся к (3). Мы не приводим его здесь, так как оно построено на основе относительно малого числа звезд и имело для нас значение лишь как опыт и контроль рассуждений.



Чертеж 15

Наконец, следует показать согласие наших фотографических величин с величинами, например, Каталога Моунт Вильсон [854]. Во всех сорока трех Площадях Каптейна мы имели почти 250 общих звезд в пределах блеска от 10-ой до 13.5 зв. величины.

13. Бюлл. Абаст. астроф. обс., № 12

Таблица XV

ПЦ=0.00				ПЦ=+0.50			ПЦ=+1.00		
	Гр	МВ	Сирс	Гр	МВ	Сирс	Гр	МВ	Сирс
m	m								
10.5	+0.030	-0.003	+0.027	+0.072	+0.053	+0.071	+0.115	+0.109	+0.114
11.0	+ 023	- 019	+ 012	+ 065	+ 037	+ 056	+ 108	+ 093	+ 099
11.5	+ 016	- 035	- 003	+ 058	+ 021	+ 041	+ 101	+ 078	+ 084
12.0	+ 009	- 051	- 018	+ 051	+ 005	+ 026	+ 094	+ 064	+ 070
12.5	+ 002	- 067	- 033	+ 044	- 011	+ 011	+ 087	+ 045	+ 054
13.0	- 005	- 083	-	+ 037	- 027	-	+ 080	+ 029	-

В случае, когда наши фотографические величины сравниваются с Вильсоновскими без предварительного приведения первых к интернациональной системе, мы имеем значение средней арифметической разности величин в этих двух системах около 0.15 (чертеж 15).

После редукции же наших величин с помощью нашей формулы, это значение уменьшается. При этом среднее алгебраическое разностей $(m_{фг})_{кб} - (m_{фг})_{мв}$ становится равным — 0.02 зв. величины.

Все сказанное в этом параграфе представляется свидетельством надежности наших определений фотографических звездных величин.

§ 12. Фотовизуальные величины звезд. Их связь с интернациональной системой

Фотовизуальные звездные величины выводились также на основании стандартов Северной полярной последовательности. Как видно из чертежа 6, редукционная кривая в данном случае проводится увереннее, рассеяния точек вовсе нет; нет выпадания из кривой точек, относящихся к красным звездам. Наконец, фотовизуальная редукционная кривая круче, чем фотографическая. Это явление находит объяснение в различии между собой вида и характера фотографических и фотовизуальных изображений звезд. В силу хроматических свойств используемых нами объективов, изображения звезд в фотовизуальных лучах получают не столь резко очерченными, как в фотографических и, можно сказать, несколько сходны с внефокальными изображениями.

Исследование уравнения цвета тем же способом, что был применен для случая фотографических величин, обнаружило весьма малую зависимость от цвета, что находится в согласии со сказанным выше в отношении красных звезд на редукционной кривой чертежа 6.

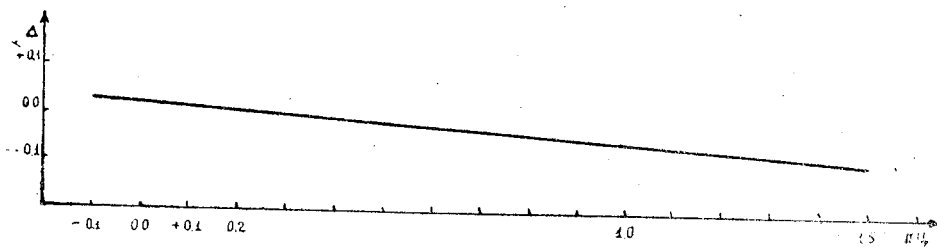
Формула, основанная на измерении более двух десятков звезд на каждом из 12 негативов, использованных для данной цели и выражаю-

взяв уравнение цвета для фотовизуальных величин, приняла следующий вид:

$$(m_{фв}) = (m_{фв})_{спл} + 0.01_{\gamma} - 0.07_{\beta} ПЦ \pm 0.012 \pm 0.011 \quad (5)$$

Здесь множитель при показателе цвета в четыре раза меньше соответствующего множителя в уравнении (1). То обстоятельство, что этот коэффициент для фотовизуальных величин в несколько раз меньше коэффициента для случая фотографических величин представляется естественным. Действительно, поскольку на уравнение цвета большое влияние оказывает оптика (объективы) инструментов, различие в них должно больше проявляться для фотографических величин, т. к. разные объективы заметно различаются в способности пропускать фиолетовые и ультрафиолетовые лучи, в то время как видимые лучи пропускаются разными объективами почти в одинаковой степени. В целом, уравнение (5) свидетельствует о близости нашей фотовизуальной системы величин к интернациональной.

На чертеже 16 представлена зависимость разностей величины от показателей цвета, как это следует из уравнения (5).



Чертеж 16

Наличие фотовизуальных величин звезд севернее $\delta = +80^\circ$ в каталоге Сирса [855] дало нам возможность вывести формулу соотношения наших фотовизуальных величин с интернациональными на основе измерений и сравнений большого количества звезд.

Если составить разности фотовизуальных величин $m_{(фв)К6} - (m_{фв})_{инт}$ и рассмотреть их зависимость от блеска звезд и от их цвета в отдельности, получим следующие две таблички:

9 ^m 75	10.25	10.75	11.25	11.50		
+0. ^m 00(50)	+0.02(150)	+0.03(80)	+0.05(40)	+0.05(30)		
A0—A4	A5—A9	F0—F4	F5—F9	G0—G4	G5—G9	K0—
+0. ^m 04	+0.02	+0.03	+0.03	+0.07	-0.02	-0.01
(15)	(30)	(40)	(85)	(110)	(110)	(30)

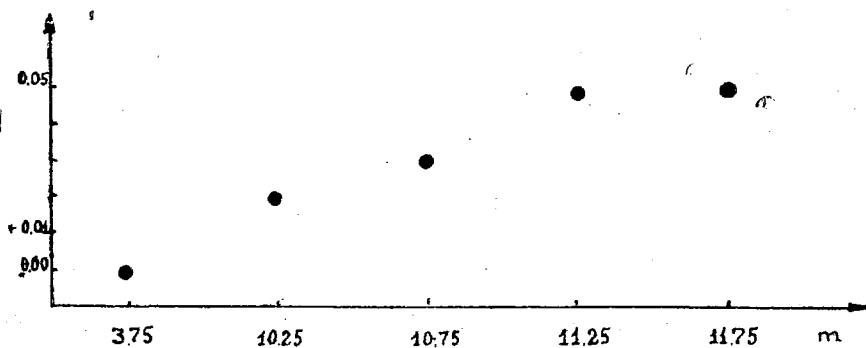
Этим табличкам соответствуют чертежи 17 и 18. Мы видим, что фотовизуальные величины в нашей системе более близки к интернациональной системе, чем фотографические величины. Средние взвешенные значения для разности $(m_{фв})_{КБ} - (m_{фв})_{инт}$ равны $+0.026$ и $+0.024$ зв. величины.

Наряду с составлением средних разностей в отдельности по аргументам блеска и цвета, мы вывели формулу для значений разности в зависимости от блеска и цвета, одновременно, по способу наименьших квадратов. Основой служили несколько сот условных уравнений, построенных по данным измерений до 60 звезд на каждом из 10 негативов, полученных с этой целью.

Соответствующее уравнение приняло следующий вид¹:

$$(m_{фв})_{КБ} - (m_{фв})_{инт} = +0.03_0 + 0.03_1 (m - 10.5) - 0.03_2 C \quad (6)$$

$$\pm .006 \quad \pm .004 \quad \pm .007$$



Чертеж 17

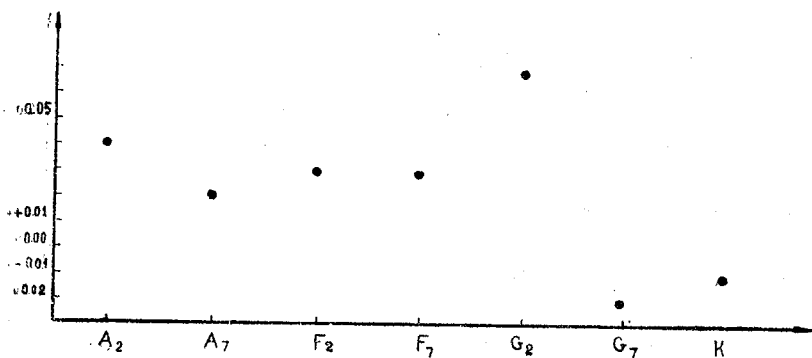
Цветовой коэффициент в этом уравнении мал. В качестве примеров вспомним, что соответствующие коэффициенты имеют следующие значения для 26" объектива Гринвичской обсерватории и разных объективов Потсдамской, Иеркской и Гарвардской, соответственно, [128]: $+0.23$; $+0.10$; -0.07 и $+0.06$. Следовательно, во всех случаях и особенно в первых двух, коэффициенты превосходят значение его для нашей оптики, что говорит в пользу наших определений.

Уравнению (6) соответствует таблица XVI.

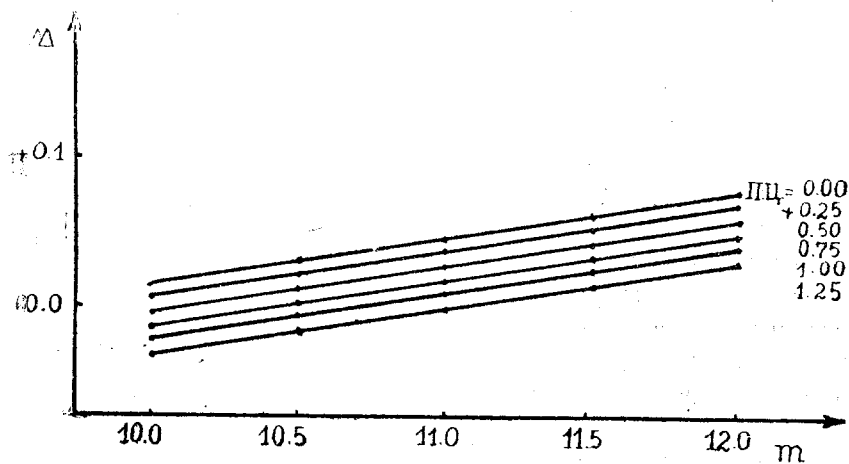
¹ Заслуживает упоминания, что позднее Т. А. Кочлашвили [79] получила редуцированное уравнение, близкое по коэффициентам к нашему, пользуясь теми же наблюдательными телескопом и светофильтрами.

Таблица XVI

Пок. цв.	0,00	+0.25	+0.50	+0.75	+1.00	+1.25
10.0	+0.014	+0.005	-0.005	-0.015	-0.024	-0.034
10.5	+ 030	+ 021	+ 011	+ 001	- 008	- 017
11.0	+ 046	+ 037	+ 027	+ 017	+ 008	- 001
11.5	+ 061	+ 052	+ 042	+ 033	+ 023	+ 015
12.0	+ 076	+ 068	+ 057	+ 049	+ 038	+ 029

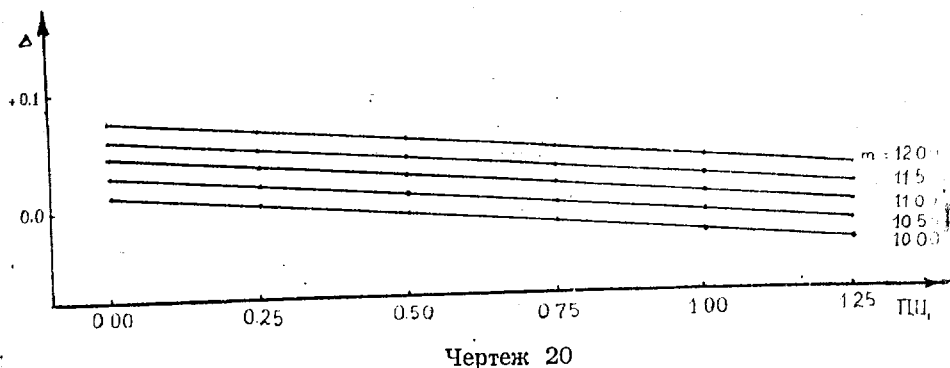


Чертеж 18



Чертеж 19

Данные последней таблицы нагляднее представляются чертежами 19 и 20.



Здесь тоже заметен небольшой систематический ход в разности величин, зависящий от блеска звезд. Но он имеет знак, обратный тому, что был в случае фотографических величин. Стало быть, наши фотовизуальные величины систематически увеличиваются (звезды делаются слабее по блеску) по мере перехода к слабым звездам, хотя это увеличение и не очень значительно. В том смысле, в котором мы могли бы опасаться систематических ошибок в нашей системе величин, т. е. с точки зрения правильной интерпретации увеличения покраснения звезд с уменьшением блеска, обнаруженный ход также является благоприятным.

§ 13. Эффективные длины волн нашей системы

Хотя цветовая система наших определений достаточно исследована нами и соотношения для перехода к интернациональным величинам выведены с достаточной надежностью, тем не менее, отдельное вычисление эффективных длин волн нашей системы необходимо. Это нужно не только для характеристики наших определений, но и для последующих практических расчетов и задач.

Понятно, что эффективная длина волны, обусловленная комбинацией объектива, светофильтра и фотопластинки, как мы это имеем в нашем случае, зависит от оптических свойств объектива, коэффициента пропускания светофильтра и относительного фактора чувствительности фотопластинок. В связи с последним, эффективная длина волны определялась нами для всех сортов фотопластинок, в отдельности. Мы и выше отмечали, что светофильтры играют большую положительную роль, сглаживая различия в цветочувствительных свойствах фотопластинок.

Действительно, вычисления цветовых уравнений для различных сортов пластинок практически почти не дали различий. Но метод определения эффективных длин волн более чувствителен к

различиям в характеристиках цветочувствительности пластинок и потому эти определения также были выполнены для всех использованных сортов пластинок. Впрочем, хотя синий фильтр БГз и характеризуется свободной пропускаемостью в далеком длинноволновом участке спектра ($\lambda > 7500\text{Å}$), но практически полное падение чувствительности даже панхроматических или изопанхроматических пластинок наступает до 7000Å как мы это отметили уже в параграфе о фотопластинках. Так что можно было заведомо считать, что различия в $\lambda_{\text{эфф}}$ для разных сортов пластинок не выйдут за пределы ошибок определения. В этом и убедились мы в результате подробных измерений и вычислений.

Естественно, что эффективная длина волны зависит также и от спектральных характеристик источника света или от температуры последнего.

Эффективная длина волны должна зависеть наконец и от фокусировки — для рефрактора — и может быть и от условий проявления, но когда последние меняются в небольших пределах, к чему мы все время стремились, эта зависимость должна быть ничтожной, к тому же она трудно учитываема. Также трудно поддается учету зависимость от блеска звезды, которая тоже должна существовать.

Фотометрическое исследование спектра, полученного при использовании обычно применяемых для нашей работы объективов, светофильтров и фотопластинок, может послужить основой для вычислений эффективных длин волн. Вычисления же последних могут вестись согласно формуле [772]:

$$\lambda_{\text{эфф}} = \frac{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} S_{\lambda} \tau_{\lambda} b_{\lambda} d_{\lambda}}{\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \frac{1}{\lambda} S_{\lambda} \tau_{\lambda} b_{\lambda} d_{\lambda}}$$

Здесь λ_1 и λ_2 ограничивают участок спектра, подлежащий исследованию; S_{λ} представляет собой фактор чувствительности фотопластинки, т. е. отношение интенсивности при данной λ к максимальной интенсивности в данных пределах спектра. Он вычисляется на основе микрофотометрических измерений спектра, τ_{λ} есть коэффициент пропускания светофильтра при данной λ . Его значения получены как средние из данных, заимствованных из каталогов фирмы Шотт и данных измерений М. С. Зельцер (чертеж 3). При этом фирменные значения перечислены на толщину фильтра в 2 миллиметра, как это имеет место в нашем случае. b_{λ} есть спектральная энергетическая яркость черного тела. При этом, имея в виду зависимость b_{λ} от температуры, мы брали ее значения, от-

носящиеся к температуре в 15000 градусов, поскольку источником света в наших экспериментах служили звезды спектрального типа A0 и B. b_λ можно вычислять по известным формулам, либо брать ее значения из имеющихся таблиц, где они табулированы по аргументам длины волны и температуры [772]. Интегралы, в числителе и знаменателе последней формулы, находятся численным способом.

Наблюдательным материалом нам служили спектры, полученные с помощью 16-градусной призмы, установленной перед объективом 20-см камеры. При этом спектры были получены во всех тех комбинациях светофильтров и фотопластинок, которые были применены в нашей работе при накоплении основного наблюдательного материала. Дисперсия спектра равна:

280	Å/мм	около	5600 Å
180	"	"	H β —H γ
130	"	"	H γ
110	"	"	H δ —H ϵ

Спектрографировались звезды типа A0 для того, чтобы легко и уверенно измерять интенсивность во многих точках непрерывного спектра (около 16 точек в фотометрируемой области от 3900 до 4300 Å и 12 от 5000 до 6100 Å в фотографическом и фотовизуальном участках, соответственно). Измерения велись обычно используемым нами методом на том же микрофотометре с соответствующим данному случаю подбором диафрагм.

Для стандартизации фотопластинок мы печатали марки трубчатого фотометра на тех же спектральных пластинках. Одновременно, на отрезках с тех же пластинок мы получали и отпечатки ступенчатой щели на щелевом спектрографе и промеряли их на микрофотометре в трех местах спектра, соответствующих исследуемым и промежуточным участкам.

Здесь же отметим, что редуционные кривые, относящиеся к трубчатому фотометру и к ступенчатой щели, имели почти совпадающий наклон и, вообще, каждая из них давала почти совпадающие численные значения $\lambda_{эф}$. Очевидно, известная зависимость фактора контраста от длины волны практически не проявляет себя в столь ограниченных участках спектра, как в нашем случае. Поэтому мы использовали не все снимки ступенчатой щели, опираясь главным образом на измерения марок трубчатого фотометра. Последние мы получали, применяя те же светофильтры. Этим мы уменьшали возможные неточности, которые практически были, очевидно, весьма малы, но принципиально неизбежны в связи с эффектом Пуркинае.

Так как объективная призма у нас приспособляется только к камере № 2, то эффективные длины волн фотографических и фотовизуаль-

ных снимков были определены только для комбинации с объективом № 2, на самом же деле фотовизуальные снимки мы получали с помощью объектива № 1. Отнесение результатов вычисления эффективных длин волн к нашим фотовизуальным определениям надо считать некоторой экстраполяцией, которая допустима, если считать, что объективы №№ 1 и 2 мало отличаются друг от друга по своим общим оптическим и хроматическим характеристикам. Мы считаем, что это последнее обстоятельство действительно имеет место и ошибка в определении эффективной длины волны для фотовизуальных величин, вводимая данным обстоятельством, не должна быть велика и, во всяком случае, не должна достигать пределов общей ошибки определения эффективных длин волн. Использование объективной призмы для получения спектров означает введение некоторой дополнительной оптической среды, что приводит к оптическим условиям, отличным от тех, при которых выполнялась наша основная работа. Однако, мы не могли применить какой-либо другой, но легко доступный и относительно простой и целесообразный экспериментальный способ определения эффективных длин волн. И тут приходится допускать, что влияние на последние со стороны призмы не должно быть значительным.

При определении эффективной длины волны для фотовизуальных лучей мы столкнулись с большими практическими затруднениями, вызванными невозможностью в совершенстве отфокусировать фотовизуальный участок спектра, а также и малой дисперсией в данной области спектра. Фокусировка, оценки яркости, определение длин волн, соответствующих измеренным точкам в этой области спектра, оказались столь трудными, что они потребовали многократного повторения снимков и измерений их, а также и вычислений со всей возможной тщательностью. Благодаря последней мы получили, как нам кажется, надежные определения эффективных длин волн. Упомянутые трудности сказались в том, что средняя ошибка определения эффективной длины волны для фотовизуальных лучей оказалась несколько больше, чем для фотографических.

В нижеследующей таблице дано описание негативного материала, использованного для определения эффективных длин волн.

Обработка данного материала и вычисления дали нам следующее среднее значение эффективной длины волны в среднем для всех фотопластинок, используемых в комбинации с фильтром БГз, т. е. для фотографических лучей:

$$\lambda_{эфф} = 4160 \text{ \AA} \pm 40 \text{ \AA}.$$

Если рассматривать эффективные длины волн отдельно для каждого сорта пластинок, то окажется, что соответствующие им значения отличаются друг от друга на величину, меньшую, чем ошибка определения средней эффективной длины волны.

Таблица XVII

№№ п/п	Дата	№№ негативов	Сорт пластинок	Фильм	Объект	Способ стандартизации	Примечание
1	10.IX 1944	1518	Агфа Изохром	BG ₃	«Пегаса;А0	Трубчатый фотометр	Два изображ.
2	"	1519	Агфа Астро	"	"	"	" "
3	"	1520	Агфа ИСС	"	"	"	" "
4	"	1520a	" "	"	"	"	" "
5	12.IX 1944	1521	Агфа Изохром	GG ₁₁	"	"	" "
6	"	1521a	" "	BG ₃	"	Трубч. фот. и ступенчатая шель	Одно "
7	"	1522	Агфа Астро	"	"	Трубч. фот.	Два "
8	"	1522a	" "	"	"	Труб. фот. и ступенчатая шель	Одно "
9	"	1523	Агфа ИСС	"	"	Трубч. фот.	Два "
10	"	1523a	" "	"	"	Трубчатый фотометр и ступенчатая шель	Одно "
11	"	1524	Ильфорд Монарх	"	"	Трубч. фот.	Два "
12	"	1524a	" "	"	"	Труб. фот. и ступ. шель	Одно "
13	"	1525	Империал 1200	"	"	Труб. фот.	Два "
14	"	1525a	" "	"	"	Труб. фот. и ступ. шель	Одно "
15	"	1526	Астра IX	"	"	Труб. фот.	Два "
16	"	1526a	" "	"	"	Труб. фот. и ступ. шель	Одно "
17	"	1526b	Гольден Изо Зенит	"	"	Труб. фот.	Два "
18	"	1526c	" "	"	"	Труб. фот. и ступ. шель	Одно "
19	3.V 1945	1686	Агфа Изохром	"	«Сев. Коронь;А0	Труб. фот.	Два "
20	"	1686a	Агфа ИСС	GG ₁₁	"	"	" "
21	"	1687	Агфа Изохром	BG ₃	"	"	" "

№№ п/п	Дата	№№ негативов	Сорт пластинок	Фильтр	Объект	Способ стандартизации	Примечание
22	3.V.1945	1687	Агфа Астро	BG ₃	γСев. Короны;Ао	Труб. фот.	Два изображ.
23	"	1688	" "	"	αСев. Короны;Ао	" "	" "
24	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
25	"	1689	Агфа ИСС	"	α "	" "	Одно
26	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
27	"	"	" "	GG ₁₁	α "	" "	" "
28	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
29	"	1691	" "	BG ₃	α "	" "	" "
30	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
31	"	"	" "	GG ₁₁	α "	" "	" "
32	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
33	"	1692	Империл 1200	BG ₃	α "	" "	Два
34	"	"	" "	"	γ "	" "	Одно
35	"	1693	Ильфорд Монарх	"	α "	" "	Два
36	"	"	" "	"	γ "	" "	Одно
37	"	1694	Гольден Изо "Зенит	"	α "	" "	" "
38	"	"	" "	"	γ "	" "	Два
39	12.V.1945	1695	Астра IX	GG ₁₁	α "	" "	" "
40	"	"	" "	"	γ "	" "	Одно
41	"	1696	Агфа ИСС	"	α "	" "	Два
42	"	"	" "	"	γ "	" "	" "
43	"	1696a	" "	"	α "	" "	" "
44	"	"	" "	"	γ "	" "	Одно

Примечание к таблице: Все наблюдения выполнены автором

Методика определения цветовых показателей

203

А именно: для пластинок Агфа Изохром и Импернал 1200 эффективные длины волн следует считать совпадающими (4180Å). К ним приближается и Гольден Изо Зенит (4170 Å). Агфа Астро, так же как и Ильфорд Монарх, показывает несколько меньшую эффективную длину волны (4150Å). Наконец, Агфа ИСС и Астра IX — еще меньше (4140Å). Таким образом, значения эффективных длин волн меняются в зависимости от сорта пластинок в пределах 40Å. Ошибка же определения также равна $\pm 40\text{Å}$. 4160 Å можно принять за общее среднее значение эффективной длины волны, соответствующее всем использованным нами фотографическим пластинкам в комбинации со светофильтром БГз.

Результат этот указывает на то, что применение в нашей работе разных сортов фотопластинок для определения фотографических величин не могло внести заметных погрешностей в цветовую систему. Этим мы обязаны применению светофильтра БГз, который уравнивает эффективные длины волны для всех использованных пластинок. Действительно, если рассмотреть эффективные длины волн для разных фотопластинок, снятых без светофильтра, мы обнаружим несколько более заметные расхождения между ними:

Агфа Изохром без фильтра	$\lambda_{\text{эфф}} = 4225 \text{ Å}$
„ Астро „ „	4255
„ ИСС „ „	4220
Ильфорд Монарх „ „	4205
Импернал 1200 „ „	4195
Астра IX „ „	4220
Гольден Изо Зенит „ „	4205

Фотовизуальные звездные величины определялись нами, в подавляющем большинстве случаев, на пластинках Агфа ИСС и, в некоторых случаях, на Астре IX, но разумеется — всегда в комбинации со светофильтром ГГ₁₁. Эффективные длины волн оказались равными 5630 Å и 5610Å, соответственно. В среднем же можно считать, что для фотовизуальных лучей

$$\lambda_{\text{эфф}} = 5560 \text{ Å} \pm 60\text{Å}.$$

Уместно отметить, что значительные перемены в спектральной чувствительности эмульсии для звезд А — G при условии применения светофильтра ГГ₁₁ не дают заметных колебаний показателей цвета (Т. А. Кочлашвили [79]).

Ошибка определения эффективной длины волны в данном случае больше, очевидно, в связи с тем, что плохая видимость спектральных линий и малая дисперсия в фотовизуальной области спектра и связан-

ные с ними трудности понижают точность фотометрических измерений и соответствующих вычислений, как об этом сказано выше.

Из определений эффективных длин волн также следует, что наша система показателей цвета должна быть несколько шире интернациональной, для которой эффективные длины волн равны 4400Å и 5500Å . Это соответствует и тем результатам, какие мы имели и из непосредственных сравнений наших величин с интернациональными (см. также формулу перехода от наших показателей цвета к интернациональным — в следующем параграфе).

В формулу, служащую для вычислений эффективной длины волны, входит величина b_λ (спектральная энергетическая яркость черного тела), которая зависит от температуры. Пользуясь снимками спектров звезд спектрального класса А0, мы брали значения b_λ , соответствующие температуре в 15.000 градусов. Понятно, что звезды других спектральных типов, характеризуемые другим энергетическим распределением, дали бы нам несколько отличные значения эффективных длин волн. В этом отношении ранние звезды занимают особое положение в связи с тем, что для них большую роль играют водородные линии и многое зависит от того, входит ли данная водородная линия в область пропускания применяемого светофильтра. Мы не определяли эффективных волн по звездам разных спектральных классов, на опыте убедившись, что различия при переходе к другим классам не превышают $60 - 80\text{Å}$, т. е. почти удвоенной ошибки нашего определения эффективной длины волны для фотографических величин. Для фотовизуальных лучей эти различия должны быть значительно меньше, т. к. в области, близкой к 5600Å , колебания b_λ в зависимости от температуры ничтожно малы, вопреки тому, что мы имеем в области, близкой к 4200Å , где b_λ уменьшается почти в десять раз при изменении температуры от 14.000 градусов (звезда типа А0) до 3.000 градусов (К0).

Впрочем, известны определения эффективных длин волн по звездам классов А0, F0, G0 и К0 [407]. При этом на примере показан заметный ход для синих лучей: от $\lambda_{\text{эфф}} = 4240\text{Å}$ до $\lambda_{\text{эфф}} = 4370\text{Å}$, и незначительный — для красных лучей: от $\lambda_{\text{эфф}} = 6330\text{Å}$ до $\lambda_{\text{эфф}} = 6390\text{Å}$. К сожалению, К л а з е н, кому принадлежат эти определения, не дает характеристик точности своих определений. Данные Т. А. К о ч л а ш в и л и [79] обнаруживают несравнимо меньший ход для фотовизуального случая.

Но еще интереснее и важнее новые данные С и р с а и Д ж о й н е р [851], определивших эффективные длины волн интернациональной системы для различных температур. Согласно этим авторам, эффективная длина волны системы фотографических величин меняется от 4240Å до

4560 $\overset{\circ}{\text{Å}}$ при изменении температуры излучения от 11000 до 3000 градусов. Для фотовизуальной же системы изменения для тех же пределов температуры всего лишь от 5426 $\overset{\circ}{\text{Å}}$ до 5478 $\overset{\circ}{\text{Å}}$.

Таким образом, зависимость эффективной длины волны от температуры в фотографических лучах довольно велика и приходится признать, что пользование только звездами типа А0 недостаточно или, во всяком случае, необходимо внести поправку для того, чтобы выведенную по звездам типа А0 эффективную длину волны принять за среднее значение, относящееся ко всем звездам.

Известно, что фотопластинки обладают свойством «старения», а в связи с этим, они меняют не только общую свою светочувствительность, но и цветочувствительность. Кроме того, и светофильтры могут выцветать, хоть и незначительно. Так как наши наблюдения продолжались в течение семи лет, то принципиально следовало бы произвести определения эффективных длин волн несколько раз: в начале, середине и к концу многолетней работы. Мы же определили их по снимкам двух близких друг к другу периодов (таблица XVII). Это обстоятельство, казалось бы на первый взгляд, можно считать недостатком нашей работы. Но, эффект старения фотопластинок и тем более — эффект выцветания светофильтров малы сами по себе, а в случае дифференциальных определений, подобных нашим, ими, очевидно, можно и вовсе пренебречь. Также можно пренебречь влиянием температуры воздуха, от которой эффективная длина волны принципиально зависит. Этот последний эффект настолько мал, что если его учитывать в астрономической практике, то — лишь в случае прецизионных электроколориметрических наблюдений.

Если принять во внимание все изложенные замечания, то следовало бы считать, что в среднем эффективные длины волн нашей системы и их ошибки должны иметь следующие значения:

$$\begin{aligned} \lambda_{\text{эфф}} &= 4240 \overset{\circ}{\text{Å}} \pm 70 \overset{\circ}{\text{Å}}, \text{ для } m_{\text{фг}} \\ \text{и } \lambda_{\text{эфф}} &= 5560 \overset{\circ}{\text{Å}} \pm 80 \overset{\circ}{\text{Å}}, \text{ для } m_{\text{фв}}. \end{aligned}$$

§ 14. Показатели цвета звезд. Их связь с интернациональной системой.

Как известно уже из изложенного, показатели цвета звезд выводятся нами как разности фотографических и фотовизуальных величин. Если к последним придать все нужные поправки, тогда образуемые разности не нуждаются более в каких-либо редукциях, а представляют собой окончательные значения показателей цвета.

В тех случаях, когда при определении показателей цвета мы исходили из измерений негативов с двумя изображениями, по способу, при котором редукционной кривой служила кривая (ПЦ, ΔE), уже не приходилось вычислять отдельно фотографические и фотовизуальные величины. В

в таких случаях поправки за расстояние от центра и атмосферную экстинкцию придавались непосредственно предварительным значениям показателей цвета.

Система наших показателей цвета определяется приведенными выше цветовыми уравнениями или теми значениями эффективных длин волн, которые получены нами для наших фотографических и фотовизуальных величин и вычислены для используемых комбинаций объективов, светофильтров и фотопластинок. Эти эффективные длины волн, как мы видим, оказались равными в среднем:

4240Å—для фотографических величин и

5560Å—для фотовизуальных величин.

Упомянутые соотношения и эти последние значения дают нам основание считать нашу систему показателей цвета близкой к интернациональной, но конечно не совпадающей.

Естественно поэтому постараться найти соотношение между нашими и интернациональными значениями показателей цвета путем сопоставления между собой этих значений для большого количества звезд.

С другой стороны, это соотношение можно определить и исходя из уравнений (4) и (6), определяющих связь между фотографическими и фотовизуальными величинами в нашей системе и в интернациональной. Этот путь приводит нас к следующему соотношению между показателями цвета в двух системах:

$$(ПЦ)_{КБ} - (ПЦ)_{Инт} = -0.01_8 - 0.06_1 (m - 10.75) + 0.125 C \quad (7)$$

Рассмотрим это соотношение подробнее, построив на его основании таблицу разностей показателей цвета для ряда значений ПЦ и m (таблица XVIII).

Таблица XVIII

Пок. цв.	-0.10	0.00	+0.25	+0.50	+0.75	+1.00	+1.25	+1.50
3 в. всл.								
10 ^m .50	-0.015	-0.003	+0.028	+0.059	+0.090	+0.121	+0.152	+0.183
10 75	-0.030	-0.018	+0.013	+0.044	+0.075	+0.107	+0.138	+0.168
11 00	-0.045	-0.033	-0.003	+0.029	+0.060	+0.092	+0.123	+0.153
11 25	-0.060	-0.048	-0.018	+0.140	+0.045	+0.077	+0.108	+0.138
11 50	-0.075	-0.063	-0.033	-0.001	+0.030	+0.062	+0.093	+0.123
11 75	-0.090	-0.078	-0.048	-0.017	+0.015	+0.047	+0.078	+0.108
12 00	-0.105	-0.093	-0.063	-0.032	-0.001	+0.032	+0.063	+0.093
12 25	-0.121	-0.108	-0.078	-0.047	-0.016	+0.017	+0.048	+0.078
12 50	-0.136	-0.123	-0.093	-0.062	-0.031	+0.002	+0.033	+0.063
12 75	-0.151	-0.138	-0.108	-0.077	-0.046	-0.013	+0.018	+0.048
13 00	-0.167	-0.154	-0.124	-0.092	-0.061	-0.028	+0.003	+0.033
13 25	-0.182	-0.169	-0.139	-0.108	-0.092	-0.043	-0.012	+0.018

Как легко усмотреть из таблицы, наибольшие значения разности в показателях цвета достигают -0.18 и $+0.18$. При этом первое из них относится к слабым белым звездам, второе — к ярким, красным. Разности не велики для ярких белых и слабых красных звезд.

Ломанной линией в таблице обведены разности, не превышающие 0.05 .

Как показано выше, фотографические величины у нас систематически уменьшаются против интернациональных, по мере перехода к слабым звездам, а фотовизуальные, напротив, — увеличиваются. Следовательно, показатели цвета действительно должны уменьшаться против их соответствующих интернациональных значений при переходе к слабым звездам, как это усматривается и по данным последней таблицы. Но уравнение цвета для фотографических величин довольно большое, что находит выражение в относительно большом значении положительного множителя при цветовом члене в формулах (1) и (4) и потому наши фотографические величины систематически увеличены, т. е. блеск уменьшается для красных звезд. Для случая фотовизуальных величин эффект цвета хоть и заметно меньше, но имеет обратный знак (формулы (5) (6)) и, следовательно, показатели цвета в нашей системе систематически преувеличены против интернациональных значений по мере перехода к звездам позднего спектрального класса. Впрочем, все это следует и из рассмотрения уравнения (7), но мы лишний раз подчеркиваем эти обстоятельства, поскольку они имеют большое значение с точки зрения правильного толкования средних показателей цвета звезд, сгруппированных по величинам и спектральным классам.

Соотношение (7) получено из уравнений (4) и (6), вывод которых основан на измерениях нескольких десятков звезд на 14 негативах околополюсных областей и на сравнении с величинами Си р са [855]. Позднее, Си р с и Джойнер показали, что в каталоге [855] цвета звезд ярче 9.0 зв. величины (особенно звезд 8.0—8.5 зв. вел.) и более ранних чем G0 требуют поправок, зависящих от величины [850]. Но наши сравнения основаны на измерениях более слабых звезд и потому они не отягощены последними ошибками. С другой стороны, надо помнить, что звезды каталога [855] в общем не слабее 12.0 зв. величины. Наш же каталог имеет предел больший на одну величину.

Наряду со всем этим, мы выполнили несколько десятков определений показателей цвета близполюсных звезд и непосредственно сравнили полученные показатели цвета с их значениями по Каталогу Си р са. Результаты вычислений дали нам основание внести в формулу (7) некоторые коррективы, хотя и незначительные. Окончательная формула, которой мы поль-

зовались для полного приведения наших показателей цвета к интернациональной системе, выражается следующим образом:

$$(\text{ПЦ})_{\text{КБ}} - (\text{ПЦ})_{\text{инт}} = -0.02_3 - 0.05_9 (m - 10.75) + 0.13_6 C \quad (8)$$

$$\pm 0.015 \quad \pm 0.012 \quad \pm 0.019$$

или в приведенном виде, удобном для перевычисления показателей цвета:

$$(\text{ПЦ})_{\text{инт}} = (\text{ПЦ})_{\text{КБ}} - 0.61 + 0.06m - 0.14C \quad (9)$$

Следовательно, для того, чтобы получить значение показателя цвета в интернациональной системе, нам необходимо придать наблюдаемому значению показателя цвета поправки трех родов: 1) за нуль-пункт, 2) зависящую от блеска и 3) зависящую от цвета звезды.

Для того, чтобы вычислить вторую поправку, мы можем использовать фотографические величины БСО. Вычисление же третьей—зависящей от цвета звезды—поправки сложнее. Прежде всего за значение C берется наблюдаемый ПЦ и по нему получается ПЦ в интернациональной системе. Вслед за этим формула вычисляется вторично, но уже во втором приближении — с улучшенным значением C , т. е. со значением, равным полученному при первом вычислении показателю цвета.

Обычно достаточно бывает два приближения, но и это довольно кропотливо при массовых определениях, подобных нашим.

Можно не вычислять поправку, состоящую из второго члена, для каждого индивидуального значения зв. величины, а вычислить суммы первых двух поправок для нескольких отдельных значений блеска, отличающихся друг от друга на 0.25 зв. величины, например, для 10.0, 10.25, 10.50 и т. д. Действительно для случаев например 12.^m 0 и 12.^m 5 суммы этих двух поправок различаются между собой лишь на 3 сотых зв. величины.

Если же отказаться от второго приближения, то можно сразу пользоваться более упрощенной формулой, вытекающей из (9):

$$(\text{ПЦ})_{\text{инт}} = 0.85 (\text{ПЦ})_{\text{КБ}} + 0.06m - 0.61 \quad (10)$$

которую можно написать для нескольких значений m .

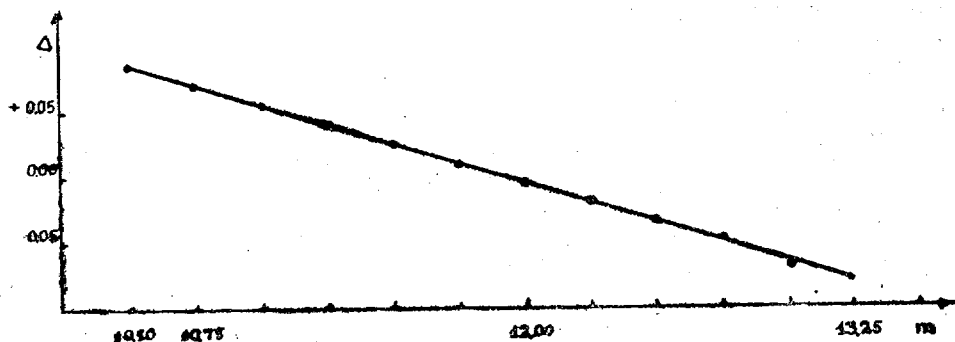
Учитывая, что точность коэффициентов в уравнении (8) довольно высокая, можно заключить, следовательно, что рассеяние в значении коэффициентов невелико и нашу систему показателей цвета характеризует удовлетворительная стабильность.

Мы приводим чертежи 21 и 22, отвечающие формуле (8), но построенные в первом случае как зависимость разности только от блеска звезд (при среднем показателе цвета) и во втором—как зависимость ее от показателя цвета (при среднем блеске).

Средняя разность между показателями цвета в двух системах мала:— 0.005. Но, конечно, осредненное таким образом значение мало интересно и необходимо считаться с ходом этой разности в зависимости как от блеска, так и от цвета звезд.

14. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

Совпадение наших показателей цвета с интернациональными (по формуле (8)) имеет место для звезд 12.0 зв. величины с показателем цвета, равным 0.70. Конечно, можно взять и другие комбинации величин и цветов, при которых показатели цвета в двух данных системах совпадают между собой. Но эта комбинация наиболее характерна, так как она приблизительно отвечает среднему блеску и среднему спектру звезд нашего Каталога.



Чертеж 21

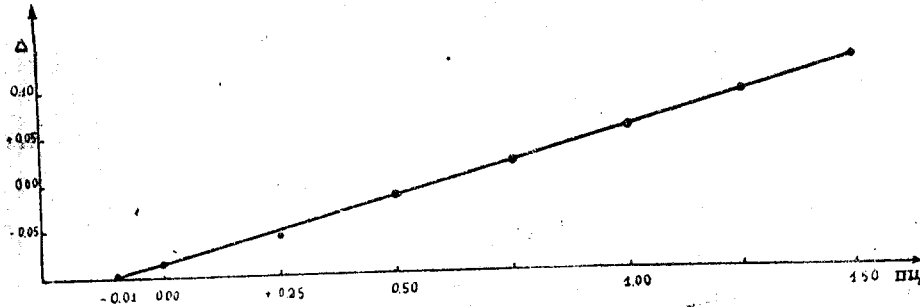
Наконец, мы можем заключить, что разность между показателями цвета звезд A0 и K0 в нашей системе должна быть больше, чем в интернациональной. Действительно по звездам ПК13, ..., 35 (группа ПК высоких галактических широт) $ПЦ = -0.05$ для звезд типа A0 и $ПЦ = 1.17$ для звезд типа K0. Следовательно, разность равна 1.22.

Если рассмотреть средние показатели цвета для звезд ПК1, т. е. для близполюсных звезд, мы найдем, что средний показатель цвета звезд типа A0 не совпадает с приведенным значением, относящимся к звездам ПК13, ..., 35, а превосходит его. Это находит объяснение в поглощении около Северного полюса, о чем речь будет идти особо, ниже. Амплитуда же между показателями цвета A0 и K0 превосходит приведенную амплитуду, равную 1.22. Очевидно, это объясняется тем, что звезды около Северного полюса более красны, чем в ПК 13, ..., 35 в связи с пространственным покраснением, а с увеличением цвета возрастает и значение показателя цвета в нашей системе.

Вообще же, разность показателей цвета звезд типа A0 и K0 у нас следует принять равной в среднем 1.25. По Сирсу эта разность равна 1.09 [840] для звезд Северного полярного ряда и 1.07—для звезд сравнения для Эроса [856].

Можно взять последнюю величину 1.07 и привести ее, с помощью формул (1) и (5), к нашей системе. Легко убедиться, что в таком случае получится величина, близкая к той, которая выводится непосредственно из на-

ших значений показателей цвета звезд типа A0 и K0. Этот опыт подтверждает надежность наших формул, выражающих уравнение цвета. Незначительные остаточные расхождения неизбежны при вычислениях подобного рода.



Чертеж 22

Ширину шкалы показателей цвета определяют величиной, которая вычисляется как разность обратных значений эффективных длин волн для фотографических и фотовизуальных лучей. Для интернациональной системы эта величина равна 0.45. В нашем случае, т. е. для эффективных длин волн 4240Å и 5560Å, соответственно, эта величина несколько больше, а именно 0.57.

§ 15. Ошибки наших определений

Точность определения таких характеристик как звездные величины или показатели цвета звезд зависит от многих факторов, которые обременяют определение неизбежными погрешностями. Применение способа сравнения со стандартными звездами Полярной области или любой другой, также не может избавить нас от них.

Необходимо иметь в виду следующие возможные ошибки, сопутствующие нашим определениям.

1. ошибки, зависящие от наблюдательного инструмента,
2. ошибки, связанные с характеристиками фотопластинок и с их фотографической обработкой,
3. ошибки, связанные с условиями наблюдений, т. е., влекомые неправильностями установки телескопа, дефектами гидирования и изменениями фокуса,
4. ошибки, зависящие от атмосферных условий,
5. ошибки измерения (фотометрической обработки).

Первую группу ошибок обуславливают свойства объектива и они в большей степени исключаются коррекциями за расстояние от центра, рассмот-

ренными выше. Однако, особое место занимают в этой группе ошибок эффект блеска и эффект цвета. Последние носят систематический характер. Их влияние мы разобрали выше в связи с выводом формул перехода от наших звездных величин к интернациональным.

Вторая группа ошибок определяется неоднородностями эмульсии и кривизной и неравномерностью толщины пластинки. Эти ошибки почти неустранимы и они целиком войдут в конечные погрешности, хотя вообще, их величины для современных эмульсий и пластинок должны быть совсем не велики. Имея в виду, что каждая данная серия наблюдений выполнялась нами на пластинках, взятых из одной и той же коробки, а часто—даже на вырезанных из одной пластинки, можно надеяться, что эти ошибки ничтожно малы. Действительно, решив убедиться в этом на опыте и сняв и проявив СПП в одних и тех же условиях, но на пластинках, взятых из двух разных коробок, мы констатировали практическое отсутствие различий в характеристических кривых. Подобный опыт мы повторяли несколько раз и каждый раз получали один и тот же результат. Мы не считаем нужным иллюстрировать сказанное цифровыми данными измерений.

Кроме того, что неоднородность эмульсии может носить случайный местный характер, будучи обусловлена неровностями стекла, она может меняться систематически от края пластинки, что может зависеть от полива эмульсий всего стекла. Разная толщина слоя эмульсии, как известно, обнаруживает разные значения параметров характеристической кривой. Поэтому одна и та же пластинка может иметь разные характеристические кривые на краю и подалеже от края. Чем меньше размер пластинки, тем заметнее могут быть неоднородности. Правда, часто фирмы заливают стекла больших размеров, а затем разрезают их на стандартный формат. Но, мы не знаем о способе изготовления использованных нами пластинок. Мы исследовали несколько пластинок размером 13×18 см, впечатав в них серию марок трубчатого фотометра, расположенных от края и до края. Различия между собой характеристических кривых оказались столь малыми, что для тех условий, при каких выполнялась наша работа, этими различиями можно пренебречь. Надо сказать, что точное определение этого эффекта требует исключительной тщательности опыта, достигаемой в особо подготовленных лабораторных условиях. И все-таки, напрасно пренебрегают этим эффектом астрономы, впечатывая марки трубчатого фотометра обычно на краю пластинок, между тем как фотометрируемая область снимается в центре пластинки.

В случае же наших определений, при которых Полярная область и иследуемая Площадь—обе находятся в центре пластинки, этим эффектом действительно можно пренебречь.

Эффект предварительной засветки также входит в эту группу, но при нашем методе фотографирования Полярной области и Площади на разных пластинках, он вообще не существует. А в тех случаях, когда мы прибегаем к фотографированию способом двух изображений на одной пластинке, мы исключали его влияние осуществлением парных снимков в обратных последовательностях.

Условия проявления могут таить в себе большие источники ошибок, если режим фотографической обработки не соблюдается со всей строгостью. Последний мы описали выше. Мы стремились к неизменной стандартизации его, насколько она практически воспроизводима. Поэтому можно считать, что случайные ошибки этой категории должны быть у нас очень малы.

Что касается старения фотопластинок, что может вызвать изменения свето- и цветочувствительности, особенно в области сенсibilизации, — мы говорили о нем в § 6. Но здесь добавим, что Т. А. Кочлашвили [79] подробнее исследовала этот вопрос, получив с помощью спектросенситометра спектрограммы как на старых, так и на свежих пластинках «Ильфорд Астра III» и измерив их на денситометре. При этом было обнаружено небольшое падение чувствительности старых пластинок в участке 435—470 м μ и резкое падение для длин волн > 650 м μ . Спектральная чувствительность оказалась неизменной в пределах 500—625 м μ . Конечно, другие сорта фотопластинок могут вести себя по иному. Но, не вызывает сомнения то, что большие изменения в «рабочем участке» спектра не могут иметь места. А если иметь в виду еще и относительный способ всех наших определений, то эффект старения фотопластинок можно считать ничтожным.

Третья группа ошибок заслуживает подробного рассмотрения. Здесь таятся пожалуй основные источники ошибок наших определений, связанные с фотографированием Северного полярного ряда.

Хотя стандарты звезд Северного Полюса и представляют собой вполне точную и полную систему величин, но в некоторых отношениях пользование ими сопряжено с большими неудобствами. Фактически, Площадки ПК и СПП, на сравнении которых между собой основаны определения величин, фотографируются в различных условиях. При фотографировании первой наблюдатель гидирует, и вид изображений звезд на фотографиях зависит от того, насколько искусно он гидирует. При фотографировании же Полярной последовательности часовое движение инструмента предоставлено работе часового механизма и вид изображений зависит от последнего. К тому же в этом случае исключена возможность исправления положения инструмента за счет изменений рефракции. Действие этого последнего явления не контролируется и остается как неизбежный источник ошибок даже при условиях идеальной установки экваториала и идеального часового хода.

Если установка инструмента совершенно точна и ход часового механизма вполне верен, то из-за неудовлетворительного гидирования могут возникать различия в изображениях звезд ПК и СПП. С другой стороны, различия в изображениях могут иметь место и тогда, когда при удовлетворительном гидировании ход часового механизма, во время экспозиции Северного полюса, испытывает нарушения. Наконец, и при отличном часовом ходе инструмента могут иметь место искажения изображений, если инструмент имеет неправильности в установке. Когда часовой механизм работает плохо, то изображения звезд принимают форму дуг, которые тем больше, чем дальше от Полюса находится звезда. Стало быть, возникающие ошибки различны для разных звезд и зависят от склонения звезд. Вместе с тем они пропорциональны продолжительности времени экспозиции. Если установка неправильна, то звездные изображения получаются в виде черточек, длина которых тем больше, чем больше ошибка установки и чем продолжительнее экспозиция.

Всякие же различия в форме и характере изображений звезд Полярной последовательности и Площади чреваты значительными ошибками. Различия в изображениях выражаются в различном распределении света и значит, в случае слабых звезд,—в увеличении или уменьшении количества разложенных зерен эмульсии, а в случае ярких звезд—в изменении размеров изображения. И в том и другом случаях это сказывается на отсчетах микрофотометра.

Надобно представить себе физическую суть явления. Изменения в характере гидирования или ведения часовым механизмом выражаются следующим образом. При плохом гидировании или неправильном ведении часовым механизмом, при экспонировании на Полюс, изображение звезды на пластинке расширяется. Если звезда достаточно ярка, то ее свет также достаточен для того, чтобы почернить те части эмульсии, в которые свет заходит на некоторое время из-за дефектов гидирования. Следовательно, увеличивается изображение и яркие звезды делаются от этого еще ярче. Со слабой звездой происходит несколько иное явление. В этом случае света звезды не оказывается достаточным для почернения эмульсии на увеличившейся от плохого ведения поверхности действия света. Но, тем не менее, отдельные зерна эмульсии чернеют. Зато, в центральной части изображения плотность уменьшается, т. к. действие света в р е м е н а м и отходит от нее и переходит на смежные части. В результате—слабые звезды ярчают не столь резко, как яркие. А особенно слабые могут даже еще терять в блеске, т. е. еще больше ослабевать. Конечно, для каких-то оптимальных или средних значений эффект должен отсутствовать. Эти значения соответствуют средней части характеристической кривой и, чем ближе к этой части располагаются измерения и исследования блеска, тем лучше в смысле минималь-

ных редуций и достигаемой точности результатов. Но, так или иначе, совершенно очевидно, что если СПП и ПК фотографировались в разных условиях часового ведения, то относящиеся к ним характеристические кривые не могут быть тождественны. При растянутых изображениях градация характеристических кривых больше, чем при «собранных».

Не только ошибки установки и часового хода при фотографировании Полюса, но и ошибки гидирования при фотографировании Площади зависят от склонения. Все эти ошибки возрастают с уменьшением склонения. Поэтому эту категорию ошибок мы исследовали отдельно для Площадей, расположенных на кругах $\delta = +75^\circ$, $+60^\circ$ и $+45^\circ$. Однако, систематических различий мы не обнаружили, что и следовало ожидать, т. к. различные Площади фотографировались в разное время самостоятельно и условия гидирования могли бывать, вообще, различными. В пределах же одной пластинки, т. е. одной Площади, различие в склонении столь мало, что эффект зависимости вида изображения от склонения, связанный с гидированием, естественно, не может быть ощутим.

Ошибки, описанные здесь, особенно заметны для длиннофокусных инструментов. В нашем случае мы имеем дело с камерами, фокусное расстояние которых равно 1 метру. Но, даже и для последнего влияние данных ошибок может быть заметно. Мы попытались сделать количественную оценку эффекта растяжения изображений звезд Северного полюса, для чего было получено несколько рядов специальных снимков Полюса с хорошими изображениями (при почти идеальном часовом ходе и хорошей установке) и с плохими (при намеренно расстроенном часовом механизме). Мы получали растяжения для $\delta = +88-89$ градусов около 0.1 миллиметра в линейной мере. Но, такие растяжения в нашей практике вообще не встречаются, а если близкие к ним случайно и оказывались, то такие негативы в обработку не брались.

Во всяком случае, приходилось обращать особенное внимание на все перечисленные здесь эффекты и осуществлять мероприятия, которые устраняют или, по крайней мере, значительно сокращают их влияние. В связи с этим, во-первых, время от времени мы проверяли установку инструмента по широте и азимуту. Во-вторых, перед экспозицией Северного полюса ход часового механизма выверялся со всей тщательностью. Наконец, мы старались не очень увеличивать продолжительность экспозиции, ибо чем больше последняя, тем резче выступают данные ошибки. Но в этом отношении мы были связаны, с одной стороны, необходимостью достичь известного предела проникновения и с другой—наличными фотографическими пластинками, степень чувствительности которых требовала все-таки довольно продолжительных экспозиций. В связи с известным различием в характере и виде фотографических и фотовизуальных изображений, влияние упомянутых эффектов

на первые более заметно, чем на вторые. С другой стороны, предел проникновения для фотографических величин заметно выше. Поэтому следовало и можно было осуществить для фотографических снимков более короткие экспозиции, чем для фотовизуальных. Оно так и было, как это видно и из таблиц, помещенных в ряде наших статей и содержащих описание негативов. Надо считать, что несмотря на все предосторожности, погрешности, соответствующие редуцированию с помощью Северного полярного ряда, не могут исключаться полностью, поскольку изображения Полярных звезд не могут быть без дефектов и совершенно тождественными с изображениями звезд на снимках Площадей. Но, тот факт, что в уравнениях (3) и (4) знаки при членах, содержащих звездные величины, одинаковы, служит указанием на надежность наших редуций, ибо из него следует, что для звезд Полярной области шкала величин не отличается заметно по широте от шкалы, соответствующей снимкам Площадей.

В тех случаях, когда мы не могли лишиться негативов Северного полюса, на которых изображения звезд были не идеальны, мы использовали их с меньшим весом, заранее исправляя редуционную кривую. Это исправление основывалось на данных предварительно выполненных опытов сравнения характеристических кривых, соответствующих «хорошим» и «плохим» изображениям звезд Полюса. Но вместе с тем, одновременно, мы использовали для построения самостоятельной редуционной кривой те звезды Площади, для которых фотографические величины известны из Каталога Моунт Вильсон [854]. В каждой площади находилось достаточно звезд для того, чтобы можно было построить надежную редуционную кривую. Но, прежде, чем прибегать к этому способу, мы подробно исследовали различия в получаемых величинах по редуционным кривым СПП и Моунт Вильсон. С этой целью были измерены ряды снимков СПП и ПК, где изображения Полярных звезд встречались и в искаженном виде и в нормальном, идентичном с изображениями звезд Площади. Понятно, что в последнем случае величины, получаемые по редуционным кривым Моунт Вильсон должны были очень мало отличаться от величин, получаемых по редуционным кривым СПП, имея в виду, что величины Каталога Моунт Вильсон даны в интернациональной системе.

Была получена серия негативов, из которых 4 относятся к Полярной последовательности, полученной в двух случаях с отличными изображениями и в двух других—с плохими. Остальные четыре негатива относятся к ПК 34. Вместе с этими, специально для данной цели полученными негативами, были использованы также негативы нашего основного материала (№№ 932 и 934, 954 и 956, 822 и 826, 838 и 840, а впоследствии и №№ 1159 и 1161, 1484 и 1486). Все они относятся к фотографическим величинам звезд. Построение характеристических кривых по Полярным звездам и нанесение на

графики звезд каталога Моунт Вильсон показало, что при плохих изображениях Полярных звезд (при плохом ходе часового механизма во время экспозиции на Полюс) величины, определенные по полярным редуционным кривым, систематически меньше тех, которые получались бы по редуционной кривой Моунт Вильсон, т. е. звезды ярчают и тем больше, чем ближе они находятся к «яркому» концу характеристической кривой. Такое поведение звезд находит объяснение и в свете физической картины явления, что показано было нами и выше. Растянность изображения Полярных звезд означает для ярких звезд увеличение зачерненной площади в эмульсии, что резко понижает отсчет микрофотометра. Для слабых же звезд, в случае которых резко увеличивается количество разложенных зерен эмульсии, эффект уменьшения отсчета микрофотометра хоть и остается, но проявляется не столь резко. Разность между характеристическими кривыми СПП и Моунт Вильсон держится довольно устойчиво, хотя условия образования звездных изображений, конечно, не всегда одинаковы. Мы имеем в виду произвольный—в некотором смысле—ход часового механизма при фотографировании Полюса. В таблице XIX средние разности в величинах табулированы по аргументу звездной величины.

Таблица XIX

m	Δm	m	Δm	m	Δm	m	Δm
9.6	0.38	10.6	0.25	11.6	0.18	12.6	0.08
7	38	7	25	7	16	7	08
8	37	8	24	8	16	8	08
9	35	9	24	9	15	9	09
10.0	34	11.0	23	12.0	14	13.0	10
1	34	1	23	1	13	1	11
2	32	2	22	2	11	2	10
3	31	3	21	3	10	3	11
4	29	4	19	4	09	4	12
5	27	5	19	5	09	5	12

Конечно, на ходе этих разностей скрытно сказывается и то небольшое расхождение редуционных кривых, которое должно быть вызвано различием систем, хотя это последнее невелико.

Но весьма удовлетворительное совпадение между рассматриваемыми кривыми получается, когда изображения Полярных звезд хороши и стало быть не отличаются от изображений звезд на Площади. Мы могли бы иллюстрировать последнее утверждение примерами, которыми в большом количестве располагаем в виде характеристических кривых Полярных звезд с нанесенными на них звездами Каталога Моунт Вильсон.

Таким образом, мы убедились, что описанный способ использования снимков Площадей для вывода звездных величин, даже тогда, когда соответствующие негативы Полярной области имеют дефекты изображения, довольно надежен. Тем не менее, мы прибегали к нему скорее как к параллельным и дополнительным определениям, нежели для совершенно независимого от Полярного ряда вывода величин. Так или иначе, мы имели возможность следить за поведением характеристических кривых, построенных по звездам СПП и по звездам Моунт Вильсон на протяжении анализа всего нашего материала. Понятно, что мы имеем в виду только фотографические величины, для которых составлен Каталог Моунт Вильсон. Но, фотовизуальные изображения менее подвержены искажениям, связанным с неправильностями часового хода и установки, а если последние настолько велики, что и они носили следы этого эффекта, что случалось весьма редко, тогда подобные снимки мы вовсе исключали из обработки.

Фотографирование Полярного ряда в качестве стандарта связано и с другими неудобствами. Так, например, для большинства обсерваторий, и в частности для нашей, Полюс расположен на довольно большом зенитном расстоянии, что естественно оставляет погрешности при редукции за атмосферное ослабление. Понятно, что было бы на много удобнее пользоваться стандартами в других областях неба, которые проходили бы через зенит или около зенита данного места наблюдений. Наконец, использование Северного полюса в качестве стандарта страдает еще одним недостатком, весьма заметным особенно для нашей работы и связанным с тем, что область Северного полюса оказывается подверженной заметному пространственному потемнению (обскурации). Наличие поглощения в области Северного полюса, на поверхности радиусом до 5 градусов вокруг Полюса, не подлежит сомнению. В известных местах этой области поглощение особенно велико. Поэтому, всякие исследования, выполняемые в целях приведения к интернациональной системе и основанные на сравнениях величин и цветов звезд, должны вестись осторожно и во всяком случае необходимо избегать в этих исследованиях звезд, относящихся к подобным местам (напр., $\delta = +87^\circ$; $\alpha = 8 - 16^h$ или особенно $\delta = +87.^\circ 3$; $\alpha = 11^h 5^m$). Кстати отметим, что при наших редукциях мы старательно избегали этих участков.

Серия негативов была использована с целью проверки эффекта плохого гидирования. Одна половина их получена при тщательном гидировании, другая — при намеренно искаженном гидировании. При этом растяжение от плохого гидирования достигало 15". Это больше, чем верхний предел колебания звезды, встречаемого обычно в астрономической практике. Изменения характеристической кривой, влекомые нарушением гидирования, таковы, что фотографические величины звезд уменьшаются от плохой гидировки (звезды ярчают) в среднем на 0.16 зв. величины (данные измерений око-

до 50 звезд), а фотовизуальные при этих же условиях—лишь на 0.09 зв. величины. При этом расхождения больше для «яркой» части характеристической кривой.

Впоследствии мы сняли еще одну серию пластинок и получили на них трехкратные изображения звезд с отличной, посредственной и плохой гидировкой. При этом вторые из них, т. е. полученные с «посредственной» гидировкой, близки к таким, которые могут встретиться в астрономической практике, вопреки тем, которые имеют растяжение до 15" и, стало-быть, являются нерепрезентативными для практики. Для них мы получили средние ошибки в 2.5 раза меньше вышеприведенных¹. Тем не менее, не приходится подчеркивать, что тщательное гидирование является вообще необходимым условием для получения хорошего фотографического материала и достижения удовлетворительной точности фотометрических определений. С другой стороны, наша аппаратура, скомбинированная из относительно короткофокусных фотографических камер (1 метр) и весьма длиннофокусного гида (в 6.8 метров) представляла благоприятное сочетание для обеспечения хорошего качества гидирования.

Ошибки, вносимые изменениями фокуса, относятся к данной группе ошибок. Изменение фокуса заметно влияет на наклон характеристических кривых, при этом, как обнаружили наши эксперименты, это влияние сказывается на фотографических изображениях и почти вовсе не проявляется для фотовизуальных, если конечно изменения фокуса не слишком велики, а остаются в практически допустимых пределах. Но влиянием фокуса в нашем случае можем пренебречь в связи с тем, что мы фотографировали при неизменном фокусе, пользуясь при этом всегда одной и той же кассетой для данной камеры. Температурные влияния на фокус наших камер оказались практически незаметными. Во всяком случае, между экспозициями СПП и ПК в данную ночь никакие изменения в фокусе не могли иметь места. А если в какую-либо из ночей фотографирование велось при фокусном расстоянии, отличном от обычного, то значит все характеристические кривые, как СПП, так и ПК, имели отличный от обычных, но одинаковый между собой наклон.

Правда, изменения в фокусе могли сказаться на цветовой системе наших определений, т. е. могли изменить эффективные длины волн наших величин, поскольку используемые объективы характеризуются заметной хроматической аберрацией. Поэтому, мы стремились пользоваться неизменным фокусом. В обработанный нами фотографический материал вошло несколько

¹ М. А. Вашакидзе, в Абастуманской обсерватории, выразил формулой ошибку гидировки и показал, что при данной ошибке гидировки ее влияние сказывается больше на яркие звезды, чем на слабые [38]. П. П. Добронравин, также в Абастуманской обсерватории, рассматривал вопрос влияния качества гидировки и фокусировки на характеристические кривые [68]. Его выводы также находятся в согласии с нашими данными.

пар негативов, снятых слегка внефокально, но таких было очень мало и они не могли оказать заметного влияния на вычисления окончательных (средних) значений величин. Тем не менее, мы сочли необходимым проверить этот эффект на основе специальных наблюдений, выводя уравнения цвета, основанные на измерениях серии негативов, снятых слегка внефокально.

Полученные таким образом уравнения цвета приняли для фотографических величин (4 снимка) следующий вид:

$$(m_{\text{фг}})_{\text{кб}} = (m_{\text{фг}})_{\text{спн}} - 0.028 + 0.384 \text{ ПЦ} \\ \pm 0.026 \pm 0.075 \quad (10)$$

и для фотовизуальных величин (3 снимка):

$$(m_{\text{фв}})_{\text{кб}} = (m_{\text{фв}})_{\text{спн}} - 0.009 - 0.096 \text{ ПЦ} \\ \pm 0.019 \pm 0.028 \quad (11)$$

Сравнивая между собой уравнения (1) и (10), (5) и (11), мы видим, что влияние изменения фокуса на коэффициенты в уравнении цвета не выходит за пределы ошибок их определения.

Кроме того, мы получили четыре пары негативов для двух полей в совершенно одинаковых условиях, но при разных фокусах (фокально и резко внефокально), и измерив их и вычислив показатели цвета, сопоставили между собой средние фокальные и внефокальные показатели цвета звезд разных спектральных классов.

Результаты сопоставления представлены нижеследующей табличкой, где даны средние арифметические разности показателей цвета звезд двух рядов — фокального и внефокального.

A0—A5	A6—F0	F1—F6	F7—G1	G2—K0
$\pm 0.08(32)$	0.07(40)	0.09(45)	0.06(54)	0.065(55)

Значения разностей не выходят за пределы ошибок и нет заметного хода в зависимости от цвета, также как мы не могли обнаружить на этом материале хода разностей в зависимости от блеска звезд.

При данном эксперименте разница в фокусных расстояниях была больше верхнего предела того, что может случиться в практике в отношении произвольных изменений фокусного расстояния. Мы можем поэтому считать, что ошибками фокуса, а также и влиянием измерения фокуса на цветовую систему в наших определениях можно пренебречь. Строго говоря, ошибки фокуса, влияющие на цветовую систему, могут таиться и в том известном обстоятельстве, что фокальная поверхность не является плоскостью и на одном снимке мы имеем звезды, снятые, можно считать, на различных фокусных расстояниях, а имея в виду хроматизм объектива, это будет означать, что звезды снимаются не при одной и той же цветовой системе. Но этого вида ошибки по возможности уменьшаются благодаря ограничению измеряемого поля и введению поправок за расстояние.

Легко убедиться, что изменения продолжительности экспозиций могут менять цветовое уравнение. Действительно, в зависимости от того, насколько длительна выдержка, проявляет себя на фотопластинке, в большей или меньшей степени, та часть излучения, которая находится вне пределов ахроматичности при данной оптике. С этим обстоятельством необходимо считаться и при выполнении подобных каталожных определений и следует придерживаться постоянной продолжительности экспозиций во всей работе.

Ошибки, зависящие от атмосферных условий, имеют в виду главным образом изменения в условиях прозрачности в течение ночи. Последние трудно поддаются учету, но выше мы отметили, что на нашей обсерватории каждую ясную ночь ведутся электрофотометрические наблюдения с определением прозрачности, использование которых давало нам возможность судить о стабильности прозрачности и в нужных случаях отбрасывать наблюдения или вводить их в вычисления средних данных с соответствующими весами. Впрочем, мы уже ссылались на данные, показывающие, что стабильность прозрачности на горе Канобили, как вообще, так и в пределах одной ночи хороша [120, 119]. Мы ссылались на данные, представляющие результаты опытов, посвященных исследованию этого вопроса. Дополнительно к этому можно было бы сослаться еще на негативы №№ 1356а, 1370а, снятые в 2 разные ночи, проявленные вместе и не обнаружившие почти никаких различий в характеристических кривых.

На точность наших определений влияли, конечно, и изменения качества изображений звезд, т. е. изменения в дифракционной картине звездных изображений. О характере этих изменений и их зависимости от азимута мы сделали несколько замечаний выше. Здесь добавим к сказанному, что эта ошибка трудно поддается контролю. Но, у нас бывала возможность констатировать плохое качество изображений, т. к. в перерывах между фотографированием ПК мы всегда наблюдали дифракционную картину. Даже по гидировочной звезде можно было судить о качестве изображений и, в зависимости от этого, либо прекращать фотографирование ПК, либо учитывать плохие изображения в последующем, путем введения соответствующего веса при выводе средних значений показателей цвета из многих определений. Повторно заметим, что мы многократно находили подтверждение тому, что было подмечено нами еще в 1931 году [201], в отношении зависимости качества изображений от наступающей непогоды. Резкая порча качества изображений звезд неизменно указывала на то, что в течение 4—8 часов небо должно покрыться облаками¹.

¹ В связи с этим интересно заметить, что В. С. Соколова обнаружила зависимость качества изображений звезд от воздушных масс, что, по Соколовой, делает возможным выявление вторжения воздушных масс в данную местность без обращения к синоптическим методам (Вестн. АН Казахской ССР № 1 (58), 79, 1950).

Изменения в яркости фона неба тоже являются фактором, влияющим на точность наших определений. Но этот фактор еще труднее поддается контролю. Но, как мы заметили, эти изменения в течение данной ночи не могут иметь места или, во всяком случае, не могут хоть сколько-нибудь заметно проявлять себя; они носят скорее сезонный характер. Поэтому, при нашем способе относительных определений, влияние это не может сказаться.

К ошибкам, относящимся к атмосферным условиям, принадлежит и ошибка, зависящая от влажности. Эта ошибка существует и она оказывает в ряде случаев заметное влияние, которое проявляется в том, что влажность уменьшает чувствительность фотоэмульсии. На подобные явления обращала внимание фирма Кодак (Kodak Co, „Abridged Scientific Publications“ № 476). В астрономической практике, как нам известно, этот эффект исследовался Кэффи [414]. Он нашел, что под влиянием влажности в условиях астрономических наблюдений чувствительность эмульсии может упасть до 0.1—0.3 зв. величины. Стой описывает случаи, когда в обсерватории Мыса Доброй Надежды под влиянием влажности менялся нуль-пункт для двух последовательных экспозиций [924]. Однако, он заметил, что этот эффект незначителен для фотовизуальных снимков, в случае которых применяется стеклянный фильтр перед фотопластинкой, обеспечивающий последнюю защиту от влажности. Если принять во внимание, что мы пользовались стеклянными светофильтрами перед пластинками как для фотографических, так и для фотовизуальных снимков и, что принимались меры защиты эмульсии от запотения (см. выше) и наконец, если иметь в виду, что в течение одной ночи средняя амплитуда изменения относительной влажности у нас редко превышает 15%¹, то можно считать, что наши определения не могли быть подвержены заметным ошибкам, обусловленным влажностью атмосферы. Следовательно и нуль-пункт наших определений должен быть достаточно стабилен. Это и следует из малого рассеяния значений коэффициентов в уравнениях (4) и (6).

В качестве общего замечания мы должны отметить, что в общем, источники ошибок преимущественным образом находятся не в непостоянстве атмосферы, а в характере строения изображений. На последнее же влияют лишь некоторые из свойств атмосферы (качество изображений, но не прозрачность или влажность, например).

Учет поправок за атмосферное поглощение мы описали в параграфе о выводе звездных величин.

Ошибки пятой группы — ошибки измерения — рассмотрены нами в параграфе о микрофотометрических измерениях негативов.

¹ Мы просмотрели записи наблюдений на нашей метеорологической станции на горе Канобили. Оказалось, что из 123 ночей, когда накоплялся наш основной материал, в 28 случаях амплитуда относительной влажности за ночь превышает 15% и из них только в 4-х случаях достигает 30%.

Неучтенным в наших определениях показателей цвета осталось влияние спектральных полос и линий поглощения. Еще в 1934 г. Г. А. Шайн [222] подверг исследованию влияние этого рода на показатели цвета и другие параметры звезд (см. также [1008]) и предложил таблицу соответствующих поправок, построенную по аргументу спектрального класса. Опыт Т. А. Кочлашвили [79] в Абастуманской обсерватории показывает, что пренебрегать данным эффектом можно не во всех случаях. Между тем, в большинстве из известных нам современных определений показателей цвета вопрос об учете влияния полос и линий поглощения обходится молчанием. Впрочем, эффект теряет значение в задаче исследования поглощения методом цветовых показателей.

Рассмотрим, наконец, количественные значения ошибок, присущих нашим определениям. Средняя ошибка одного определения вычислялась нами по формуле:

$$\varepsilon_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum p \eta \eta}{n-1}}$$

где η есть разность между средним из нескольких значений величины одной звезды и данным значением, n — число определений (пластинок) и p — вес отдельного определения. Мы могли избрать другое мерило точности наших определений (напр., вероятную ошибку или др.). Но мы остановились именно на этой формуле, выражающей собственно среднюю квадратическую ошибку. Она вполне характеризует достоинство данного ряда определений, участвующих в выводе среднего (каталожного) значения, в силу того, что эта ошибка весьма чувствительна к влиянию больших по абсолютной величине случайных ошибок и достаточно относительно небольшое число определений (у нас их не более шести для каждой звезды) для того, чтобы вычислить значение ошибки с удовлетворительной точностью.

По этой формуле ошибка вычислялась для нескольких десятков или двух-трех сотен звезд в данной ПК и затем бралось среднее из полученных значений. Вычисленное таким образом среднее и принималось в качестве средней ошибки одного определения — ε_1 . Затем вычислялись значения средних ошибок арифметических средних, т. е. средних ошибок наших каталожных значений:

$$\varepsilon_2 = \frac{1}{\sqrt{\sum p}} \varepsilon_1.$$

При выводе средних арифметических значений из ряда отдельных определений звездных величин или показателей цвета, естественно, нам приходилось иногда отбрасывать значения, слишком уклоняющиеся от средних. Теоретическими рассуждениями показано, что абсолютная величина случайной ошибки обычно не превосходит утроенного значения средней ошибки. Этот вывод теории вероятностей подтверждается и

опытным путем. Таким образом, можно было принять значение $\pm \epsilon_1$ за предельную погрешность и отбрасывать все отдельные значения, превосходящие ее. Правда, подобная оценка предельной ошибки относится, во-первых, к равноточным измерениям, т. е. к частному виду формулы:

$$\epsilon_1 = \pm \sqrt{\frac{\sum \eta^2}{n-1}}$$

и во-вторых, к весьма большому числу их. Мы имели не так много определений и кроме того в большом количестве случаев пользовались весами отдельных определений. Тем не менее, мы зачастую пользовались величиною $2.5 \epsilon_1$ как критерием для отброса отдельных уклонившихся значений. Надо сказать, что такие значения уклонения мы встречали в наших определениях совсем не часто.

Ниже, в таблице XX, мы приводим численные значения ошибок ϵ_1 и ϵ_2 , отдельно для фотографических и фотовизуальных величин. При этом они относятся к тем же группам ПК, на которые мы их делили выше. Так, что приведенные ошибки следует рассматривать как средние, относящиеся к ряду ПК.

Таблица XX

Фотографические величины			Фотовизуальные величины		
Группа	ϵ_1	ϵ_2	Группа	ϵ_1	ϵ_2
I	± 0.12	± 0.07	I	± 0.07	± 0.03
II	12	07	II	06	04
III	13	07	III	08	03
IV	13	08	IV	07	04
V	12	07	V	06	04
Среднее	$\pm 0.12_2$	$\pm 0.07_2$	Среднее	$\pm 0.06_8$	$\pm 0.03_6$

Как видно, ошибки меняются очень мало от группы к группе, что указывает на однородность нашего материала в смысле точности определений.

Рассмотрев отдельно зависимость средней ошибки от блеска звезд, мы нашли, что яркие звезды определяются у нас несколько хуже, что иллюстрируется следующей табличкой зависимости ϵ_2 от $m_{\text{ф}}$.

	10 ^m .5	11.5	12.5	13.2	Среднее
Для фотогр. велич.	+0.07 ₅ (800)	0.06 ₈ (1600)	0.06 ₈ (2000)	0.07 ₀ (1500)	0.07
Для фото-виз. велич.	±.039(750)	.035(1500)	.03 ₃ (2000)	.03 ₅ (1500)	0.03 ₅

Зависимость ошибки от цвета не усматривается, как это можно проверить по следующей табличке:

	B-A4	A5-F4	F5-G4	G5-K	Среднее
Для фотогр. велич.	±0.07 ₁ (525)	0.06 ₈ (480)	0.07 ₀ (500)	0.07 ₁ (405)	0.07
Для фото-виз. велич.	±.03 ₈ (510)	.03 ₇ (490)	.03 ₅ (500)	.03 ₇ (420)	0.03 ₅

Если за средние ошибки наших каталожных значений фотографических и фотовизуальных величин принять $\pm 0.^m07_2$ и $\pm 0.^m03_6$, соответственно, то естественно считать ошибкой показателя цвета следующую величину:

$$\epsilon_2(\text{ПЦ}) = \pm \sqrt{(0.072)^2 + (0.036)^2} = \pm 0.08.$$

Таким образом, средняя ошибка наших каталожных значений показателей цвета равна $\pm 0.^m08$.

Однако и в данном случае интересно рассмотреть значения ϵ_2 для показателей цвета, относящихся к звездам отдельных групп ПК или отдельных ПК, в связи с чем мы и приводим нижеследующую таблицу XXI.

Таблица XXI

ПК	ϵ_2	ПК	ϵ_2	ПК	ϵ_2	ПК	ϵ_2
8	±0 ^m .08	2	±0 ^m .07	1	±0 ^m .07	13	±0 ^m .08
9	07	3	07	4	07	14	08
19	07	7	08	5	07	15	08
24	08	10	07	6	08	29	08
40	08	17	08	11	09	30	09
		20	07	12	09	31	07
18	08	21	08	16	09	32	08
23	07	22	07	27	10	33	08
25	08	26	08	28	10	34	07
39	08	38	09	36	09	35	08
41	07	42	07	37	09		
		43	07				

Средняя ошибка сохраняется, в общем, одинаковой для всех Площадей¹, хотя для Площадей четвертой группы ее значения несколько больше. Для двух из них ошибка достигает и 0.10 зв. величины.

Средние же значения для пяти отдельных групп получаются следующими (таблица XXII):

Таблица XXII

Группа	ϵ_2	Группа	ϵ_2
I	$\pm 0^m.08$	IV	$\pm 0^m.09$
II	08	V	08
III	08	Среднее	08 ₂

Отклонения от среднего значения ошибки в каждой группе Площадей не превосходят одной сотой величины. Группа IV имеет меньшую точность, хотя и не очень отличную от других групп.

Среднее отклонение от среднего значения ошибки для отдельной Площади равно ± 0.007 зв. величины, т. е. оно мало. Это подтверждает, что весь наш материал достаточно однороден по точности определений.

Средняя точность наших определений показателей цвета — около современных точностей.²

Ошибка, конечно, может варьировать в зависимости от количества фотопластинок, использованных для определения величин. Для того, чтобы выявить эти вариации, мы рассмотрели их и по группам Площадей, составленным по признаку количества фотопластинок. Большинству из Площадей служили для определений 4 и 3 пары негативов, но имеются и такие определения, которые основаны на 5 парах (лишь одна Площадь — на 6 парах). Определения на основе лишь двух пар негативов имеются только для двух Площадей. Оказалось, что для групп, составленных таким образом, ϵ_2 варьирует лишь в пределах $\pm 0.07_4$ и 0.08_2 , при этом наибольшее значение ϵ_2 вовсе не относится к группе Площадей, определения которых основаны на наименьшем количестве негативов, и значения ϵ_2 , вообще, не обнаруживают зависимости от количества определений. Чтобы сделать подобное сравнение более уверенным, лучше сопоставить между собой такие группы, в которых количе-

¹ Приведенные здесь значения ϵ_2 для некоторых из Площадей не соответствуют значениям, опубликованным в наших прежних работах в Бюллетенях Абастуманской Обсерватории. Это связано с последующей ревизией данных, окончательными редуциями и т. п.

² В качестве примера точности современных определений укажем результаты Стоя и Мэнцис [925], которые в ревизии величин южных звезд сравнения для Эроса имеют для $\epsilon_2 \pm 0.065$ и 0.043 для фотографических и фотовизуальных величин, соответственно.

ство Площадей достаточно велико и, вместе с тем, — одинаково. Мы подобрали две такие группы, определения одной из которых основаны на 4 парах негативов (19 Площадей), а другой — на трех (16 Площадей). Для первой из них мы имеем $\varepsilon_2 = \pm 0.08_2$, а для второй — $\pm 0.07_7$. Если даже можно признать эту разницу ощутимой, то значение ошибки вовсе не увеличивается с уменьшением количества использованных негативов. Таким образом, можно констатировать практическое отсутствие вариации средней ошибки в зависимости от количества определений.

В заключение рассмотрим зависимость ошибки от блеска звезды. Эта зависимость представлена следующей табличкой:

m	10.5	11.5	12.5	13.2
ε_2	$\pm 0.08_6$	0.07 ₆	0.07 ₆	0.07 ₈

Легко заметить, что показатели цвета более ярких звезд определяются несколько хуже, что соответствует данным таблички на стр. 224.

Ошибки для звезд различных цветов или спектральных классов представлены в следующей табличке:

Sp	B—A4	A5—F4	F5—G4	G5—K
ε_2	$\pm 0.08_0$	0.07 ₈	0.07 ₈	0.08 ₁

Зависимости от цвета следовало бы ожидать: красные звезды ярче в фотовизуальных лучах, а поскольку ошибка несколько увеличивается с увеличением блеска, то должна увеличиваться ошибка с переходом к красным звездам. Но, с другой стороны, ошибка в фотографических лучах для таких звезд уменьшается. В результате, ошибка показателя цвета остается неизменной и независимой от спектрального класса. Тем более, что в получении данных предыдущей таблички участвуют все звезды, как яркие, так и слабые. Между тем, строго говоря, последние рассуждения были бы более справедливы для случая, когда отдельно рассматриваются звезды различного блеска.

Некоторым критерием точности и надежности наших определений могут служить результаты следующего опыта. Звезды главной последовательности F—G должны иметь малую дисперсию показателей цвета. Мы выбрали несколько Площадей в пределах $+53^\circ$ и $+72^\circ$ по галактической широте и рассмотрели показатели цвета звезд карликов G в них, расположив при этом звезды по одинаковым видимым зв. величинам.

Обнаружилось следующее.

Средний показатель цвета звезд — карликов типа G0 ярче 12-ой зв. величины равен $+0.48$, для звезд же слабее 12-ой зв. величины он принимает значение $+0.53$. При этом среднее значение отклонения показателя цвета отдельной звезды от среднего показателя цвета для всей группы звезд (14 звезд) равно 0.07.

Для 24 звезд главной последовательности типа G2 показатели цвета принимают соответственно следующие значения: $+0.59$, $+0.58$, а среднее значение отклонений 0.07 .

Для 33 звезд типа G3 эти величины равны соответственно: $+0.63$, $+0.64$ и 0.08 . Для 14 звезд класса G4: $+0.69$, $+0.67$ и 0.05 и т. п.

Этот опыт мы рассматриваем как независимый способ проверки точности наших определений. Конечно, подобная проверка не является полной и она ограничена, но в дополнение к изложенному выше относительно ошибок, она, тем не менее, служит некоторой характеристикой точности наших определений.

ГЛАВА ТРЕТЬЯ

КАТАЛОГ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЦВЕТА 14000 ЗВЕЗД В
ПЛОЩАДЯХ КАПТЕЙНА №№ 1—43

§ 1. Вводные замечания

Настоящая — третья — глава нашей работы почти целиком состоит из составленного нами Каталога 14000 звезд от 10.3 до 13.3 звездной величины в сорока трех Площадах Каптейна №№ 1—43.

В цитированных выше наших статьях, помещенных в Бюллетенях Абастуманской Обсерватории №№ 6, 7, 8 и 10 [204, 205, 208, 209], мы опубликовали также списки значений показателей цвета звезд нашего Каталога. Но те значения, которые мы называли предварительными, не были окончательно приведены к международной системе.

В настоящей главе мы публикуем значения показателей цвета, приведенные к интернациональной системе. Основой для приведения к последней служила наша формула (9). Но, необходимо иметь в виду и то, что ряд значений показателей цвета по [204, 205, 208 и 209] был уточнен, еще до приведения к интернациональной системе, в результате ревизии, отчасти — повторных измерений и, особенно, — за счет уточнения редукции красных звезд.

Более детальной ревизии подвергся список показателей цвета, опубликованный в работе [204], т. е. список, относящийся к ПК 8, 9, 19, 24, 40 (самый ранний список, после составления которого были введены в работу методические улучшения и уточнения редукций).

За Каталогом следует краткое изложение некоторых из его характеристик, как-то: распределение звезд по блеску и спектральным классам, количество гигантов и карликов, предельные зв. величины и т. д.

§ 2. Каталог показателей цвета 14000 звезд в ПК №№ 1—43

В Каталоге (Таблица XXIII) Площади Каптейна расположены в натуральном порядке их номеров. В первом столбце Каталога даны номера звезд по БСО [832, 833]. Второй столбец содержит значения показателей цвета, выведенные нами и редуцированные к интернациональной системе.

Показатели цвета даны в числах, выраженных в сотых единицах зв. величины. Отрицательные значения показателей цвета набраны черным шрифтом. Вверху каждого ряда сокращенно отмечены порядковые номера звезд.

230

Глава третья

Таблица XXIII

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК1		ПК1		ПК1		ПК1		ПК1		ПК1		ПК2		ПК2		ПК2			
1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-322		1-50		51-100		101-150	
279	49 407	74 466	16 525	139 608	86 668	38 753	80	20	47 319	46 419	219								
289	36 408	56 467	37 526	76 609	46 670	73 754	56	21	56 321	58 420	68								
290	30 410	75 468	68 527	69 612	55 671	95 755	67	23	83 322	154 422	72								
292	70 411	88 469	106 528	60 613	62 673	73 760	24	37	28 324	80 423	58								
296	107 413	68 470	48 529	49 614	20 674	79 761	95	38	59 325	157 426	43								
297	37 414	70 471	74 530	68 616	70 675	151 762	70	40	29 326	118 427	46								
310	42 415	85 472	105 532	81 617	61 677	101 763	67	46	101 327	122 430	38								
318	45 416	81 474	102 533	90 618	71 679	109 765	75	52	44 328	97 431	141								
320	63 419	56 475	68 534	64 622	76 680	71 767	58	56	53 329	60 433	140								
323	44 420	104 476	85 535	92 623	102 681	50 768	15	59	149 330	100 434	41								
327	56 421	102 477	58 537	86 625	111 683	61 769	73	61	86 334	160 435	56								
330	47 422	81 478	99 539	46 626	22 684	70 771	31	74	42 336	74 440	40								
333	87 423	126 479	80 543	60 628	52 688	43 772	110	75	34 338	74 441	73								
334	25 424	134 480	104 545	58 629	3 689	55 776	124	76	62 339	154 442	89								
336	33 425	47 481	55 546	58 632	76 690	106 778	82	81	97 340	93 443	98								
344	24 426	39 482	101 548	91 633	83 695	62 779	125	89	165 342	61 444	112								
348	26 427	52 483	65 549	108 634	123 699	62 783	88	100	66 347	54 445	152								
349	75 428	84 484	118 550	63 635	48 700	114 785	58	101	20 352	50 446	65								
350	48 430	84 485	69 551	72 636	53 701	71 786	33	111	64 364	71 447	62								
352	70 431	129 486	49 552	28 637	77 703	67 788	80	128	25 365	96 448	48								
356	53 432	63 488	59 553	52 638	74 704	108 793	79	130	209 366	99 453	58								
357	32 434	59 489	77 554	59 639	72 706	20 794	120	133	45 368	57 454	123								
364	60 435	27 490	4 555	79 640	34 708	116		137	10 369	64 455	67								
372	72 436	66 491	107 556	51 641	67 709	89		152	17 371	46 461	39								
373	47 437	51 492	158 557	63 642	111 710	35		153	87 372	112 462	93								
374	76 438	61 493	118 558	56 643	25 712	103		156	32 374	46 463	54								
375	57 439	61 494	57 562	82 644	62 713	99		158	89 376	156 464	60								
376	8 441	24 496	62 564	72 645	130 714	15		162	129 379	126 467	47								
377	61 442	64 497	109 565	130 646	43 715	68		168	124 382	76 468	217								
379	59 443	93 498	25 566	40 647	78 716	135		171	138 383	40 472	99								
380	148 444	59 499	85 567	118 648	104 720	66		173	68 384	148 478	84								
381	13 445	45 501	115 571	27 649	79 721	97		179	135 385	85 479	72								
382	102 446	117 502	33 575	87 650	17 722	123		200	125 386	120 480	84								
383	117 447	119 503	18 576	90 651	6 723	102		202	159 387	54 481	40								
384	100 448	144 504	56 577	59 652	81 725	157		206	72 388	56 482	67								
385	39 449	54 505	123 579	23 653	63 726	50		214	14 390	28 483	79								
386	71 450	153 506	49 580	81 654	80 727	34		261	156 391	92 484	34								
387	79 451	130 507	108 583	71 655	74 729	44		264	63 393	61 485	74								
389	22 452	128 508	64 585	68 656	80 730	111		266	56 394	195 486	145								
391	76 453	69 509	68 586	77 657	82 732	105		268	54 395	208 489	160								
392	114 454	46 510	57 591	46 658	74 733	57		272	140 396	101 493	100								
393	86 455	66 511	112 595	112 659	95 734	65		277	46 398	162 495	186								
396	173 456	78 513	65 597	126 660	115 736	71		278	108 399	45 498	147								
398	67 457	72 515	79 599	51 661	68 737	73		282	142 401	88 500	40								
399	114 458	40 519	99 601	58 662	70 742	80		287	124 402	163 504	97								
400	143 459	104 520	61 602	112 663	116 743	57		291	155 403	55 506	126								
401	123 460	128 521	76 603	61 664	43 744	48		310	122 407	36 508	113								
404	27 461	79 522	70 605	102 665	77 745	102		312	139 414	137 509	41								
405	131 462	160 523	109 606	89 666	74 746	64		317	83 416	153 511	89								
406	78 465	153 524	73 607	81 667	70 752	81		318	52 417	135 513	92								

Каталог показателей цвета

231

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК2		ПК2		ПК2		ПК2		ПК2		ПК3		ПК3		ПК3		ПК3		ПК3	
151-200		201-250		251-300		301-350		351-398		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250	
514	167 765	83	880	64	995	116	1317	47	29	6	299	100	362	86	443	72	613	100	
515	72 776	130	881	28	1003	49	1320	74	30	20	300	80	364	77	444	64	614	72	
516	206 778	52	883	160	1006	57	1326	32	32	29	301	86	365	105	445	120	615	94	
517	67 780	126	885	300	1007	184	1330	25	35	73	302	71	366	87	446	55	616	129	
521	136 782	149	886	188	1009	22	1332	62	36	99	303	98	367	56	448	117	623	79	
522	78 786	63	887	122	1014	77	1333	37	48	144	305	147	368	60	449	75	624	59	
524	69 787	43	889	60	1016	104	1337	38	57	56	311	101	369	83	450	87	626	83	
527	83 788	56	890	24	1023	71	1339	34	61	41	312	61	371	124	451	125	627	87	
529	121 789	37	893	42	1027	32	1346	19	68	83	313	45	378	63	452	98	628	46	
532	145 790	133	898	73	1039	44	1351	121	70	50	314	60	380	89	454	83	629	94	
534	41 791	68	899	110	1040	20	1355	79	72	79	315	145	383	112	456	79	631	68	
536	102 79	57	904	65	1047	14	1357	144	77	159	316	65	384	138	457	108	632	59	
538	154 794	150	906	67	1049	28	1359	72	90	59	317	54	386	76	458	58	634	90	
544	101 797	137	908	167	1050	45	1360	19	100	64	318	62	387	88	462	92	636	109	
547	90 799	93	910	52	1051	20	1361	79	102	77	319	46	390	101	465	51	637	82	
551	96 802	143	920	92	1055	37	1365	36	104	106	320	69	391	79	468	106	638	64	
563	185 805	52	927	1	1056	92	1366	117	112	84	321	49	392	77	472	92	639	80	
565	98 810	61	928	79	1058	139	1369	14	116	83	322	68	393	72	474	126	640	85	
568	262 811	36	931	52	1059	19	1370	24	122	92	323	93	394	70	475	81	641	70	
581	113 812	116	933	13	1060	76	1371	99	126	62	324	30	395	52	476	91	642	76	
586	79 813	67	935	84	1061	76	1372	48	128	75	325	61	396	82	477	107	643	79	
588	36 814	209	937	170	1089	144	1379	74	133	48	326	204	397	64	480	103	644	94	
592	49 815	57	939	99	1091	110	1388	128	140	42	327	172	398	67	482	104	648	83	
594	37 816	20	941	56	1105	177	1390	35	141	125	328	98	399	80	483	89	649	78	
596	95 818	197	946	61	1119	40	1391	93	146	99	330	38	401	75	485	114	652	120	
608	19 819	135	948	144	1148	168	1392	139	148	93	331	90	402	91	487	63	655	31	
610	112 822	185	950	41	1174	70	1394	25	164	78	332	69	403	106	488	128	656	41	
611	149 824	76	953	74	1185	66	1406	22	166	85	333	63	406	101	489	56	657	104	
615	46 827	119	954	96	1193	121	1407	56	200	35	334	51	407	79	491	47	658	46	
617	129 828	64	955	124	1199	73	1417	182	226	41	335	128	408	90	492	34	659	137	
620	105 829	117	956	33	1202	106	1426	68	273	79	336	77	409	76	494	72	660	69	
627	47 833	193	959	32	1203	139	1435	42	274	83	338	173	410	54	495	42	661	50	
639	104 835	175	962	108	1209	126	1436	72	275	90	339	36	411	54	498	46	662	39	
641	74 836	58	963	64	1213	17	1439	45	276	60	340	104	415	85	499	72	664	129	
680	140 827	130	964	134	1218	67	1450	3	277	89	341	39	416	89	500	88	665	70	
684	64 838	114	965	76	1220	119	1458	40	278	70	343	110	417	79	502	70	666	94	
687	87 840	56	967	59	1221	136	1459	42	279	97	344	26	420	79	515	34	668	49	
693	74 841	69	969	83	1231	65	1461	30	281	87	345	72	421	67	546	33	669	67	
694	60 844	26	97	76	1232	51	1462	2	283	59	347	102	422	126	572	40	670	70	
697	140 846	206	972	11	1233	15	1469	105	284	125	348	53	424	102	594	96	671	42	
698	198 847	49	973	44	1250	11	1471	156	285	73	349	70	425	98	595	90	676	48	
709	59 850	43	974	84	1253	132	1480	33	287	142	350	149	426	169	596	84	679	112	
719	44 856	29	975	52	1254	17	1482	71	289	51	351	73	427	59	601	32	680	64	
721	64 860	107	977	11	1256	77	1488	75	292	108	352	143	428	85	602	104	681	49	
730	114 866	40	980	54	1263	67	1495	24	293	57	353	80	430	156	606	68	682	69	
734	86 871	65	983	87	1271	54	1497	20	294	64	354	58	435	74	608	120	683	138	
735	81 872	43	984	93	1278	143	1498	41	295	85	357	51	436	88	609	127	684	100	
751	51 874	42	987	133	1287	118	1512	17	296	68	358	200	439	108	610	85	687	53	
757	92 877	152	990	74	1293	104		297	112	360	72	441	71	611	69	688	78		
758	157 878	21	991	42	1294	43		298	149	361	74	442	103	612	59	689	92		

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	1	1	2	1	2	1	2		
ПКЗ		ПКЗ		ПКЗ		ПКЗ		ПК4		ПК4		ПК4		ПК4		ПК4			
251-300		301-350		351-400		401-43		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250 251-300			
690	77	762	60	938	127	1239	41	6	36	150	183	297	49	371	81	443	45	569	71
691	00	770	60	941	4	1249	5	21	120	152	24	298	71	372	84	444	73	570	66
693	62	772	153	949	29	1261	9	32	120	155	80	299	79	373	48	446	71	572	68
694	124	774	45	950	115			34	188	159	92	301	71	374	134	449	70	574	60
695	66	776	83	951	101			39	48	163	51	303	34	375	15	451	62	579	56
697	83	777	76	955	32			45	86	175	79	305	49	376	54	452	68	580	169
699	123	779	67	956	69			46	46	178	55	306	59	377	64	453	68	581	92
700	84	780	81	957	79			47	69	179	68	307	68	379	56	455	77	582	38
701	82	785	72	960	109			48	51	185	219	309	96	380	112	457	48	583	64
702	74	786	90	972	20			49	67	187	81	310	60	383	58	458	56	586	100
704	97	788	60	977	63			52	84	188	64	311	58	385	75	463	74	587	42
708	45	789	82	980	43			56	57	192	117	312	44	387	65	469	67	588	56
709	72	791	97	981	100			59	91	194	83	313	70	388	18	494	16	591	51
710	85	792	79	989	76			60	75	200	66	314	54	391	74	508	66	595	58
711	88	800	83	993	65			61	61	202	81	316	56	392	64	512	103	596	58
712	47	801	144	1002	46			63	31	206	47	318	85	393	77	513	63	597	122
713	58	804	45	1016	23			64	98	209	107	321	143	395	64	517	12	598	70
714	73	805	55	1017	31			66	95	210	150	322	27	396	78	520	44	600	72
715	106	806	67	1032	142			70	51	214	44	323	101	397	89	522	70	604	18
717	65	807	137	1035	136			76	30	216	70	324	66	398	54	523	29	605	15
718	74	808	131	1037	46			80	67	219	68	325	95	399	51	525	26	606	42
719	84	809	37	1041	77			83	71	227	69	328	97	400	76	526	13	607	104
720	109	812	91	1058	45			85	142	229	38	329	69	406	64	527	55	609	64
722	98	813	67	1069	17			86	12	230	42	331	177	409	66	528	53	610	69
723	131	814	120	1072	88			87	127	260	6	333	58	410	57	530	97	611	91
726	46	815	72	1074	62			88	32	264	29	334	62	411	64	533	36	612	95
727	50	816	58	1076	72			91	75	266	105	338	92	412	69	534	63	613	134
728	104	818	36	1079	77			94	109	267	42	339	123	413	75	535	88	615	67
730	88	819	64	1083	118			96	98	269	64	342	66	414	82	537	83	616	68
731	90	822	80	1084	105			100	85	270	62	344	98	415	58	538	59	617	114
732	73	824	75	1102	91			101	56	271	112	346	54	416	65	539	70	619	48
734	96	825	114	1105	166			106	95	272	84	347	59	418	80	540	98	621	25
735	97	826	87	1109	134			109	39	273	50	348	55	419	65	541	48	622	56
736	113	827	83	1110	72			114	2	274	7	349	68	420	68	542	107	627	133
737	74	828	72	1112	40			115	10	275	70	350	87	423	62	543	77	628	77
738	75	829	44	1118	39			118	77	277	62	352	96	424	106	544	68	630	90
739	85	830	108	1128	51			124	112	278	96	354	80	425	68	545	94	632	73
740	109	831	32	1132	159			125	106	280	112	356	110	426	63	546	49	633	62
741	98	832	79	1133	112			127	129	281	44	357	62	428	73	547	80	634	52
742	52	833	77	1134	134			128	44	282	120	359	56	429	59	548	53	635	25
747	71	836	92	1136	47			129	120	283	102	360	70	430	59	549	57	640	134
748	51	837	96	1141	116			130	67	286	89	361	71	433	60	553	125	641	17
749	76	838	119	1159	60			134	52	287	62	362	80	434	58	554	34	642	64
750	83	841	136	1160	5			137	75	289	16	363	66	435	77	555	59	644	46
751	104	842	100	1163	65			138	108	290	56	364	85	436	64	556	70	645	37
754	81	846	62	1164	61			140	101	291	76	365	84	437	53	559	94	648	125
755	78	909	11	1169	92			144	9	292	65	367	8	439	95	561	64	649	48
756	65	913	30	1172	26			146	34	294	64	368	76	440	83	562	81	650	67
759	166	920	6	1188	24			147	42	295	51	369	86	441	80	563	51	652	69
760	122	937	143	1193	49			149	81	296	97	370	72	442	114	567	44	653	125

1		2		1		2		1		2		1		2		1		2		1		2	
ПК4		ПК5		ПК5		ПК5		ПК5		ПК5		ПК6		ПК6		ПК6		ПК6		ПК6		ПК6	
301-346		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-297		1-50		51-100		101-150		ПК6		ПК6	
654	76	26	64	260	89	347	40	522	73	607	44	711	74	1	52	188	32	336	59				
655	23	46	57	261	42	348	68	524	108	608	76	712	33	26	95	194	45	339	70				
656	138	50	109	263	67	349	71	525	69	609	82	713	86	29	14	196	66	340	50				
657	84	54	62	264	44	350	40	526	84	611	43	714	110	30	5	199	46	341	60				
659	69	55	47	267	62	353	103	528	59	612	76	717	69	36	47	201	84	344	58				
660	52	59	43	268	104	354	54	530	124	613	161	722	58	40	92	208	79	346	30				
661	64	65	46	269	127	355	57	531	44	615	88	726	186	41	91	210	20	347	45				
662	70	66	45	270	102	356	30	532	81	620	34	732	62	42	24	212	36	349	80				
664	88	74	77	272	54	357	54	535	101	624	50	734	66	45	136	225	124	353	75				
665	100	77	65	274	74	359	64	536	100	626	75	735	40	46	40	231	111	356	72				
666	53	87	32	275	85	361	46	537	89	627	76	737	86	48	76	236	14	358	74				
667	57	88	100	277	114	362	108	538	99	631	36	738	61	50	84	238	72	365	69				
668	139	90	99	278	48	363	117	540	57	632	30	739	51	52	146	239	97	366	80				
670	78	98	51	280	94	364	100	541	50	634	71	740	73	54	79	245	80	370	130				
676	44	101	76	281	54	368	57	542	88	635	56	741	58	65	74	247	99	376	95				
677	46	102	68	285	116	374	52	543	88	636	56	743	72	66	58	249	40	377	48				
683	38	109	85	286	52	382	77	544	12	638	44	747	55	72	39	257	47	379	96				
685	69	110	82	289	65	383	47	547	102	644	53	749	53	73	98	261	28	381	41				
686	73	111	59	290	100	384	57	549	75	647	108	750	50	76	39	266	56	382	39				
688	52	120	56	291	60	385	47	552	81	654	73	754	99	77	42	279	133	384	92				
689	107	121	53	292	48	387	24	557	70	661	69	771	1	80	92	286	64	393	23				
692	82	123	67	293	67	388	104	560	19	662	64	794	2	83	39	288	127	394	111				
694	76	136	99	297	76	389	56	561	49	663	30	835	52	87	34	289	101	395	44				
696	48	139	99	298	35	392	80	564	91	666	54	840	44	95	49	290	158	396	75				
697	101	147	14	300	60	393	70	565	93	668	136	844	128	96	42	292	34	397	85				
699	59	157	67	301	73	395	60	566	53	669	64	845	19	99	125	293	71	400	123				
700	73	159	76	303	76	396	53	567	74	670	33	849	65	101	104	294	31	401	58				
706	71	220	12	304	66	398	44	568	27	673	42	871	44	104	110	296	50	402	38				
713	44	231	52	306	47	399	96	569	87	674	62	879	55	109	58	297	85	408	55				
714	115	232	62	311	22	400	58	571	62	675	77	889	62	111	48	298	72	409	100				
715	100	233	108	312	74	402	97	572	51	676	90	897	65	119	99	299	39	410	81				
716	65	235	34	313	43	403	59	575	29	679	55	900	31	124	55	300	26	412	61				
717	58	236	7	314	58	404	80	576	54	681	99	910	68	125	71	301	89	418	61				
718	70	237	70	315	57	405	38	577	52	686	30	911	33	135	59	302	84	420	81				
720	61	238	57	316	75	406	54	579	85	688	41	920	72	136	43	304	34	422	88				
723	45	239	54	320	77	407	132	580	170	691	51	927	18	145	54	306	73	426	78				
724	66	240	100	324	59	408	71	583	51	692	74	937	123	151	56	307	71	427	64				
725	99	242	68	325	105	412	50	588	81	693	60	965	118	155	83	309	118	428	66				
731	15	243	129	326	43	414	48	589	104	696	66	977	63	158	52	315	54	429	57				
736	27	244	46	327	62	416	62	590	67	698	70	982	79	160	105	317	53	442	68				
739	39	247	102	330	54	417	54	591	94	699	75	984	48	161	143	321	38	444	64				
747	7	248	66	333	63	418	66	592	51	700	50	988	73	162	74	322	91	445	76				
792	20	249	12	334	78	419	66	593	122	701	36	993	50	164	94	324	53	447	78				
831	27	250	44	336	60	421	54	594	71	702	93	997	107	165	87	326	72	448	60				
856	34	251	102	338	73	422	84	596	65	703	72	999	26	170	68	327	52	452	18				
872	22	253	76	340	12	426	103	597	100	705	24	1000	89	171	76	328	64	460	107				
		254	43	341	59	429	110	600	62	707	56	1035	25	173	36	329	84	461	62				
		255	104	343	121	517	49	602	68	708	42			176	88	331	41	463	109				
		256	63	344	64	518	80	603	22	709	110			179	42	332	34	467	96				
		257	13	346	106	519	77	604	93	710	57			186	65	334	73	472	80				

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК6		ПК6		ПК6		ПК6		ПК7		ПК7		ПК7		ПК7		ПК7	
151-200		201-250		251-300		301-338		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250	
479	36 644	63 777	129	931	44 23	77 197	105 261	86 343	130 466	37 536	110						
480	47 645	43 779	125	938	35 24	164 198	33 262	88 344	40 467	88 537	41						
481	99 650	54 782	102	944	101 25	68 199	80 263	59 345	79 469	46 538	86						
490	69 652	89 783	85	945	12 26	38 201	36 264	81 346	94 470	95 539	99						
495	91 655	51 785	87	952	6 33	120 202	42 265	108 347	35 471	30 542	100						
499	46 657	71 786	77	958	59 36	83 203	101 266	42 348	12 472	100 544	90						
500	82 658	97 789	94	963	28 47	64 204	64 267	65 350	69 474	85 549	129						
503	38 662	85 790	60	965	84 52	35 205	62 270	114 352	94 475	65 550	65						
505	62 664	73 792	103	966	43 55	66 207	85 271	108 353	78 476	189 551	76						
512	74 665	46 794	59	971	101 56	104 208	114 273	57 356	22 478	85 552	104						
513	113 667	45 795	80	974	85 65	83 212	95 274	108 369	38 480	93 553	77						
515	109 673	94 797	66	979	61 77	72 213	109 276	139 375	39 481	70 555	79						
517	53 677	110 806	53	986	101 82	138 214	93 279	103 393	43 484	47 556	88						
519	40 679	66 807	89	994	110 84	44 215	93 281	4 396	32 485	82 557	95						
520	66 680	78 809	62	999	92 91	34 216	146 282	53 418	145 487	50 558	94						
522	48 691	77 812	74	1002	78 93	41 217	61 283	79 420	79 489	64 560	120						
523	80 696	55 813	53	1011	36 97	85 218	147 284	81 421	96 490	106 562	80						
524	36 697	77 821	61	1014	70 100	98 219	158 287	84 422	95 491	98 563	87						
527	100 700	64 823	42	1026	91 102	28 220	112 290	104 424	112 492	133 564	88						
528	131 703	93 824	50	1028	33 118	25 221	64 291	121 425	206 493	112 567	87						
530	77 706	54 825	50	1034	65 120	153 222	32 294	80 426	117 494	28 568	76						
533	29 710	89 830	64	1039	48 121	72 224	120 296	108 427	103 495	105 571	69						
535	43 713	103 831	55	1042	47 124	63 225	60 298	114 428	79 497	88 572	43						
536	28 714	74 834	49	1045	58 126	50 226	45 300	117 430	211 498	102 574	42						
537	91 715	43 835	54	1047	56 128	80 227	94 301	134 431	82 499	140 575	57						
541	44 716	65 836	43	1052	87 130	71 228	63 303	94 433	105 500	86 576	121						
545	57 726	67 838	111	1056	63 131	55 229	181 306	84 434	145 501	74 577	140						
575	76 727	67 839	39	1058	72 133	60 231	53 310	90 435	92 503	99 578	125						
597	61 728	70 844	50	1059	51 135	25 232	98 311	93 436	98 505	87 579	61						
598	57 729	38 845	87	1061	71 141	98 233	85 312	88 439	125 506	75 581	129						
602	124 730	88 849	91	1063	66 167	64 234	80 314	93 440	68 508	87 583	84						
603	67 731	64 850	28	1064	44 168	59 236	61 316	76 441	108 509	83 590	25						
605	65 734	66 854	36	1067	52 170	78 237	64 317	71 442	102 510	92 597	49						
607	72 737	59 859	61	1070	70 172	65 238	114 318	111 443	43 511	188 603	7						
608	117 739	94 864	54	1071	108 175	66 240	114 319	51 444	75 512	76 604	45						
614	63 740	56 865	34	1072	31 176	155 242	88 322	92 445	109 513	70 606	31						
617	78 742	70 867	32	1077	7 177	86 243	123 324	95 446	84 515	148 617	36						
618	58 746	121 868	78	1084	34 178	20 244	108 325	88 449	53 516	94 634	42						
619	64 747	93 899	148			179	95 246	100 326	83 450	43 636	84						
622	72 753	88 900	64			180	190 248	93 327	106 451	52 521	74						
623	64 756	64 901	58			181	77 249	123 328	180 452	179 523	101 644	151					
624	45 758	82 907	70			183	67 251	76 330	37 455	84 524	90 645	84					
628	106 759	63 908	45			185	85 252	81 332	61 456	61 526	69 651	95					
630	113 760	81 909	48			186	105 253	110 333	99 457	144 528	113 655	106					
631	152 764	51 918	92			188	89 254	70 334	81 458	188 529	76 674	130					
632	108 766	29 919	42			189	172 255	88 335	32 459	87 530	50 675	138					
633	138 767	100 920	63			190	69 257	80 335	81 460	109 531	54 676	39					
638	48 768	41 921	43			191	81 258	95 337	40 462	54 533	57 678	143					
639	67 771	54 925	49			194	75 259	85 339	111 464	127 534	51 679	31					
643	76 773	53 929	60			196	95 260	57 340	94 465	52 535	66 680	29					

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				
ПК7		ПК7		ПК8		ПК8		ПК8		ПК8		ПК8		ПК9					
301-350		351-372		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-340		1-50	
685	159 800	88	438	29	544	21	641	13	995	84	1059	45	1118	60	1186	46	377	14	
688	76 802	73	441	23	546	79	642	13	996	48	1060	125	1119	65	1187	91	380	75	
690	54 800	21	446	59	547	7	643	48	997	30	1062	86	1120	28	1188	13	385	57	
691	91 807	75	448	20	548	29	646	28	998	88	1063	103	1121	40	1190	36	389	56	
692	52 811	123	450	46	549	50	649	60	999	22	1064	83	1122	57	1192	7	390	78	
693	147 821	54	451	26	551	26	651	83	1000	25	1065	79	1123	69	1193	82	391	95	
695	72 826	37	454	80	553	21	654	31	1001	32	1066	55	1124	29	1194	58	392	57	
698	101 841	76	455	47	555	58	656	89	1002	32	1067	75	1125	5	1196	29	393	2	
699	103 845	84	458	20	556	34	657	48	1004	31	1070	146	1126	50	1197	107	394	67	
701	46 846	76	463	48	557	43	658	57	1005	12	1071	21	1127	34	1198	34	396	59	
708	57 847	43	467	60	559	19	659	44	1006	50	1072	48	1128	15	1199	69	397	154	
709	61 849	75	468	124	562	83	953	97	1009	18	1073	63	1129	135	1200	1	401	134	
710	70 852	83	470	52	565	78	954	68	1010	61	1074	37	1130	49	1201	35	402	69	
712	85 853	138	471	25	566	117	955	55	1011	115	1075	19	1131	132	1202	52	404	8	
715	87 859	79	473	154	570	31	957	184	1012	6	1076	54	1133	77	1204	2	406	73	
716	197 862	108	475	30	572	70	958	48	1013	99	1077	84	1134	4	1205	40	410	45	
717	144 863	89	476	35	577	94	959	42	1014	58	1078	82	1137	81	1206	6	426	63	
719	50 866	28	480	61	578	69	960	53	1015	116	1079	37	1139	55	1208	46	427	75	
720	100 867	61	483	79	580	42	961	52	1017	63	1080	28	1140	17	1209	42	437	54	
721	76 869	124	487	42	582	83	962	31	1018	16	1081	34	1141	65	1210	58	439	56	
722	157 871	67	491	58	586	50	963	64	1019	72	1082	75	1142	33	1211	84	441	74	
723	87 887	46	492	42	587	35	964	71	1021	58	1083	59	1143	27	1212	26	444	73	
728	169		493	26	588	20	965	54	1022	45	1084	72	1144	68	1216	62	448	36	
734	101		496	22	589	161	967	51	1023	85	1085	71	1145	77	1217	54	451	58	
735	111		497	12	591	71	968	46	1024	38	1086	11	1146	63	1218	63	458	48	
745	92		498	20	592	101	969	43	1025	109	1087	77	1148	28	1221	115	461	48	
748	57		499	57	593	65	970	29	1027	91	1088	25	1149	68	1222	54	464	84	
749	95		500	40	595	48	971	18	1028	11	1089	51	1150	2	1223	47	468	23	
750	23		501	21	596	26	972	71	1029	33	1090	42	1152	40	1224	56	469	96	
751	66		502	32	597	70	973	26	1030	270	1091	31	1154	9	1225	68	471	35	
752	68		504	32	600	68	974	76	1032	45	1092	206	1156	63	1226	48	476	94	
756	175		506	38	603	13	975	56	1034	260	1093	49	1158	58	1227	82	483	74	
758	79		507	34	606	116	976	157	1037	112	1094	33	1159	32	1230	64	484	79	
762	80		508	40	607	116	977	158	1038	58	1095	44	1160	88	1231	9	488	53	
763	109		510	30	609	39	978	50	1039	76	1096	34	1161	61	1232	81	499	45	
766	97		512	96	610	100	979	44	1041	61	1097	49	1164	20	1233	112	502	26	
767	117		514	66	612	127	981	32	1042	41	1098	48	1165	67	1234	103	504	83	
768	64		516	38	613	26	982	48	1043	32	1099	26	1166	5	1235	49	505	90	
770	67		517	29	614	136	983	48	1044	35	1100	74	1169	49	1236	31	508	76	
771	22		519	83	618	53	984	40	1045	66	1103	121	1170	87	1237	18	510	69	
774	42		520	35	619	64	985	38	1046	48	1106	78	1171	49		512	39		
783	160		521	20	620	42	986	37	1047	46	1107	122	1172	46		517	168		
784	84		524	53	623	11	987	71	1048	90	1108	54	1173	62		518	83		
785	92		525	63	625	8	988	25	1049	85	1109	68	1174	57		519	96		
788	72		526	42	627	83	989	18	1050	12	1110	52	1175	47		523	85		
790	52		529	34	628	35	990	49	1051	179	1111	50	1176	110		531	95		
791	54		540	48	629	82	991	65	1052	25	1112	57	1177	41		535	24		
792	82		541	62	631	36	992	35	1053	59	1113	85	1181	35		538	104		
793	85		542	69	635	48	993	55	1056	37	1116	57	1182	27		539	49		
794	170		543	47	638	22	994	59	1057	60	1117	33	1183	78		542	65		

1		2		1		2		1		2		1		2		1		2	
ПК9		ПК9		ПК9		ПК9		ПК9		ПК9		ПК9		ПК10		ПК10		ПК10	
51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-350		351-396		1-50		51-100		101-150	
546	63	963	70	1040	106	1144	75	1232	53	1533	52	1708	61	13	42	99	69	239	55
558	161	954	151	1041	165	1146	86	1233	84	1541	32	1709	63	14	53	100	80	240	86
565	77	965	104	1042	37	1147	85	1234	95	1542	188	1711	115	15	73	101	67	242	109
566	44	967	110	1043	40	1148	36	1235	33	1545	82	1715	140	16	64	102	176	246	115
567	123	968	120	1044	52	1149	86	1242	70	1550	9	1716	79	20	57	104	61	248	78
568	113	969	123	1046	75	1150	132	1243	109	1555	66	1721	48	23	22	106	72	249	61
576	36	970	93	1052	21	1151	71	1244	80	1557	104	1723	164	24	56	108	59	250	62
578	96	971	66	1053	148	1153	134	1245	80	1558	74	1727	44	26	41	110	32	252	61
580	2	972	39	1059	121	1155	4	1246	48	1560	68	1730	77	28	74	111	46	253	136
581	54	973	60	1060	74	1160	36	1247	53	1561	76	1731	34	29	69	126	22	254	143
582	97	976	68	1061	60	1162	89	1248	161	1569	52	1732	116	32	66	128	127	257	24
588	57	978	71	1070	180	1163	27	1249	66	1572	75	1733	34	33	53	130	65	258	80
589	212	981	74	1071	76	1169	13	1250	64	1573	74	1741	89	35	114	131	149	259	48
594	131	985	40	1073	70	1172	93	1251	137	1575	73	1746	83	37	70	132	29	260	34
609	85	989	78	1074	102	1173	62	1252	80	1577	35	1747	15	38	61	135	176	261	39
616	50	990	97	1075	65	1174	31	1253	94	1578	72	1750	37	40	30	140	49	262	49
617	02	991	94	1078	118	1175	74	1254	66	1579	99	1751	53	42	81	154	58	263	14
618	66	993	101	1079	53	1176	75	1256	82	1583	69	1752	82	43	43	185	92	267	85
619	107	995	73	1083	81	1177	73	1257	136	1584	46	1756	83	44	23	188	56	268	13
627	138	996	75	1084	69	1180	72	1258	68	1585	53	1763	84	46	50	189	32	271	47
633	18	998	93	1085	103	1182	57	1259	87	1586	43	1765	82	47	77	190	29	272	75
638	33	999	69	1088	85	1183	89	1260	65	1590	67	1767	70	48	25	194	180	273	98
640	165	1000	150	1089	80	1184	162	1261	48	1591	55	1768	32	50	45	195	171	274	50
642	103	1001	36	1093	78	1185	59	1262	28	1596	60	1775	74	51	60	196	41	275	131
643	55	1002	74	1095	64	1188	58	1263	60	1597	87	1776	53	52	30	198	60	276	74
644	64	1003	88	1101	88	1189	138	1264	70	1605	124	1778	115	55	8	199	36	277	149
645	38	1004	42	1102	36	1191	45	1265	86	1611	91	1779	66	56	53	202	102	278	70
647	155	1005	72	1103	103	1193	77	1266	67	1612	10	1782	64	58	39	203	41	279	77
648	131	1006	24	1104	141	1194	58	1267	72	1614	155	1788	29	59	223	207	57	284	77
650	58	1012	53	1105	48	1198	82	1268	72	1618	45	1793	72	60	91	208	27	285	149
652	54	1013	50	1106	53	1200	35	1269	154	1620	79	1799	75	62	152	209	48	287	87
654	56	1014	53	1109	63	1203	51	1271	88	1627	71	1801	48	63	89	210	49	288	83
656	53	1015	95	1110	84	1204	88	1273	65	1639	50	1811	146	65	93	212	43	289	22
658	34	1016	50	1114	61	1206	42	1274	46	1642	62	1812	162	69	46	213	92	290	106
666	24	1018	128	1115	61	1208	89	1275	32	1660	123	1813	24	70	89	215	53	291	45
670	79	1019	66	1116	86	1209	89	1277	64	1661	160	1818	67	74	50	219	16	292	65
677	56	1020	90	1117	42	1212	91	1278	72	1665	20	1820	60	75	188	220	90	293	51
679	172	1021	71	1118	94	1213	66	1280	52	1667	98	1822	64	76	45	221	49	294	29
681	82	1022	88	1123	84	1214	28	1283	81	1670	55	1824	79	80	94	223	47	299	56
684	70	1024	72	1124	59	1215	52	1284	69	1673	106	1825	84	81	112	224	76	300	68
694	7	1025	57	1125	45	1216	25	1285	89	1675	18	1829	22	83	144	225	64	301	82
708	12	1026	97	1126	31	1218	30	1288	103	1679	53	1830	50	85	90	227	62	307	7
951	52	1030	62	1127	73	1219	61	1289	25	1692	12	1831	75	88	46	228	82	308	38
952	88	1032	75	1130	80	1220	111	1290	92	1696	18	1835	90	89	148	230	139	309	11
954	68	1034	119	1131	78	1224	53	1291	98	1699	63	1838	52	90	69	231	63	310	71
955	23	1035	4	1134	29	1225	148	1293	54	1700	182	1840	35	91	111	232	14	311	61
956	88	1036	66	1137	35	1226	69	1294	65	1701	142			93	53	233	196	313	42
957	70	1037	74	1138	84	1227	31	1315	17	1703	78			94	73	234	42	314	46
958	73	1038	68	1139	69	1228	77	1516	13	1706	47			96	129	236	35	315	88
960	74	1039	38	1142	87	1231	39	1531	39	1707	108			97	91	237	78	316	84

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК10		ПК10		ПК10		ПК10		ПК10		ПК11		ПК11		ПК11		ПК11	
151-200		201-250		251-300		301-350		351-373		1-50		51-100		101-150		151-200	
201-245																	
318	121 478	53 589	85 693	153 971	117 310	131 477	29 615	81 835	97 981	89							
320	118 480	33 590	30 699	53 975	142 311	50 478	50 616	52 839	58 984	50							
321	19 482	42 591	32 701	11 980	13 312	35 479	58 617	107 840	99 988	76							
323	52 489	55 592	31 702	127 982	47 333	67 483	62 619	79 846	69 1029	128							
325	46 494	61 595	83 703	160 993	35 334	72 486	146 621	66 848	37 1037	58							
327	70 499	73 597	24 707	38 996	62 351	52 490	38 625	56 849	56 1040	74							
328	87 501	41 599	57 708	74 1000	14 353	52 494	55 626	32 852	95 1041	129							
330	174 502	86 600	38 709	48 1003	15 358	83 495	89 629	68 856	47 1045	76							
331	79 503	40 601	57 714	122 1013	15 366	40 497	65 631	54 859	58 1051	26							
332	49 505	12 602	79 715	110 1015	19 369	115 499	113 633	65 861	75 1059	75							
333	89 507	75 603	75 717	142 1018	38 373	102 501	50 641	66 863	39 1072	27							
334	71 510	160 607	123 719	67 1019	68 379	91 502	90 643	43 864	52 1089	132							
336	37 511	144 612	29 720	71 1028	38 387	60 503	62 644	59 867	41 1090	105							
337	3 512	63 613	50 740	30 1031	46 389	75 506	54 646	58 868	148 1093	17							
338	55 513	54 616	77 745	27 1034	102 391	98 507	18 647	92 870	55 1102	100							
339	72 515	57 619	127 756	31 1039	61 392	88 508	92 649	38 876	65 1111	6							
340	59 518	35 622	52 794	26 1040	93 396	38 511	87 650	97 878	111 1125	43							
341	55 519	27 624	65 798	87 1046	32 405	48 512	89 651	89 881	68 1128	114							
342	147 523	81 625	142 806	25 1051	141 406	43 513	106 652	90 882	39 1132	0							
343	29 524	171 627	37 815	54 1065	87 414	42 514	65 653	62 886	7 1134	63							
348	21 525	131 629	106 824	32 1077	74 416	116 515	53 655	61 887	22 1137	67							
349	114 529	84 630	3 832	65 1094	29 418	32 517	73 656	38 888	57 1142	66							
351	151 530	46 632	16 843	4 1099	14 420	110 518	83 657	84 889	57 1143	71							
358	74 533	17 633	23 844	87	421	67 520	120 659	110 893	122 1146	130							
359	19 535	29 634	38 846	19	423	108 521	142 668	68 897	68 1150	89							
360	53 536	72 636	35 853	53	424	79 522	82 674	93 898	66 1153	100							
361	96 537	106 639	51 854	52	425	172 523	158 676	74 902	75 1154	73							
362	75 538	47 640	73 855	32	426	150 526	63 678	104 904	55 1155	4							
368	29 545	31 644	38 858	1	427	75 533	130 679	97 905	79 1159	138							
371	191 546	85 645	57 859	14	428	88 536	204 682	102 906	102 1160	24							
374	130 547	34 648	60 862	5	434	60 541	62 685	60 909	63 1163	61							
379	95 550	69 651	5 863	135	437	143 542	102 688	42 910	78 1170	50							
381	92 552	43 652	45 881	5	438	125 544	88 689	146 911	62 1172	21							
384	82 554	129 653	50 899	7	439	117 547	135 704	66 918	143 1173	129							
385	22 555	48 654	89 904	24	441	91 548	66 792	107 920	53 1175	120							
389	126 556	190 660	19 905	16	446	116 550	31 793	65 921	71 1181	12							
393	47 558	80 662	21 906	48	447	148 553	124 795	8 922	113 1189	13							
395	22 559	75 663	136 923	108	450	72 555	58 799	25 923	77 1192	16							
398	29 560	68 664	78 924	182	451	90 558	53 801	62 926	47 1193	28							
399	22 561	135 665	146 931	47	452	120 569	43 802	41 930	105 1194	57							
401	40 562	48 667	65 940	142	454	130 573	98 809	70 931	29 1204	83							
413	24 564	23 670	41 941	123	459	120 582	43 810	84 932	59 1223	51							
414	55 570	4 672	91 944	15	460	31 583	27 811	70 933	69 1229	66							
416	28 573	68 674	83 945	13	461	60 592	32 812	121 938	70 1234	49							
420	9 575	61 675	101 948	16	463	94 596	30 813	52 942	130 1256	119							
466	57 577	65 677	168 957	13	461	157 600	75 815	86 948	47								
471	40 581	226 680	149 959	60	467	100 602	85 818	67 953	104								
472	79 583	86 684	5 961	79	467	102 603	27 822	10 960	28								
474	93 585	11 685	104 967	104	470	12 605	112 823	59 962	143								
477	169 586	64 690	155 969	14	475	47 611	105 831	58 980	163								

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК12		ПК12		ПК12		ПК12		ПК12		ПК13		ПК13		ПК13		ПК13	
1-50		51-100		101-150		151-200		201-221		1-50		51-100		101-150		151-200	
39	62 208	67 398	86 611	50 754	68	26	59 102	54 237	64 377	49 476	112						
41	35 219	70 399	48 613	42 777	33	28	84 103	138 238	67 378	39 478	64						
45	33 220	50 403	38 618	71 785	32	29	71 104	64 239	63 379	53 482	89						
46	20 222	57 405	57 619	84 804	12	30	95 107	109 241	73 380	102 483	87						
47	47 227	23 407	20 620	37 837	59	32	61 108	96 242	47 382	67 484	115						
48	41 228	76 408	63 627	55 842	53	34	3 114	71 245	73 383	60 485	99						
50	48 230	18 410	49 629	93 848	19	35	65 117	70 246	70 388	40 488	72						
56	77 234	46 414	57 631	70 869	58	36	74 118	61 248	74 389	61 489	120						
59	48 236	50 416	54 632	66 871	42	37	82 120	35 249	83 390	70 491	82						
60	19 303	66 417	52 633	86 889	62	38	72 121	68 250	96 392	104 493	106						
62	34 307	12 419	79 634	150 891	45	39	61 124	75 265	60 393	61 494	72						
63	8 308	38 420	78 635	103 894	46	40	52 125	77 267	125 394	54 496	114						
65	145 311	62 421	48 638	44 895	103	43	83 128	117 268	62 395	74 500	12						
67	94 312	81 422	73 639	57 899	44	45	60 130	61 269	66 396	49 503	59						
68	52 315	55 429	57 640	57 905	8	47	56 131	118 271	89 400	72 505	66						
71	67 317	82 430	62 655	82 906	70	49	98 134	123 273	73 401	104 507	86						
72	49 318	20 432	60 657	91 913	57	50	59 138	45 274	46 403	66 511	32						
73	60 320	32 433	51 661	50 915	65	51	74 141	57 276	59 404	112 514	124						
77	54 321	62 434	58 662	61 922	5	53	74 143	119 278	78 407	75 520	58						
78	46 325	50 436	78 664	82 932	45	56	58 144	64 279	87 408	77 521	91						
81	103 326	23 445	55 666	1 945	2	57	36 145	65 283	103 409	55 522	41						
82	32 327	57 450	56 676	78	58	101 156	75 285	90 412	67 525	71							
85	98 328	18 451	55 677	60	59	122 186	27 288	66 413	52 526	73							
99	82 331	37 454	101 682	105	60	52 188	47 289	69 415	75 530	68							
105	81 332	38 455	60 683	54	61	143 190	60 290	101 418	110 531	72							
106	76 333	67 458	53 684	59	62	113 191	59 291	72 419	85 532	53							
107	14 334	45 462	75 685	59	63	138 192	63 292	88 421	72 533	135							
108	58 336	49 470	56 688	33	66	97 193	56 295	58 422	49 535	35							
118	49 339	52 476	61 690	94	68	87 194	66 298	54 423	51 536	93							
119	67 341	27 477	54 692	58	69	33 195	110 300	116 425	43 537	112							
120	54 342	62 478	66 698	97	70	68 196	63 301	133 429	65 539	62							
123	48 343	66 480	40 699	42	72	110 199	67 302	73 430	62 540	112							
129	66 351	49 483	72 701	108	73	152 200	51 303	81 431	61 541	40							
131	23 353	71 488	67 706	507	75	101 202	74 304	49 432	111 543	83							
132	36 354	41 517	40 709	130	80	70 203	55 305	60 434	57 545	84							
136	88 359	55 570	1 712	83	81	72 204	114 308	67 436	67 548	75							
141	64 362	36 572	12 719	54	82	23 206	63 309	30 440	56 550	69							
148	72 363	32 575	60 720	59	83	74 207	98 317	56 441	77 591	67							
153	90 364	87 577	26 721	63	84	77 208	107 323	79 443	110 608	45							
154	58 370	88 579	72 727	67	85	56 209	65 324	67 445	61 609	16							
156	77 374	33 580	67 730	51	86	54 212	61 325	69 447	108 611	64							
160	57 375	70 581	67 732	18	87	65 218	101 326	114 449	84 613	65							
174	58 380	43 593	59 735	69	89	76 220	66 327	58 452	107 615	39							
177	87 381	71 594	52 736	48	90	57 227	128 332	64 454	45 630	107							
179	55 382	50 596	98 741	80	92	68 230	104 355	9 459	65 632	68							
187	44 384	64 598	100 743	61	93	71 231	90 368	59 461	32 634	78							
189	88 387	76 601	43 746	44	94	67 232	46 369	94 463	81 637	3							
195	58 390	52 606	198 751	76	96	64 233	65 372	63 467	71 640	77							
196	57 391	5 607	86 752	71	97	64 234	53 373	40 472	107 643	85							
201	70 396	123 610	55 753	37	99	67 235	56 374	48 473	32 644	96							

Каталог показателей цвета

239

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2				
ПК13		ПК14		ПК14		ПК14		ПК14		ПК15		ПК15		ПК15					
251-263		1-50		51-100		101-150		151-200		201-208		1-50		51-100		101-150		151-193	
646	71	18	91	145	136	223	72	344	59	570	76	54	10	290	62	408	72	602	57
653	32	21	106	146	57	224	53	345	58	571	108	68	77	293	141	409	64	606	132
657	14	22	52	148	90	227	72	347	58	574	31	74	70	297	79	417	85	610	59
660	19	28	47	149	37	230	90	350	47	575	85	78	73	299	56	419	53	615	67
661	61	29	71	150	100	276	67	352	60	586	67	102	77	301	69	421	4	616	122
662	95	32	88	151	47	279	19	353	80	589	59	114	118	302	103	422	67	619	48
663	47	35	63	152	102	280	56	354	111	591	50	121	36	303	65	429	58	620	44
664	55	37	49	154	46	281	83	357	63	592	77	124	47	304	59	431	67	621	88
665	81	38	44	155	60	282	75	358	68		141		54	307	73	432	84	628	66
669	95	39	60	156	56	285	58	359	61		154		52	308	40	435	112	633	47
672	95	41	59	158	47	286	82	360	62		175		87	310	64	443	36	634	75
677	80	42	15	160	57	288	84	362	64		159		111	312	47	462	64	636	47
679	122	44	56	161	54	289	85	364	77		184		56	313	69	470	46	641	74
		47	69	162	52	290	52	368	47		188		91	315	69	486	105	642	95
		48	91	164	59	291	69	371	60		204		69	316	81	492	49	646	77
		50	67	165	52	292	71	372	84		224		49	317	65	494	69	656	74
		53	95	166	52	293	64	375	84		225		49	319	60	498	57	662	68
		70	22	167	116	294	93	376	54		226		77	320	116	511	67	673	116
		88	75	168	56	295	62	377	73		228		65	323	38	513	54	676	108
		91	66	169	69	297	64	378	55		235		64	324	71	514	86	680	18
		95	108	171	43	299	43	380	75		237		56	326	45	520	66	687	99
		97	122	174	54	301	47	382	60		238		64	329	70	521	90	693	90
		98	62	177	94	302	63	383	1		239		118	334	40	524	84	699	69
		99	63	180	98	304	58	389	91		240		50	341	41	525	105	701	23
		102	23	182	54	305	68	391	47		242		59	344	68	526	55	702	109
		103	85	183	57	307	51	392	78		243		41	345	69	530	15	707	16
		104	75	184	61	309	84	393	88		244		91	347	97	536	75	712	50
		105	53	186	61	310	75	394	74		245		39	348	67	545	40	728	70
		109	48	188	66	311	100	396	86		246		64	349	50	547	107	730	134
		110	52	189	58	312	59	401	96		247		64	350	59	548	44	753	72
		113	59	191	58	313	68	402	101		250		66	351	140	550	59	754	77
		114	112	194	42	314	72	404	106		252		35	352	84	551	80	756	77
		115	60	196	57	315	85	406	80		254		72	353	58	553	40	771	38
		119	59	198	49	316	52	409	135		256		30	354	85	556	114	776	61
		120	47	201	71	320	68	410	63		257		99	357	105	559	156	778	22
		122	64	202	54	321	102	415	75		259		70	358	35	564	135	781	121
		125	38	203	68	322	63	416	58		261		48	359	100	565	67	784	34
		126	95	204	75	324	102	422	100		262		58	360	63	569	53	787	63
		127	113	205	70	325	50	457	70		264		142	361	39	570	37	789	63
		128	122	206	65	328	81	458	53		270		70	367	37	571	69	791	38
		130	62	208	66	329	96	463	54		272		21	371	117	572	58	801	19
		131	99	209	118	330	63	493	32		274		85	375	66	573	37	802	131
		132	37	211	87	331	94	503	49		277		30	377	112	574	84	813	88
		134	76	212	75	333	69	504	52		278		64	378	65	576	60		
		135	34	213	64	335	55	507	65		279		39	384	54	579	81		
		136	120	214	81	336	102	510	67		280		94	392	62	584	61		
		138	52	217	63	337	71	511	14		282		62	393	117	589	118		
		139	38	218	21	340	54	534	66		284		3	397	59	591	141		
		142	63	219	62	341	89	544	105		285		69	398	79	599	62		
		144	68	221	69	343	53	569	68		288		92	407	18	601	120		

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК16		ПК16		ПК16		ПК16		ПК16		ПК16		ПК17		ПК17		ПК17			
1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-299		1-50		51-100		101-150			
151-200																			
3	40	300	66	368	58	447	43	608	75	687	83	19	81	350	96	446	114	524	111
8	5	301	26	369	110	449	32	609	108	688	85	22	26	351	55	447	180	525	70
45	38	302	76	370	37	450	63	610	48	692	62	31	59	352	2	448	61	526	191
59	70	304	59	371	32	453	54	611	35	695	68	38	34	354	88	449	66	527	17
66	63	305	135	372	106	454	54	613	139	696	100	39	43	355	132	452	49	528	120
76	104	306	101	373	97	455	72	614	65	697	37	45	50	356	70	453	54	529	123
82	64	308	89	374	78	456	66	615	100	699	6	48	13	359	80	456	80	530	105
88	108	309	52	376	84	457	85	616	20	701	55	50	60	360	64	457	104	531	4
108	48	310	87	379	39	458	63	617	77	702	90	55	16	361	116	458	61	533	73
110	77	311	101	381	91	459	86	618	91	704	89	56	106	362	70	460	81	534	61
116	55	312	52	382	58	460	55	620	81	705	54	62	53	363	7	461	73	535	69
117	11	313	67	384	83	461	156	621	46	706	52	75	52	366	92	463	53	536	103
123	88	314	36	385	72	462	62	622	78	708	57	77	164	367	15	464	60	538	63
128	92	315	79	390	123	464	66	625	134	710	114	78	75	369	102	465	72	542	50
132	142	316	58	391	100	465	28	626	74	712	45	83	59	370	86	468	72	543	65
146	37	317	27	392	168	559	116	632	62	715	64	89	40	371	125	467	59	544	68
150	116	318	52	393	55	561	57	634	175	717	17	92	12	374	120	468	44	545	105
154	33	319	49	394	56	563	62	635	123	718	112	96	106	375	29	469	45	549	36
156	59	321	81	395	176	565	115	636	56	721	65	99	19	378	54	470	47	558	50
158	86	323	74	396	63	566	114	637	66	722	71	102	52	379	67	474	139	559	117
163	38	324	49	397	156	567	134	641	52	723	56	107	127	383	122	475	135	563	53
166	56	325	116	399	144	568	70	642	57	805	124	118	56	386	6	476	78	564	92
171	67	326	128	400	73	570	95	643	116	806	41	120	55	388	133	477	95	565	27
172	116	327	102	401	131	571	61	645	100	808	60	124	113	390	87	478	74	567	103
180	26	328	123	402	132	572	66	646	60	815	40	125	62	391	10	484	79	568	110
187	41	329	73	403	58	573	108	647	66	819	110	127	89	392	102	487	62	569	126
188	95	331	132	404	78	574	89	648	169	821	77	1	9	397	145	488	85	570	77
197	5	332	23	405	59	575	114	649	40	825	64	130	34	399	69	489	66	575	124
199	71	334	64	406	107	577	103	651	65	826	48	136	54	400	65	492	77	576	52
201	7	335	26	407	39	578	98	653	70	827	57	138	89	404	100	493	92	577	116
227	25	336	73	408	45	579	27	656	28	828	111	143	111	406	1	494	53	578	59
271	77	337	81	409	66	580	57	659	21	830	22	169	37	410	62	493	13	579	40
272	51	340	106	410	83	581	59	660	63	831	49	172	60	414	34	496	14	580	136
274	105	342	30	413	122	583	76	661	49	832	60	195	68	416	69	497	131	581	40
275	85	343	63	416	58	585	52	662	116	833	72	197	129	417	40	498	63	582	73
276	108	344	201	417	50	586	114	664	62	834	128	206	21	421	57	500	130	584	126
278	43	347	66	418	55	587	41	666	71	838	32	207	64	422	125	502	105	585	60
282	85	349	86	420	87	588	108	667	102	844	91	208	102	423	77	504	117	586	117
284	91	351	63	421	54	591	60	668	58	847	64	215	26	424	64	505	88	587	135
285	143	353	62	423	69	592	58	669	56	851	56	218	53	425	83	506	102	593	136
286	14	354	59	424	52	593	0	670	100	853	66	235	113	427	8	508	49	595	69
287	50	355	60	425	76	594	100	671	84	855	1	246	24	429	21	509	75	596	184
288	67	357	152	430	91	595	69	673	56	856	90	327	59	430	117	510	82	597	116
289	48	358	73	431	55	596	71	675	62	857	57	328	25	431	31	511	66	600	52
290	98	359	46	432	59	597	77	676	41	859	77	334	80	433	116	515	110	601	73
291	58	362	75	434	97	599	60	679	55	865	4	336	56	436	112	516	122	602	2
292	65	364	68	435	74	600	62	681	27	867	101	338	85	437	74	517	150	607	77
293	107	365	117	440	40	601	61	682	68	872	124	340	72	439	54	518	38	608	57
295	68	366	40	443	44	605	109	683	62	874	94	344	62	440	72	520	57	609	47
296	47	367	54	445	105	607	50	686	71		349	34	443	43	522	10	610	75	

Каталог показателей цвета

241

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК17		ПК17		ПК17		ПК18		ПК18		ПК18		ПК 8		ПК18		ПК18			
201-250		251-300		301-322		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300			
301-350																			
612	51	692	88	1023	19	3	42	320	41	462	3	543	28	627	78	854	18	1042	52
613	69	695	67	1024	67	18	19	337	4	465	133	544	16	628	61	862	12	1044	55
615	73	700	78	1032	23	21	17	339	2	466	89	546	81	630	42	864	16	1045	40
616	121	703	93	1033	68	24	51	347	148	467	62	550	155	635	102	868	18	1046	71
617	69	704	150	1041	69	31	58	353	1	468	208	551	72	638	66	878	22	1047	75
618	89	706	13	1058	146	32	5	354	39	470	119	552	65	640	111	879	31	1049	84
619	56	713	111	1064	51	35	38	355	44	471	24	554	43	641	47	881	57	1050	116
620	86	715	62	1069	120	39	27	357	34	472	18	555	4	642	78	889	2	1051	29
624	123	719	71	1073	124	75	58	365	87	473	87	558	81	643	22	901	35	1055	80
625	123	720	71	1099	104	82	46	373	65	475	53	559	9	644	104	931	24	1056	142
628	83	723	49	1129	49	88	36	375	43	476	36	560	75	645	88	932	54	1059	70
630	3	727	90	1139	100	90	37	378	92	477	117	563	8	647	48	933	34	1060	109
632	67	732	153	1146	63	92	31	379	35	478	75	564	25	650	160	934	67	1061	81
633	53	751	58	1161	50	97	60	383	42	485	34	565	9	651	22	940	0	1062	79
634	22	759	77	1178	123	105	39	384	30	486	71	567	40	652	88	941	203	1063	13
635	14	763	73	1181	34	106	39	386	41	491	69	569	123	653	122	944	54	1070	40
636	34	772	25	1185	89	111	74	389	11	492	94	571	82	655	70	946	17	1071	69
637	26	773	112	1190	43	135	14	390	13	493	79	573	82	659	60	949	26	1072	104
641	14	774	53	1203	121	153	42	396	44	494	90	576	97	660	42	953	14	1075	51
642	35	777	52	1212	102	161	41	403	11	495	72	580	59	661	30	962	46	1076	13
643	68	876	57	1253	121	165	51	407	50	496	70	581	47	665	16	974	3	1078	15
644	111	893	74	1262	81	176	36	413	38	498	63	582	37	669	4	978	74	1079	87
645	92	905	9			178	84	415	65	499	40	583	14	677	80	984	26	1080	85
646	37	908	1			179	81	417	86	500	50	584	53	678	30	985	18	1084	78
647	117	910	9			180	90	418	76	501	103	586	74	680	104	993	121	1085	72
648	59	911	100			183	72	419	65	504	85	587	13	681	62	998	1	1088	13
649	61	918	54			187	67	424	105	505	49	588	107	683	101	1002	68	1100	71
654	97	921	39			194	42	425	66	506	62	590	19	688	125	1007	70	1106	50
655	97	927	35			195	79	426	94	509	75	591	113	691	88	1009	52	1108	66
657	110	931	49			206	72	427	26	510	80	594	116	694	45	1012	94	1109	1
658	76	936	50			211	71	428	76	515	24	596	41	695	37	1016	138	1110	140
660	80	937	60			212	74	430	1	517	87	598	132	698	83	1019	63	1112	110
662	68	944	47			214	25	432	59	518	52	599	29	699	82	1020	40	1113	11
664	21	946	16			215	55	433	73	519	83	601	30	700	100	1021	58	1120	17
665	62	952	136			217	63	436	82	520	115	602	71	702	38	1022	60	1124	70
666	18	960	72			219	59	437	34	521	76	604	46	703	78	1023	33	1125	68
669	57	965	79			221	98	438	64	522	59	605	177	705	62	1024	67	1130	33
673	94	969	57			234	57	439	20	523	110	607	60	712	78	1025	34	1131	97
674	113	976	71			235	71	443	39	524	90	608	40	713	56	1026	70	1132	58
675	80	979	108			249	62	445	66	525	38	610	160	714	82	1027	77	1135	92
676	54	982	101			254	54	448	34	526	99	611	76	715	53	1028	142	1137	36
678	37	983	84			261	24	449	118	527	75	612	109	723	43	1030	116	1143	61
679	37	986	113			262	18	450	28	528	72	613	5	729	17	1031	24	1145	162
685	85	990	118			266	30	451	65	532	52	615	113	786	27	1032	48	1148	44
686	38	991	96			273	34	453	67	534	95	618	63	791	46	1033	93	1151	98
687	98	996	18			274	23	455	44	536	18	619	64	800	49	1034	76	1152	177
688	102	997	7			275	48	458	152	538	39	620	46	831	44	1035	84	1153	218
689	58	1002	52			301	42	459	46	539	89	623	94	834	36	1037	8	1154	67
690	61	1020	19			304	19	460	84	541	73	624	88	835	9	1039	16	1155	75
691	45	1022	10			310	22	461	41	542	61	625	54	853	31	1041	51	1156	32

16. Бюлл. Абаст. астроф. обс., № 12

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК18		ЛК18		ГК18		ПК18		ПК19		ПК19		ПК19		ПК19		ПК19		ПК19	
351-400		401-450		451-500		501-507		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300	
1157	2	1268	62	1542	44	1984	26	550	160	629	13	704	66	774	69	1104	15	1208	151
1160	38	1270	122	1551	6	1993	6	551	64	630	55	705	129	775	76	1108	22	1210	13
1162	93	1275	80	1567	4	1995	37	552	113	631	118	706	12	776	71	1109	18	1211	66
1165	110	1277	75	1588	25	2021	9	554	124	632	64	707	60	778	122	1110	63	1214	56
1167	87	1287	9	1589	27	2042	44	555	75	633	104	708	138	781	38	1111	62	1215	52
1168	20	1290	66	1591	5	2043	24	556	8	635	9	709	38	782	33	1113	128	1218	42
1169	68	1292	65	1596	36	2049	19	560	178	636	19	710	26	783	134	1114	42	1219	23
1170	13	1295	45	1600	5			561	36	637	60	713	49	785	113	1116	58	1221	24
1171	74	1302	83	1607	23			562	69	638	42	714	149	786	32	1118	56	1225	66
1173	53	1303	181	1630	26			563	2	641	52	715	42	787	15	1119	62	1227	58
1175	61	1304	67	1644	8			564	14	642	109	716	43	788	31	1121	137	1233	7
1176	123	1308	81	1650	31			565	58	645	34	717	7	789	31	1122	87	1235	127
1177	114	1309	61	1653	42			567	93	646	37	718	32	790	89	1123	13	1236	62
1179	76	1310	162	1657	29			569	51	647	26	719	58	791	33	1124	30	1238	78
1180	55	1311	78	1660	30			570	18	648	50	721	36	792	107	1125	4	1239	23
1182	70	1312	88	1662	28			573	88	649	65	722	73	793	50	1128	154	1240	15
1186	61	1315	142	1668	34			574	154	650	51	725	61	797	160	1129	35	1243	48
1187	73	1316	66	1671	9			575	65	651	21	726	7	798	57	1130	142	1247	14
1188	70	1317	26	1677	28			576	46	652	53	727	136	800	66	1131	81	1250	2
1192	60	1319	109	1681	48			577	68	653	37	728	58	1052	22	1132	183	1252	3
1198	8	1320	83	1682	33			578	24	655	57	729	51	1053	47	1134	17	1253	153
1201	104	1321	56	1694	44			583	48	656	72	730	77	1054	50	1135	19	1254	63
1202	17	1322	63	1712	38			584	64	658	26	731	136	1055	2	1137	55	1257	23
1205	91	1323	88	1723	36			589	43	659	112	732	25	1056	138	1139	7	1263	11
1210	40	1324	10	1728	40			592	47	660	99	733	46	1057	17	1140	14	1264	33
1212	11	1325	94	1729	31			593	19	662	62	734	28	1062	137	1141	40	1266	63
1217	46	1326	85	1732	51			594	26	663	14	736	37	1067	26	1143	124	1269	56
1221	70	1327	105	1740	20			595	28	664	75	737	47	1069	40	1144	60	1270	25
1227	31	1329	135	1754	43			596	39	665	50	738	32	1077	38	1146	54	1271	66
1230	33	1337	6	1758	55			598	59	666	155	739	32	1071	57	1149	59	1273	84
1231	100	1342	49	1783	20			599	52	667	39	742	29	1072	61	1150	112	1277	36
1236	105	1345	49	1787	8			600	46	669	21	743	145	1073	110	1152	41	1278	28
1237	105	1351	29	1809	41			601	108	671	40	744	32	1074	91	1156	46	1288	92
1239	42	1353	61	1812	25			602	83	672	18	745	101	1076	37	1161	61	1294	56
1241	12	1356	33	1815	19			604	51	677	5	746	47	1077	95	1162	50	1295	73
1246	14	1367	7	1817	30			606	34	678	66	747	101	1078	107	1163	24	1296	69
1247	84	1369	54	1821	40			607	41	680	42	748	16	1079	143	1164	4	1297	73
1250	142	1373	2	1829	8			608	60	681	57	749	52	1082	54	1166	72	1300	35
1251	98	1400	51	1860	10			610	29	682	4	750	70	1083	48	1172	16	1302	32
1253	40	1412	15	1874	17			611	34	683	63	752	18	1085	71	1174	5	1374	44
1257	40	1421	40	1884	34			612	39	685	53	754	93	1087	58	1177	32	1305	73
1258	35	1438	46	1898	56			613	56	687	51	755	61	1088	51	1179	37	1306	8
1259	53	1446	40	1911	52			614	55	689	41	756	125	1090	37	1183	61	1308	32
1260	56	1451	24	1919	29			619	12	690	107	757	30	1093	14	1189	69	1309	28
1261	72	1452	34	1922	33			620	54	692	7	759	105	1095	18	1190	50	1310	29
1262	62	1488	35	1928	32			621	68	693	41	763	60	1096	65	1192	55	1313	67
1264	38	1499	54	1933	44			624	53	696	59	766	46	1097	14	1194	16	1317	32
1265	49	1507	82	1953	24			625	33	697	49	768	63	1099	102	1197	18	1322	25
1266	47	1527	45	1966	33			626	40	702	62	772	20	1100	70	1199	21	1329	22
1267	42	1540	36	1978	24			627	36	703	38	773	13	1101	36	1200	34	1332	37

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	7	1	2	1	2
ПК19		ПК19		ПК20		ПК20		ПК20		ПК20		ПК20		ПК20		ПК20	
301-350		351-358		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-350	
351-379																	
1337	42	1454	15	1	47	498	47	722	52	1171	43	1286	39	1396	67	1552	31
1338	29	1455	62	6	43	504	80	730	95	1173	102	1289	90	1397	103	1553	35
1342	60	1458	26	11	27	505	46	732	107	1175	91	1290	47	1400	93	1556	27
1343	29	1459	32	14	14	507	55	733	59	1177	66	1293	56	1401	60	1566	21
1347	25	1461	59	19	104	517	67	739	34	1178	19	1297	40	1407	102	1587	3
1348	41	1462	22	21	22	519	11	740	12	1180	85	1300	109	1411	69	1632	43
1357	57	1466	19	25	24	524	43	745	20	1181	89	1301	66	1412	97	1675	25
1358	24	1469	5	33	23	525	129	754	80	1184	28	1302	114	1418	59	1755	25
1360	5			34	32	529	83	755	77	1187	49	1309	95	1419	58	1771	46
1361	69			54	72	530	59	756	33	1189	121	1312	84	1423	47	1815	39
1362	17			60	23	531	55	760	10	1190	65	1317	55	1425	89	1840	18
1364	5			69	19	532	32	761	24	1191	149	1319	58	1426	72	1881	25
1399	33			75	19	534	64	777	83	1192	87	1320	52	1427	53	1937	66
1373	18			118	23	536	27	789	6	1194	5	1324	7	1428	52	1941	158
1375	18			132	43	547	81	791	19	1195	63	1327	122	1439	98	1942	15
1376	72			156	2	551	68	802	28	1196	31	1328	95	1442	48	1954	67
1380	49			166	6	558	49	803	23	1197	27	1334	38	1443	90	1958	57
1381	64			171	41	568	62	804	49	1198	68	1336	76	1446	128	1964	40
1384	43			189	18	573	68	816	27	1199	16	1339	50	1447	101	1966	77
1385	83			192	52	575	41	817	21	1203	51	1340	63	1451	55	2005	51
1387	88			199	60	582	78	832	21	1204	59	1343	58	1459	71	2011	60
1388	68			200	20	584	23	839	29	1205	59	1352	79	1460	59	2036	22
1389	18			228	53	606	22	842	26	1209	109	1353	83	1462	37	2037	35
1391	32			276	25	610	62	874	21	1210	67	1357	54	1464	89	2040	62
1392	14			305	22	613	4	887	32	1212	75	1358	47	1465	115	2044	66
1394	23			310	36	618	53	889	11	1213	43	1359	57	1466	83	2050	42
1396	59			322	42	621	20	986	7	1214	48	1360	108	1469	162	2060	63
1399	107			343	30	622	7	990	37	1215	81	1362	84	1473	48	2093	20
1404	66			348	6	625	15	991	29	1216	24	1363	63	1474	89	2100	107
1406	62			349	39	633	36	1012	18	1221	117	1365	47	1475	79	2101	32
1408	128			357	18	638	39	1013	44	1222	23	1366	60	1481	6	2107	31
1410	63			416	17	640	46	1022	37	1224	75	1367	57	1482	85	2112	33
1412	80			417	40	648	59	1030	34	1227	57	1370	70	1488	64	2120	84
1414	13			427	19	649	48	1045	19	1228	88	1372	19	1489	46	2121	86
1420	62			446	111	654	31	1050	20	1231	24	1373	39	1491	115	2123	15
1421	45			450	85	660	19	1052	22	1233	64	1374	103	1492	75	2136	72
1423	138			452	74	661	54	1065	41	1245	9	1375	97	1494	68	2138	27
1427	149			453	46	662	62	1076	22	1247	66	1376	61	1495	31	2140	23
1428	66			455	21	664	50	1078	2	1251	83	1377	63	1499	56	2143	59
1430	52			458	168	677	88	1087	36	1257	33	1378	47	1500	65	2146	67
1432	30			459	30	675	178	1092	29	1259	139	1379	54	1501	73	2163	29
1433	91			465	21	677	140	1138	24	1262	31	1380	54	1507	57	2164	111
1434	7			466	39	679	10	1144	50	1263	29	1381	41	1512	107	2166	88
1435	44			468	46	682	78	1149	29	1265	111	1383	52	1522	106	2170	63
1443	48			472	97	687	126	1150	65	1267	66	1384	38	1527	97	2171	34
1445	28			473	54	688	47	1156	27	1268	107	1385	39	1533	58	2186	40
1448	77			479	46	693	36	1157	35	1273	35	1389	4	1535	58	2190	50
1449	140			480	89	698	66	1161	40	1276	46	1392	45	1541	29	2192	135
1451	34			481	18	701	19	1166	72	1277	41	1393	73	1546	90	2194	148
1453	145			493	80	715	51	1170	116	1281	94	1395	138	1550	88	2198	35

1		2		1		2		1		2		1		2		1		2	
ПК21		ПК21		ПК21		ПК21		ПК21		ПК21		ПК22		ПК22		ПК22		ПК22	
1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-345		1-50		51-100		101-150	
74	43	593	40	770	115	1119	99	1215	92	1295	137	1379	11	19	23	958	102	1132	110
96	52	594	41	771	106	1122	70	1217	32	1296	41	1382	15	36	16	959	113	1133	55
114	44	595	97	777	65	1123	53	1218	79	1298	59	1388	120	62	31	964	91	1150	22
278	21	596	69	778	103	1124	92	1220	85	1299	24	1389	22	67	24	967	37	1152	59
434	51	602	124	779	110	1127	44	1221	103	1300	36	1391	24	122	26	970	75	1155	58
483	30	603	68	782	75	1128	86	1222	36	1302	116	1394	56	138	10	976	64	1159	10
484	136	605	64	783	72	1129	58	1223	69	1303	5	1396	154	177	34	982	108	1160	90
487	51	609	94	785	92	1132	45	1225	101	1304	91	1398	78	196	6	984	55	1164	61
495	111	613	39	791	52	1135	98	1227	95	1308	100	1401	48	204	18	986	118	1165	106
498	60	619	76	794	118	1136	48	1228	62	1309	146	1405	127	211	73	992	70	1166	108
500	104	620	18	796	98	1139	27	1229	131	1311	98	1406	97	214	10	998	49	1170	82
502	98	621	47	801	62	1140	136	1231	111	1313	48	1408	9	216	18	1000	96	1172	80
507	38	622	86	804	42	1142	74	1233	32	1316	69	1410	22	217	7	1004	87	1177	79
509	63	629	138	805	86	1144	47	1235	35	1317	110	1413	56	274	6	1005	50	1178	94
510	77	632	90	811	54	1146	119	1236	32	1318	76	1418	104	278	16	1006	4	1179	23
512	116	636	102	812	12	1147	27	1237	42	1319	46	1419	90	295	32	1012	22	1181	100
513	136	638	31	815	61	1149	69	1238	72	1320	114	1420	28	302	7	1015	26	1182	25
515	54	645	128	822	13	1151	80	1239	87	1321	78	1423	107	337	29	1018	98	1183	41
518	171	648	35	823	52	1152	78	1241	55	1322	120	1434	66	384	38	1023	94	1185	26
519	55	653	36	824	85	1154	36	1242	67	1323	120	1437	65	402	25	1024	68	1190	97
521	68	654	102	826	97	1164	40	1244	112	1324	159	1439	135	491	4	1030	82	1205	55
522	59	658	98	832	94	1166	51	1245	40	1327	22	1440	104	531	10	1033	146	1208	36
524	84	661	49	833	86	1167	36	1247	42	1328	78	1441	48	598	15	1035	104	1212	50
527	63	665	53	834	58	1169	76	1248	53	1329	40	1442	43	645	34	1038	98	1218	1
529	54	676	94	836	16	1171	70	1249	55	1331	1	1448	74	785	5	1039	76	1220	37
533	19	683	59	838	142	1172	54	1250	84	1332	51	1799	12	791	43	1042	111	1222	38
541	141	693	74	853	32	1174	82	1254	55	1335	115	1804	52	829	27	1052	62	1223	46
543	34	694	100	1037	23	1175	125	1255	142	1336	53	1807	60	839	29	1053	36	1228	120
545	89	697	111	1042	2	1178	80	1256	63	1337	79	1863	19	844	108	1057	81	1238	52
547	5	704	127	1048	32	1179	83	1257	77	1338	61	1866	28	846	83	1058	49	1243	57
550	55	705	89	1058	31	1180	66	1260	78	1339	76	1883	2	850	66	1059	104	1247	165
552	18	707	51	1176	9	1181	69	1261	41	1340	126	1884	44	853	102	1064	45	1250	12
555	22	709	90	1083	131	1183	78	1262	110	1341	103	1927	22	856	26	1067	40	1255	87
557	35	712	78	1086	69	1187	123	1266	98	1342	117	1990	40	858	39	1070	109	1256	57
559	91	716	143	1087	75	1189	96	1268	71	1343	47	2042	11	884	106	1073	65	1259	24
560	78	719	71	1088	137	1190	98	1269	17	1345	25		888	92	1074	23	1260	122	
563	67	721	52	1089	65	1191	60	1270	128	1346	34		889	30	1075	34	1261	99	
565	101	722	67	1090	101	1192	46	1271	62	1349	13		902	42	1080	45	1268	40	
566	81	723	50	1094	71	1193	73	1272	61	1352	66		907	18	1081	103	1287	24	
567	117	726	47	1097	85	1194	136	1274	66	1356	89		908	138	1085	132	1288	18	
568	67	728	19	1099	50	1197	26	1275	102	1357	18		912	10	1087	110	1304	100	
570	118	732	53	1100	98	1198	60	1276	91	1358	45		915	25	1088	59	1309	111	
571	49	736	113	1105	29	1199	90	1279	130	1365	42		916	105	1092	45	1311	10	
580	99	740	69	1106	81	1205	151	1282	93	1366	60		918	33	1097	109	1318	26	
582	138	745	100	1107	40	1207	77	1284	43	1367	82		927	40	1103	64	1323	132	
583	84	746	95	1108	23	1208	116	1286	57	1369	44		938	30	1108	37	1330	20	
586	140	750	56	1112	76	1209	145	1288	133	1372	37		939	85	1110	69	1331	112	
589	53	751	73	1115	66	1211	59	1291	125	1374	35		942	18	1121	47	1341	64	
590	20	755	64	1116	49	1213	140	1292	117	1376	44		949	82	1124	85	1344	112	
591	109	769	101	1118	90	1214	140	1293	104	1378	50		954	113	1125	70	1345	103	

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК22		ПК22		ПК22		ПК22		ПК22		ПК23		ПК23		ПК23		ПК23		ПК23	
151-200		201-250		251-300		301-350		351-372		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250	
1346	91	1557	159	2207	19	2417	9	2709	38	6	28	368	34	570	98	675	148	791	86
1349	49	1562	10	2209	127	2421	71	2712	26	16	29	379	42	572	165	678	63	792	108
1350	95	1564	19	2213	61	2435	88	2715	48	19	6	399	19	576	135	679	129	793	152
1351	134	1565	7	2224	131	2442	30	2757	24	22	38	401	23	580	135	682	79	794	111
1352	98	1589	10	2226	147	2450	120	2820	18	23	48	406	41	581	122	683	62	798	61
1353	59	1592	16	2229	105	2456	71	2827	10	25	9	426	76	584	95	687	134	800	55
1356	42	1610	102	2231	119	2458	87	2843	4	27	33	437	49	586	36	688	46	801	174
1357	102	1630	154	2233	149	2467	24	2845	21	29	29	454	12	588	39	689	142	802	61
1358	42	1642	12	2236	10	2480	95	2848	37	34	44	462	19	589	70	691	74	803	149
1360	8	1655	96	2237	15	2482	80	2852	14	36	25	472	4	591	81	694	129	804	88
1365	57	1679	5	2238	97	2485	45	2856	23	46	23	485	45	592	49	697	138	806	70
1368	72	1685	18	2240	34	2488	53	2861	45	51	10	491	90	593	110	699	125	807	6
1371	114	1686	15	2242	66	2493	100	2866	15	54	45	499	51	597	53	702	35	808	47
1373	67	1693	9	2246	104	2499	73	2867	120	66	27	500	36	598	1	704	67	809	51
1374	8	1695	4	2250	137	2507	61	2870	7	67	30	504	13	600	25	705	236	811	74
1376	134	1703	7	2253	14	2512	75	2872	30	70	22	506	16	602	82	711	61	813	120
1379	123	1715	20	2260	22	2522	73	2873	40	84	39	509	62	603	129	713	74	814	30
1382	58	1738	90	2261	37	2524	89	2901	22	88	29	511	72	607	70	715	86	816	79
1384	34	1748	8	2262	32	2536	207	2903	25	92	34	512	51	608	70	716	89	818	93
1387	13	1862	12	2265	71	2542	50	2939	26	93	74	513	46	613	69	718	82	820	68
1390	64	1909	32	2267	45	2543	75	2961	18	96	14	514	57	614	77	723	70	825	151
1400	35	1919	40	2269	29	2547	103	2980	34	97	51	518	55	615	76	725	77	827	114
1412	148	1940	17	2275	115	2548	114			99	20	519	74	616	57	726	116	831	80
1415	94	2044	49	2281	111	2552	108			140	34	523	58	618	58	727	119	833	44
1420	111	2046	100	2283	116	2553	35			144	47	524	37	619	74	729	102	835	50
1422	132	2051	77	2290	121	2554	35			148	28	525	82	621	12	730	135	837	62
1423	18	2061	33	2309	34	2558	93			157	52	526	66	625	124	731	160	841	90
1428	119	2064	62	2310	94	2563	66			180	10	529	31	628	20	732	69	843	163
1433	83	2085	130	2317	15	2564	101			190	30	530	47	629	104	733	36	844	110
1436	30	2088	112	2323	45	2574	71			193	39	531	127	631	28	734	19	849	66
1439	90	2089	50	2328	105	2576	43			198	35	537	34	632	66	735	58	850	23
1458	40	2112	80	2332	119	2583	59			225	2	538	57	635	215	736	88	879	16
1459	111	2120	85	2333	104	2594	56			228	20	539	66	636	153	737	1	917	38
1463	58	2121	43	2335	60	2595	39			240	31	540	72	637	148	738	79	939	5
1467	11	2122	48	2336	37	2602	26			241	52	541	31	638	159	739	85	945	24
1480	118	2123	107	2343	76	2107	71			244	39	542	124	639	64	742	100	950	5
1482	93	2136	46	2345	23	2627	120			246	1	543	15	643	68	746	92	976	56
1489	73	2141	36	2349	48	2628	126			258	41	544	64	648	75	751	102	979	65
1496	12	2143	39	2353	121	2639	38			261	7	547	64	649	59	752	122	1040	52
1500	68	2144	55	2355	46	2641	20			263	1	550	34	651	22	753	103	1061	32
1501	97	2148	113	2357	7	2643	30			268	3	551	107	654	68	755	113	1074	80
1505	102	2151	95	2358	32	2645	54			276	51	552	32	655	28	756	72	1075	25
1508	62	2163	20	2372	90	2654	45			301	26	553	22	656	113	759	64	1077	156
1511	71	2168	94	2383	74	2657	133			317	42	557	34	657	20	764	65	1078	45
1513	15	2181	36	2388	87	2669	52			318	33	560	70	658	23	765	66	1079	54
1528	28	2188	49	2402	23	2676	50			331	31	561	157	659	62	770	120	1081	29
1538	34	2199	67	2403	86	2680	24			343	37	564	123	669	38	771	100	1082	32
1541	85	2200	122	2404	159	2687	72			353	54	566	168	670	92	775	72	1083	56
1552	14	2201	85	2405	71	2690	76			362	36	567	28	671	136	780	83	1085	46
1554	155	2202	14	2412	27	2704	62			364	41	569	105	673	58	785	66	1089	134

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК23		ПК23		ПК23		ПК23		ПК23		ПК24		ПК24		ПК24		ПК24			
251-300		301-350		351-400		401-450		451-500		501-505		1-50		51-100		101-150		151-200	
1091	38	1205	40	1324	31	1455	163	1736	47	2220	2	58	45	180	25	480	107	558	57
1093	63	1207	61	1325	128	1460	106	1749	12	2245	11	60	5	187	13	483	39	559	115
1094	108	1208	78	1326	71	1468	110	1750	42	2249	22	61	46	191	4	484	73	560	75
1095	50	1212	82	1327	91	1472	79	1757	44	2255	17	64	72	199	63	485	52	561	86
1102	33	1215	120	1328	30	1473	47	1758	38	2270	18	69	34	202	29	486	48	564	36
1106	53	1217	87	1332	55	1474	54	1762	44			73	60	203	69	487	158	566	33
1108	66	1221	142	1333	70	1475	7	1792	48			75	50	205	37	488	91	567	31
1121	204	1223	60	1335	64	1478	50	1793	27			78	120	211	22	490	79	568	45
1124	71	1224	122	1336	65	1481	90	1797	14			80	75	216	37	491	33	569	29
1125	38	1227	14	1341	29	1484	188	1805	17			81	35	217	61	492	60	570	160
1126	121	1228	73	1343	105	1486	138	1813	27			84	36	220	42	494	195	571	83
1127	33	1231	156	1345	182	1498	96	1849	34			85	32	222	92	496	108	572	56
1129	86	1232	79	1346	127	1506	220	1854	38			86	71	226	90	498	95	573	11
1132	42	1234	1	1348	83	1509	30	1862	14			87	70	227	58	499	45	574	62
1133	44	1238	64	1350	36	1511	58	1863	36			91	102	232	22	501	74	576	74
1135	76	1242	82	1351	28	1516	39	1870	38			92	47	233	124	502	152	580	76
1136	67	1244	41	1353	25	1519	8	1872	46			93	82	236	32	503	99	582	74
1137	71	1247	98	1357	91	1521	18	1873	18			94	13	246	22	504	182	583	31
1138	24	1248	29	1359	18	1522	13	1875	38			95	33	247	22	505	39	585	19
1142	140	1253	78	1361	81	1530	120	1882	13			97	69	250	31	506	60	586	61
1144	93	1254	102	1362	62	1533	34	1888	41			99	45	255	25	507	37	587	55
1149	133	1255	114	1363	84	1537	118	1896	23			101	66	258	38	508	111	588	17
1153	112	1256	95	1365	39	1541	92	1909	25			104	68	259	39	509	122	589	37
1155	56	1257	63	1366	32	1543	44	1917	36			110	86	260	24	510	59	590	67
1157	68	1258	84	1369	48	1551	50	1922	49			111	61	266	34	511	150	593	66
1158	112	1259	142	1370	157	1552	23	1926	5			112	135	271	93	512	36	594	43
1159	223	1262	114	1376	85	1557	68	1927	54			113	37	273	16	513	15	595	28
1160	111	1263	69	1381	115	1560	46	1936	32			114	30	284	15	514	22	596	59
1162	54	1265	139	1382	54	1564	53	1940	24			116	98	286	21	516	173	598	62
1163	38	1266	86	1384	101	1569	162	1941	41			118	62	295	112	517	69	599	46
1164	56	1270	108	1387	84	1579	45	1945	20			125	68	304	167	518	13	601	60
1167	90	1275	109	1388	100	1583	37	1950	24			128	41	306	30	519	88	602	69
1168	162	1280	126	1389	90	1586	2	1951	47			129	1	310	49	521	58	605	82
1169	77	1284	94	1390	31	1602	47	1953	0			131	1	314	28	523	33	606	10
1170	82	1287	25	1394	82	1603	56	1968	37			133	22	315	29	524	50	607	17
1171	76	1289	20	1400	166	1607	10	1982	33			135	20	316	81	525	140	609	123
1172	111	1291	129	1401	132	1620	12	1996	38			137	49	318	26	526	91	610	144
1173	75	1292	62	1404	91	1626	14	2009	12			138	80	326	20	529	85	611	12
1174	63	1297	45	1410	129	1627	33	2014	30			141	22	337	41	530	51	612	23
1175	119	1299	153	1421	70	1640	0	2054	8			142	69	338	49	533	47	613	53
1177	50	1308	66	1424	50	1648	8	2059	6			143	29	339	90	535	49	614	47
1181	70	1310	68	1425	89	1650	5	2065	6			147	39	344	29	536	10	615	47
1182	53	1311	152	1430	117	1652	34	2089	11			148	64	467	79	537	21	617	42
1190	69	1313	167	1431	41	1667	24	2130	11			153	13	468	87	540	62	618	34
1196	16	1314	72	1432	62	1675	22	2133	9			154	86	469	81	541	105	619	48
1197	54	1317	40	1437	58	1679	3	2138	26			157	47	470	0	547	46	620	33
1198	52	1318	73	1440	32	1684	18	2167	8			158	25	475	57	548	92	622	46
1199	138	1319	87	1443	2	1686	6	2179	12			163	53	476	40	550	48	623	84
1201	71	1320	74	1451	12	1707	32	2184	18			168	37	477	72	551	37	626	21
1203	118	1321	111	1453	103	1717	39	2205	8			175	79	478	38	553	62	627	66

Каталог показателей цвета

247

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
ПК24		ПК24		ПК24		ПК25		ПК25		ПК25		ПК25		ПК25		ПК25		ПК25	
201-250		251-300		301-329		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-350	
628	76	812	121	906	148	6	21	193	50	383	20	574	57	658	84	747	64	1034	33
632	45	813	39	907	84	11	32	196	29	417	38	575	67	659	92	748	53	1035	43
634	59	814	63	909	63	14	4	200	51	418	51	580	74	660	82	749	88	1036	84
636	14	816	26	913	135	18	16	201	102	420	3	581	40	661	60	750	70	1043	32
637	50	817	31	916	91	23	47	204	107	421	23	582	62	662	113	751	62	1049	148
638	120	818	136	917	62	25	45	216	98	426	16	583	66	664	100	752	68	1053	104
639	110	819	171	918	40	29	34	218	112	428	62	585	118	665	89	754	71	1057	53
640	44	820	12	919	94	30	46	222	28	437	35	586	51	666	117	755	76	1060	26
641	38	823	49	920	140	31	25	223	125	439	6	588	64	667	77	756	27	1066	135
643	96	824	40	921	54	35	17	233	64	440	27	589	126	668	76	760	112	1067	34
649	32	826	88	924	43	37	16	234	100	441	11	590	81	669	68	761	143	1068	96
651	39	828	38	925	71	38	4	235	72	446	50	591	77	671	143	762	71	1069	174
652	36	830	102	926	72	41	31	236	36	450	34	592	78	672	15	764	69	1070	93
653	56	831	114	930	100	44	57	239	30	454	51	595	67	674	42	767	223	1072	31
657	62	832	40	931	119	60	44	241	102	457	69	596	115	675	81	769	90	1073	128
658	37	833	46	934	90	63	27	247	93	458	38	598	53	677	93	770	91	1074	76
661	2	834	107	938	128	66	25	250	35	459	3	599	49	678	90	773	59	1075	113
665	78	835	32	940	30	73	31	252	23	463	30	600	136	680	163	775	87	1080	61
667	106	836	64	941	59	79	31	255	86	466	13	601	71	681	20	782	69	1081	63
668	115	839	89	942	49	81	31	259	64	471	56	602	47	682	41	785	52	1085	150
670	100	840	33	944	44	92	66	262	71	480	50	605	34	684	68	788	129	1086	112
671	173	846	79	946	79	93	26	266	26	491	31	608	125	685	63	791	91	1092	100
673	47	847	53	948	58	96	110	267	46	500	8	609	81	686	98	794	41	1093	86
674	32	848	76	950	39	102	94	273	62	502	9	611	59	688	67	795	18	1097	137
676	54	851	20	952	248	110	52	274	23	506	56	612	39	689	70	798	123	1101	65
677	73	853	46	954	50	113	28	276	24	510	58	613	82	690	81	800	41	1102	60
678	42	855	33	957	31	114	20	280	68	513	38	614	64	691	96	816	30	1108	80
684	94	857	45	958	49	119	52	281	38	515	31	615	45	697	77	823	46	1116	104
685	150	859	72	959	77	120	19	288	17	518	34	618	113	699	91	848	18	1117	30
687	27	863	124		121	90	289	21	519	5	622	56	701	22	879	60	1118	57	
688	47	866	184		128	116	290	46	522	39	623	82	703	70	905	46	1123	30	
690	77	868	59		129	37	294	94	525	5	624	105	705	69	906	14	1124	56	
691	62	872	57		136	37	296	41	533	98	625	136	707	60	998	33	1126	118	
692	39	874	75		138	69	297	58	534	60	628	6	708	57	917	47	1127	90	
693	52	875	93		144	37	298	17	535	33	630	14	709	81	928	47	1132	56	
697	132	876	56		148	25	301	47	539	74	632	86	710	105	948	47	1136	37	
699	79	878	68		149	36	305	81	540	56	633	78	718	6	949	33	1137	5	
700	8	880	52		150	64	309	46	541	79	639	81	726	44	952	8	1139	38	
702	31	882	63		151	19	313	36	543	86	640	31	728	103	955	14	1140	26	
703	57	883	46		152	130	315	65	546	56	641	10	729	62	978	31	1141	126	
704	17	886	69		158	60	317	42	548	35	642	77	730	38	986	60	1143	25	
705	89	890	41		159	64	318	22	549	103	643	38	734	41	988	32	1146	82	
800	39	892	48		162	50	326	73	550	54	644	74	735	39	995	67	1148	48	
803	89	895	97		166	55	328	51	554	69	645	78	738	40	1002	68	1153	68	
804	36	896	182		170	13	330	48	555	87	646	74	739	72	1008	52	1154	49	
806	90	899	43		172	129	339	65	560	58	647	69	740	25	1018	16	1155	48	
807	34	900	40		178	65	359	11	565	34	650	56	741	65	1020	52	1158	44	
809	132	903	59		180	42	370	49	571	60	654	36	742	81	1022	60	1159	21	
810	106	904	108		188	61	374	24	572	52	655	44	743	122	1023	59	1160	56	
811	122	905	55		192	110	379	3	573	47	656	86	746	28	1027	35	1161	52	

1		2		1		2		1		2		1		2		1		2		1		2	
ПК25		ПК25		ПК26		ПК26		ПК26		ПК26		ПК26		ПК26		ПК26		ПК26		ПК26		ПК27	
351-400		401		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-349		1-50					
1162	52	1427	42	76	32	876	55	1028	58	1155	49	1268	63	1866	96	2054	90	5	73				
1163	50			159	47	885	39	1032	63	1159	131	1269	81	1869	21	2055	167	6	98				
1164	15			167	21	893	104	1034	34	1160	51	1271	47	1872	54	2059	31	14	60				
1167	25			185	33	895	20	1038	84	1161	64	1272	53	1876	88	2061	56	19	57				
1182	54			186	15	899	61	1039	86	1164	41	1278	109	1879	29	2066	110	20	60				
1186	70			194	36	905	53	1040	8	1166	35	1279	70	1881	41	2069	93	21	97				
1189	45			205	128	906	74	1041	56	1169	46	1280	60	1883	59	2071	65	22	52				
1198	66			221	110	909	119	1044	53	1170	54	1281	198	1884	173	2082	118	23	72				
1200	48			247	54	911	113	1045	54	1171	134	1335	14	1886	70	2083	77	24	112				
1208	38			254	17	919	29	1046	49	1172	51	1346	32	1888	98	2094	61	26	75				
1210	26			263	22	921	115	1047	171	1175	72	1352	22	1889	87	2097	48	29	52				
1212	25			267	45	922	47	1050	81	1177	39	1353	17	1899	21	2100	36	30	68				
1216	29			272	26	925	8	1051	121	1180	107	1369	17	1902	58	2106	32	36	79				
1217	30			278	46	928	107	1056	112	1181	30	1402	19	1904	48	2155	24	40	78				
1245	51			306	117	940	2	1060	120	1182	71	1602	30	1905	89	2186	20	49	58				
1253	31			309	73	942	31	1066	40	1185	123	1607	21	1916	43	2209	31	52	87				
1264	60			315	53	946	122	1067	58	1190	66	1651	2	1921	63	2221	3	53	59				
1271	34			318	111	952	134	1068	84	1195	103	1667	22	1924	86	2229	40	56	76				
1274	48			321	8	958	114	1072	180	1196	41	1694	37	1928	48	2236	19	57	15				
1277	64			330	50	960	117	1079	110	1198	24	1697	14	1944	35	2377	152	60	94				
1284	54			373	39	961	49	1080	29	1200	117	1713	39	1946	105	2383	118	63	136				
1291	20			386	64	962	56	1084	125	1201	88	1719	30	1950	39	2396	55	64	58				
1292	56			393	42	964	90	1087	118	1207	89	1721	63	1952	80	2402	64	66	61				
1295	61			396	19	966	66	1088	63	1208	39	1722	61	1954	21	2417	41	67	59				
1296	140			400	42	972	78	1091	25	1209	150	1723	102	1955	36	2432	71	68	72				
1301	47			420	23	973	70	1092	10	1211	99	1729	22	1957	7	2451	51	69	62				
1305	25			424	38	975	72	1093	71	1217	89	1730	56	1960	133	2453	119	72	57				
1321	35			426	36	976	48	1094	56	1218	89	1734	112	1964	41	2464	69	73	57				
1322	38			432	49	977	90	1096	88	1221	67	1744	122	1966	72	2477	17	75	61				
1335	48			457	123	979	69	1098	123	1226	12	1752	171	1976	16	2487	48	76	62				
1344	54			477	40	980	78	1099	83	1228	67	1769	79	1979	51	2488	4	77	16				
1352	26			436	2	981	25	1100	74	1229	69	1771	33	1981	58	2504	58	78	67				
1354	58			500	51	982	50	1103	10	1231	130	1775	119	1990	39	2511	137	80	58				
1362	64			543	26	985	50	1104	70	1232	56	1787	8	1992	105	2514	31	81	91				
1367	75			558	16	986	11	1105	42	1236	110	1788	50	1994	62	2521	59	82	76				
1369	29			590	46	987	47	1108	85	1238	91	1791	76	1995	100	2530	128	84	62				
1371	54			604	20	989	40	1112	135	1240	125	1700	130	2001	21	2535	11	85	59				
1378	78			612	37	991	137	1115	58	1243	52	1804	141	2003	100	2549	53	88	89				
1384	58			769	28	994	138	1120	51	1244	39	1806	48	2004	24	2554	58	89	32				
1386	64			779	24	995	154	1121	79	1245	101	184	4	2017	22	2555	8	90	82				
1388	34			794	8	999	28	1123	120	1246	46	1807	13	2020	77	2558	70	105	10				
1389	36			818	25	1001	50	1126	198	1247	67	1809	59	2029	81	2560	48	107	65				
1390	68			846	104	1005	25	1130	10	1253	35	1815	131	2030	44	2563	44	109	39				
1396	46			848	67	1008	13	1131	44	1257	77	1816	142	2033	37	2577	9	116	72				
1397	10			849	18	1010	142	1133	118	1258	61	1817	128	2034	17	2583	32	117	59				
1398	43			851	110	1015	55	1134	62	1259	104	1819	63	2038	52	2607	58	121	27				
1401	29			855	59	1019	37	1141	29	1260	19	1831	47	2039	102	2622	26	125	25				
1405	58			857	65	1021	25	1144	50	1262	111	1832	51	2040	60	2635	25	128	2				
1408	63			866	62	1024	73	1148	120	1263	70	1854	114	2043	49	2652	166	134	98				
1410	36			872	6	1026	47	1154	130	1264	55	1861	79	2047	49		136	48					

1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2 1 2																			
ПК27		ПК27		ПК27		ПК27		ПК27		ПК28		ПК28		ПК28					
51-100		101-150		151-200		201-250		251-297		1-50		51-100		101-150					
138	61	399	69	503	36	812	71	928	86	1	73	346	108	427	72	794	27	897	75
139	84	401	64	504	104	814	72	931	33	2	59	348	99	430	52	797	37	903	66
141	98	404	55	511	58	815	66	937	107	3	82	349	118	431	70	800	58	904	88
144	64	405	64	512	50	817	109	938	83	6	69	350	52	433	147	801	46	906	69
145	102	407	62	514	68	819	57	941	62	17	63	351	51	434	49	804	96	910	66
146	12	409	76	516	48	820	4	942	80	26	15	352	80	436	29	805	47	911	93
151	19	411	69	517	64	824	122	949	66	27	35	356	56	442	41	806	149	912	87
156	100	413	58	521	78	825	42	950	55	28	70	357	95	444	58	808	120	914	56
164	87	414	28	524	66	831	66	952	99	31	80	358	52	445	64	809	111	916	45
167	11	415	54	525	38	832	67	955	106	34	70	359	18	447	72	813	55	917	75
168	60	419	66	526	62	833	62	958	43	36	63	360	68	448	102	815	149	925	49
169	63	420	69	527	86	834	66	962	67	44	97	361	40	449	128	818	50	926	82
175	22	425	108	528	64	835	8	964	99	45	86	364	63	451	59	821	83	927	48
187	54	426	29	529	50	837	101	969	56	49	60	365	65	453	94	822	62	932	49
190	68	429	52	535	73	841	142	978	64	52	39	367	69	454	84	826	99	933	91
192	74	430	64	536	121	842	9	980	94	56	53	370	140	455	83	827	77	934	124
193	70	431	106	539	66	843	6	982	73	58	88	371	57	460	80	829	45	1164	76
194	28	432	37	541	58	844	72	983	1	64	65	373	57	461	111	832	57	1165	140
195	95	433	75	545	69	846	61	988	93	85	36	374	114	462	48	835	16	1168	83
199	66	434	126	547	114	849	67	992	72	94	101	375	61	464	58	836	119	1169	105
203	98	435	61	551	70	850	29	996	74	105	59	376	89	467	94	837	103	1175	27
208	82	430	70	552	25	853	13	997	118	106	41	377	101	473	91	838	89	1187	138
212	54	439	97	554	73	856	73	1002	65	107	50	384	73	475	52	843	50	1191	60
215	76	444	87	555	77	857	93	1003	56	111	38	387	130	476	122	844	52	1192	62
216	72	446	65	560	60	864	140	1010	106	113	58	389	104	481	74	847	68	1193	52
218	24	447	54	565	87	868	101	1014	70	125	28	390	75	482	32	848	55	1199	58
220	95	449	77	566	81	869	81	1021	70	132	152	392	60	489	117	849	69	1201	59
221	91	451	30	570	83	872	59	1022	7	142	34	393	49	490	61	850	104	1205	51
226	31	453	82	571	91	876	8	1023	53	162	68	399	98	492	106	853	90	1209	73
267	48	455	130	580	71	877	58	1031	8	319	12	400	55	500	9	854	94	1235	68
287	18	456	142	582	128	880	97	1037	114	320	111	401	64	508	6	855	67	1238	54
288	18	457	61	589	12	885	56	1046	19	321	85	403	64	516	49	856	39	1252	52
290	23	458	102	595	36	886	77	1051	60	322	70	404	72	523	71	859	81	1274	12
320	25	459	83	601	65	887	59	1052	63	323	62	405	65	755	13	860	57		
357	37	460	50	602	77	888	61	1068	3	324	58	406	61	758	127	863	70		
376	48	470	85	603	63	890	79	1073	55	325	110	407	101	759	65	864	102		
380	71	472	65	604	60	894	67	1239	89	327	108	408	69	760	79	867	132		
381	77	474	69	607	68	895	55	1240	51	329	66	409	74	766	65	868	54		
383	107	475	51	677	34	900	72	1265	68	330	51	410	77	767	100	869	55		
384	119	475	65	748	12	902	92	1276	18	332	48	412	97	768	57	872	75		
385	55	477	91	752	43	904	74	1278	1	334	73	413	32	769	91	874	76		
386	62	478	59	754	52	905	63	1292	12	335	86	415	69	774	116	875	50		
387	57	481	100	760	15	908	59	1302	12	336	115	418	43	775	33	876	55		
388	21	482	76	795	70	912	86	1305	35	337	63	419	63	778	60	880	51		
389	130	485	50	795	70	913	73	1346	6	338	62	420	57	781	110	882	107		
390	57	486	94	800	63	916	64	1349	42	339	63	422	49	783	50	884	66		
391	67	488	15	803	97	917	57	1369	25	340	43	423	100	785	48	888	35		
392	83	493	10	805	54	918	131		341	67	67	424	102	787	80	893	35		
393	44	497	36	808	57	921	60		343	79	425	49	791	44	895	85			
395	69	502	67	810	38	922	79		345	107	426	75	792	61	896	66			

1		2		1		2		1		2		1		2		1		2	
ПК29		ПК29		ПК29		ПК29		ПК29		ПК30		ПК30		ПК30		ПК30		ПК30	
1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-271		1-50		51-100		101-150		151-200	
7	16	102	48	205	50	284	36	411	59	529	56	4	56	108	49	184	64	256	97
19	16	103	60	207	76	285	53	413	40	538	50	7	83	110	98	185	47	257	60
22	5	105	74	209	42	286	67	414	80	540	29	10	92	112	51	186	95	258	81
40	14	106	64	210	3	287	107	418	53	541	13	12	53	113	90	187	78	259	48
41	50	107	33	211	2	288	119	419	17	545	39	13	66	115	74	188	62	261	69
42	16	108	72	212	60	289	50	425	47	548	34	15	65	116	49	189	51	262	59
43	50	111	42	213	137	290	94	426	35	551	72	16	55	120	78	190	64	263	44
44	117	112	66	214	50	291	88	428	49	554	89	17	105	121	40	191	32	264	30
45	57	113	49	215	62	295	32	433	45	559	111	18	48	122	54	192	65	265	14
46	73	114	106	216	4	296	22	434	50	560	110	20	48	123	67	197	111	266	69
47	95	115	58	219	125	298	106	437	86	578	52	21	84	124	57	198	85	267	55
49	9	116	38	220	69	300	33	438	46	588	51	22	12	125	73	199	69	269	55
51	31	117	121	221	63	302	67	440	63	592	72	23	69	126	73	200	65	272	55
52	89	118	47	222	99	303	78	442	119	594	134	24	48	128	65	201	119	273	101
53	50	120	74	225	53	304	42	444	116	599	21	25	43	130	59	202	58	275	56
54	65	121	78	226	63	305	31	445	61	602	101	27	59	132	68	204	69	277	52
55	95	122	49	227	124	306	81	447	69	607	36	28	56	133	100	205	49	278	68
56	0	123	114	228	58	307	54	448	90	609	20	30	122	134	52	206	66	279	63
57	60	124	102	229	57	309	52	451	64	625	61	31	42	135	61	207	62	280	61
58	62	125	55	230	58	312	77	458	64	648	34	32	42	136	117	211	77	283	97
59	74	127	100	232	54	318	12	461	50	660	52	35	61	139	34	212	44	284	38
61	82	131	95	234	4	321	51	462	40			36	45	142	59	213	41	285	55
62	62	132	70	235	47	323	116	464	70			40	66	143	69	214	76	286	107
64	96	134	72	237	45	324	93	465	68			41	67	144	78	216	101	288	61
65	71	136	87	241	125	333	70	467	60			43	62	146	60	217	97	290	81
66	52	137	109	246	76	334	118	469	59			47	74	147	65	218	84	291	94
67	59	139	48	248	45	335	61	471	108			49	54	148	48	219	77	292	46
70	38	140	46	249	70	337	63	472	66			51	106	150	74	220	58	293	86
72	119	141	34	251	9	338	75	473	136			52	84	151	67	221	80	294	68
74	89	145	48	253	97	339	26	474	98			53	71	152	57	225	63	295	79
77	66	146	46	254	92	340	41	475	70			54	80	153	94	226	84	296	75
79	54	147	123	257	74	341	85	476	57			59	113	154	68	227	69	297	67
80	53	148	68	258	48	342	68	481	32			60	65	155	59	228	56	298	72
81	84	154	17	259	51	345	166	482	30			61	96	156	59	229	52	299	57
83	56	157	35	260	22	358	64	483	49			65	96	157	49	234	70	301	82
84	52	159	6	262	94	367	60	485	109			67	104	158	52	236	27	302	45
85	29	163	92	264	90	376	83	486	127			69	57	159	71	238	54	303	60
86	89	167	69	265	87	389	76	487	38			70	60	161	68	239	119	304	96
87	60	172	36	267	67	390	104	492	102			79	67	162	56	241	99	306	44
88	74	177	57	268	131	392	49	493	90			83	67	165	79	243	59	307	63
90	39	179	81	269	35	394	11	495	60			87	117	166	68	244	66	309	39
91	84	181	60	270	70	395	6	497	91			88	53	167	67	245	84	310	91
92	67	184	86	271	48	397	36	498	124			90	56	168	46	246	50	312	59
94	91	194	56	272	138	398	68	504	57			96	73	170	68	247	48	315	48
95	60	196	104	273	16	403	9	506	63			98	17	171	53	248	64	316	74
96	64	197	55	274	95	404	132	510	58			99	60	173	86	249	68	317	65
97	63	198	63	275	145	405	98	516	42			101	18	174	65	250	59	318	109
98	40	200	67	276	108	407	58	520	46			102	73	179	68	252	71	319	87
100	58	201	79	280	9	409	123	523	93			106	72	180	74	253	58	321	100
101	122	204	39	281	48	410	75	528	71			107	81	181	82	254	82	322	60

Каталог показателей цвета

251

I 2		I 2		I 2		I 2		I 2		I 2		I 2		I 2	
ПК30		ПК30		ПК30		ПК31		ПК31		ПК31		ПК32		ПК32	
201-250		251-300		301-337		1-50		51-100		101-143		1-50		51-100	
323	50 392	47 469	42 142	64 349	72 512	89 47	11 158	80 355	48 539	41					
324	59 393	53 478	39 145	103 350	34 518	56 55	98 160	53 356	50 540	56					
325	75 394	54 492	50 149	133 355	59 521	99 63	8 161	79 358	83 543	64					
326	48 395	74 495	81 151	85 357	34 523	52 66	66 162	91 359	79 552	45					
330	61 397	86 496	66 154	52 359	52 568	61 67	73 163	76 360	51 558	36					
331	83 399	52 497	42 162	69 361	52 570	56 71	87 164	112 361	57 560	100					
332	95 400	37 503	69 172	64 362	67 571	72 72	95 166	142 364	122 566	70					
333	22 401	67 504	98 185	71 363	34 575	74 73	70 169	89 365	93 570	84					
334	73 403	88 505	86 194	84 370	56 576	68 74	24 170	67 368	42 576	37					
338	20 404	111 514	105 195	114 371	53 587	62 75	68 172	62 369	111 578	64					
339	69 406	71 516	39 197	112 381	78 594	88 77	99 173	76 370	52 583	46					
340	83 407	71 517	75 200	76 386	73 595	71 79	64 174	119 372	53 588	48					
341	53 408	64 518	108 201	60 388	44 596	112 80	64 176	77 375	116 590	115					
343	51 409	104 519	2 204	49 390	36 601	37 81	120 178	74 377	70 592	96					
344	110 410	67 522	81 206	82 391	60 605	72 83	110 179	89 378	66 599	41					
345	77 412	68 527	63 208	53 394	87 606	75 84	124 180	89 385	124 601	71					
346	31 413	70 530	130 212	10 406	55 619	132 86	75 181	51 386	59 602	64					
347	26 414	83 533	111 214	64 407	71 621	63 88	111 188	96 388	70 603	54					
348	68 415	57 537	62 223	97 408	41 623	71 89	51 191	42 389	34 608	66					
349	64 417	85 540	33 225	100 411	54 626	86 92	59 192	58 390	106 609	49					
350	99 418	69 542	29 226	52 412	49 632	77 94	67 193	57 391	47 611	48					
351	78 419	61 544	29 227	117 415	51 634	96 95	95 197	109 392	84 614	168					
355	66 422	63 545	22 230	53 426	114 637	108 98	56 198	94 395	55 616	69					
356	162 424	60 552	82 232	34 441	46 639	83 103	73 204	55 397	64 617	105					
357	8 425	63 558	52 234	82 442	86 644	130 105	79 206	110 398	54 620	59					
359	81 426	68 559	25 240	74 444	119 650	96 107	113 208	80 399	127 621	69					
360	50 427	69 562	22 243	62 445	54 651	91 108	44 218	14 402	40 623	67					
361	47 430	67 582	47 252	86 447	36 665	112 109	89 252	7 405	79 624	53					
363	71 431	60 583	58 255	118 448	114 667	119 112	104 253	13 406	142 626	86					
364	32 432	98 586	56 257	135 452	44 668	140 116	2 9 281	18 409	45 627	86					
365	62 433	50 589	78 260	35 454	12 675	76 120	110 294	53 410	39 630	79					
366	58 434	68 591	50 263	130 455	67 686	109 121	56 302	67 411	75 631	100					
367	57 435	63 593	51 268	102 456	12 693	150 122	114 307	52 412	62 635	108					
371	65 436	72 594	61 269	43 458	54 699	32 123	49 310	75 413	50 642	64					
372	61 437	76 600	54 270	58 460	134 719	63 124	56 314	44 415	62 658	61					
373	70 439	57 604	41 276	39 463	64 732	87 125	84 317	116 416	68 664	54					
375	140 441	52 606	3 277	122 466	59 733	47 126	68 319	134 418	52 666	45					
376	57 442	47	278	126 472	38 748	78 127	98 321	43 421	74 667	64					
378	120 443	35	280	58 479	118 761	129 129	97 322	67 426	125 739	23					
379	87 444	102	328	90 482	55 785	10 130	63 326	53 427	61 749	17					
380	33 445	70	329	65 485	121 790	28 132	74 329	37 428	102 828	14					
381	50 446	54	331	12 487	36 798	30 134	91 331	149 431	82						
382	81 447	2	333	31 488	52 885	16 139	109 334	57 432	67						
383	60 448	64	337	78 490	56	141	84 336	89 435	113						
384	46 449	118	338	64 494	124	143	56 337	75 439	53						
385	58 450	52	340	48 500	86	144	66 340	36 440	87						
386	61 451	43	342	62 504	56	151	72 341	124 441	64						
387	52 452	23	343	92 507	75	152	55 345	122 498	31						
389	73 454	67	347	45 509	40	153	56 352	55 519	19						
390	1 455	46	348	73 511	63	154	85 354	78 535	69						

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК33		ПК33		ПК33		ПК33		ПК33		ПК34		ПК34		ПК34		ПК34			
1-50		51-100		101-150		151-200		201-205		1-50		51-100		101-150		151-200			
201-219																			
24	99	191	105	315	120	397	84	586	118	5	44	214	38	338	100	437	60	677	72
36	55	142	24	316	55	398	159	593	99	10	7	222	55	342	68	443	132	680	56
41	99	193	36	317	63	402	98	597	60	44	79	224	82	343	108	446	61	681	51
45	117	194	75	318	67	403	64	600	56	48	2	226	56	347	71	447	78	684	3
59	65	195	49	320	61	406	109	626	84	49	123	227	56	352	58	465	34	687	60
63	51	197	63	323	61	407	97			56	41	230	89	354	91	495	93	700	100
64	38	198	57	324	68	410	162			57	83	232	48	355	128	496	51	705	57
78	34	201	72	325	86	414	58			64	66	233	85	356	53	499	80	708	28
86	21	202	57	328	73	415	68			65	86	236	14	359	55	501	21	713	50
95	32	204	76	331	11	416	63			69	74	237	126	361	13	503	46	763	50
105	46	206	50	333	64	418	43			70	58	238	79	362	54	505	79	806	36
120	70	207	89	335	94	420	74			71	61	239	28	364	62	508	83	811	80
122	23	208	59	336	9	421	114			73	86	242	70	366	51	509	34	836	125
123	53	210	25	340	58	422	75			74	60	247	87	367	65	512	92	838	113
124	112	211	128	341	55	424	52			76	75	250	148	368	43	514	54	849	53
125	111	214	129	342	18	425	76			77	60	251	68	369	84	515	27	878	8
126	56	219	110	344	63	426	55			78	55	252	70	371	58	520	54	924	17
131	34	220	98	345	50	427	74			81	54	254	58	372	62	521	57	939	8
132	60	221	55	346	63	429	57			82	61	255	118	376	97	523	4	942	6
135	66	223	72	347	57	430	49			84	122	257	119	377	79	528	101		
136	60	224	77	348	65	435	110			86	104	258	60	378	86	541	56		
138	59	225	64	350	48	436	51			88	78	260	71	379	31	542	70		
139	52	228	73	351	152	438	60			92	58	264	119	382	67	543	64		
140	107	229	112	352	74	440	42			97	63	265	37	384	58	544	65		
142	53	230	55	353	58	442	54			101	53	266	52	386	66	545	80		
144	88	232	106	359	64	444	68			102	86	271	73	388	129	546	52		
145	71	235	61	360	122	447	98			108	60	272	85	392	122	557	84		
146	78	236	6	361	56	448	62			109	107	274	61	394	117	565	48		
149	75	237	38	364	77	449	7			111	7	275	65	395	75	568	98		
150	52	240	77	365	85	451	67			114	100	277	71	400	46	571	51		
152	58	243	48	368	51	453	75			116	70	282	72	402	84	574	52		
153	57	244	59	369	83	455	71			121	16	283	84	403	50	575	67		
154	62	245	57	370	123	493	21			127	49	284	65	404	51	576	77		
158	74	247	59	373	89	511	60			129	7	287	61	405	108	577	113		
159	120	249	81	376	114	515	76			130	58	288	86	408	96	583	106		
160	62	250	61	378	51	524	63			131	62	291	106	410	135	584	117		
161	50	251	64	379	92	530	74			132	148	293	53	412	41	593	19		
164	62	255	82	380	35	536	83			133	10	294	58	413	52	614	99		
165	55	262	73	381	67	537	42			134	55	296	92	414	90	617	53		
166	60	274	21	382	51	541	80			137	61	299	64	415	65	623	65		
167	68	299	59	383	29	546	62			139	70	302	76	419	82	637	42		
168	89	301	79	385	68	548	86			142	99	304	73	420	80	638	49		
170	54	302	90	386	52	550	67			145	58	305	67	421	57	639	67		
176	62	303	112	387	67	552	46			148	116	311	64	422	134	641	46		
180	77	305	53	388	68	556	26			150	60	314	48	423	54	644	85		
182	89	307	64	389	77	559	10			154	67	324	58	429	128	655	141		
184	117	308	57	390	109	567	70			156	117	327	66	430	42	661	58		
186	72	312	52	391	119	576	111			157	96	328	65	431	71	662	26		
189	128	313	52	392	56	583	35			158	127	333	71	434	39	663	74		
190	105	314	57	394	52	585	16			194	33	334	32	436	124	676	70		

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК 35		ПК 35		ПК 35		ПК 35		ПК 35		ПК 36		ПК 36		ПК 36		ПК 36			
1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-299		1-50		51-100		101-150		151-200	
13	65	225	133	411	151	507	70	695	67	784	89	11	73	207	67	286	70	503	69
16	50	228	46	413	115	508	70	696	106	788	114	14	81	208	129	287	60	504	99
17	62	229	11	415	49	509	112	698	59	789	80	20	119	211	70	288	53	505	26
22	61	232	39	420	176	511	108	699	87	790	92	22	53	213	45	289	92	506	53
40	48	233	100	421	85	560	54	700	65	792	122	25	53	215	66	290	56	508	53
60	84	238	127	423	54	561	74	701	73	793	48	34	139	216	86	292	63	509	32
70	64	305	24	424	60	563	71	706	82	794	88	35	69	217	120	293	77	512	44
71	63	333	158	427	57	570	96	709	73	798	65	36	55	220	31	294	63	515	103
74	74	334	36	432	87	577	60	711	43	802	17	37	112	221	67	296	103	517	55
77	64	337	51	433	52	587	87	715	86	806	125	38	88	222	72	297	28	518	51
86	89	340	136	434	100	594	34	716	95	807	110	39	50	223	143	298	56	519	82
93	58	342	112	435	67	596	111	717	130	809	133	42	97	225	104	300	20	525	64
102	80	345	130	436	125	600	66	718	6	810	119	43	81	226	117	301	59	526	105
115	54	347	48	437	59	603	58	719	85	811	94	46	89	228	130	303	56	528	56
118	58	349	93	438	119	604	133	720	70	814	86	51	67	229	79	304	59	530	149
132	108	350	89	443	77	610	95	722	63	816	115	53	68	231	63	305	29	531	51
135	74	351	34	447	103	613	75	723	114	817	63	58	74	232	69	307	71	532	72
140	103	353	55	449	77	615	58	724	77	819	144	60	47	233	61	308	78	533	97
141	134	354	56	454	59	622	55	725	88	822	48	64	70	234	94	312	53	534	59
144	92	357	3	455	93	626	106	726	94	823	87	65	68	236	39	319	80	536	106
145	67	362	44	456	5	628	109	729	67	824	64	67	60	238	66	322	106	537	84
147	118	363	97	457	100	629	62	731	124	825	74	76	79	239	80	324	52	540	84
153	86	364	123	458	137	630	63	733	60	826	110	82	57	241	64	325	71	541	73
154	90	365	128	463	104	632	58	735	68	827	106	91	56	242	77	333	93	542	73
156	55	366	70	464	118	635	108	736	102	828	81	93	65	243	96	339	138	543	117
157	93	367	53	466	88	636	106	737	122	829	119	166	69	244	54	340	52	544	43
159	87	369	40	468	38	637	134	738	52	830	76	167	75	245	73	350	96	545	35
161	78	370	92	469	82	639	48	744	113	831	43	169	116	246	100	357	110	548	120
163	85	372	119	470	72	640	24	746	83	832	65	170	128	248	132	360	80	549	115
164	79	373	37	475	99	645	68	747	95	834	93	171	35	249	86	361	72	552	44
165	85	374	53	476	71	652	18	748	157	838	103	172	63	250	43	362	72	554	60
166	57	375	69	477	59	653	88	749	130	839	16	174	33	251	69	363	78	555	136
167	121	376	60	479	66	654	39	750	89	850	129	175	60	255	119	365	70	558	38
169	117	377	42	481	144	658	47	752	102	852	47	176	63	256	28	366	113	559	89
170	50	378	31	483	71	662	48	753	126	951	2	177	61	257	90	367	106	562	87
172	53	383	151	484	74	665	82	754	83	983	9	178	76	258	46	372	23	563	52
176	140	384	108	485	84	669	99	756	95	995	68	179	84	259	107	375	102	564	70
185	73	385	188	487	110	670	100	757	102	1007	89	180	129	260	59	381	71	565	135
186	117	387	75	488	72	673	106	760	61	1014	76	181	128	262	39	385	52	570	71
187	123	389	67	489	87	674	113	762	102	1018	134	185	67	263	92	387	39	572	49
196	67	391	51	491	63	675	109	769	93	1023	94	186	76	265	91	388	88	573	42
200	83	393	76	493	88	676	62	771	93	1025	123	187	90	266	149	391	74	584	56
203	75	394	180	494	114	678	126	772	76	1038	139	188	27	267	63	393	24	588	50
205	87	397	76	496	110	679	103	775	94	1047	65	190	32	268	83	396	31	590	97
207	88	400	69	497	94	682	60	776	48	1066	128	191	76	275	84	397	15	594	33
208	82	402	67	498	135	685	95	777	89	1067	95	192	69	277	45	399	62	595	76
211	72	403	82	499	130	686	28	778	80	1068	63	195	92	278	118	401	76	598	72
218	92	405	76	501	147	689	102	780	58	1070	62	196	64	280	73	405	5	600	89
222	63	406	96	503	57	690	59	781	44	1081	83	198	126	281	48	406	8	602	97
223	56	408	83	506	129	693	36	783	49			206	81	283	94	407	74	603	92

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК36		ПК36		ПК36		ПК37		ПК37		ПК37		ПК37		ПК38		ПК38			
201-250		251-300		301-314		1-50		51-100		101-150		151-200		201-228		1-50		51-100	
607	55	714	44	1039	44	15	57	126	56	325	88	432	54	746	25	14	24	581	95
610	75	718	108	1048	109	19	61	127	45	326	64	433	66	750	91	27	6	584	77
611	71	719	63	1049	74	20	110	130	27	330	79	435	8	752	74	60	20	586	98
612	59	727	55	1050	92	24	93	133	68	331	98	438	105	753	64	61	27	587	105
613	45	728	60	1073	41	25	103	135	41	334	54	439	99	755	112	83	34	588	44
615	50	732	44	1079	103	29	115	140	42	335	116	494	25	756	87	107	40	591	20
616	96	744	32	1083	26	32	46	141	85	337	61	511	9	757	64	126	2	596	112
617	46	747	120	1085	63	36	70	142	102	338	98	529	30	758	52	145	26	597	71
618	99	756	72	1087	41	37	28	143	64	340	121	531	2	760	57	160	26	598	92
626	91	765	33	1088	20	38	113	144	71	341	56	586	37	761	86	177	22	599	125
628	59	766	66	1090	45	39	48	145	26	342	55	617	13	767	62	220	33	602	42
630	131	768	54	1095	59	41	14	146	64	343	21	633	32	768	101	227	47	603	54
631	89	782	13	1104	108	44	52	148	53	345	73	639	44	769	59	231	30	604	55
632	106	794	14	1121	42	49	79	151	51	346	23	660	44	771	93	320	33	605	102
633	3	838	1			52	39	156	61	347	94	662	134	772	69	335	16	609	9
634	114	848	8			53	10	157	135	351	58	663	72	834	16	375	34	615	16
636	58	897	16			56	74	159	56	352	62	664	67	868	2	385	7	620	53
637	73	903	95			58	72	161	71	354	56	666	27	870	13	394	20	622	71
638	114	909	75			65	116	162	105	355	47	673	69	895	29	396	14	625	95
640	55	910	60			66	133	178	72	364	54	674	109	985	98	400	31	626	33
642	47	912	63			67	41	240	5	365	77	675	56	986	48	417	9	627	47
643	63	915	109			68	46	263	13	366	40	677	66	996	106	419	9	632	50
644	110	917	49			70	62	272	89	368	71	680	69	1010	23	455	26	633	70
645	20	920	46			72	59	273	112	371	77	690	162	1036	10	456	29	635	40
646	59	931	110			74	129	274	15	373	130	691	58	1097	20	468	17	636	55
648	64	932	86			75	62	275	170	376	56	692	61	1100	47	474	25	637	86
650	119	939	30			76	46	281	176	377	137	701	73	1108	16	476	20	638	71
651	104	945	1			82	116	285	55	378	109	703	92	1138	70	480	22	639	137
654	71	954	13			83	64	286	6	382	81	704	31		481	4	641	75	
657	48	957	31			85	67	287	75	385	52	705	94		486	33	643	44	
658	91	965	47			87	60	288	25	388	50	706	46		507	18	644	64	
659	127	973	53			88	125	289	171	389	68	707	128		514	28	645	67	
661	109	975	60			97	58	290	80	390	61	708	65		519	23	646	77	
664	95	985	35			98	67	291	13	393	59	709	110		543	16	647	71	
666	88	991	51			101	57	292	80	396	102	710	152		546	26	648	87	
667	69	992	69			102	65	293	116	398	46	712	92		551	4	649	82	
668	105	998	83			106	51	294	59	403	60	713	75		561	52	653	67	
669	34	1004	46			108	60	296	76	404	148	715	60		563	52	658	78	
677	96	1005	31			110	61	297	37	406	100	716	79		564	64	659	118	
678	63	1006	131			111	56	302	45	407	145	717	52		566	52	660	59	
683	39	1008	60			112	101	303	18	408	75	720	53		567	61	662	32	
685	71	1011	37			113	101	305	48	409	66	721	16		568	131	666	64	
687	105	1013	8			114	52	311	69	411	45	725	68		570	45	668	88	
688	46	1017	31			115	63	313	69	412	103	726	122		571	117	669	103	
690	63	1020	42			119	5	314	28	417	48	728	83		572	53	672	104	
694	72	1024	39			120	73	317	73	418	67	730	103		573	29	673	79	
696	62	1026	50			121	103	318	36	420	64	731	85		576	57	674	87	
697	73	1027	48			122	59	320	74	424	74	734	61		577	90	675	42	
703	44	1030	109			123	41	321	38	427	55	741	27		578	54	677	91	
713	77	1036	95			124	47	324	58	430	59	742	69		580	58	681	50	

1		2		1		2		1		2		1		2		1		2		1		2	
ПК38		ПК38		ПК38		ПК38		ПК38		ПК38		ПК39		ПК39		ПК39		ПК39		ПК39		ПК39	
101-150		151-200		201-250		251-300		301-350		351-352		1-50		51-100		101-150		151-200		101-150		151-200	
682	61	765	67	916	85	1295	153	1398	105	2262	10	38	69	657	28	1025	125	1143	140				
683	17	768	75	942	10	1296	102	1401	112	2377	4	51	46	661	61	1028	37	1144	57				
687	64	769	34	951	19	1298	57	1402	102			58	43	678	18	1030	80	1148	68				
688	62	770	102	1012	14	1299	56	1404	8			63	42	684	30	1031	55	1149	22				
691	79	772	76	1014	18	1300	117	1405	118			75	41	730	21	1033	78	1150	45				
692	68	774	110	1028	14	1302	118	1406	107			79	14	746	35	1034	102	1151	10				
693	108	775	78	1032	60	1303	47	1413	140			85	52	750	30	1037	67	1157	66				
696	115	776	49	1037	14	1305	33	1416	61			87	72	754	32	1038	149	1158	172				
697	65	778	84	1101	25	1307	49	1418	40			90	66	762	18	1039	56	1165	171				
698	90	779	99	1129	13	1308	136	1419	61			95	53	766	26	1041	56	1168	147				
699	93	781	113	1140	12	1310	68	1424	39			101	44	769	54	1043	104	1170	65				
700	17	782	59	1141	40	1312	98	1435	49			104	45	803	26	1047	81	1172	15				
701	97	783	57	1142	36	1314	23	1443	67			115	22	868	28	1048	65	1173	6				
702	110	785	34	1162	19	1315	54	1460	14			118	36	897	6	1049	39	1177	76				
705	23	787	103	1231	93	1317	103	1474	25			122	62	908	26	1051	2	1179	82				
706	56	788	16	1234	79	1318	70	1484	30			123	50	911	51	1056	69	1182	32				
707	93	791	80	1236	48	1320	21	1496	20			125	51	925	24	1057	90	1184	22				
710	85	792	58	1237	105	1323	89	1520	30			131	62	928	95	1059	65	1186	15				
714	106	793	110	1238	69	1324	138	1559	36			137	45	933	90	1064	102	1189	63				
715	99	794	95	1240	53	1328	118	1591	21			182	59	934	45	1066	10	1190	43				
717	54	800	116	1241	116	1335	124	1619	27			191	32	939	66	1067	55	1192	18				
720	54	802	107	1242	61	1338	44	1632	9			195	51	943	53	1073	158	1195	34				
722	74	805	35	1243	24	1340	70	1643	21			209	64	944	67	1074	34	1197	119				
723	31	808	87	1244	105	1341	96	1699	16			241	31	945	24	1076	42	1198	114				
724	97	812	94	1245	124	1343	45	1706	11			242	47	946	49	1077	80	1201	139				
725	166	817	56	1246	51	1344	12	1730	19			244	27	948	34	1082	162	1204	107				
726	149	818	101	1247	28	1346	57	1734	3			263	24	956	61	1085	51	1206	30				
728	92	830	59	1250	42	1347	82	1757	22			265	54	964	50	1086	148	1207	169				
730	110	831	118	1251	75	1348	61	1781	37			274	60	965	112	1088	42	1209	41				
731	57	834	99	1252	115	1351	92	1850	25			288	36	967	82	1091	4	1213	152				
733	43	835	136	1255	68	1353	79	1853	34			299	69	969	48	1092	53	1214	69				
735	51	836	85	1256	38	1355	35	1879	22			336	43	970	86	1095	16	1215	60				
736	100	838	59	1259	60	1356	59	1884	12			342	31	971	110	1097	28	1220	73				
738	61	839	7	1260	77	1357	101	1886	13			370	71	972	123	1099	122	1222	9				
739	85	841	55	1261	56	1359	49	1889	33			407	38	973	160	1105	87	1223	82				
740	40	848	69	1262	78	1360	114	1913	26			467	54	974	81	1109	76	1224	125				
741	56	849	115	1266	46	1366	61	1927	28			489	18	976	8	1115	44	1225	49				
742	90	851	64	1268	59	1367	59	1970	2			499	32	981	215	1116	23	1226	145				
743	104	853	94	1270	110	1372	73	1976	4			505	74	988	53	1117	65	1233	134				
745	86	858	49	1277	74	1376	49	1982	50			517	35	993	55	1120	69	1234	80				
747	126	860	59	1279	47	1377	101	1996	18			526	58	995	100	1121	64	1240	65				
748	57	867	80	1280	59	1379	76	2023	9			531	33	998	176	1124	127	1241	57				
749	131	873	54	1281	69	1380	23	2028	32			551	37	1002	40	1125	37	1246	70				
752	47	874	54	1282	94	1382	45	2099	40			553	58	1005	60	1129	63	1247	80				
756	5	875	52	1283	59	1384	74	2114	11			626	54	1007	70	1130	39	1250	50				
759	44	899	120	1285	113	1385	14	2132	17			627	31	1011	106	1132	106	1253	40				
760	70	902	118	1288	119	1386	135	2184	16			636	42	1014	128	1134	76	1259	53				
761	54	910	95	1291	105	1390	66	2191	22			639	54	1016	75	1135	74	1262	123				
762	100	911	88	1293	45	1391	125	2193	16			646	75	1021	33	1139	212	1264	154				
763	33	914	61	1294	18	1397	56	2203	3			650	54	1022	64	1142	21	1266	127				

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК39		ПК39		ПК39		ПК39		ПК39		ПК40		ПК40		ПК40		ПК40			
201-250		251-300		301-350		351-400		401-404		1-50		51-100		101-150		151-200 201-250			
1267	50	1392	211	1896	29	2096	85	2356	6	563	33	696	46	784	84	889	106	1650	37
1269	137	1398	32	1913	31	2099	74	2357	29	564	44	697	17	785	82	895	83	1653	14
1271	51	1399	48	1921	35	2101	62	2362	22	569	4	698	64	787	74	898	84	1659	3
1273	65	1401	72	1922	33	2102	73	2434	33	574	73	699	57	789	134	901	77	1666	133
1274	30	1402	139	1923	97	2103	39			575	88	700	54	790	48	902	64	1668	43
1275	36	1407	27	1925	67	2105	59			577	65	703	72	793	56	904	84	1671	54
1276	39	1412	51	1927	80	2106	33			582	61	704	76	805	42	906	84	1672	184
1280	48	1435	28	1929	49	2109	209			583	86	705	19	807	66	907	43	1677	41
1282	125	1436	33	1940	57	2111	140			585	114	707	72	808	63	909	32	1678	33
1285	74	1450	70	1941	217	2121	64			587	176	708	104	809	59	911	57	1681	108
1286	129	1456	38	1943	54	2125	12			591	53	711	69	810	72	912	35	1682	129
1287	66	1471	25	1949	134	2127	160			592	32	717	24	811	48	914	69	1684	102
1288	89	1474	30	1950	120	2141	130			593	58	719	56	812	115	915	123	1689	138
1293	65	1484	36	1951	112	2144	22			594	62	720	54	816	17	919	59	1691	40
1294	153	1503	37	1952	73	2148	27			596	108	721	77	819	57	926	70	1697	78
1295	86	1507	58	1954	84	2149	28			598	76	722	132	823	133	930	18	1699	17
1296	124	1510	38	1955	2	2151	51			600	83	726	29	825	33	932	112	1700	30
1297	13	1515	32	1956	29	2165	95			604	42	728	56	827	54	936	16	1705	176
1301	99	1527	48	1957	68	2166	146			607	58	729	22	829	110	945	60	1708	82
1306	75	1535	11	1959	3	2168	122			611	160	730	67	830	91	946	98	1720	57
1307	167	1547	8	1964	138	2171	58			614	48	731	158	831	59	947	77	1722	26
1308	26	1578	49	1965	112	2172	73			616	83	732	73	833	52	948	37	1725	30
1309	57	1582	37	1966	37	2178	63			618	84	733	81	834	113	950	61	1738	58
1313	55	1643	19	1967	51	2190	74			621	10	737	41	835	148	951	15	1744	114
1316	40	1739	46	1969	66	2197	25			630	84	738	42	837	89	952	80	1751	16
1318	39	1774	27	1972	129	2198	14			635	9	739	69	839	136	955	97	1754	110
1326	24	1785	87	1974	65	2200	59			646	60	740	69	840	61	957	89	1755	121
1327	41	1804	51	1976	67	2205	92			647	59	741	52	843	63	961	70	1759	11
1328	60	1807	121	1977	36	2219	33			650	28	742	75	844	56	962	80	1766	67
1329	60	1813	121	1978	138	2221	245			652	51	743	44	845	25	963	55	1774	150
1332	52	1822	80	1985	109	2222	116			656	57	744	60	847	30	970	42	1776	55
1337	40	1824	37	1987	69	2223	51			657	29	745	37	848	64	972	63	1779	27
1341	58	1826	100	1989	48	2225	74			658	55	748	4	850	92	976	54	1781	58
1344	50	1839	63	2010	39	2234	53			660	23	749	39	851	88	977	48	1784	68
1345	28	1841	48	2020	140	2240	5			662	158	750	66	852	113	980	77	1786	33
1350	57	1843	38	2027	37	2242	23			663	77	751	124	854	72	981	59	1791	65
1351	78	1844	45	2029	48	2250	32			665	163	752	77	855	56	1622	50	1797	21
1353	50	1854	69	2038	45	2254	85			666	44	758	42	856	56	1625	87	1800	60
1354	42	1855	157	2040	86	2256	56			674	106	763	117	859	55	1626	119	1801	41
1358	57	1857	51	2041	59	2259	3			677	72	764	63	865	52	1628	127	1802	44
1362	40	1864	24	2047	141	2263	120			679	78	766	15	866	8	1631	14	1805	54
1364	52	1868	6	2050	132	2265	52			681	57	768	98	867	85	1632	44	1808	14
1366	39	1871	1	2051	67	2274	29			682	154	769	104	868	37	1633	44	1810	51
1370	85	1874	153	2055	119	2277	149			683	123	770	74	870	113	1636	49	1813	66
1371	59	1878	133	2064	60	2298	64			684	22	772	56	871	59	1637	43	1814	35
1374	31	1883	36	2066	74	2304	62			685	8	773	77	877	38	1640	40	1827	75
1375	86	1885	35	2074	80	2324	7			687	70	774	87	881	171	1643	69	1828	58
1384	143	1888	146	2075	73	2325	63			689	70	775	52	883	55	1645	46	1830	45
1386	66	1891	64	2082	140	2338	40			693	63	780	82	884	66	1647	11	1834	61
1390	64	1894	10	2095	63	2344	12			695	120	782	20	888	122	1649	54	1835	48

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК40	ПК40	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41	ПК41		
251-300	301-335	1-50	51-100	101-150	151-200	201-250	251-300	301-350	351-400										
1839	49	1982	31	2	73	217	49	478	10	701	44	834	64	981	108	1118	25	1419	33
1841	122	1986	60	3	60	228	55	483	4	703	2	836	152	987	86	1120	72	1426	10
1847	49	1987	77	16	60	233	49	484	35	708	68	839	32	988	47	1126	92	1427	21
1851	82	1992	48	17	67	236	38	486	42	714	74	840	59	999	49	1128	109	1439	67
1854	65	1995	81	18	1	239	55	488	52	715	42	845	8	1003	7	1132	33	1448	51
1859	38	2004	18	19	40	243	66	491	8	716	47	847	39	1006	110	1135	37	1449	28
1865	67	2007	52	21	43	244	41	492	50	719	183	853	137	1010	73	1150	33	1459	8
1866	64	2016	42	23	45	246	10	499	35	720	49	859	81	1011	142	1155	7	1475	38
1869	87	2021	65	24	33	252	38	502	50	725	190	864	103	1012	37	1161	58	1476	47
1881	80	2027	54	35	18	258	63	504	47	728	83	866	70	1015	103	1162	63	1497	17
1883	47	2039	61	39	12	259	42	507	29	731	41	872	56	1018	164	1170	52	1499	16
1885	35	2041	31	43	14	278	25	511	34	732	56	876	80	1019	149	1188	46	1505	12
1886	78	2051	86	45	37	279	52	512	12	733	153	877	63	1020	245	1189	59	1506	37
1888	30	2069	58	50	49	281	37	520	16	734	56	879	35	1024	22	1190	67	1531	43
1889	89	2071	43	57	49	282	61	521	48	736	24	881	41	1026	52	1203	40	1541	43
1892	60	2072	61	65	49	298	39	525	15	737	59	883	52	1028	80	1204	53	1548	6
1893	45	2074	26	73	60	306	55	534	32	739	191	889	38	1030	55	1212	42	1558	29
1896	100	2078	56	75	25	307	70	535	19	742	111	892	29	1034	165	1221	26	1559	38
1897	113	2081	58	76	17	311	107	544	26	743	52	893	29	1036	94	1223	54	1560	35
1898	87	2084	70	80	13	313	7	546	29	744	87	896	53	1041	89	1229	57	1562	21
1899	77	2087	52	82	35	315	48	555	21	749	93	898	28	1042	80	1246	36	1578	18
1900	72	2093	65	90	38	316	42	556	33	753	40	902	142	1043	98	1249	56	1584	31
1903	36	2094	30	95	31	317	18	557	38	754	71	904	28	1044	146	1251	68	1595	3
1905	69	2107	19	96	63	322	27	573	43	755	61	906	57	1045	30	1255	8	1619	62
1910	46	2109	24	103	24	338	39	589	17	756	71	910	78	1046	34	1268	24	1626	21
1911	122	2110	36	105	24	348	36	590	8	759	142	911	42	1049	40	1274	10	1635	5
1912	63	2113	9	106	28	358	38	593	16	764	95	913	23	1052	149	1278	48	1637	25
1914	45	2115	57	108	66	361	54	595	74	765	69	918	43	1053	58	1280	46	1640	48
1916	72	2116	12	111	43	368	35	597	33	767	88	922	32	1055	38	1284	80	1642	32
1922	27	2117	54	113	58	369	18	601	28	768	31	923	29	1059	29	1290	52	1645	19
1930	45	2119	52	117	22	377	59	615	48	770	21	925	148	1061	93	1291	39	1651	41
1932	179	2127	28	132	29	381	26	618	23	771	85	930	53	1063	65	1308	22	1655	42
1937	16	2131	31	144	49	383	45	623	27	778	33	931	17	1066	76	1311	55	1657	61
1939	57	2134	170	148	34	392	30	638	62	782	54	933	88	1068	88	1319	42	1658	16
1941	38	2136	35	154	16	405	43	646	30	789	27	934	46	1072	89	1326	53	1661	19
1942	67			155	55	406	35	651	18	790	43	935	128	1076	85	1335	52	1662	44
1946	69			156	17	411	51	652	46	793	55	937	67	1079	39	1346	12	1664	138
1948	37			160	55	423	18	653	37	799	31	941	42	1081	13	1347	59	1671	61
1953	90			161	68	424	5	654	44	800	117	948	41	1083	60	1348	18	1672	34
1958	79			168	15	425	17	656	11	806	108	952	39	1084	54	1358	68	1673	62
1962	38			169	36	437	12	664	2	809	70	953	33	1085	86	1361	18	1677	62
1963	48			171	31	443	32	665	4	810	135	954	69	1089	134	1365	5	1678	57
1964	59			172	3	446	34	666	42	814	110	957	5	1093	66	1366	74	1679	55
1965	47			182	74	449	28	673	37	815	35	958	40	1094	122	1374	23	1682	33
1967	59			183	60	454	67	676	53	820	139	960	43	1100	50	1388	50	1683	59
1971	88			184	52	458	4	677	33	822	26	964	138	1107	75	1390	87	1698	85
1973	23			200	44	465	2	680	12	824	157	967	87	1108	62	1401	7	1700	4
1974	93			208	41	472	35	691	124	830	38	976	58	1110	42	1403	42	1704	7
1977	24			214	41	473	48	692	47	831	40	978	4	1111	125	1410	16	1707	140
1981	101			215	12	477	23	700	28	832	54	980	44	1117	78	1413	16	1712	4

17. Бюлл. Абаст. астроф. обл., № 12

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2								
ПК41				ПК41				ПК42				ПК42				ПК42											
401-450				451-500				501-550				551-564				1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300	
1713	63	1879	79	2085	6	2467	56	7	1	185	89	565	88	687	124	964	31	1181	43								
1715	1	1894	27	2086	107	2479	10	10	40	197	9	571	7	688	76	969	4	1182	21								
1717	34	1895	15	2089	100	2481	23	14	26	198	128	573	114	690	77	977	32	1188	75								
1719	68	1896	45	2090	49	2490	3	16	44	234	57	575	19	693	38	980	27	1189	102								
1721	108	1898	84	2093	58	2494	7	18	48	283	7	576	44	697	74	981	47	1197	84								
1723	195	1899	20	2094	138	2498	27	20	116	329	9	578	57	699	120	983	14	1198	40								
1724	35	1908	44	2100	61	2499	8	22	38	333	21	581	32	701	2	994	16	1202	39								
1725	5	1913	2	2102	19	2500	40	31	23	350	38	583	116	712	108	995	6	1206	74								
1731	25	1914	40	2107	55	2508	56	37	10	365	32	584	80	715	27	1008	40	1207	122								
1732	246	1917	64	2126	29	2510	35	47	20	367	110	585	52	716	57	1009	58	1208	11								
1737	131	1933	61	2138	44	2512	38	48	16	369	112	586	114	717	56	1012	31	1214	42								
1739	191	1935	32	2153	43	2518	36	50	25	370	10	587	109	721	102	1014	35	1219	57								
1742	53	1938	46	2155	38	2532	48	55	4	372	4	590	52	722	20	1023	34	1220	69								
1753	50	1940	13	2156	12	2537	46	57	66	375	51	593	80	725	47	1026	7	1222	46								
1754	88	1945	71	2159	27		61	107	387	36	596	54	726	74	1040	36	1223	64									
1756	4	1956	5	2160	12		66	38	390	18	602	77	728	38	1044	37	1226	29									
1771	134	1959	5	2164	32		67	5	398	114	605	118	729	67	1046	70	1227	45									
1773	55	1970	13	2169	68		71	51	399	18	606	101	730	50	1049	30	1229	86									
1774	16	1974	77	2180	37		73	84	400	108	607	69	731	109	1055	4	1230	90									
1776	73	1976	65	2200	42		75	120	402	97	613	89	732	120	1062	12	1236	100									
1780	43	1984	3	2205	55		77	129	406	148	614	77	735	57	1066	28	1241	46									
1781	67	1985	71	2207	10		81	78	408	86	615	40	739	24	1068	15	1245	53									
1782	50	1992	78	2211	33		83	3	409	30	619	104	740	112	1070	13	1248	39									
1787	34	1996	143	2212	36		85	54	410	47	625	100	741	13	1071	16	1250	35									
1788	14	1997	60	2238	81		86	32	413	53	626	144	742	39	1075	3	1253	8									
1792	13	2004	33	2246	9		93	2	414	57	627	57	743	66	1085	10	1255	58									
1794	4	2006	9	2258	36		95	80	417	6	630	56	744	127	1089	38	1256	45									
1805	31	2016	91	2267	20		102	24	419	20	633	3	750	31	1090	6	1258	56									
1815	38	2019	104	2268	30		103	112	430	40	634	34	763	18	1091	0	1259	8									
1816	135	2020	155	2278	8		108	120	432	36	638	104	767	40	1105	24	1260	27									
1818	77	2022	45	2288	88		110	127	434	12	642	23	773	16	1108	34	1261	39									
1819	6	2025	30	2290	40		118	105	440	24	645	108	774	15	1111	8	1262	44									
1823	127	2027	48	2293	21		128	21	453	111	646	117	845	3	1117	42	1263	59									
1826	67	2028	4	2375	20		131	27	457	23	649	30	849	26	1120	42	1264	14									
1828	42	2029	35	2382	13		132	13	465	26	650	85	862	29	1123	43	1265	24									
1831	64	2031	136	2394	17		134	11	469	52	653	28	869	36	1137	40	1266	73									
1833	52	2042	58	2415	16		138	89	481	30	656	12	878	7	1140	63	1267	145									
1836	82	2046	69	2416	53		139	96	495	112	658	43	889	26	1144	64	1268	57									
1847	21	2050	15	2419	12		144	66	504	50	659	79	890	27	1145	101	1269	29									
1850	23	2054	124	2427	4		145	97	507	10	663	80	894	5	1161	108	1273	33									
1851	18	2060	31	2429	39		154	109	519	26	665	9	910	45	1163	62	1274	59									
1854	90	2061	58	2433	54		158	14	534	52	669	90	913	35	1164	37	1279	63									
1858	124	2062	68	2438	30		159	12	536	30	670	37	914	33	1166	116	1280	62									
1861	19	2065	31	2442	18		160	132	537	3	671	119	920	38	1167	95	1281	117									
1863	55	2070	33	2444	40		162	24	547	73	672	18	921	21	1168	51	1282	47									
1864	68	2071	24	2447	11		165	10	554	115	673	147	931	36	1171	80	1283	52									
1866	133	2074	78	2451	23		166	21	555	58	674	54	934	38	1173	132	1285	45									
1868	33	2076	25	2454	20		171	23	556	36	680	6	937	29	1176	118	1292	5									
1871	47	2077	72	2460	46		172	37	559	149	683	122	946	18	1179	90	1293	14									
1876	68	2081	95	2462	6		176	34	560	64	686	140	956	31	1180	25	1297	13									

1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
ПК42		ПК42		ПК43		ПК43		ПК43		ПК43		ПК43		ПК43		ПК43			
301-350		351-379		1-50		51-100		101-150		151-200		201-250		251-300		301-350		351-358	
1298	78	1498	1	3	31	648	3	738	68	819	51	888	76	1228	112	1358	104	1889	6
1300	108	1500	36	30	19	653	68	739	85	820	71	889	26	1241	56	1360	30	1891	24
1301	77	1503	12	31	27	656	52	742	92	821	102	892	14	1243	143	1364	56	1898	22
1302	52	1506	44	40	8	657	65	743	50	822	119	893	47	1247	32	1365	6	1917	5
1305	25	1517	21	48	8	659	41	744	58	825	78	894	119	1250	57	1369	112	1924	27
1308	60	1554	26	55	5	662	94	745	168	826	99	901	63	1253	73	1370	104	1925	16
1310	36	1560	26	57	19	663	96	746	94	827	40	905	72	1255	78	1373	63	1987	26
1311	13	1567	9	59	16	664	64	749	66	828	63	906	44	1256	106	1374	38	2039	2
1319	70	1589	38	82	12	665	49	750	80	829	110	907	19	1257	63	1388	144		
1332	45	1607	2	95	12	666	69	751	32	830	94	910	76	1258	116	1391	51		
1323	53	1618	36	100	15	667	135	752	143	832	69	911	96	1261	35	1392	20		
1324	46	1639	36	104	22	669	106	753	72	833	46	912	34	1262	39	1394	79		
1325	12	1674	47	106	28	671	45	755	79	834	83	914	26	1265	26	1397	41		
1326	0	1681	37	120	4	673	7	758	23	836	99	915	57	1266	167	1400	85		
1328	19	1690	37	131	38	674	56	759	45	837	54	917	56	1268	77	1408	69		
1329	38	1704	20	134	15	675	39	760	60	838	94	920	85	1270	73	1410	112		
1343	33	1730	19	145	31	677	148	761	45	839	69	923	84	1273	56	1413	72		
1345	43	1735	23	146	14	678	30	765	49	840	79	924	51	1276	146	1416	76		
1346	141	1763	40	198	12	683	64	766	41	841	124	925	60	1278	135	1419	36		
1349	60	1807	4	200	19	685	54	769	55	842	74	926	65	1279	58	1425	66		
1350	30	1835	0	203	4	687	12	770	95	843	81	927	104	1282	42	1435	7		
1352	9	1853	35	218	30	689	59	772	11	844	19	928	115	1283	95	1436	106		
1354	60	1868	22	236	20	690	76	773	62	845	40	929	78	1287	31	1443	137		
1360	39	1877	13	253	26	691	34	774	202	846	99	930	134	1290	96	1446	4		
1372	41	1894	8	274	12	692	61	775	63	848	83	961	5	1294	104	1455	7		
1378	30	1896	1	287	22	694	83	776	79	849	35	974	33	1296	42	1456	111		
1379	46	1913	25	290	15	696	108	777	64	851	46	1001	22	1300	65	1465	27		
1380	19	1934	8	293	19	697	87	780	67	852	54	1003	1	1301	198	1468	76		
1383	46	1949	27	307	24	700	109	782	36	855	105	1014	16	1305	59	1472	46		
1390	20		309	22	701	96	783	105	857	38	1015	8	1307	26	1475	42			
1399	24		361	27	703	47	784	40	858	49	1065	31	1309	107	1477	121			
1406	35		365	34	704	50	786	103	860	37	1077	2	1310	101	1483	112			
1407	37		368	15	705	127	787	70	862	45	1091	29	1311	69	1485	19			
1425	41		419	7	706	63	788	143	863	106	1092	16	1315	115	1488	120			
1428	1		439	16	707	42	790	51	864	79	1093	4	1316	105	1494	114			
1431	11		445	38	708	46	792	45	865	124	1094	27	1318	81	1497	22			
1434	14		451	23	710	198	793	42	866	37	1095	9	1323	181	1511	154			
1435	26		522	28	711	27	794	61	871	63	1104	32	1326	125	1512	54			
1438	68		532	19	712	48	796	78	872	94	1112	19	1329	82	1513	109			
1439	21		536	11	713	49	798	78	873	63	1114	30	1330	56	1525	54			
1449	9		553	23	715	61	799	56	875	93	1130	10	1335	37	1531	93			
1452	37		556	33	716	152	801	78	876	34	1146	39	1336	38	1536	53			
1458	44		570	38	719	90	802	38	877	66	1148	31	1337	100	1538	12			
1460	40		575	10	723	9	804	187	878	92	1152	25	1339	120	1540	41			
1469	30		593	33	724	2	806	31	881	60	1202	14	1342	39	1541	24			
1476	45		594	18	725	90	809	90	882	70	1213	15	1344	26	1611	24			
1477	49		598	38	728	49	811	68	883	120	1217	7	1345	110	1701	37			
1488	26		600	16	732	57	813	72	884	20	1222	126	1346	51	1766	23			
1493	25		630	27	734	22	814	31	886	62	1223	19	1347	49	1831	22			
1494	18		644	38	737	19	815	110	877	113	1225	120	1354	27	1843	9			

§ 3. Краткая характеристика Каталога

Приведем теперь ряд данных, интересных с точки зрения характеристики распределения звезд в Площадах по их числу, блеску, пределам зв. величины и т. д. Эти данные призваны показать, насколько однороден наш материал, насколько сравнимы между собой средние данные, относящиеся к отдельным Площадам.

Прежде всего рассмотрим число звезд в нашем Каталоге в каждой Площади Каптейна. На каждую из исследованных нами сорока трех Площадей приходится:

около 350	звезд для ПК группы	I (галактической плоскости),
„ 480	„ „ „ „	II (низких широт),
„ 360	„ „ „ „	III (умеренных широт),
„ 280	„ „ „ „	IV (средних широт),
„ 240	„ „ „ „	V (высоких широт).

Само собой понятно, что на Площади средних и, особенно, высоких галактических широт приходится значительно меньше звезд, чем на Площади низких широт. Конечно, трудно и пожалуй не необходимо соблюсти полную или почти полную однородность в количестве звезд хотя бы даже в отношении Площадей данной группы. Но распределение звезд по числу и блеску, тем не менее, указывает на общую однородность нашего материала, в таком смысле.

В частности, звезды 11.0—13.3 зв. величины, к которым относится основная масса звезд нашего Каталога, распределены в Площадах довольно однородно. Таких в Каталоге — 85% от всего количества исследованных нами звезд. В отдельных Площадах это число колеблется от 75% до 92%.

Число звезд в каждой Площади и их распределение по величинам были ранее приведены в работах [204, 205, 208 и 209] (см. таблицу III в каждой из них). Поэтому здесь не будем повторять этих данных. Но, приведем данные распределения звезд нашего Каталога по спектральным классам (таблица XXIV).

Очевидно, распределение звезд по спектральным классам неравномерно. В Площадах низких галактических широт их число для ранних типов — от B0 до A9 — достаточно велико, т. е. 44% в первой группе и 53% — во второй, считая проценты по отношению к числу всех звезд, имеющих обозначения подклассов. Последнее несколько меньше общего числа звезд, вошедших в Каталог.

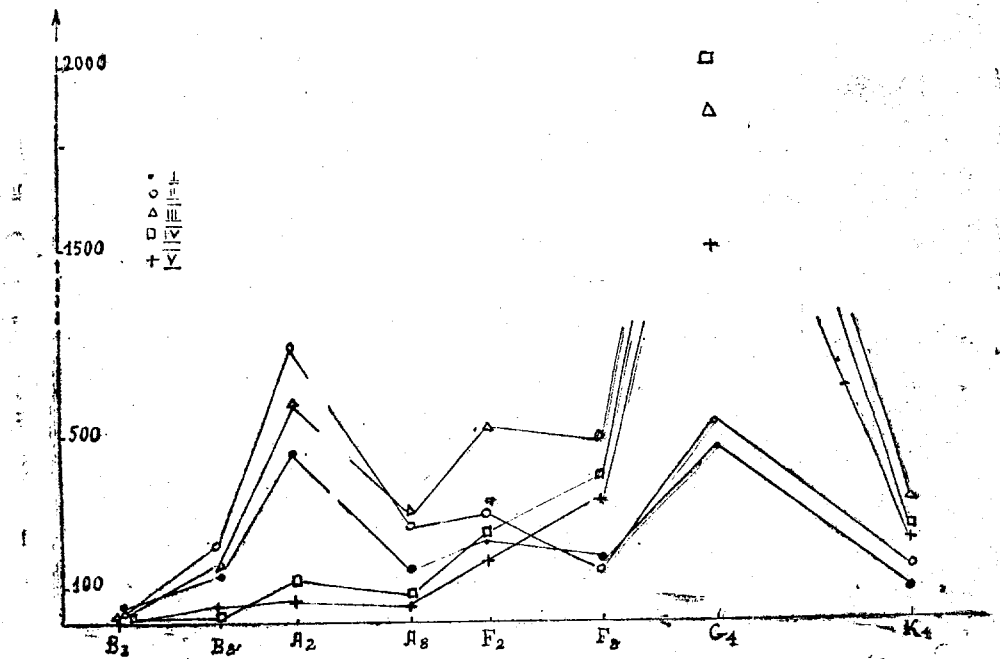
Уже для Площадей умеренных широт число звезд от B0 до A9 падает до 25%, а в Площадах средних и высоких галактических широт, оно не превышает 6% и 5%, соответственно. Это, конечно, очень низкий процент, но, по понятным причинам, это неизбежно.

Таблица XXIV

Группа ПК	ПК	Общее количество звезд	Количество звезд							
			B0-B5	B6-B9	A0-A5	A6-A9	F0-F5	F6-F9	G0-G9	K0-K9
			4	5	6	7	8	9	10	11
I	8	340	18	43	64	41	35	21	82	9
	9	396	1	30	81	34	32	36	142	20
	19	358	10	12	142	16	36	36	64	23
	24	329	6	29	114	20	44	24	67	14
	40	335	6	10	47	15	57	55	112	15
		1758	41	124	448	126	204	172	467	81
II	18	507	8	56	153	73	21	26	143	16
	23	505	6	48	145	34	31	26	119	55
	25	401	1	31	110	58	49	30	111	11
	39	404	4	14	91	43	85	30	90	36
	41	564	5	59	238	49	95	21	67	17
		2381	24	208	737	257	281	133	530	135
III	2	398	3	13	28	17	42	79	172	20
	3	403	0	6	38	18	34	34	222	19
	7	372	0	7	44	10	30	45	188	36
	10	373	1	13	65	22	57	58	130	23
	17	322	0	6	24	21	33	40	175	19
	20	379	1	4	55	32	83	41	140	12
	21	335	0	2	36	11	39	43	171	24
	22	372	1	17	79	39	24	33	161	12
	26	349	0	16	27	30	46	59	127	35
	38	352	0	5	42	27	43	18	172	43
	42	379	3	55	109	28	45	11	86	36
	43	358	0	16	41	34	51	32	134	48
			4392	9	160	588	289	527	493	1878
IV	1	322	0	0	8	6	19	35	223	12
	4	346	0	1	17	4	21	37	244	18
	5	297	0	1	9	5	14	45	210	11
	6	338	0	0	3	6	7	30	267	23
	11	245	0	0	8	9	33	40	115	32
	12	221	0	0	13	6	14	28	152	4
	16	299	0	3	8	1	19	49	174	26
	27	297	0	4	21	11	28	14	191	25
	28	233	0	0	2	4	20	48	141	16
	36	314	0	1	8	3	42	44	183	31
	37	228	0	2	12	12	16	16	120	41
		3140	0	12	109	67	233	386	2020	239

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
V	13	263	0	2	3	2	21	44	162	21
	14	208	1	0	2	2	9	23	158	13
	15	193	0	1	2	5	20	30	116	18
	29	271	0	5	17	4	17	54	148	21
	30	337	0	1	5	6	20	34	256	14
	31	143	0	1	3	2	16	15	85	20
	32	191	0	0	7	3	8	37	124	6
	33	205	0	1	5	1	17	21	135	15
	34	219	0	1	7	4	15	25	148	14
	35	299	0	1	5	4	16	34	171	58
		2329	1	13	56	33	159	317	1503	200
		14000	75	517	1938	772	1404	1501	6398	982

На чертеже 23 показано распределение звезд по количеству и в зависимости от спектрального класса для всех пяти групп.



Чертеж 23

Число звезд в Каталоге от В0 до F5, включительно, т. е. тех, что составляют исходную и основную для дискуссии таблицу (см. ниже, в главе IV), колеблется от 65%, для низких широт, до 11%, для высоких. Всего в этой таблице содержится 35% звезд Каталога.

Но, это не значит, что 65% звезд Каталога остаются неиспользованными. Остальные или почти все из остальных звезд также используются для дискуссии, но об этом речь будет идти в соответствующих местах главы IV.

Здесь целесообразно показать, наконец, распределение звезд Каталога по поздним спектральным подклассам, с подразделением их на карлики и гиганты (таблица XXV).

Таблица XXV

Группа ПК	F8-G1		G2-G5		G6-K0		K2-K8	
	карл. гиг.		карл. гиг.		карл. гиг.		карл. гиг.	
I	12	2	52	11	71	11	22	15
II	3	2	72	7	65	15	55	19
III	56	24	211	109	192	87	140	18
IV	44	11	259	77	211	61	81	24
V	20	9	132	57	77	85	18	24
1793-668	135	48	726	261	616	259	316	100

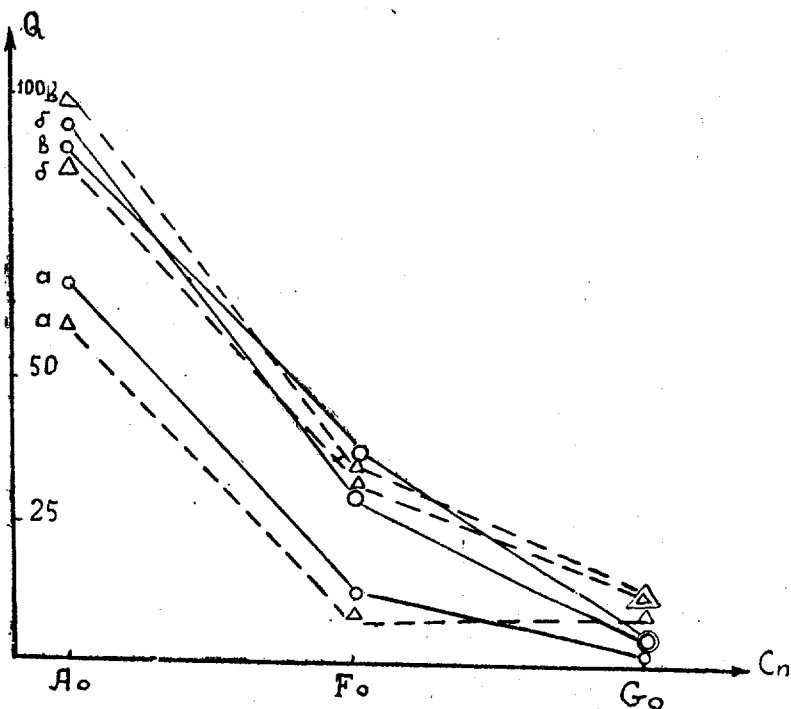
В Бергедорфских Каталогах приводится ряд статистических данных в отношении распределения звезд по блеску и спектрам. Эти данные относятся к разным ПК, собранным известным образом в отдельные группы. Для того, чтобы убедиться, что мы используем звезды ПК в их общей массе без какой-либо заметной селекции материала, не лишне повторить подобные статистические подсчеты и в отношении звезд нашего Каталога. Действительно, если простые статистические соотношения остаются в общем в силе и для звезд нашего Каталога, то мы вправе считать, что звезды взяты нами из Бергедорфского Каталога без какой-либо селекции.

Таблицы №№ 7 и 9 вводной части I тома БСО содержат распределение звезд по спектральным классам в девятнадцати Площадах Каптейна, относящихся к четырем группам, средние галактические широты которых равны $+1.2^\circ$, 16.6° , 31.2° и 48.2° . При этом, это распределение рассчитано для площади в 100 кв. градусов.

При совместном рассмотрении этих таблиц и наших таблиц, построенных таким же образом, легко можно усмотреть в общем сходное распределение звезд. Это замечание справедливо и для случая сравнения наших данных с данными таблицы № 3 II тома Бергедорфского Каталога, которая построена аналогично для сорока трех Площадей Каптейна, сгруппированных по средним широтам: -15° , -7° , $+1^\circ$, $+9^\circ$, $+17^\circ$, $+30^\circ$, $+43^\circ$, $+56^\circ$ и $+69^\circ$.

Некоторым критерием отсутствия у нас заметной селекции материала могут послужить результаты сопоставления наших данных с данными таблицы № 8 II тома Бергедорфского Каталога, в которой представлена галактическая концентрация звезд различных спектральных типов. Вычислив отношения чисел звезд в среднем для $+1^\circ$ и $+69^\circ$ галактических широт, около галактической долготы в 90° , для звезд классов A0, F0, G0 и для видимых фотографических величин 11.0, 12.0 и 12.9, мы получили картину, представленную чертежом 24.

Этот последний показывает как меняется с величиной и спектром видимая галактическая концентрация звезд двух каталогов: БСО и нашего. Кружки и сплошные линии относятся к БСО, а треугольники и пунктиры — к нашему Каталогу. При этом линии а, б, в относятся к звездам 11.0, 12.0 и 12.9 фотографической зв. величины, соответственно.



Чертеж 24

Мы не будем приводить других таблиц и графиков, иллюстрирующих изложенное выше относительно результатов сопоставления некоторых данных двух каталогов. Эти результаты имеют значение в смысле общей характеристики содержания нашего Каталога.

Мы уже показали, что значительное большинство звезд во всех исследованных нами Площадях Каптейна имеет блеск слабее 11.0 фотогр.

зв. величины. Таких звезд в нашем каталоге 85%. Но интересно выяснить—каков предел величин нашего Каталога, т. е. до какой фотогр. зв. величины можно считать полным наш Каталог для каждой Площади. Для ответа на этот вопрос мы составили таблицу XXVI, где для каждой Площади указано количество звезд в некоторых малых интервалах блеска.

Судя по данным приведенной таблицы, можно считать, что в общем предельная величина в нашем Каталоге достигает 13.3 фотогр. зв. величины. При этом, предел мы понимаем в том смысле, что он относится к средней зв. величине звезд интервала, где количество звезд в среднем того же порядка, что и в других и, следовательно, звезды этого интервала могут быть использованы для интерпретаций с тем же весом, что и

Таблица XXVI

Группа	ПК	12. ^m 51- -12.70	12.71- -12.90	12.91- -13.10	13.11- -13.30	13.31-
I	8	52	22	7	2	—
	9	34	43	48	38	16
	19	46	35	31	19	3
	24	31	53	53	40	7
	40	41	32	37	22	4
			204	185	176	121
II	18	23	32	43	37	39
	23	38	48	37	37	60
	25	47	55	43	18	12
	39	35	46	20	5	—
	41	49	30	14	3	—
			192	211	157	100
III	2	73	50	27	9	4
	3	87	46	47	20	1
	7	50	69	23	2	7
	10	14	17	25	31	44
	17	27	43	43	20	5
	20	46	39	47	31	18
	21	28	41	29	28	13
	22	29	26	29	21	24
	26	16	21	43	65	45
	38	32	50	57	24	2
	42	27	23	19	24	16
	43	21	19	51	62	3
			450	444	440	337

Группа	ПК	12.51- -12.70	12.71- -12.90	12.91- -13.10	13.11- -13.30	13.31-
IV	1	32	41	28	41	32
	4	41	28	22	15	9
	5	41	42	25	12	6
	6	33	50	24	19	18
	11	37	32	26	24	14
	12	26	25	26	12	9
	16	18	35	43	16	15
	27	37	42	39	26	15
	28	20	17	28	16	35
	36	18	18	36	29	51
	37	26	24	23	16	5
		329	354	320	226	209
V	13	26	35	24	16	9
	14	15	17	27	27	16
	15	11	23	21	22	8
	29	20	25	30	17	11
	30	28	49	64	9	—
	31	13	5	11	2	19
	32	17	12	17	23	39
	33	31	16	23	13	12
	34	24	16	26	12	34
	35	16	20	41	39	59
			201	218	284	180

остальные. Но этот предел не для всех Площадей одинаков. Вместе с тем, приходится считаться с тем, что в связи с уравниванием цвета, этот предел неодинаков для звезд разных спектральных классов. Следует помнить, что предел самих Бергедорфских Каталогов различен для разных ПК. Так, например, для ПК8 он всего 12.8 зв. величины, для ПК7 и 19 — 13.2 зв. величины и т. д. На низких галактических широтах его проникновение меньше, чем на высоких. Это могло сказаться и на пределе нашего Каталога, т. к. звезды последнего взяты по Бергедорфскому Каталогу. Но, мы старались захватить возможно слабые звезды.

Предел нашего Каталога можно оценить и путем строгого анализа чисел последней таблицы. Действительно, можно вычислить значения $\log N(m)$, относящиеся к нашим числам звезд для отдельных m , и сравнить их с интерполированными значениями тех же величин, взятых для соответствующих областей из известных таблиц Ван-Райна [767]. Подобные сопоставления мы сделаем для Площадей групп I и II и частично для

групп III и IV. Таким образом, мы определили ту зв. величину m , при которой наше значение $\log N(m)$ начинало заметно отставать от его же значения, получаемого из таблиц В а н - Р а й н а. Конечно, интерполирование величин $\log N(m)$ приближенно и подобная оценка предела также приближенна. Но результаты дают нам право считать наш Каталог, в общем, полным до 13.3 зв. величины.

В таблице XXVII мы приводим оценки предельной фотографической звездной величины для каждой Площади. При этом, под предельной величиной следует понимать не величину отдельной предельно слабой звез-

Таблица XXVII

Группа	ПК	Предельная зв. величина	Группа	ПК	Предельная зв. величина
I	8	13.0	IV	1	13.4
	9	13.3		4	13.3
	19	13.2		5	13.3
	24	13.3		6	13.4
	40	13.2		11	13.3
		13.2		12	13.2
				16	13.3
				27	13.3
				28	13.4
				36	13.4
II	18	13.4	37	13.3	
	23	13.4			
	25	13.2			
	39	13.1			
	41	13.1			
		13.3			
III	2	13.1	V	13	13.3
	3	13.2		14	13.4
	7	13.0		15	13.3
	10	13.4		29	13.3
	17	13.3		30	13.1
	20	13.3		31	13.4
	21	13.4		32	13.4
	22	13.4		33	13.3
	26	13.4		34	13.4
	38	13.2		35	13.4
	42	13.4			
	43	13.3			
				13.3	
		13.3			

ды, а среднюю величину группы такого количества предельно слабых звезд, которое достаточно велико для того, чтобы считать Каталог в данной Площади полным и использование средних данных для группы предельно слабых звезд — возможным, для целей настоящего исследования.

Ни в одной Площади предельная величина не ниже 13.0 и в большинстве из них она равна 13.4 и 13.3. В среднем, пределом нашего Каталога, как сказано и выше, можно считать 13.3 фотографической зв. величины, в системе величин Бергедорфского Каталога.

ГЛАВА ЧЕТВЕРТАЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗБИРАТЕЛЬНОГО ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТА
В ГАЛАКТИКЕ НА ОСНОВЕ ЦВЕТОВЫХ ИЗБЫТКОВ ЗВЕЗД

§ 1. Вводные замечания

В настоящей—четвертой—главе работы мы используем данные составленного нами Каталога цветковых показателей 14000 звезд в Площадах Каптейна №№ 1—43, для исследования избирательного поглощения света звезд в Галактике, в разных направлениях и на разных глубинах ее.

Для этой цели и на основе каталожных данных составлены таблицы средних показателей цвета для известных групп спектральных подклассов и известных зв. величин. Эти таблицы являются исходными при вычислении избытков цвета звезд.

В этой же главе выведена нормальная система цветов, а также вычислены расстояния до отдельных групп звезд.

После того, как выведены избытки цветов, для каждой Площади Каптейна построены кривые зависимости цветковых избытков от расстояний. Наконец, вычислены физические характеристики поглощающей среды, освещенное распределение избирательно поглощающего вещества и дана общая дискуссия материала.

§ 2. Деление звезд Каталога на группы различных спектральных подклассов и различных видимых зв. величин для вычисления средних показателей цвета

Исходным материалом для нашей дискуссии, при изучении избирательного поглощения, служат избытки цвета в разных направлениях и на разных расстояниях от нас. В связи с этим, прежде всего, необходимо вычислить средние показатели цвета звезд, сгруппированных по отдельным интервалам блеска и спектральных подклассов.

Учитывая количество звезд, пределы блеска звезд нашего Каталога и необходимость проследить увеличение пространственного покраснения звезд в зависимости от прироста расстояния, мы нашли наиболее целесообразным принять следующее подразделение ранних звезд на группы, относящиеся к отдельным интервалам видимых фотогр. зв. величин и спектральных подклассов:

<10.50	10.51—11.25	11.26—12.00	12.01—12.75	>12.75 зв. вел.
B0—B5	B6—B9	A0—A2	A3—A5	A6—A9
		F0—F2	F3—F5	

В таком виде звезды распределены по группам достаточно удовлетворительно. Хотя, конечно, нельзя избежать весьма чувствительного дефицита их в группах, относящихся к ранним спектральным классам, особенно на высоких галактических широтах.

При таком распределении мы можем рассматривать для каждой спектральной группы по пять расстояний, соответствующих звездам следующих средних видимых зв. величин:

10.25 10.90 11.65 12.40 13.00

Соответствующими средними спектральными подклассами являются:

B3 B8 A1 A4 A8 F1 F4

Значения средних видимых зв. величин и средних подклассов не всегда являются средними для данных интервалов блеска и спектров. Но, мы учитывали действительные количества звезд, относящихся к отдельным малым интервалам видимых зв. величин и к каждому отдельному спектральному подклассу и брали как бы «взвешенные» средние. Мы придаем большое значение такому порядку осреднения. Это существенно приближает нас к наиболее правильному использованию статистического материала.

Если быть чрезмерно строгим, то надо все таки отметить, что отдельные Площади показывают несколько различное распределение звезд, в соответствии с чем было бы целесообразнее иметь различные подразделения для разных Площадей или для их разных групп. Но то подразделение на котором мы остановились, является приблизительно средним для всех Площадей. Тем не менее, при детальном исследовании и дискуссии цветовых избытков и сопоставлении их с расстояниями в отдельных Площадах, нам приходится иногда отказываться от этих средних значений и принимать для некоторых отдельных Площадей значения, более соответствующие истинному среднему значению в них.

Таким образом, мы имеем для каждой Площади и для ранних звезд (B0—F5), в общем, 35 отдельных расстояний, соответствующих пяти средним видимым зв. величинам и семи средним спектральным подклассам, т. е. семи значениям абсолютных величин. Конечно, не для всех Площадей имеются звезды, относящиеся ко всем этим средним значениям. Кроме того, как увидим позже, мы не будем пользоваться всеми этими расстояниями в отдельности, а рассматривая вместе по несколько близких между собой расстояний, будем их осреднять.

Наш Каталог содержит большое число поздних звезд. Весьма желательно использовать выполненные определения цветов и для этих звезд. Трудности, естественно, возникают в связи с делением звезд по абсолютным величинам и различием их цветов. Между тем, Бергедорфские определения спектральных классов, как правило, не содержат делений звезд на гиганты

и карлики. Тем не менее, мы нашли возможным использовать также выведенные нами показатели цвета поздних звезд.

При этом мы остановились на следующих интервалах спектральных подклассов:

F6—F9 G0—G2 G3—G5 G6—G9 K0—K2 K3—K5

т. е. приняли следующие средние спектральные подклассы:

F8 G1 G4 G7 K1 K4

Что касается средних зв. величин, то они были оставлены прежними.

Таким образом, в случае поздних звезд мы имеем 30 отдельных значений средних (групповых) расстояний, которые, впрочем, и здесь используются не все индивидуально.

Прежде всего мы выделили в указанные группы лишь те поздние звезды, которые по Каталогу БСО имеют подразделение по светимостям (на гиганты и карлики) и составили соответствующие таблицы средних (групповых) показателей цвета.

Затем, подобные таблицы были составлены и для остальных поздних звезд, не подразделенных на гиганты и карлики.

Таким образом, исходным материалом нам служат три серий таблиц. Первая из них содержит лишь ранние звезды и количество последних колеблется между 129 и 418 для Площадей нулевой и малых широт; между 87 и 236—для Площадей умеренных широт и наконец между 22 и 61—для средних и высоких широт¹. Всего из групп Площадей нулевой и малых широт в таблицах средних показателей (а, следовательно,— средних избытков цвета) 2364 звезды, из групп умеренных широт—1569, и средних и высоких—668. Естественно, что количество наиболее ранних звезд в Площадах средних и высоких широт заметно падает. Но в общем, можно считать, что к вычислениям средних избытков цвета привлечено довольно большое число ранних звезд: их более 4600, т. е. 33% всего Каталога.

Во второй серии таблиц участвуют 1652 звезды-карлика и 522 звезды-гиганта. При этом они распределяются следующим образом:

„	„	III	618	„	171	„
„	„	IV и V	735	„	280	„

Таким образом, использование поздних звезд, имеющих подразделение на гиганты и карлики, прибавляет нам для вывода средних избытков цвета еще 2174 звезды, т. е. 16% нашего Каталога и общее число используемых звезд, в таком случае, составит почти 6800, т. е. 49% всего числа звезд в Каталоге. Это число могло быть несколько больше, но, в некоторых случаях нам приходилось отказываться от тех звезд, которые имели весьма сомни-

¹ Лишь в трех случаях имеем мы менее 22 звезд.

тельные деления на гиганты и карлики (дважды условное двоеточие в Бергедорфских Каталогах) и к тому же давали большое отклонение от средних значений показателей цвета.

Кстати, вычислив средние значения показателей цвета для гигантов и карликов данной Площади, в отдельности, и беря при этом лишь те звезды, подразделения которых не подлежат сомнению (без условных двоеточий), мы могли определить ту величину отклонения от среднего, которая могла служить критерием для более надежного отнесения звезд, обозначенных двоеточиями, к той или иной группе. Поэтому, в дальнейшем, звезды, имеющие сомнительные подразделения и, к тому же, выпадающие по своим показателям цвета, мы зачастую отбрасывали. В большинстве случаев нам удавалось уточнить подразделение и это делало возможным удовлетворительное использование таких звезд. Но тем не менее, к звездам с уточненным нами подразделением мы прибегали лишь в тех случаях, когда для данных Площадей или данных расстояний бывало слишком мало других звезд.

Опыт, приобретенный анализом показателей цвета звезд, подразделенных на гиганты и карлики (подробнее см. в следующем параграфе) дал нам возможность использовать для наших целей и те поздние звезды, которые вовсе не имеют деления на гиганты и карлики. Это довольно важно, ибо таких звезд в нашем Каталоге—более 40%. Эти звезды составили нам третью серию таблиц средних (групповых) показателей цвета, в которой участвуют 5409 звезд.

Конечно, даже при статистическом методе было бы неправильно отнести все необозначенные (по светимости) поздние звезды Бергедорфского Каталога к главной последовательности. Мы и не поступили так. Исходя из тех средних значений показателей цвета, которые выведены нами по звездам, имеющим подразделение, мы относили необозначенные поздние звезды к гигантам или карликам по признаку их показателей цвета. Последний заставил нас отнести к гигантам более 800 звезд. Конечно, этот способ несколько груб. Но при статистическом методе он более надежен, чем простое допущение о принадлежности всех необозначенных звезд главной последовательности. Для возможного повышения точности мы рассматривали средние значения показателей цвета отдельно для групп звезд различного блеска и для Площадей, относящихся к различным галактическим широтам.

Таким образом, в трех сериях исходных таблиц средних показателей цвета участвует около 12200 звезд, т. е. более 87%-ов от всего числа звезд нашего Каталога. Мы не приводим здесь этих таблиц из-за громоздкости.¹

¹ Таблицы групповых показателей цвета, опубликованные нами в Бюллетенях Абастуманской обсерватории [204, 205, 208, 209], построены по иным интервалам зв. величин и спектральных подклассов. Они имели значение лишь для предварительных оценок поглощения и, тем не менее, определенно указывали на рост поглощения с расстоянием от Солнца и с приближением к галактическому экватору.

§ 3. К вопросу о подразделении поздних звезд Бергедорфского Каталога на гиганты и карлики

Рассмотрим теперь несколько подробнее вопрос о подразделении по светимостям звезд БСО.

Рабочие таблицы и соответствующие им графики, на которых основано наше уточнение подразделения звезд по светимостям, не приводятся в настоящей работе из-за громоздкости. Но, пользование ими мы нашли довольно надежным для того, чтобы по признаку цвета, в одних случаях, с уверенностью признавать за звездами те обозначения, которые проставлены в Бергедорфских Каталогах, но отмечены двоеточиями, а в других случаях — считать их неправильно подразделенными и относить к противоположной группе. При выполнении этой работы, естественно, мы неизбежно учитывали и расстояния до звезд и поглощение, анализируя цвета звезд отдельно для разных Площадей, характеризующихся различными поглощениями. Эта работа и соответствующий анализ весьма кропотливы, но результаты получаются довольно уверенными.

В итоге проделанной работы мы составили таблицу XXVIII, относящую к группе гигантов или к группе карликов большинство тех звезд, которые имеют неуверенное подразделение в Бергедорфских Каталогах. Бывали исключения, когда значения показателя цвета не могли служить вполне определяющими признаками для отнесения звезд к той или иной группе. В таких, относительно немногих случаях мы отказывались включать их в таблицу.

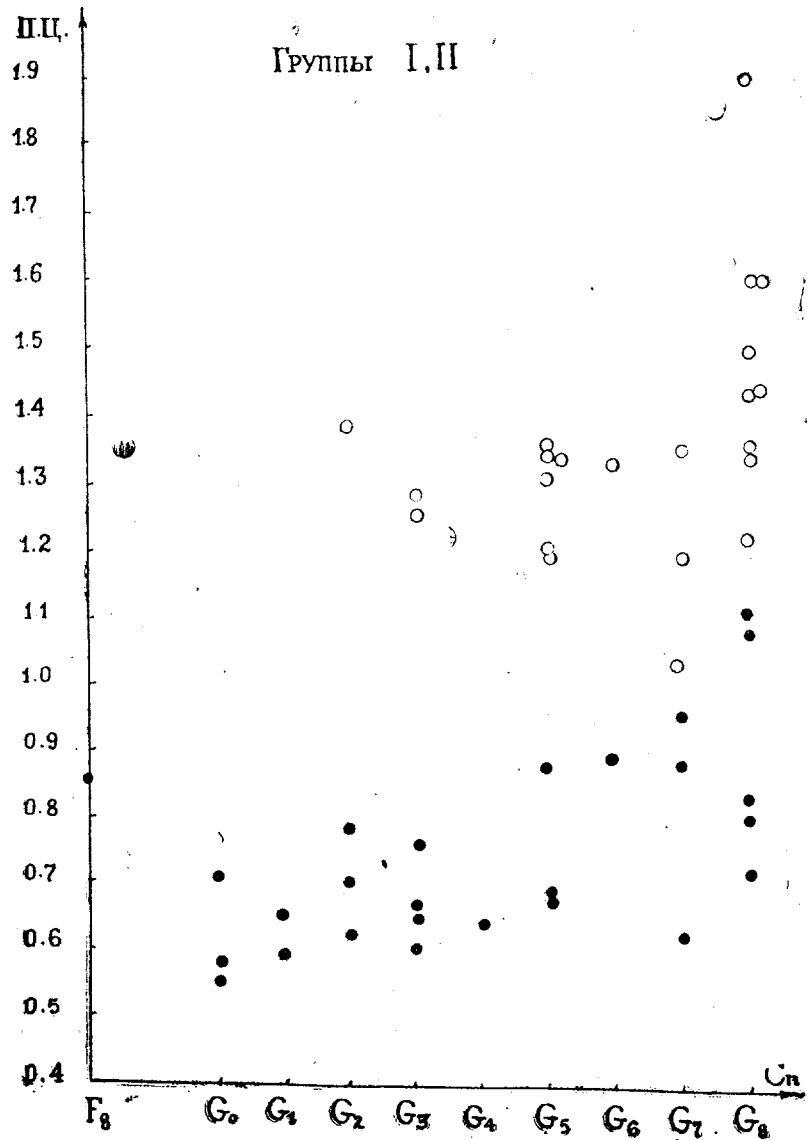
Таблица XXVIII содержит номера Площадей Каптейна, номера звезд по Бергедорфским Каталогам, спектральные обозначения с подразделением их на гиганты и карлики по тем же Бергедорфским Каталогам и подразделение их на гиганты и карлики на основе наших показателей цвета. Таблица содержит во всех Площадах 528 звезд, деление которых на гиганты и карлики мы считаем уточненным согласно нашим определениям показателей цветов.

Уточнением сомнительных подразделений звезд охвачено во всех Площадах около 600 звезд, однако обозначения были установлены нами для 528 звезд. При этом для 36% из них обозначения Бергедорфских Каталогов не подтвердились. 93 сомнительных карлика мы признаем за гиганты, а 96 сомнительных гигантов следует, по нашему, отнести к карликам. Прделанный нами анализ дает основание признать, что Бергедорфское подразделение звезд по светимостям не очень надежно. С другой стороны, можно убедиться, что тщательный анализ цветов звезд, с учетом расстояний и направ-

18. Бюлл. Абаст. астроф. обс.. № 12

лений способен уточнить Бергедорфские подразделения. Некритическое отношение к последним послужило причиной тому, что Бок и Сван были вынуждены отказаться от дифференцированного использования звезд гигантов и карликов по БСО [375].

Интересно отметить, что Б. В. Кукаркин и П. П. Паренго также указывали, что в ряде случаев звезды БСО, оказавшиеся после



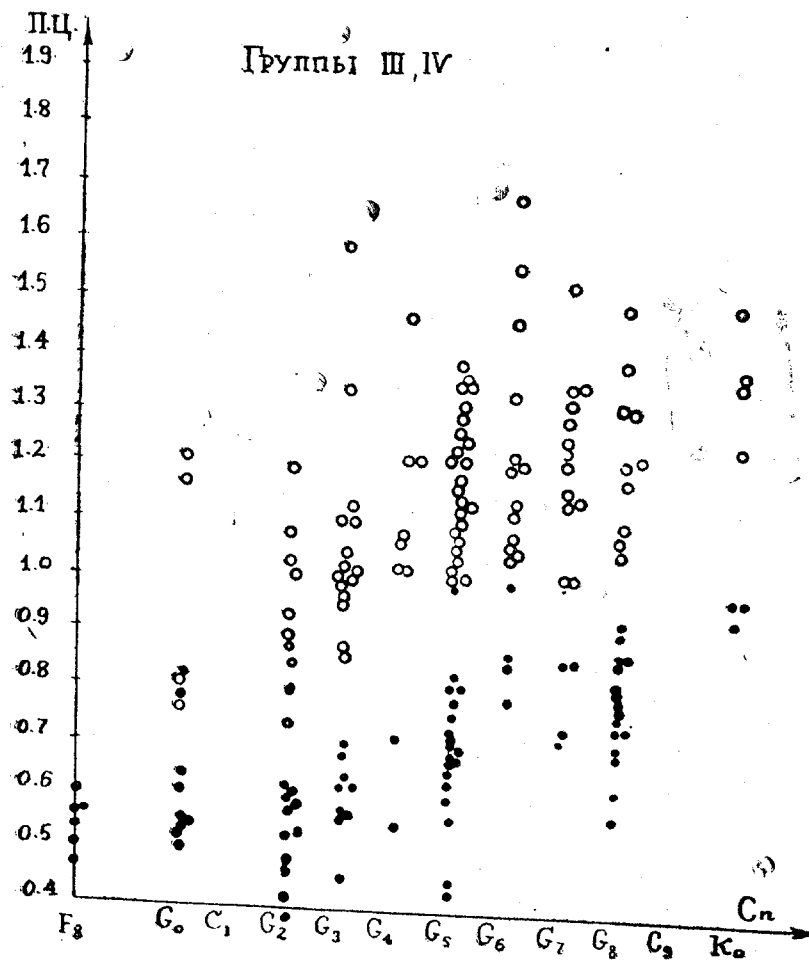
Чертеж 25

составления БСО долгопериодическими цефеидами, обозначались в БСО карликами, правда, часто—сомнительными: d : и d ::.

Если рассмотреть звезды, входящие в таблицу XXVIII относительно кривых: избыток цвета—расстояние (см. ниже), то окажется, что до уточнения их подразделения, многие из них дают значительные отклонения от кривых. После же уточнения и вычисления расстояний в соответствии с нашим делением на гиганты и карлики, они в общем ложатся на кривые.

Приведем некоторые из данных, составляющих основу для уточнения подразделения.

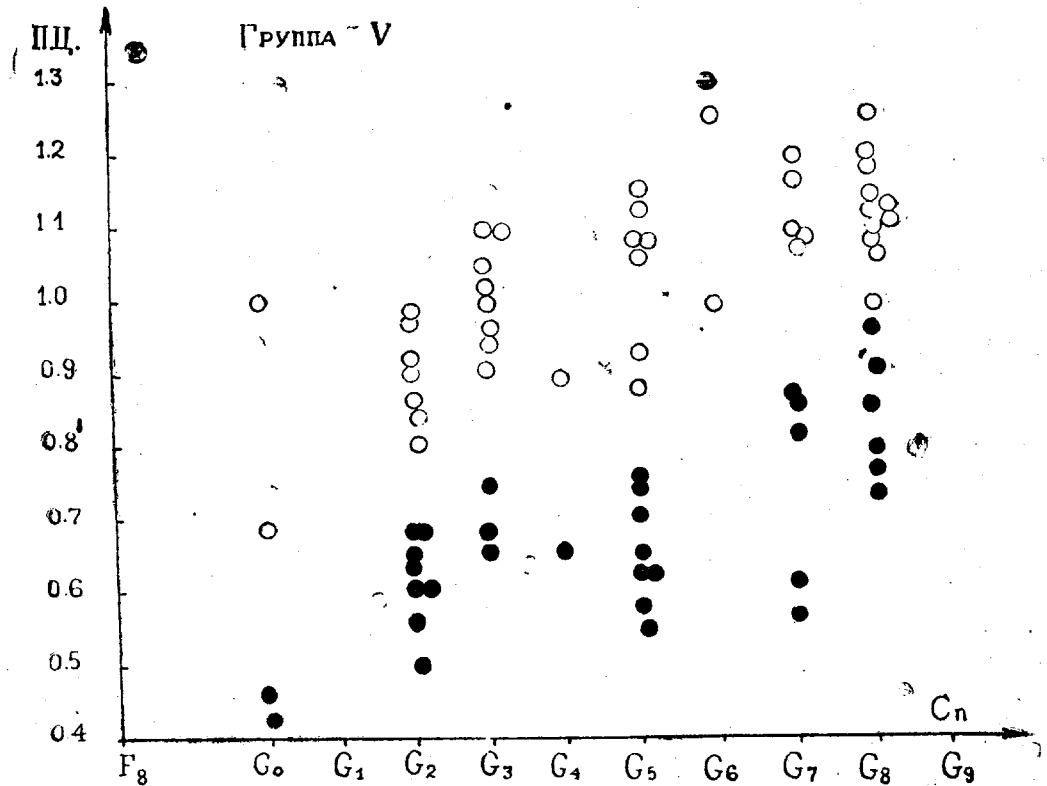
Во-первых, рассмотрим график зависимости показателя цвета от спектра для звезд, имеющих в Бергедорфских Каталогах сомнительные обозначения, но подтверждающиеся нашими значениями показателей цвета. Пов-



Чертеж 26

торяем, что подобные графики нам пришлось строить с учетом видимых звездных величин, поглощения и исправленных расстояний и т. д. Здесь же приводятся графики, где собраны звезды разных видимых величин. Естественно, что на таких графиках рассеяние точек значительно. Рассмотрим три графика, на которых собраны звезды, относящиеся к группам:

1) Площадей низких галактических широт, т. е. I и II групп (чертеж 25);



Чертеж 27

2) Площадей умеренных и средних широт, т. е. III и IV групп (чертеж 26) и

3) Площадей высоких широт, т. е. V группы (чертеж 27).

Таблица XXVIII

ПК	№ БСО	Сп БСО		ПК	№ БСО	Сп БСО		ПК	№ БСО	Сп БСО				
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4			
1	292	G5d::	d	5	353	K2d:	d	8	1073	G2d:	d			
	380	K4d::	g		363	G5g:	g		1107	G5d::	g			
	400	G5d:	g		364	G2d::	g		1133	G4d:	d			
	401	G8d:	g		393	G3d::	d		1197	G8d:	d			
	405	G5d:	g		399	G3g::	g							
	431	G5d:	g		535	G4d::	g		9	542	G3d::	d		
	451	K2d:	g		588	G5d::	d			647	G5d::	g		
	472	G8d::	g		592	God:	d			954	G2g:	d		
	475	F8d::	d		613	Kod::	g			1034	G5d:	g		
	483	G5d:	d		681	G2d::	g			1071	G3d:	d		
	537	G8d::	d		739	F8d:	d			1150	G3g::	g		
	595	G8d:	g		937	G6d::	g			1243	G5d::	g		
	597	G8d:	g		997	G6g:	g			1542	G8g::	g		
	608	G6d::	d							1701	G5g::	g		
	618	G5d:	d		6	36	G3g::			d	1723	G8g::	g	
	634	G3d::	g			40	G2d:			g	1831	G3d:	d	
645	K2d::	g	289	G6d::		g								
2	89	G3d:	g	328		G4g::	d	10		59	G7g::	g		
	261	G6g:	g	346		F9d::	d			96	G5g:	g		
	416	G7g:	g	395		G5d:	d			253	G7g:	g		
	454	G5g:	g	396		G4g:	d			262	G4g::	d		
	615	G3d:	d	401		G3d::	d		561	G5g::	g			
	620	G8g:	d	463		K2d::	d		853	G4g:	d			
	776	G8g:	g	512		G2d:	d							
	790	G6g:	g	520		G2g::	d		11	373	G5g::	g		
	836	G3g:	d	575		G2g::	g			810	G7g::	d		
	1058	G8g:	g	602		G8d::	g			922	G5g::	g		
	3	146	G6d::	d		726	G2g:			d	930	G3g::	g	
		273	G2d:	d		864	G2d::			d	1143	G5d:	d	
		287	G8d:	g		1061	G4d:			d				
		451	G8d:	g	7	141	G5d:			d	12	73	G2g:	d
		652	G6d:	g		216	G5d::			g		136	G3g:	g
		660	G2d::	d		225	F8d:			d		331	G2d::	d
683		G8d:	g	229		G7d::	g	408		G2d:		d		
841		G6d:	g	236		God:	d	416		G2d:		d		
977		G5g:	d	418		G5d:	g	420		G5d:		d		
1035		G5g::	g	428		God:	d	434		G3d::		d		
1105		K2g::	g	484		F8d:	d	450		G2g:		d		
1132		G8d:	g	489		G5d::	d	598		G3g:		g		
4		21	G4d:	g		531	F8d:	d		613		G2d::	d	
		32	G5d::	g		577	G5d:	d	676	G5g::		d		
		331	Kod:	g		699	G5d::	g	692	G2d:		d		
		374	G5d:	g		8	468	G7d:	g	709		G5d::	g	
	375	G8d:	g	491			G8d:	g	932	G5d:		d		
	656	G5d:	g	618			God:	d	13	68		G5g:	g	
	5	88	G5d:	g			953	F5d::		d		204	G5g:	g
		251	G3g::	g	964		G6d::	g		369	G3g:	g		
		277	G6d:	g	995		God:	d		372	G5g:	g		
		325	G5g::	g	1010		G6d::	d		401	G3g::	g		
					1060		G3d:	d		447	G5g:	g		
					1070		G8d:	d		452	G5g:	g		
							K2d::	g		472	G7g:	g		

Продолжение таблицы XXVIII

I	2	3	4	I	2	3	4	I	2	3	4	
13	496	G7g::	g	17	1033	G9g::	d	21	1323	G8d::	g	
	646	G3g::	d		1177	G2d:	g		1340	G5g::	g	
	669	G3g:	g						1356	G8g::	d	
14	98	G2d:	d	18	496	Gog::	d	22	1398	G6d:	d	
	211	G8g::	d		519	G8d:	d		1406	Kod:	d	
	299	Gopd::	d		522	G1d:	d		1448	G8d:	d	
	382	G2d:	d		700	G2d:	d					
	394	G5d:	d		1046	G3d::	g		844	G4g:	g	
	571	G5d::	g		1056	G2d:	g		959	G3g:	g	
					1108	G8d:	g		1033	Kod::	g	
15	525	G8g:	g	1290	G1d::	d	1042	G3g:	g			
				1315	God:	d	1087	G8g:	g			
16	110	G5g::	d	19	1329	G8g::	g	1205	Gog::	d		
	158	G7d:	d					1260	G4g:	g		
	172	G7g:	g		554	G5g:	g	1376	G:g:	g		
	276	G8g:	g		573	G7d:	d	1433	G5g::	d		
	305	G7g:	g		705	G5d::	g	1500	G2g:	d		
	384	G6g::	d		1130	G8g:	g	1505	G4g::	g		
	390	G8d:	g		1189	G5d:	d	1557	G3g:	g		
	396	G3g:	d		1266	G7d:	d	1655	G5g::	g		
	400	G4g::	d		1313	G7d:	d	2046	G2g::	g		
	401	G5g:	g		1387	G3d:	d	2112	Gog:	g		
	403	God:	d		1433	G5d::	d	2120	G3g:	g		
	405	G2d:	d		1449	G8d:	d	2144	G2g:	d		
	406	G4g::	g			G7d:	g	2151	G3g:	g		
	445	G5g::	g		20	446	G6g:	g	2200	G4g:	g	
	453	G3g:	d			458	G6g:	g	2213	G5g:	d	
	457	G6d::	d			648	G6g:	g	2226	G4g::	g	
458	G7g:	d	649	G2g:		d	2231	G6g:	g			
586	G7g:	g	754	Gog:		d	2246	G3g:	g			
594	G7g:	g	1189	G7g:		d	2290	G5g::	g			
615	G7g::	g	1191	G6g:		g	2353	G5g:	g			
636	Gog::	d	1224	G8g:		g	2458	G8d:	g			
643	G6g:	g	1257	G5g:		d	2594	G2g::	d			
645	G5g:	g	1300	Gog:		d						
686	G4g::	d	1377	G5g:		g	697	G8g:	g			
695	G5d::	d	1535	G3g:		d	1468	G8d:	d			
722	G5g::	d		G8d:		d						
859	G6g:	d	21	500		G5g::	g	24	112	G8d:	g	
17	355	G8g::		g		565	G3g:	g	697	812	G6g::	g
	392	G4g:		g		580	G7d:	d	863	863	G8g::	g
	430	G2g::		g	582	G8d:	g	913	913	G7d:	g	
	448	Gog::		d	661	G2g:	g			G5g:	g	
	464	Gog::		d	694	Kog::	d	25	128	G2d:	g	
	474	G8g:		g	697	Kog:	d		241	G5d:	g	
	498	God:		d	705	G8g:	d		590	F8d:	g	
	502	G3g::		g	721	G5g:	d		624	G5d::	g	
	504	G8g::		g	722	G5g:	d		625	G8g:	g	
	517	G4d:		g	833	G7d:	d		656	F8g::	g	
	593	G5d:		g	838	Kod:	g		662	G2d:	g	
	676	F8g:		d	1083	G7g::	g		710	G5d:	g	
	773	G2g:		g	1094	G7d:	d		760	G2g::	g	
	893	G5g:		d	1119	G3g:	g		761	G2d:	g	
	937	G2g::		d	1125	G7g:	d		1049	G5d:	g	
	952	G7g:	g	1174	G8d::	d	1073		G3g::	g		
979	G2g:	g	1175	G8g:	g	1126	G5g:		g			
1024	G5d::	d	1270	G6g:	g							
			1291	G7g:	g							

Продолжение таблицы XXVIII

1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4 6		
26	386	G5g:	d	28	1168	G8g:	d	32	341	G8d:	g		
	846	G6g:	g		1169	G8g:	g		345	G8d:	g		
	851	Gog:	g	29	52	G7g:	d	33	385	G6g:	g		
	855	G5g:	d		86	G4g:	g?		390	G8g:	g		
	911	G6g:	g		125	G5d:	d		392	G2g:	g		
	921	G5g:	g		221	G2g:	g		416	Gog:	g		
	958	G6g:	g		257	G5g:	d		540	F8g:	d		
	1051	G7g:	g		264	G8d:	d		560	Gog:	g		
	1060	G8g:	g		409	G8g:	g		616	G5g:	d		
	1087	G8d:	g		413	G2g:	d		123	God:	d		
	1098	G7g:	g		448	G3g:	g		124	G8g:	g		
	1112	G7d:	g		528	G7g:	d		144	G6d:	g		
	1133	G5d:	g	529	G7d:	d	159	K5g:	d				
	1180	Kog:	g	560	G8g:	g	190	G5g:	g				
	1185	G6d:	g	30	4	G2g:	d	220	G8g:	g			
	1195	G8g:	g		10	G5g:	g	232	G6g:	g			
	1200	G8d:	d		108	Gog:	d	235	G7d:	d			
	1238	G5g:	g		110	G3g:	g	249	G7d:	d			
	1734	G8g:	g		113	G2g:	g	302	G8d:	d			
	1815	G7g:	d		126	G8d:	d	325	G7d:	d			
	1905	G5g:	d		128	G5d:	d	346	G5d:	d			
	1966	G7d:	g		147	G2d:	d	360	Kod:	g			
	2082	G3g:	g		165	G8d:	d	365	G7d:	d			
	2453	G6g:	g		167	G2d:	d	376	G7g:	g			
	2530			170	G2d:	d	379	G8d:	d				
	27	20	G5d:	d	174	G3d:	d	391	G8d:	g			
21		Kod:	d	197	G5d:	g	515	G5d:	d				
53		G2d:	d	279	G5d:	d	548	Kod:	d				
117		F9d:	d	292	God:	d	567	G5d:	d				
215		G8d:	d	317	G4d:	d	576	G8g:	g				
415		God:	d	332	G8d:	d	586	G8g:	g				
439		G3g:	g	395	G3d:	d	34	114	G3g:	g			
545		G5d:	d	425	G2d:	d		242	G2g:	d			
603		G3d:	d	426	G3d:	d		255	G7g:	g			
795		G8d:	d	450	G3g:	d		291	G7g:	g			
869		G5d:	d	583	G5d:	d		408	G3g:	d			
921		G2d:	d	586	G2d:	d		528	G5g:	g			
942		G2d:	d	31	270	G8g:		d	614	G3g:	g		
988		Kod:	d		391	G2d:		d	700	K2d:	d		
996	G6g:	d	426		G7g:	d		35	147	G8g:	g		
1024	God:	d	507		G5g:	d			166	G7g:	g		
28	45	G8d:	d		518	G8g:	d		604	Kog:	g		
	321	G8d:	d		621	G7g:	d		36	170	Kog:	g	
	323	G8d:	d		632	Gog:	d			206	G7g:	g	
	337	G3d:	d		667	G8g:	g			388	G8g:	d	
	343	G8d:	d		32	71	G8g:			d	401	G7g:	d
	348	G2g:	g			75	G2g:			d	530	Kog:	g
	349	G5g:	g	105		F8g:	g			534	Gog:	g	
	367	Gog:	g	127		G2g:	g			638	G7g:	g	
	424	G2g:	g	129		G2g:	g	37		66	K2g:	g	
	448	G3g:	g	134		G2g:	g			121	K2g:	g	
767	G5d:	g	158	G2g:		g	126			G3d:	d		
813	God:	d	163	G5g:		d	143		G3d:	d			
832	F8d:	d	197	G3g:		g	313		G8d:	d			
914	G2g:	d	317	G8g:		g							
934	G5g:	g											

Окончание таблицы XXVIII

1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
37	424	G8d::	d	38	1435	G2g:	d	41	—	—	—	
	709	G5g:	g		1443	G3g:	d		42	646	K5d:	d
	713	G5d:	d	39	928	G7d:	d	43		716	Kod::	g
	726	G8g::	g		1034	G7g:	g		750	G8d:	d	
	728	Gog:	g		1057	G8g:	g		752	Kog:	g	
	734	G2d:	d		1073	G8g:	g		777	God::	d	
	752	G7d:	d		1086	G5d:	d		836	Kog:	d	
	986	G2d:	d		1148	G7d:	g		905	G5d:	d	
	38	693	G5g::		g	1807	G8g:		g	928	G8d:	g
		725	K2g::		g	1949	G7g:		g	1222	G5d:	g
731		G5d::	d	1964	G8d:	d	1225	G8d:	g			
841		G4d:	d	2074	G5g:	g	1241	God:	d			
1231		G2g:	g	2263	G7g:	g	1358	G2g::	g			
1237		G1d::	g	40	789	G5g:	g	1494	G5g::	g		
1255		G3d::	d		823	G5g:	g	1511	K4g:	g		
1300		G5g:	g		870	G5g::	g	1513	K2d:	d		
1340		G8d::	d		1897	G5d:	g	1531	G3d::	g		
1397		G2g::	d									
1398	G5d::	g										

На графиках точки означают карлики, а пустые кружки—гиганты.

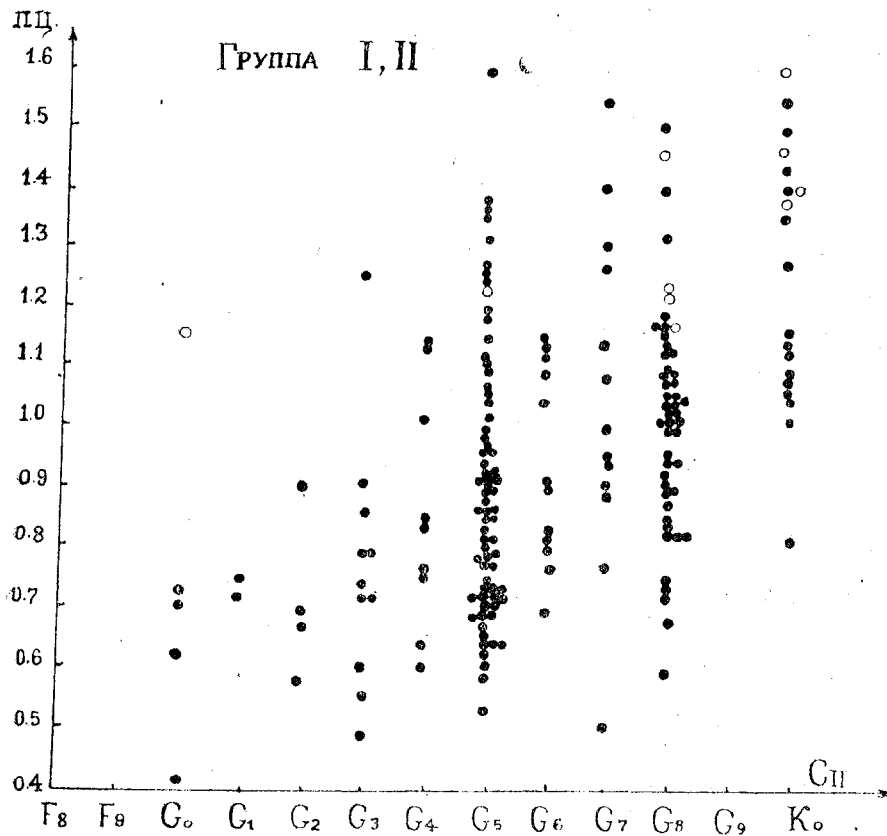
Прежде всего бросается в глаза, что гиганты, почти без исключения, ложатся на графиках выше карликов, как это и должно быть. Далее, среднее значение для всех звезд I и II групп занимает наивысшее положение, а V группы—наименьшее. При этом, разница в положениях более заметна для гигантов. Все это находит простое объяснение, если учитывать поглощение, а также и иметь в виду, что гигантам соответствуют большие расстояния, нежели карликам.

Можно построить аналогичные графики и по тем звездам, которые имеют «уверенные» обозначения в Бергедорфских Каталогах, т. е. обозначения без двоеточий. Легко убедиться, что получится картина, в общем—аналогичная последним графикам. Для примера рассмотрим подобные графики для Площадей низких (чертеж 28) и высоких галактических широт (чертеж 29). Правда, рассеяние на чертеже 28 заметно больше, но это объясняется и наличием здесь большего количества звезд-карликов и большего разнообразия в расстояниях. Разница же между графиками чертежа 29 и чертежа 27 незначительна.

Выше было сказано, что из рассмотренных более чем 500 звезд, имеющих сомнительные подразделения, 92 «сомнительных» карлика мы признали за гиганты, а 96 гигантов—за карлики.

Если нанести все эти 189 звезд на график (чертеж 30), то обнаружится, что действительно все без исключения сомнительные карлики займут положение над всеми, без исключения, сомнительными гигантами, что наглядно указывает на неправильность подразделения БСО и справедливость отнесения нами этих звезд к противоположным группам.

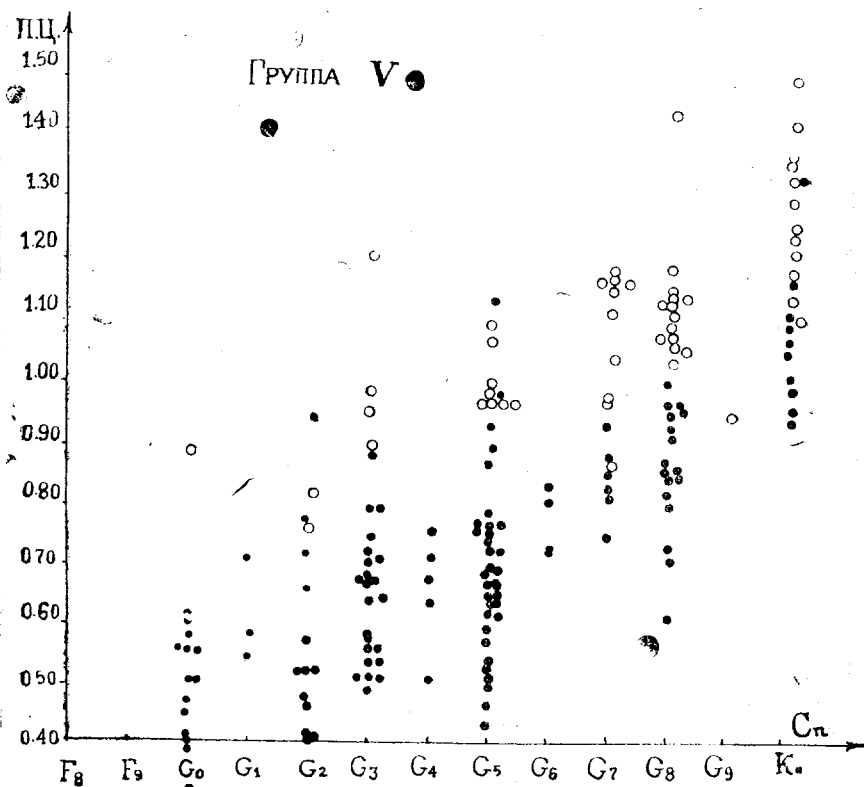
В таблицах средних показателей цвета звезд, имеющих по БСО уверенное подразделение по светимостям, отношение числа гигантов к количеству карликов в группах низких, средних и высоких широт выражается величинами 24%, 28% и 38%, соответственно. Те же отношения, в таблице звезд, условно подразделенных нами, имеют значения: 21%, 27% и 16%. Конечно, эти цифры не выражают реального соотношения гигантов и карликов и их значения могут быть искажены подбором звезд с



Чертеж 28"

обозначениями, но они, тем не менее, дают некоторое указание на вероятность статистически правильного деления нами звезд на гиганты и карлики по признакам цвета. Заметно меньший процент гигантов в Площадях высоких широт вполне естественен, но если он несколько высок для звезд первой из названных таблиц, то лишь потому, что в отношении последних мы стремились подобрать возможно больше звезд с уверенной большой светимостью, с целью проникнуть на большие галактические

расстояния, т. к. эти Площади и без того страдают дефицитом далеких звезд. Всё же распределение звезд по количеству и в зависимости от галактической широты является хорошим критерием для суждения о правильности статистического деления их по светимостям.



Чертеж 29

Мы выполнили соответствующие расчеты, опираясь на формулу для вычисления расстояний с учетом поглощения. Расстояния необходимо вычислять для того, чтобы определять объемы, заключающие в себе данные количества звезд. Поглощение определялось для разных широт по соотношению

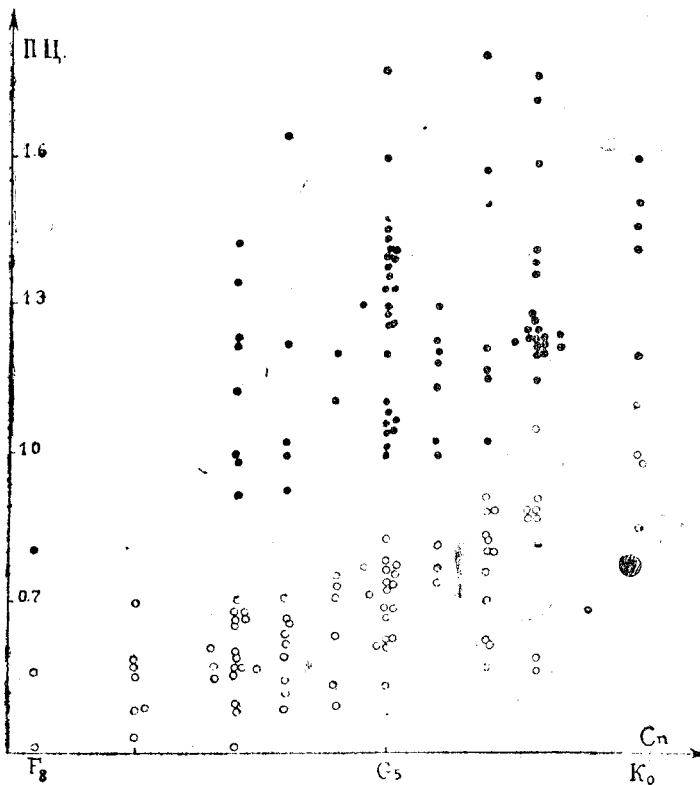
$$A = \gamma \text{ ИЦ}$$

(см. ниже).

Соотношения количеств звезд гигантов и карликов для разных галактических широт повторяли в среднем одну и ту же картину для звезд двух названных здесь таблиц.

Это обстоятельство не только явилось лишним указанием на справедливость (статистически) выполненного нами подразделения, но и послу-

жило нам основанием использовать почти все звезды обеих названных таблиц для того, чтобы произвести общую оценку соотношения количества звезд разных светимостей для различных галактических широт.



Чертеж 30

Возьмем к примеру звезды типа G0 — G5. Подсчитав их числа для гигантов и карликов отдельно, мы найдем, что количество гигантов по отношению к карликам в процентах выражается следующими числами для Площадей I, II, III, IV и V групп, соответственно:

17, 20, 23, 13, 16 — по последней из двух таблиц —

и 16, 19, 25, 16, 18 — по обеим таблицам.

Подсчитаем теперь объемы, в которых заключены соответствующие числа звезд.

Предельные видимые величины рассматриваемых звезд равны 10.50 и 13.30. Однако, имея в виду, что в наших таблицах содержится мало звезд ярче 10.90 и слабее 13.20 зв. величины, мы можем взять за предельные величины эти два последних значения. Для M следует остановиться на значениях, равных 1.1 и 5.2 зв. величины, как на средних абсолютных величинах звезд gG0 — gG5 и dG0 — dG5, соответственно.

Если наконец учитывать влияние поглощения, то необходимо ввести в вышеприведенную формулу разные значения A , соответствующие разным галактическим широтам и глубинам. Эти значения поглощения взяты нами на основании данных и соображений, изложенных ниже и представляются в средних величинах следующим образом:

Галакт. широта	A	A
	для гигантов m	для карликов m
0°	2.60	0.40
6.5	2.30	0.30
16.5	1.70	0.20
34.0	0.75	0.10
58.5	0.30	0.00

После этого, пользуясь вышеприведенной формулой, легко вычислить те предельные расстояния для звезд гигантов и карликов, отдельно, которые определяют и соответствующие объёмы.

Эти расстояния имеют следующие значения:

Галакт. широта	Для	Для
	гигантов	карликов
0°	795—275 пс	330—115 пс
6.5	910—315	345—120
16.5	1200—415	365—125
34.0	1860—645	380—130
58.5	2290—795	400—140

Вычисляя соответствующие объёмы пространства, мы находим их отношения для гигантов и карликов и после этого приводим количества гигантов — в % по отношению к количеству карликов — к единице объёма.

Разумеется, нам предстоит сделать еще один шаг.

Объем, занимаемый гигантами, в пределах данных зв. величин и для данной галактической широты, может значительно повышаться над галактической плоскостью, в то время как объём, соответствующий карликам тех же зв. величин и той же галактической широты, может располагаться вблизи галактического экватора ($z = 230$ пс и $z = 1310$ пс для карликов и гигантов ПК группы V, например). В силу существующей галактической концентрации, эти два объема даже приведенные к единице, не могут быть непосредственно сравнимы между собой. Последним шагом в этих расчетах является именно учет галактической концентрации, т. е. приведение количества звезд-карликов в данной единице объема к тому количеству, которое соответствовало бы той же единице объёма, но расположенной на расстоянии данных звезд-гигантов. Вообще было бы лучше сопоставить между собой числа звезд гигантов и карликов, находящихся

фактически во взятом объеме, но для этого надо было бы иметь дело с яркими гигантами и слабыми карликами. Мы же ограничены видимыми величинами 10.90 — 13.20 как для одних, так и для других звезд.

Редуцировав же количества звезд в зависимости от ζ , мы окончательно получаем следующие результаты:

Галакт. широта	Количество гигантов по отн. к количеству карликов (для G0—G5) вблизи Солнца
0°	2 ₀ /0
6.5	1
16.5	1
34.0	0.4
58.5	0.1

Конечно, эти выводы требуют подтверждения, которое можно было бы найти в результате подобной обработки более значительного и полного материала.

Но, тем не менее, на их основании мы можем считать, что:

а) соотношения чисел звезд карликов и гигантов, качественно и количественно, остаются одинаковыми для звезд двух названных таблиц и, следовательно, надо думать, что выполненное нами подразделение звезд на гиганты и карлики, на основе показателей цвета, в среднем и статистически — правильно;

б) процент числа гигантов по отношению к числу карликов, для видимых зв. величин от 11 до 13-ой, может быть меньше, чем принято считать для всех звезд в среднем; для звезд высоких широт он совсем незначителен;

в) массовые определения цветов поздних звезд в Площадах Каптейна для возможно широкого интервала видимого блеска могли бы дать серьезную основу для подробного изучения вопроса о соотношении количеств гигантов и карликов в разных галактических направлениях или на разных удалениях от галактического экватора.

Мы приводим ниже список около 700 звезд (таблица XXIX), которые не имеют подразделения в Бергедорфских Каталогах, но которые мы относим к гигантам на основании значений показателей цвета, проверенных при этом с учетом поглощения в данной Площади, а также и с учетом исправленных расстояний.

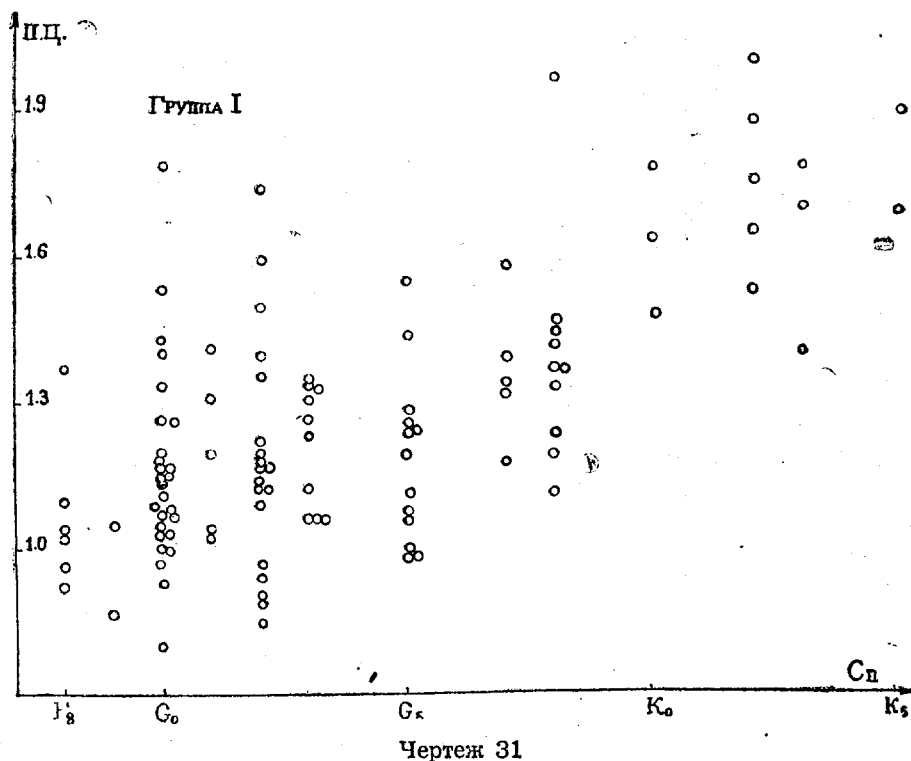
Таблица XXIX

ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО					
1	296	2	513	3	1083	7	722	10	715	13	493	17	644					
	384		514		1133		811		717		514		657					
	420		538				869		863		533		674					
	421		544		4		59		923		545							
	446		610				140		940		630		18	449				
	447		611				296		941		662			470				
	450		617				309		1051		672			520				
	452		680				325		612					523				
	459		697				328		614		11		310	14	126			
	469		698				338		989				391		294			
	474		730				344		1063				416		311			
	478		758				512		1129				423		321			
	480		780				530		1221				426		324			
	482		782				540		1234				437		331			
	484		797				725						446		336			
	492		819										447		375			
	493		827		5		255		9		402			452		389		
	497		829				268						594		459		393	
	501		835				270						968		513			
	523		838				285						1000		520	15	114	
	525		886				290						1104		521		226	
	535		887				402						1667		547		239	
	549		899				429								689		264	
	565		908				524				10		62		812		293	
	602		955				536							91		868		320
	605		964				547							102		893		351
	660		987				591							131		906		371
	663		995				754							135		1029		377
	675		1007											195		1128		556
	677		1089				6						101	230		1146		601
	690		1105				247							246		1256		606
	700		1148				537							275				616
	712		1203				944							277	12	635		642
	713		1209				971							285		682		
	723		1220											290		895	16	76
	732		1253				7						24	330				274
			1287										82	342	13	63		328
	59		1366										120	351		73		331
	81		1388										212	374		80		369
	171		1417										215	389		103		381
	200												232	477		125		391
	202		3				292						244	510		134		413
	272						350						253	511		208		565
	282						352						271	525		267		567
	310						445						300	554		290		
	325						480						339	619		292	17	77
	327						608						433	625		301		388
	334						616						434	629		323		436
	339						629						442	663		326		475
	372						659						457	665		392		515
	379						700						460	675		400		528
	414						723						498	677		407		580
	417						772						536	680		418		586
	433						807						542	685		443		587
	445						938						576	690		463		597
489			716	693			482			616								

Окончание таблицы XXIX

ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО	ПК	№ БСО
21	1388	22	2552	27	980	32	164	35	350	38	596	41	836
	1396		2628		1010		169		363		659		853
			2657		1239		174		384		669		864
22	853		2807				176		365		672		902
	884			28	320		188		372		677		964
	908	23	551		808		198		383		696		981
	916		564		864		206		397		707		1011
	954		603				208		403		714		1018
	958		675	29	74		319		408		724		1019
	986		818		101		336		436		736		1034
	1035		1158		123		406		447		742		1044
	1059		1168		147		428		449		743		1052
	1070		1215		196		440		463		749		1089
	1085		1247		253		570		496		787		1094
	1097		1370		265		590		498		800		1111
	1132		1376		288		626		596		1245		1128
	1166				437		631		653		1236		1664
	1178	24	222		485				670		1312		1723
	1228		295		554	33	24		689		1357		1737
	1304		503				125		706		1402		1739
	1309		541	30	65		191		725				1816
	1323		618		173		373		726	39	1014		1858
	1345		639		181		406		736		1025		2094
	1350				186		447		737		1077		
	1351	25	585		198				756		1143	42	20
	1352		788		221	34	39		757		1204		103
	1357		1066		239		65		777		1266		565
	1371		1069		258		86		806		1269		573
	1379		1075		331		88		819		1286		583
	1412		1093		344		109		830		1923		686
	1420		1116		379		142		850		2082		712
	1422				417		230		1007				721
	1428	26	306		522		233		1023	40	585		1140
	1459		909		533		272				587		1166
	1030		928				288	36	34		496		1167
	2085		1072	31	225		296		42		611		1189
	2088		1791		479		338		198		695		1207
	2133		1186		500		343		246		763		1281
	2148		2511		637		354		296		837		
	2224						376		367		852	43	669
	2229	27	81	32	55		392		375		881		696
	2233		141		77		405		526		888		700
	2238		156		81		495		536		946		701
	2250		203		84		577		616		1626		783
	2275		221		95		644		644		1684		826
	2281		486		107				651		1932		830
	2283		571		109	35	60		659				911
	2310		837		120		157		687	41	739		1228
	2450		857		122		176		1048		759		1256
	2480		912		125		186				800		1276
	2493		952		139		225	37	703		806		1290
	2548		964		154		333				810		1294
					162		345	38	587		814		1370

Чертежи 31, 32 и 33, построенные по звездам таблицы XXIX, иллюстрируют зависимость цветовых показателей от спектрального класса. Они построены также отдельно для Площадей разных групп и общие их характеристики: рассеяние точек, среднее положение и др. приблизительно повторяют картину чертежей 25, 26 и 27, соответственно. Это также является подтверждением тому, что отнесение звезд таблицы XXIX к классу гигантов, в общем, должно быть правильно.

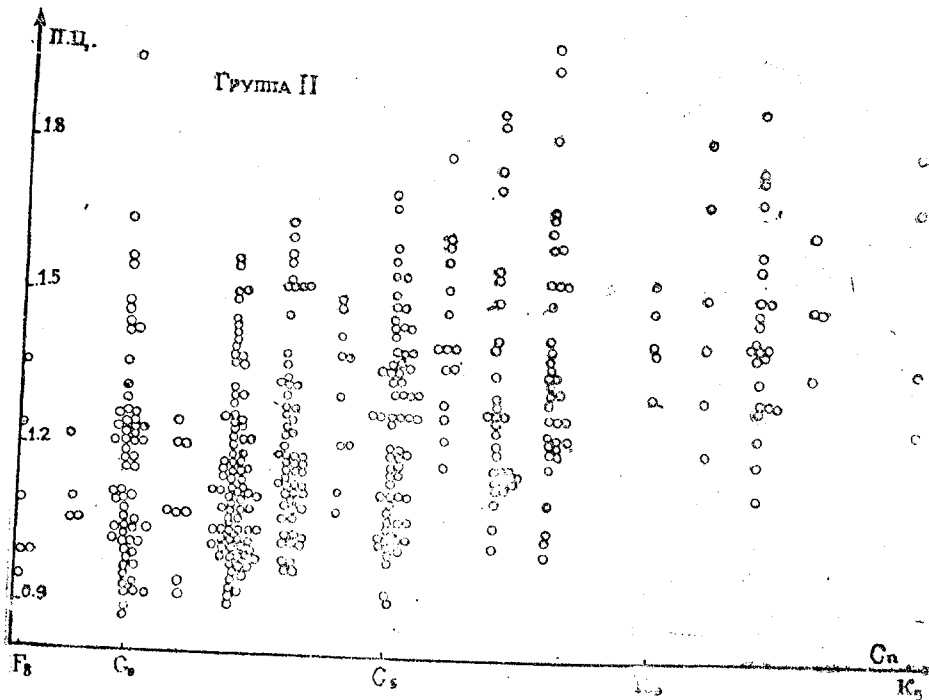


§ 4. Нормальные показатели цвета звезд

Для того, чтобы выведенные средние групповые значения показателей цвета свести к цветовым избыткам, а последние истолковать как пространственное покраснение звезд, необходимо установить нормальные цвета звезд в данной системе. Кроме того, надо вывести истинные расстояния до отдельных групп звезд.

В настоящем параграфе мы займемся вопросом о нормальных цветах звезд, т. е. выведем нормальную, неискаженную пространственным избирательным поглощением зависимость между спектральными классами и показателями цвета звезд.

Правда, имея в виду, что мы располагаем значениями показателей цвета звезд, приведенными к интернациональной системе, мы могли бы не выводить специально нормальных цветов, а пользоваться известной зависимостью, которую можно было бы рассматривать также в интернациональной системе. Однако, независимый вывод системы нормальных цветов имеет все же самостоятельный интерес. К тому же он может служить лишним критерием точности наших определений, при сопоставлениях с другими данными о зависимости показатель цвета — спектр.



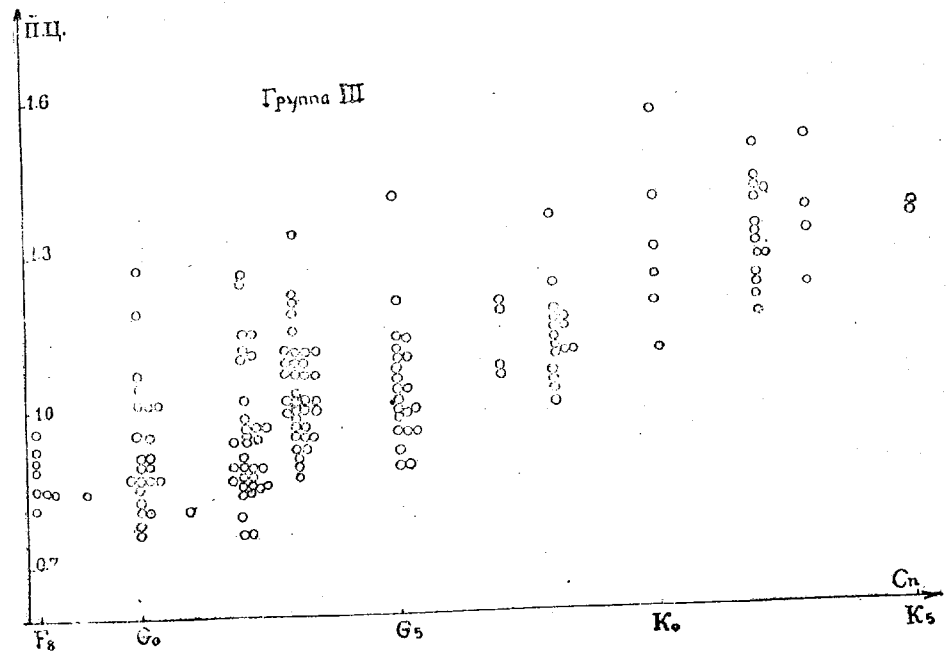
Чертеж 32

Наконец, сопоставление наших показателей цвета звезд, хотя и приведенных к интернациональной системе, с нашей же нормальной зависимостью между спектром и показателем цвета, несомненно даст более точную и надежную систему избытков цвета звезд, ибо и определения цветов всех звезд Каталога и определения нормальных цветов неизбежно отягощены хоть небольшими остаточными систематическими ошибками, обусловленными нашей системой определений.

Вообще же вывод нормальной системы цветов требует весьма осторожного подхода к себе, ибо от него зависит и точность вычислений избытков цвета, которые представляют основу исследования избирательного поглощения света в пространстве. Именно трудности получения дей-

19. Бюлл. Абаст. астроф. обс., № 12

ствительно нормальной связи между показателями цвета и спектральными подклассами заставляли некоторых астрономов относиться с критикой, вообще, к методу цветовых избытков, считая, что этот метод дает обычно преуменьшенное поглощение [432]. Конечно, нет оснований из-за этих трудностей отвергать метод цветовых избытков или умалять его значение, но вывод нормальных цветов безусловно относится к числу вопросов, которые требуют соблюдения всей возможной тщательности в работе.



Чертеж 33

При построении нормальной кривой показатель цвета — спектр, искажающее влияние способно оказать не только то, что может вкратце эффект избирательного поглощения, которому, возможно, подвержены звезды, участвующие в построении этой нормальной кривой, но и то, что может действовать и эффект линий поглощения. Так, например, показатель цвета звезд типа А может повышаться за счет большого поглощения в водородных линиях. Поучительно, что анализ точных гринвичских градиентов 250 звезд типа О, В и А до 4.5 зв. величины показал, что многие из тех звезд, которые Эльви считал, — судя по показателям цвета, — покрасневшими от избирательного поглощения, имеют нормальные градиенты [287, 1031]. Нет сомнения, что при построении нормаль-

ной кривой показатель цвета — спектр, было бы надежнее привлекать одновременно и спектрофотометрический материал.

Для вывода нормальных показателей цвета мы прибегали к нескольким средствам. Прежде всего, мы воспользовались рядом специальных снимков близких скоплений: Волос Вероники, Гиад, Яслей и Плеяд.

Волосы Вероники, расположенные в направлении, близком к направлению на галактический полюс, удалены от нас всего лишь на 73 парсека [224]. Можно считать, что звезды, являющиеся физическими членами этого созвездия, не отягощены хоть сколько-нибудь заметным поглощением.

То же можно сказать про Гиады, которые хоть и умеренно отстоят от галактического экватора (галактическая широта равна всего 20 градусам), но расположены весьма близко, — на расстоянии в 36 парсеков [758].

Ясли, которые расположены по другую сторону Млечного Пути, имеют удаление в три с половиной раза больше, но и галактическую широту — больше, а именно + 34 градуса. Оба последних скопления находятся при этом в области, расположенной против направления на центр Галактики, в Стрельце.

Таким образом, все эти скопления близки к Солнцу и достаточно удалены от галактической плоскости. Для всех из них имеется спектральная классификация звезд. Однако, они имеют тот общий недостаток, что не обладают звездами типа В.

Именно ради этих последних звезд мы были вынуждены воспользоваться и скоплением Плеяд, хотя и отдавали себе отчет в том, что это скопление, вероятно, погружено в поглощающее облако (и возможно, что туманность Плеяд является частью большой туманности Тельца), что делает её применение для данных целей несколько рискованным.

Туманность в Плеядах была предметом нашего отдельного исследования [203]. Правда, при этом мы исследовали лишь общее поглощение, пользуясь к тому же грубым способом подсчетов звезд по Вольфу. Этими подсчетами была охвачена площадь, окружающая Плеяды и равная приблизительно $3 \times 4^\circ$. Вся эта площадь была разделена на тридцать участков. Но оказалось возможным сгруппировать их в три отдельные группы, составленные из участков, характеризующихся одинаковыми средними поглощениями. Одна из этих групп, охватывающая приблизительно третью часть исследованной площади, обнаружила заметное поглощение и на близких расстояниях.

Правда, звезды, использованные нами для нормальных цветов, не проектируются непосредственно на участки этой группы. Но, участки, находящиеся в непосредственной близости от упомянутых звезд, мы исследовали более подробно. Впрочем, во всех случаях исследованные нами

пространства начинались с расстояний, соответствующих, в среднем, звездам 8—9 зв. величины. Звезды же, определяющие нашу нормальную систему, значительно ярче.

Данная туманность расположена в обширной области, известной пониженной прозрачностью, очевидно, занятой массами темного поглощающего вещества. Часть этой туманности, выступающая в виде облака в созвездии Плеяд и являющаяся окраиной частью большого облака в Тельце, состоит, главным образом, из основного сплошного слоя, удаленного от нас расстоянием, соответствующим звездам, преимущественно, 14 зв. величины, что означает среднее расстояние, равное 1000 парсекам. Основной слой облака имеет выступы, приближающиеся к нам до расстояний в 700—600 парсеков. Отдельные клочья этих выступов могут быть расположены и заметно ближе. Кстати, можно считать, что для Плеяд установлено избирательное поглощение, равное, в среднем, 0.16 зв. величины, но меняющееся от звезды к звезде [263]. Однако, если мы, тем не менее, используем яркие звезды Плеяд для вывода системы нормальных цветов, то потому, что имеем в виду, что более точные электрофотометрические исследования или показали, что на близких расстояниях цветовые избытки весьма малы [517], или и вовсе не обнаружили последние [904]. Тем не менее, мы, по возможности, ограничили применение звезд в Плеядах для данных целей, используя лишь наиболее яркие звезды, для которых влияние поглощения наименее вероятно.

Надо сказать, что и в Гиадах констатировано поглощение, но оно начинается лишь с расстояния в 140 парсеков [758]. Мы же пользовались звездами скопления, расположенными значительно ближе.

Но мы не считали возможным удовлетвориться лишь звездами близких скоплений. Они преимущественно яркие и снимались, так или иначе, в условиях, отличных от тех, при которых получен весь наш основной материал. А именно, они требовали несравнимо более коротких экспозиций. Поэтому влияние ошибок полярных снимков, о которых мы упоминали во второй части работы, в той или иной степени остающееся для всех прочих снимков, должно было практически вовсе исчезнуть для данных снимков. К способу фотографирования с диафрагмой, дающему возможность увеличить экспозиции, мы не должны были прибегнуть во избежание чисто оптических ошибок, которые могли бы возникать в связи с использованием различных частей объективов при накоплении основного материала и тех снимков, которые предназначались специально для вывода нормальных цветов.

Кроме того, нельзя было не считаться с тем, что звезды в скоплениях, физически, могут отличаться от звезд общего звездного поля.

В связи со всеми этими обстоятельствами мы использовали звезды в Каптейновых Площадах, имеющих большие галактические широты и не очень малые видимые, зв. величины. Эти звезды были взяты с тех негативов, которые послужили материалом для вывода показателей цвета звезд Каталога. Одновременно были применены и другие негативы этих же Площадей, специально снятые. Правда, весьма чувствительным недостатком этого второго средства явился дефицит ранних звезд вдали от галактического экватора.

Но мы не могли допустить, что в этих направлениях цвета звезд вовсе свободны от пространственного покраснения. Поэтому, показатели цвета, выводимые для звезд высоких галактических широт, мы все-таки исправляли, уменьшая их на величину 0.05 на 1 кпс¹.

В общем же для вывода нормальных показателей цвета нам удалось использовать немалый и разнообразный материал.

Последний описан в таблице XXX.

Каптейновы Площади, звезды которых использованы для данных целей, расположены на различных галактических широтах от +48° до +72°. При вычислении средних значений показателей цвета мы предварительно «взвешивали» отдельные значения показателей цвета, как по признаку галактической широты, так и по признаку расстояния, несмотря на то или пожалуй в связи с тем, что всем им придавалась, как отмечено выше, одна общая поправка. Наибольшие веса приписывались звездам с наибольшим удалением от галактического экватора и наименьшим расстоянием.

Таким образом, для составления нормальной кривой зависимости показатель цвета—спектр в пределах от В5 до F5, мы имели всего 286 звезд, которые распределились по спектрам следующим образом:

4—В5,	1—В7,	9—В8,	7—В9,		
23—А0,	25—А2,	23—А3,	34—А5,		
1—А6,	1—А7,	22—А8,	1—А9,		
22—F0,	1—F1,	30—F2,	26—F3,	4—F4,	48—F5.

¹ Позднее мы ознакомились с опубликованным в 1950 г. исследованием Н. Ф. Флорья [196], в котором он использует два метода вывода нормальных показателей цвета. Первый из них практически совпадает с нашим способом учета остаточного поглощения, хотя Н. Ф. Флорья проводит этот учет с большей тщательностью. Впрочем последняя не всегда необходима в этой задаче, поскольку так или иначе приходится исходить из некоторой условной, предварительной величины нормального цвета. Численно, наша средняя поправка и поправка Н. Ф. Флорья одинаково малы. Второй способ, предложенный Н. Ф. Флорья, основан на составлении и решении по способу наименьших квадратов некоторой линейной зависимости между нормальным и наблюдаемым показателями цвета и избирательным поглощением в галактической плоскости на 1 кпс. Но знание предварительного значения последнего и здесь необходимо. Кроме того, нельзя считать справедливой линейную зависимость между названными величинами, если считаться с представлением о дискретности поглощающей среды. Пожалуй, лучше пользоваться первым из предложенных Н. Ф. Флорья двух методов.

Таблица XXX

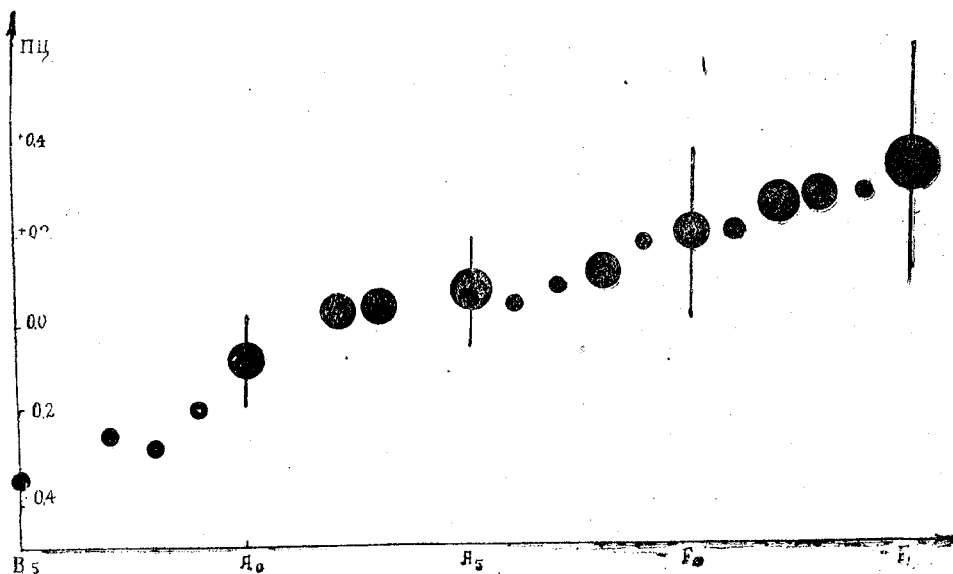
Область	Галактические		Расст. в парсе- ках	№№ негативов	Количество звезд по спектр. классам		
	широта	долгота					
Волосы Вероники	+85°	194°	73	1105, 1106, 1107 1108, 1109, 1110	A0(4)	A2(2)	A5(4)
Гиады	-20	148	36	1259, 1260, 1295, 1296, 1564, 1565 1566, 1566g	A2(1) F2(3)	A5(4) F5(4)	F0(4)
Ясли	+34	174	125	1288, 1289, 1289a, 1289b	A0(4) A5(8)	A2(6) F0(10)	A3(10) F2(8)
Плеяды	-22	134	100	1286, 1287, 1295a, 1296a, 1419, 1430, 1431, 1432	B5(4) A0(2)	B8(2) A2(2)	B9(2)
Жаптей- новы Плошадш №№ 13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35	+48°-+72°			Соответствующие не- гативы, использован- ные для вывода по- казателей цвета, а также №№ 853, 854, 863, 864, 879, 880, 895, 896, 957, 958, 1080, 1081, 1326, 1327, 1501, 1502 и другие	B7(1) A0(13) A5(16) A8(22) F1(1) F4(4)	B8(7) A2(14) A6(1) A9(1) F2(19) F5(48)	B9(5) A3(13) A7(1) F0(8) F3(26)

Мы считаем, что указанная зависимость получается у нас достато-чно надежно. Она несколько отличается от той, которая была опублико-вана в одной из наших работ в Бюллетенях Абастуманской Обсерватории [205]. Но это и понятно, т. к. в указанной работе нормальные показате-ли цвета представлены в нашей системе, не приведенной к интернацио-нальной. Кроме того, они были основаны на меньшем количестве звезд и имели значение лишь для предварительных расчетов, как об этом и сообщалось в Бюллетене. В последующем мы выполнили повторные из-мерения и дополнительные определения, значительно увеличив количест-во использованных звезд (с 78 до 286) и уточнив и доведя до конца все редукции.

Нормальную зависимость мы представляем чертежом 34. Строя нор-мальную кривую, мы одновременно использовали все звезды — как сла-бые, так и яркие. Это не могло внести в нашу кривую существенных ошибок, ибо для каждой звезды, в отдельности, были совершены все редукции. Вообще же, следует признать, что кривые нормальных цветов лучше строить отдельно для звезд различного блеска, ибо эффект вели-чины (уравнение блеска) может несколько исказить картину. Диски на чертеже 34 приблизительно пропорциональны количеству звезд, вошед-ших в вычисления средних значений. Поперечные отрезки указывают рассеяние отдельных значений в ряде мест, соответствующих отдельным

спектральным подклассам и, стало быть, характеризуют точность данной зависимости.

Рассеяние на кривой, представленное поперечными отрезками, края которых определяют пределы рассеяния, нельзя считать значительным. Вообще, рассеяние подобного рода неизбежно и оно всегда заметно у всех авторов, во всех источниках. Оно вызывается не только ошибками в определениях показателей цвета, но и ошибками спектральной классификации. Вместе с тем, имеют влияние и факторы, вызывающие реаль-



Чертеж 34

ное рассеяние; эффект абсолютной величины и др. Естественен и рост рассеяния по мере перехода к поздним звездам.

Средние отклонения для отдельных звезд различных спектров получены следующие:

B8	± 0.07	F0	± 0.10
A0	.06	F2	.11
A3	.07	F3	.09
A8	.09	F5	.10

Построенную нами зависимость мы могли сравнить со многими определениями других авторов. При этом, сравнение осуществимо как с кривыми, представляющими общую зависимость, так и со звездами в отдельных областях или скоплениях.

Определения, с которыми мы сопоставили наши нормальные показатели цвета, принадлежат Сэйферту и Попперу [863], Киферу, Бэйкеру и Боку [365, 600], Кинану и Бэбкоку [599],

Бекеру [338], Моргану [706] и наконец Сирсу [844,850,851]. Первые из перечисленных работ не очень точны и устарели. Зато работы, принадлежащие последнему из перечисленных авторов, значительно надежнее. Значения Сирса исправлены за счет освобождения от дифференциальных эффектов температуры на избыток цвета и на атмосферную экстинкцию. Последним автором нормальная зависимость вычислена теоретически, у других же она выведена на основе данных наблюдений. Наконец, мы провели сопоставление и с определениями в скоплении Волос Вероники, принадлежащими Мальмкисту [649] и приведенными к интернациональной системе Трэмплером [969], а также и с данными Стоя [924], относящимися к звездам от 7 до 10 зв. величины в скоплениях Плеяд, Гиад и Яслей.

Правда, согласие с последними неважное, но мы склонны отнести этот факт за счет используемых Стоем фотовизуальных величин, которые для названных скоплений не очень хорошо определены в интернациональной системе. Зато, сопоставления с другими данными дают достаточно удовлетворительную картину.

В заключение приведем небольшую таблицу XXXI со сведением основных данных, определяющих нормальную зависимость,

Таблица XXXI

Спектр	Сейферт, Поппер. [863]	Кифер, Бэйкер, Бок [600]	Кинав, Бэбкок [599]	Бекер [336]	Морган [704] [705]	Сирс [844]	Сводка П. П. Паренаго. [134]	Наши значения
B8	-0.33		-0.11			-0.29	-0.29	-0.27
A0		-0.01	-0.05	-0.08	-0.05	-0.18	-0.15	-0.08
A5			+0.04	+0.05	+0.07	-0.01	0.00	+0.08
A8				+0.14		+0.07	+0.07	+0.13
F0			+0.10	+0.19	+0.15	+0.12	+0.12	+0.22
F3				+0.29		+0.23	+0.19	+0.31
F4				+0.29		+0.23	+0.22	+0.32

Расхождения с данными Сирса в той степени, в какой они наблюдаются в данной таблице, вполне допустимы, если иметь в виду способ вывода этой зависимости, примененный Сирсом.

Данные Бекера наиболее подходят к нашим условиям, как в смысле метода определения цветов, так и в отношении характеристик цветовых систем, и в таблице обращает на себя внимание очень хорошее согласие между собой значений Бекера и наших.

При выводе нормальной кривой зависимости показатель цвета — спектр, когда этот вывод основывается на определениях, где в качестве редуцированных звезд служат звезды Северной полярной последовательности, необходимо считаться с тем фактом, что сами стандартные звезды Северного ряда расположены в области, которая не свободна от влияния

поглощения¹. Это весьма заметный недостаток звезд Северной полярной последовательности, представляющей собой один из наиболее важных и основных рядов, служащих целям фотометрических редукиций. В силу этого недостатка делается затруднительным использование звезд Северного ряда для построения стандартной зависимости. Дело осложняется вдобавок еще тем обстоятельством, что имеются систематические ошибки в спектральной классификации звезд Северного ряда, доходящие до одного подкласса [598]. Впрочем, произведенная реклассификация звезд В8—А5 показала незначительность влияния этих ошибок.

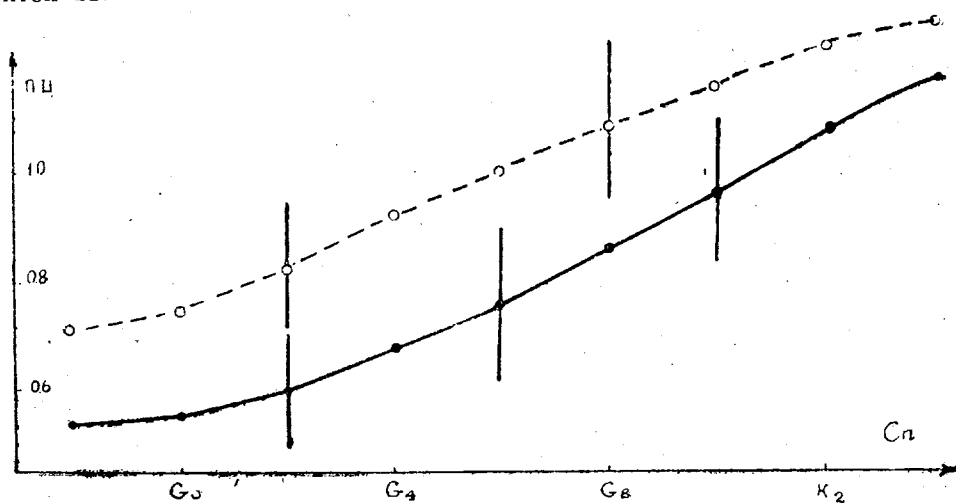
Строго говоря, поглощение в области Северной полярной последовательности должно учитываться, если мы хотим вовсе избежать систематических погрешностей, обусловленных при редукициях различием двух, связываемых между собой, областей. По существу надо пользоваться ре-

¹ Еще 18 лет тому назад, при исследовании спектров и звезд в Северном галактическом полюсе было отмечено, что в местах, отличных от Северного полюса мира, звезды А0 синее, чем в области Северного полюса [877]. Это явление нашло подтверждение и в других работах [840]. Известные подсчеты Хаббла также обнаружили дефицит внегалактических туманностей в области Северного полюса. Это нашло выражение и в том, что зона избегания в области около галактической долготы 90° расширяется до 27 градусов по северной галактической широте. Это послужило поводом к попыткам оценки величины поглощения и даже расстояния до поглощающего облака в направлении на Северный полюс мира ([875] и др.). Вместе с тем было констатировано наличие и избирательного поглощения в том же направлении и были сделаны оценки величины покраснения [841, 875, 876, 883, 527, 338]. В конце тридцатых годов вопрос о поглощении в Северном полюсе стал предметом подробных исследований и дискуссий [911, 905, 732, 599]. Уже в 1938 году Международный Астрономический Союз признал, что звезды Северного полярного ряда имеют цветовой избыток, достигающий 0.10 зв. величины в интернациональной системе (Trans. J. A. U. 6, 1938, [501]). В сороковых годах появились работы, пролившие свет на этот вопрос. Эти работы принадлежат Стеббинсу [908], Сирсу и его коллегам, опубликовавшим Каталог величин и цветов звезд севернее склонения +80° ([855] и др.). Каталог Сирса представляет собой большой материал, на основе которого поглощение может быть исследовано в обширной полярной «шапке», хотя звезды этого Каталога недостаточно слабы, а спектральная классификация для них не является полной. В других работах Сирса этого периода [844, 850] дано определение среднего избытка цвета в Полярной области как функции расстояния. Согласно выводам автора, до 400 парсеков истинного расстояния, цветовой избыток возрастает на 0.06 зв. величины на каждые 100 парсеков. На отрезке от 450 до 700 парсеков он имеет приблизительно постоянное значение около 0.27 зв. величины. Если следовать закону обратной пропорциональности первой степени длины волны, это означает фотографическое поглощение в 1.3 зв. величины. Правда, Сирс считает, вместе с тем, поглощение довольно однородным на большой поверхности в области Полюса, но, тем не менее, он обнаруживает разные цветовые избытки для звезд, расположенных в разных направлениях. Почти во всех подобных исследованиях сороковых годов авторы приходили к согласным выводам о наличии заметного пространственного покраснения в области Северного полюса. Единственный же противоречащий результат, принадлежащий Мартину [660], ошибочен в связи с игнорированием им вопроса зависимости цветов от величины для звезд, помещенных в известном каталоге Сирса, на данные которого он основывал свое исследование. (Из последних работ см. также [706]).

дукционной формулой, состоящей из четырех членов: нуль-пункт, блеск, цвет, разность коэффициентов поглощения (см. Т. А. Кочлашвили [79]).

Поглощением в Северном полюсе объясняется тот факт, что многие авторы нашли в качестве нормального цвета звезд А0 отрицательные величины. Когда в 1915 году устанавливали нуль-пункт международной фотографической шкалы [834], об избирательном поглощении в Северном полюсе ничего не было известно. Естественно, поэтому, что принятый нуль-пункт не оказался соответствующим звездам А0 в тех областях, которые совершенно свободны от влияния поглощения. Действительно, для звезд сравнения для Эроса был получен средний показатель цвета звезд А0 равным -0.14 зв. величины, при базировании определений на редукциях по звездам Северного полярного ряда. Мы имеем в виду результаты работ [779 и 856], которые относятся к наиболее совершенным, а по системе величин — к наиболее близким к интернациональной системе из многочисленных определений подобного рода. Позднее, Стеббинс сообщил о том, что для многих звезд типа А0 в разных местах неба получается цветовой показатель, равный -0.16 зв. величины, в интернациональной шкале. Согласно данным новейшей ревизии [850, 851], в которой соотношение показатель цвета — спектр исправлено за счет эффектов второго порядка, показатель цвета звезд типа А0 в Полюсе, освобожденный от поглощения, равен -0.15 зв. величины.

Вполне естественно, поэтому, что мы получаем в качестве нормального цвета звезды типа А0 отрицательную величину порядка одной десятой зв. величины.



Чертеж 35

Вывод нормальных цветов для поздних звезд основан на негативах, относящихся к скоплениям Гиад и Яслей, а также к Площадям, расположенным на больших галактических широтах. В основном использован тот же негативный материал, что и при выводе цветов ранних звезд. Всего измерено для этой цели более 200 звезд, относительно равномерно распределенных по отдельным спектральным подклассам. Нормальная зависимость показатель цвета — спектр для поздних звезд представлена чертежом 35. Пунктирная линия относится к гигантам, сплошная же — к карликам.

На этом чертеже, также как и на предыдущем, поперечные отрезки характеризуют рассеяние. Средние отклонения для отдельных звезд различных подклассов имеют следующие значения:

dG 2	± 0.09	gG 2	± 0.09
dG 6	.13	gG 8	.12
dK 0	.10	gK 2	-.12

Если сопоставить значения показателей цвета, снятые с кривых последнего чертежа, с наиболее современными данными (по Сирсу), то можно убедиться в хорошем согласии результатов (таблица XXXII).

Таблица XXXII

Спектр	Сирс	Сводка П. П. Па- ренаго	Наши зна- чения
dG0	0.46	+0.38	0.55
dG5	0.70	+0.64	0.72
dK0	0.98	+0.87	0.97
gG0	0.67	+0.58	0.75
gG5	0.87	+0.76	0.95
gK0	1.19	+1.02	1.11
gK5	1.40	+1.42	1.3

§ 5. Средние расстояния до отдельных групп звезд и их исправление за поглощение

Наряду с выводом избытков цвета для отдельных групп звезд необходимо вычислить и средние, т. е. относящиеся к отдельным группам, расстояния. При этом, последние должны быть истинными, т. е. освобожденными от поглощения. Лишь сопоставлением избытков цвета с истинными расстояниями сможем мы исследовать действительное распределение избирательно поглощающего вещества в пространстве.

Исходными данными для вычисления расстояний мы можем считать средние видимые фотографические звездные величины и средние абсолютные фотографические величины соответствующих звездных групп. Тогда, для вычисления расстояний послужит известная формула:

$$m - M = 5 \lg r - 5 \quad (12)$$

В таком виде эта формула не учитывает влияния поглощения света. Этот последний вопрос мы рассмотрим ниже. Теперь же заметим, что при расчете расстояний по этой или аналогичным формулам, для m мы берем те значения, которые являются аргументами в наших таблицах средних избытков цвета или средних показателей цвета (см. выше в § 2). Что касается абсолютных величин M , то примем для них установленные значения, относящиеся к тем спектральным подклассам, которые определяются вторыми аргументами в тех же таблицах средних показателей цвета, т. е. — спектрами. В поисках наивероятнейших значений абсолютных величин мы обращались к разным источникам [600, 365, 338, 374, 376 и др.] и остановились на данных П. П. Пареняго [134], считая их наиболее современными, надежными и в большинстве случаев — учитывающими поглощение света.

Примененные нами значения абсолютных фотографических звездных величин, относящиеся к различным подклассам, сведены в таблице XXXIII.

Таблица XXXIII

Спектр	M	Спектр	M	
			карл.	гиг.
B3	-2.8	F8	4.5	0.9
B8	-0.8	G1	5.0	1.0
A1	+0.7	G4	5.5	1.2
A4	1.8	G7	6.1	1.3
A8	2.7	K1	7.1	1.4
F1	3.3	K4	8.0	1.4
F4	3.8	K8	9.2	1.4

Принимая эти значения абсолютных величин, мы вычислили видимые расстояния, соответствующие взятым нами группам звезд. Они приведены в таблицах XXXIV и XXXV в виде модулей расстояния, а также и в парсеках.

Для поздних звезд расстояния будут, естественно, меньше, если не говорить о видимо слабых гигантах, которым соответствуют большие расстояния.

Таблица XXXIV

	B3	B8	A1	A4	A8	F1	F4
10.25	13.05 4075	11.05 1020	9.55 815	8.45 490	7.55 325	6.95 245	6.45 195
10.90	13.70 5495	11.70 2190	10.20 1095	9.10 660	8.20 435	7.60 330	7.10 265
11.65	14.45 7760	12.45 3090	10.95 1550	9.85 935	8.95 615	8.35 470	7.85 370
12.40	15.20 10960	13.20 4365	11.70 2190	10.60 1320	9.70 870	9.10 660	8.60 525
13.00	15.80 14445	13.80 5755	12.30 2885	11.20 1740	10.30 1150	9.70 870	9.20 690

Таблица XXXV

	F8		G1		G4		G7	
	к	г	к	г	к	г	к	г
10.25	5.75 140	9.35 740	5.25 115	9.25 710	4.75 89	9.05 645	4.15 68	8.95 615
10.90	6.40 190	10.00 1000	5.90 150	9.90 955	5.40 120	9.70 870	4.80 91	9.60 830
11.65	7.15 270	10.75 1415	6.65 215	10.65 1350	6.15 170	10.45 1230	5.55 130	10.35 1175
12.40	7.90 380	11.50 1995	7.40 300	11.40 1905	6.90 240	11.20 1740	6.30 180	11.10 1660
13.00	8.50 500	12.10 2630	8.00 400	12.00 2510	7.50 315	11.80 2290	6.90 240	11.70 2190

	K1		K4		K8	
	к	г	к	г	к	г
10.25	3.15 43	8.85 590	2.25 28	8.85 590	1.05 16	8.85 590
10.90	3.80 57	9.50 795	2.90 38	9.50 795	1.70 22	9.50 795
11.65	4.55 81	10.25 1120	3.65 54	10.25 1120	2.45 31	10.25 1120
12.40	5.30 115	11.00 1585	4.40 76	11.00 1585	3.20 44	11.00 1585
13.00	5.90 150	11.60 2090	5.00 100	11.60 2090	3.80 57	11.60 2090

Но вычисленные таким образом расстояния являются искаженными поглощением света. Необходимо редуцировать их, освобождая от этого последнего влияния.

Редукция расстояний за счет освобождения от поглощения возможна на основе соотношения между истинным и искаженным расстояниями, представляемого формулой:

$$\lg r = \lg r' - \frac{ar}{5000} \quad (13)$$

Здесь r есть истинное расстояние до звезды, r' — видимое, т. е. искаженное поглощением; a есть величина общего поглощения света на один килопарсек, относящаяся к данным лучам.

Уравнение (13), будучи трансцендентным относительно r , решается путем последовательных приближений. Значения для r' должны быть взяты из таблиц XXXIV и XXXV, а для a берется некоторое среднее значение коэффициента общего поглощения.

Однако, мы видели в первой части данной работы, сколь ненадежно применение одного среднего значения коэффициента поглощения для разных направлений. В отдельных направлениях поглощение может на самом деле в три раза и более превосходить значение среднего коэффициента. Чтобы удалить произвол, или, по крайней мере, уменьшить вытекающие из него погрешности, лучше брать, пожалуй, для разных направлений разные значения коэффициента a , соответствующие определениям поглощения в данных направлениях. Таким путем мы лучше приблизимся к действительно истинным расстояниям. Обычно, при пользовании формулой (13), значения a не дифференцируют. Мы также не дифференцировали его по отдельным направлениям при предварительной обработке нашего материала [205]. Между тем, при разности в коэффициентах, например в 2 раза (1 зв. величина в одном случае и 2 зв. величины — в другом), разность редуцированных расстояний для видимого, т. е. искаженного расстояния, равного 2000 парсекв, достигает 150 парсекв. Различия же в поглощениях встречаются значительно большие.

При применении формулы (13) не только целесообразно пользоваться различными значениями a для различных направлений, но и необходимо также учитывать галактическую широту данного направления в смысле определения той границы на пути луча, после которой отрезок пути можно считать относительно свободным от поглощения или находящимся вне «поглощающего слоя». Правда, такие рассуждения означают, что мы допускаем распространение галактического поглощающего вещества в виде резко очерченного экваториального слоя. Но мы указывали уже на несостоятельность подобного допущения. Однако, при средних оценках тем не менее приходится пользоваться такими понятиями и представлениями, за неимением более точных. Кроме того, ведь нарастание или, наоборот, отсутствие нарастания цветового избытка, по мере увеличения расстояния, дает нам возможность контролировать наше представление о «границе слоя» в данном направлении. С другой стороны,

общее поглощение в данном направлении можно вычислить, пользуясь фактором перехода от избытка цвета к общему поглощению:

$$A = \gamma \text{ИЦ} \quad (14)$$

Этот фактор же может быть вычислен из значений тех длин волн, к которым эффективно относятся данные определения. Тогда редукцию расстояний можно производить непосредственно по формуле:

$$\lg r = 0.2(m - M - \gamma \text{ИЦ}) + 1. \quad (15)$$

Правда, остается некоторая неуверенность в отношении значения γ , которое, во-первых, может меняться в различных галактических направлениях, а, во-вторых, как известно, не учитывает нейтральной составляющей поглощения и, следовательно, отношение $\gamma \text{ИЦ}$ дает лишь нижний предел общего поглощения. Но, тем не менее, пользование формулой (15) является, пожалуй, одним из наиболее надежных средств вычисления исправленных за поглощение расстояний.

Мы избрали именно этот путь, а за значение γ приняли величину 5.2. Мы исходили из того, что, во-первых, избытки цвета брались в системе, близкой к интернациональной (по редуцированным показателям цвета, заключенным в публикуемом в настоящей работе Каталоге, и выведенной нами нормальной зависимости между спектрами и цветами звезд). Во-вторых, мы учли неизбежное влияние нейтральной составляющей поглощения и несколько завысили среднее — «интернациональное» — численное значение γ .

Нашим рабочим таблицам средних показателей цвета (не публикуемым в настоящей работе) соответствуют 105 значений расстояний. Из них 35 относятся к ранним звездам, сгруппированным по семи спектральным интервалам и пяти интервалам видимых зв. величин (таблица XXXIV) и 70 — к карликам и гигантам, сгруппированным по отдельности, также по семи спектральным интервалам и пяти интервалам блеска (таблица XXXV). Однако, после исправления расстояний за поглощение, они, естественно, принимают самые различные значения, зависящие еще от величины избытка цвета в данном направлении.

§ 6. Средние избытки цвета звезд для отдельных истинных расстояний

Имея нормальную зависимость показателя цвета от спектрального класса и средние групповые показатели цвета звезд, легко вычислить средние избытки цвета и сопоставить их с истинными расстояниями, вычисление которых описано в предыдущем параграфе. Эти данные сведены в нижеследующие таблицы XXXVI, которые построены следующим образом. Аргументами служат исправленные за поглощение расстояния, выраженные в парсеках. Для каждой Площади даны три ряда

(столбца) значений цветовых избытков. Первый из них относится к звездам типа от В0 до F5, включительно. Второй и третий — к гигантам и карликам, соответственно, — от F0 до K5. При этом в эти два последних ряда входят как те звезды, которые имеют подразделение по светимостям (по БСО), так и те, которые мы сумели подразделить условно по признаку цвета. Опытное построение кривых показало, что выделять эти две группы звезд и представлять их избытки цвета раздельно — нет необходимости; звезды, имеющие обозначения (но, в ряде случаев исправленные нами), и звезды, отнесенные нами к группам гигантов и карликов, довольно хорошо представляются общими кривыми. Все Площади имеют разные и самостоятельные ряды значений расстояний. В каждом отдельном случае они обуславливались количеством звезд, наиболее характерными местами (переломами) и т. п.

Точность построенных таблиц определяется не только одной точностью определения показателей цвета. Привлекая к рассмотрению целый ряд других данных, как то: абсолютные величины, спектры и т. д., мы накапливаем ошибки, которые все вместе обуславливают точность поглощения.

Рассмотрим прежде всего ошибки, присущие спектральной классификации. Составляя исходные таблицы для вычисления средних показателей цвета, мы группировали звезды в отдельные группы спектральных подклассов. Для них мы устанавливали средние значения спектрального подкласса. По этим средним значениям вычислили и расстояния, беря абсолютные величины соответственно им. Следовательно, группирование звезд различных спектральных подклассов в средние подклассы уже вносит свои погрешности. Имея в виду, что звезды объединялись в пределах двух-трех подклассов, мы можем считать, что могли возникать ошибки абсолютных величин в пределах от 0.3 до 0.8 величины для ранних и поздних звезд главной последовательности. Эти ошибки могли быть большими, если бы мы не обратили внимания на наиболее целесообразное группирование звезд по спектральным подклассам, о чем сделаны замечания в начале данной главы.

Но, наряду с этим, неизбежны и ошибки самой спектральной классификации, чего также нельзя игнорировать. Эти ошибки особенно заметны в классификации, основанной на спектрах малой дисперсии, как это имеет место, в частности, для случая использованного нами Бергедорфского Спектрального Каталога. Это обстоятельство усугубляется тем, что ряд новых исследований показал, что почти все существующие классификации подвержены ошибкам, которые зависят от блеска звезд. Этим ошибкам подвержены все классы, но они различны для разных подклассов: Они меньше для ранних А и для гигантов типа К. Для промежуточных классов они могут достигать и трех подклассов, в то время, как

для крайних они не превосходят одного подкласса и преимущественно остаются равными 0.5 подкласса.

Разумеется, для отдельных каталогов могут быть еще систематические ошибки, значительно отличающие их от приведенных здесь характеристик.

Если исходить из анализа данных, приведенных в вводных частях двух томов Каталога БСО, то надо считаться с наличием в последних ошибок спектральной классификации от одного до одного и трех четвертей подкласса [832, 833, 849, 850, 851, 729 и др.].

Далее, имеется дисперсия в цветах для звезд данного спектрально-го класса и, следовательно, нормальные показатели цвета также берутся с некоторой ошибкой. По [850], дисперсия цветов для звезд от В до К2 в среднем равна ± 0.04 зв. величины. Для поздних К она еще больше—до 0.1 величины. У нас дисперсия нормальных цветов в среднем около 0.1 зв. величины.

Значения абсолютных величин, вводимые в наши вычисления расстояний, вносят со своей стороны свои погрешности, при наличии реальной дисперсии, которую во всяком случае нельзя считать меньшей 0.5 зв. величины.

Не следует забывать и о том, что коэффициенты формулы, использованной нами для редукции показателей цвета звезд к интернациональной системе, также определены с известными погрешностями.

Таким образом, может создаться впечатление, что вычисления избирательного поглощения настолько обременены многими и разнообразными ошибками, что результаты не могут внушать доверия. Это действительно было бы так, если бы вычисления опирались на единичные звезды. В самом деле, индивидуальные звезды могут дать поглощение с огромной погрешностью. Если в одном случае мы будем исходить из тех или иных известных данных в отношении абсолютной величины, спектра, видимой звездной величины, поглощения, нормального цвета и т. д., а в другом случае возьмем для той же звезды крайние значения этих величин, допустимые средними погрешностями, при этом заведомо возьмем ошибки с такими знаками, которые могли бы особенно увеличить эффект, мы получили бы для поглощения два значения, которые могли бы отличаться одно от другого в три, пять и более раз.

Но, при использовании массовых определений, все рассмотренные погрешности действуют в разные стороны и средние значения поглощения получаются с несравненно большей точностью.

Количество звезд, привлекаемых нами к исследованию избирательного поглощения в Галактике, намного превосходит те, которые встречаются в старых или новых исследованиях подобного рода.

20. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

Таблица XXXVI

ПК 1			ПК 3			ПК 5		
65 пс	0.07		60 пс	0.14		1150	14	
95	06		80	17		1230	09	
140	08		105	18		1245		16
225 0.03	05		135 0.15	20		1515	17	
245	09		150 22	22		1550		16
280 05	09		175	22		1590		19
300	11		205 20	22		1625	24	
335 11			240	22		ПК 5		
395 09			250 21			50 пс		0.02
445 11			265 24			90		02
475 16			275 28			135		04
530 0.21			285	23		185		04
555 19			300 27			240	0.04	07
610 16			320 31			275	06	05
725 22			340 0.31			370	00	03
750 27			360 37			455	05	03
815 27			395 38			530	07	
890 24			430 31			600	08	
1000 27			470 36 39			630	08	0.13
1045 31			565 41			700	09	
1075 36			595 37			740	09	09
1125 36			645 32			760	08	
			695 48			830	08	16
			795 42			900		17
			875 42			1080	15	
			965 40			1130		18
			1040 46			1175		20
						1320		23
						1390		
						1515	21	21
						2290	27	
						ПК 6		
						50 пс		0.05
						75		06
						110		04
						150		06
						200		05
						280		04
						330		07
						395 0.05		
						435		06
						525 07		09
						600 06		
						605 0.07		
						655 09		

Исследование избирательного поглощения света

307

740		11	670	49		690		40
995	04		750		40	715	30	34
1480		18	790	44		770	31	
1580		19	990	48		805		37
			1020		44	820	41	
ПК 7			1065	61		875		35
35 пс		0,16	1310	57		965		35
75		21	1800	74		990	37	
105		18	2190	77		1110	40	
150	0,13	18				1480	45	
165	20	24	ПК 9			1805	61	
220	27	23	58 пс		0,17			
240		21	78		16	ПК11		
250	29		105		28	75 пс		0,01
270		26	120	0,34		105		03
280	30		140		28	130		01
305	33		220	37	29	170		02
355	37	0,33	270		35	220		02
375	36		280	43		240		03
390	43		325		0,49	260	0,02	06
460	47	45	350	46		325		09
480	49		405		44	355	04	
505	48		420	32		385		03
525	47		475	41		440	04	
555		51	505		49	510		0,07
675	49		520	46		555	09	
770		50	620		45	595		12
980	45		640	49		610	14	
1415	47		675		49	710	11	
			760	55		965	13	
			795		48	1080		16
ПК 8			810	48		1215		25
60 пс		0,07	1000	47		1230	10	
95		09	1550	52		1300		20
122		09	1700	52		1320	21	22
168	0,19					1480		24
185		12	ПК10					
196	23		125 пс		0,13	ПК12		
228	25	19	180		12	100 пс		0,05
240			215		16	130		04
295	29		235	0,22	19	230		04
335	29		275		18	275		04
380	37	0,33	285	25		370		02
410	31		310	28	23	415	0,04	
475		36	360	29	0,35	525	00	
522	38		415	33		575		0,05
545	39		525		33	645	03	
585	42		555	28	32	685		10
600		45						

308

Глава четвертая

750	06		830	05		1130	15	
770		09	925		12	1165		11
860	07		1380		08	1220	10	
1000	09		1435		08	1275	13	
1100		19	1740	10		1410		18
1240	12		1805		10	1445		19
1380	19		1820		13	1515		14
1450		16				1700		16
1550	26							
			ПК15			ПК17		
ПК13			110 пс		0.03	75 пс		0.10
75 пс		0.00	130	0.01	03	125		10
110		02	190		04	165		10
135		03	225			235		13
170		02	250	02		265	0.14	
190	0.01		325	04	04	315	15	
230	03	03	370		04	340		17
250	02	04	465	05		355	23	
280		04	510		0.06	435	23	0.26
315	02		540	08		470	22	
340	05	06	590	05		555	24	26
460	03	06	740	07	06	630	25	
575	08	0.05	760	06		665		27
740		08	840		12	805		30
950	06	10	950	08		835	23	
1025		06	1000		07	1060		34
1275		09	1220		11	1075	30	
1340	08		1275		11	1140		31
1405		07	1415	09		1350	34	
1500		12	1495		14	1600	43	
1655		14	1615		13			
1750		12	1780		16			
2265	13		2140	15				
			ПК16			ПК18		
ПК14			70 пс		0.03	50 пс		0.06
65 пс		0.04	115		03	70		04
110		05	195		04	105		11
150		04	230		03	150	0.10	09
185		04	295	0.04	02	170		14
210	0.02	05	320		05	195	10	
260		04	450	02	04	230	20	14
285	06	03	510	02		245	26	
340		06	575		0.05	270	31	
475	04	03	645	03		290		0.33
535		0.06	775		05	305		30
560	04		795	01		330	36	
725	08		835		05	365		16
775		06	990		09	420	36	
						500	33	33
						550		39

Исследование избирательного поглощения света

309

590	34		565	13		375	13	
630	37		595		0.16	465	12	
675	39		630	12		480	14	
730	38	35	730	15		525	15	
850		37	815	12		540		0.18
870	44	44	890	25		580		17
900		38	935	18		615	14	
1290	39	38	975		18	660	18	
1500	44		1000	21	18	730	25	24
1585	39		1070	30		780		21
			1110	40		830	28	
ПК19			1190	40	36	890		31
45 нс		0.06	2000	45		935	23	
90		07	3400	47		1015		27
155		10				1215	25	28
170	0.19		ПК21			1285		28
230		10	45 нс		0.07	1340	35	
245	15		115		08	1420	44	
305		16	205		10	1605	42	
330			245	0.04	11			
350	18	22	265	09		ПК23		
450	17	24	295	10		70 нс		0.14
505	23		325	17		125		18
550		31	335	17	14	175		19
585	34		355	12		205	0.11	
600	25	40	380		0.18	245		13
665		41	410	20		280	23	
760	33	39	430	18		315	23	
825		35	500	18		375	23	18
860	35		565	20	18	395		0.29
890		36	650	19		465	28	
965		39	680		24	580	29	
1000	53		745	24		700		37
1300	49		845		29	710	26	
1620	51		870	25		750	30	
1850	74		1015		27	755		30
2010	83		1040		32	810	29	29
			1075	44		850		37
ПК20						870	46	36
100 нс		0.00	ПК22			945	41	
220		03	105 нс		0.08	1055		36
260		08	150		11	1253		41
305	0.07	06	235	0.05		1600	40	
350	05		240		13	1985	46	
370		13	255	11		2110	40	
405	07		265	12		2735	48	
425	08		305	15				
465	15		330		12			

310

Глава четвертая

ПК24			205		08	ПК28		
80 пс		0.18	235	0.05	13	75 пс		0.05
125		26	305	06	09	140		03
190	0.25	27	345	03	06	205	0.01	03
240		25	375	10		250	01	
255	23		400	09	06	280		04
335	29		445	14	0.14	300	04	
400	33		465	16		315	05	
485	34		515		22	340		08
645	33		560	19		380		07
700	45		675	14	23	410	05	
735	32	0.44	775		19	445	07	0.08
815		39	890	23		555	09	
840	48		955	20		685	10	
935		40	985	35		735		07
945	55		1075		32	870	09	
1040	62		1100		38	970		22
1855	69		1160	41		1175		23
2235	78		1520	44		1200		19
						1295		20
						1355	20	24
						1385		22
						1445		25
						1480		22
ПК25		0.09	ПК27		0.00	ПК29		
60 пс		16	75 пс		03	65 пс		0.02
90		17	120		02	140		04
115		14	170			185	0.02	
150			190	0.01	03	230		04
155	0.18		225		04	245	03	
175		12	250	01		280		05
225	15	17	280		05	350	03	04
260	19		315	04		405	03	
305	20	16	330	05	03	455	04	04
325		0.27	350			550	09	0.07
345	25	31	390	05		670	08	11
410	26	28	460	03		700	09	
470		33	480	04		735		07
525	28		545		0.05	865		11
620	34		585	07		925	08	10
740	40		615		00	1040		11
850		40	725	05		1260		13
900	37		825	05		1330	09	12
1000		36	1025	12		1415		12
1160	41		1150	17		1515	15	15
1420	45		1175		20			
1600	39		1195	11				
			1350	13				
			1515		21			
ПК26		0.05						
70 пс		11						
110		09						
160								

1570		14	1290		11	1240		15
1660	11		1370		10	1250	09	
1840		13	1440		07	1320	09	
1960	19		1530		13	1405		07
2700	19		1660		09	1465		11
			1825		11	1600		15
			2340	11		1670		14
ПК30								
100 пс		0.02						
125		04	ПК32			ПК34		
145		03	70 пс		0.03	105 пс		0.03
170		03	120		05	135		02
180	0.03		203		03	180	0.02	02
200		03	240	0.04		215		03
235	02	04	270		04	245	02	04
275		03	295	04		330	03	04
300	03		370	04	04	400	04	
330		06	440	04	06	455		04
445		05	550	09		520	04	0.08
490		0.08	675	10		650	05	
525		09	720	09	0.05	685		09
570		05	830	07		840	10	
600	05		860		12	945		12
720	09	07	1070	09		1070	09	
750	06		1155		17	1230	10	15
805		07	1265		16	1315		10
1000		09	1445	17		1415		07
1200	10		1460		17	1510		15
1320	11	12	1535		19	1565	14	
1395		13	1695		15	1585		21
1510		12	1820	19		1685		13
1660		16				2400	25	
			ПК33					
			75 пс		0.05	ПК35		
ПК31			110		04	105 пс		0.03
85 пс		0.03	150		03	155		03
130		03	180	0.03		185	0.02	
155		03	235	03		220		02
225	0.02	05	265		05	270	03	04
285		04	320	03		330	03	
340	03	05	350		05	360		04
505	05		455		04	445	07	05
550		0.05	480	04		500		0.07
630	05		560	09	0.04	565		05
740		06	590	06		585	07	
775	08		740	07	05	615	03	
995		06	950	08		690		07
1095	08		975		06	740	06	
1150		07	1015	11		840		12
1245		10						

870	11			850		12		730		35
955		09		900	16			765	36	
1290		09		1100	19			785		41
1350	06			1175	12			860	36	
1440		06		1445	17			1100		31
1555		14		1480		22		1340	35	33
1585	13							1450	43	37
1700		18		ПК38				1785	46	
1740		16		45 пс		0.03		2800	57	
				80		07		3690	57	
ПК36				170		06				
135 пс			0.04	260	0.05	05		ПК40		
180	0.03	0.04		350		07		65 пс		0.07
240	03		02	405	06			105		07
310			06	425		07		110		11
345	02			490	08			140		10
400			05	550	11			200		08
465	03			620		0.13		240		11
555	05	05		655	11			250	0.12	
590	07			720	12	17		295		11
680		09		765	17			320	15	
710	05			880	15	18		345		16
760	06	04		965		14		365	15	
830	06	12		1030	17			375	20	
890	11			1055	21			385	24	
905		09		1095		19		410		0.32
970		09		1130		18		445	29	
1095		09		1230		18		515	28	
1290	09			1360		18		605		28
1325		20		1385	19	21		645	32	
1680		12		1415		24		710		33
1760		09		1440	29			750	30	
1250		11						835	34	
1740		17		ПК39				905		35
1930		11		55 пс		0.16		920	47	
				100		17		965		44
ПК37				150		15		1280	52	
135 пс			0.01	180	0.16			1890	59	
220	0.02		01	200		12				
280	03		04	240	20	13		ПК41		
325			05	265		19		55 пс		0.15
380	04			285	24			130		12
445	03		05	320		23		165	0.09	16
575	08	0.04		360	29	0.32		185	18	
605		06		400		36		205	23	
625	08			435	29	34		250	23	25
675	11			525	27	32		320	25	24
695	10			605	32	28		355	24	

410	24	0,29	380	16	290	0,04	
465	27		445	0,12	340		08
570	27	28	465	15	375	05	
625		29	515	22	420	14	08
675		36	565	28	450	15	
705	28		615	27	475	14	
780	37	32	720	21	610	15	0,12
830	40	32	830	35	630	12	
890		37	950	35	665	14	
960		42	970	34	735	18	
1075	44		1020	31	775		15
1265	63		1070	36	915	19	
1455	70		1290	51	955	20	
1590		62	1445	57	990		21
			2115	45	1050	19	22
ПК42			2950	56	1150		22
75 пс		0,09			1200	25	27
125		08	ПК43		1315	33	27
185		06	80 пс	0,03	1350	21	
225	0,04	09	150	06	1780	24	
275	10	09	200	09			
320	16		260	06			

Это сказывается и практически при анализе построенных кривых цветовых избытков и сравнении их с данными других авторов. Среднюю ошибку же этих кривых следует считать, в общем, близкой к ± 0.1 зв. величины.

§ 7. Поглощение света в пяти Площадах Каптейна №№ 8, 9, 19, 24 и 40, расположенных в галактической плоскости.

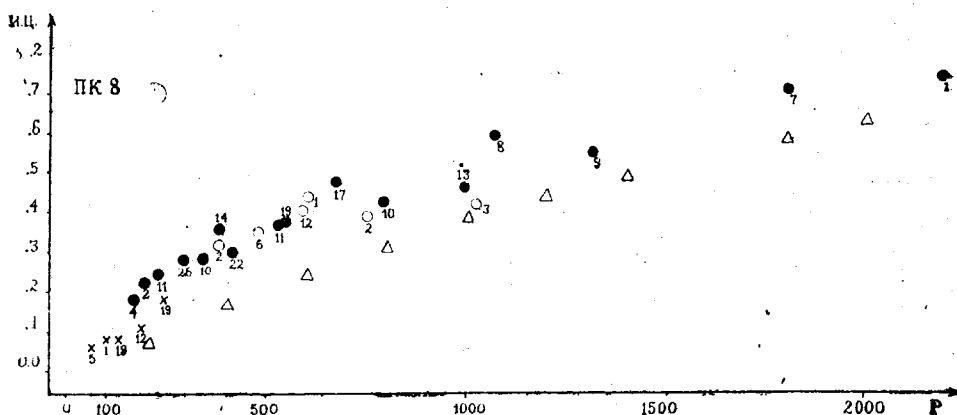
Исследуем, прежде всего, избирательное поглощение в Площадах Каптейна, расположенных в галактической плоскости. За таковые могут быть приняты ПК 8, 9, 19, 24 и 40, т. е.— Площади, отнесенные к группе I. Их галактические широты не превосходят 3 градусов по абсолютной величине (см. таблицу IV). Перечисленные Площади могут характеризовать поглощение в самой галактической плоскости.

Данные таблицы XXXVI предыдущего параграфа мы используем для построения нижеследующих графиков, представляющих собой зависимость избытка цвета от исправленного расстояния. На чертежах 36—40, также как и на всех подобных чертежах, относящихся к другим ПК (чертежи 41—78), черные кружочки соответствуют ранним звездам (первому столбцу таблицы XXXVI), светлые кружки — гигантам, взятым из второго столбца

таблицы, и крестики—карликам (третий столбец таблицы XXXVI). Цифры при значках означают соответствующие количества звезд. Избытки цвета выражены в зв. величинах (ось ординат); расстояния же (ось абсцисс)—в парсеках. Значение треугольников мы поясним ниже, в § 13.

ПК 8 ($\alpha = 1^h 00^m$, $\delta = +60^\circ 10'$; $l = 92^\circ$, $b = -2^\circ$). Площадь расположена в созвездии Кассиопеи. В атласе Р о с с а [778] она находится на карте № 20.

Исследуемая ПК расположена в светлом участке Млечного Пути, с большим видимым скоплением звезд, но через нее проходит хорошо выра-



Чертеж 36

женная узкая темная бороздка. Значительное количество звезд, для которых вычислены избытки цвета, проектируется на темную бороздку.

Избирательное поглощение выражается величиной 0.1 на расстоянии в 100—150 пс (чертеж 36), после чего резко повышается и при 200 пс превосходит 0.2 зв. величины. Относительно равномерное увеличение поглощения с расстоянием наблюдается до 700 пс, где значение поглощения достигает уже 0.45 зв. величины. После этого прирост поглощения не заметен до 1000 пс, когда вновь наблюдается увеличение покраснения, значение которого повышается до 0.6 зв. величины при 1100—1500 пс. От 1100 пс покраснение снова перестает расти, но около 1800 пс оно повышается почти до 0.75 зв. вел. и на этом уровне мы можем проследить его до 2200 пс.

Так как галактическая широта ПК 8 равна -2° , то на расстоянии в 2200 пс, т. е. на пределе нашего проникновения в этом направлении, участок галактического пространства удален от галактической плоскости на 75 парсеков в южном направлении:

$$z = r \sin b = -77 \text{ пс}$$

Следовательно, на всем протяжении луч все время очень близок к галактической экваториальной плоскости. Он, при этом, на некоторых отрезках почти не испытывает приращения покраснения. Во всяком случае, покраснение нельзя считать пропорционально возрастающим.

Избирательное поглощение на первый килопарсек не менее 0.5 зв. величины. Оно увеличивается на 0.25 зв. величины на протяжении второго кпс. Поглощение значительнее всего проявляет себя на ближайших к Солнцу отрезках пути в данном направлении. Действительно, в пределах первых 300 пс избыток цвета растет до 0.1 зв. величины на каждые 100 пс, что не наблюдается в остальной части пути луча.

Направления, близкие к ПК8, исследовались неоднократно. О'К и Фи получил довольно большое покраснение отдельных звезд в этих направлениях [729]. Еще раньше Цуг оценил средний избыток цвета нескольких десятков звезд в 0.6 зв. величины [1025]. Но, он пользовался довольно широкой системой длин волн и последнее значение следует несколько преуменьшить. Тогда оно приблизится к нашему. Большое покраснение показано в работах Сирса [841], хотя и для очень немногих далеких звезд, а также и в работах Слокум [882], Бэйкера и Нанткес [295] и др.

Были исследованы области близлежащих скоплений NGC 366 и NGC 457, где избирательное поглощение оказалось также весьма большим [278]. Если не считать работу Хантера и Мартина [571], в которой избирательное поглощение получается малым, между имеющимися данными почти нет противоречий. Данные же последней работы основаны на весьма малом количестве звезд, для которых вычислялся «градиентный избыток», и им нельзя придавать большого значения.

Бок также исследовал это направление [365]. Хотя большое поглощение и было найдено им здесь, но наряду с тем, он якобы подметил пропорциональный рост поглощения до 2-х килопарсеков. Но, он не показал насколько детально исследовалось поглощение на отдельных отрезках пути луча и нам представляется, что эта пропорциональность, на самом деле, — результат грубого сглаживания. Правда, и Бэйкер [291] показал пропорциональный рост общего фотографического поглощения, но — от 250 пс до 1 кпс.

Для ПК8 характерна большая пестрота поглощения: разные направления даже в пределах данной Площади (3.5×3.5 град.) дают явно различные значения поглощения и кривая, изображенная на черт. 36, являясь лишь средней для всей Площади, может значительно отличаться от той, которая относилась бы к данному, уже ограниченному по площади, направлению. В этом мы смогли убедиться, построив кривые изменения избытка цвета для нескольких отдельных участков, входящих в Площадь № 8. В качестве примера можно отметить, что участок, расположенный западнее

от центральной звезды № 1069 (по БСО), отличается от восточнее расположенного тем, что в первом, на близких расстояниях, поглощение растет медленнее, чем во втором, но вдали (при $r > 1000$ пс) прирост избытка цвета значительнее. В связи с этим, кривая в восточном участке более равномерна, чем в западном. Можно быть уверенным, что поглощающая среда в восточной половине расположена к нам ближе. С другой стороны, она плотнее, на первые два кпс, в своей западной части.

При тщательном использовании материала (который должен быть, разумеется, достаточно надежным, качественным), можно выявлять различия в структуре поглощающей среды в пределах небольших площадей на небе, применяя даже фотографические определения показателей цвета.

Рассеяние значений избытков цвета, которое наблюдается во всех случаях, когда графики строятся по отдельным звездам, естественно и его надо относить не только за счет ошибок определений, но и различий в поглощении в отдельных, хотя и весьма близких, направлениях. При этом, рассеяние тем больше, чем более далекие звезды рассматриваются. Это явление можно естественно объяснить не только на основе общих статистических соображений, но и исходя из представления о клочковатом строении межзвездной рассеивающей среды. Тем больше действительный объем пространства, соответствующий некоторой определенной площади на небе, чем больше относящееся к нему расстояние. Фактически, мы наблюдаем внутри расходящегося от нас конуса и он содержит в себе на далеких расстояниях больше неоднородностей межзвездной среды.

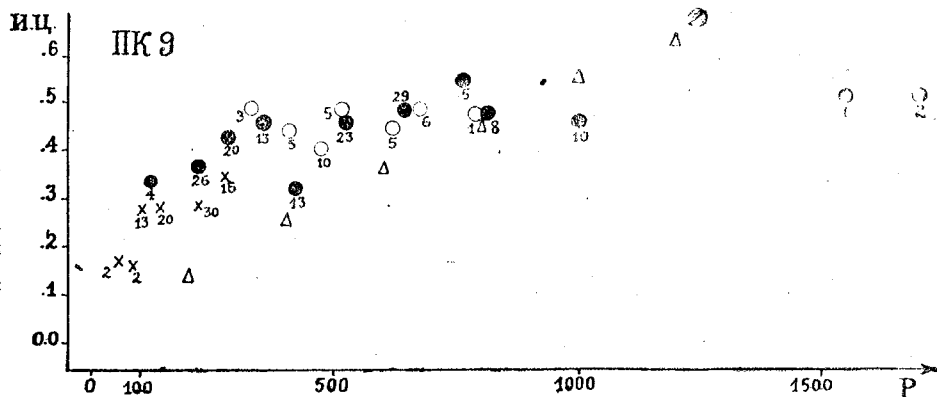
ПК9 ($\alpha = 3^h 04^m$, $\delta = +60^\circ 20'$; $l = 106^\circ$, $b = +3^\circ$). Площадь расположена в созвездии Жирафа. В атласе Росса она находится на карте № 27. Она относится к темному участку Млечного Пути, хотя и не характеризуемому большим дефицитом звезд. Наоборот, эта Площадь довольно богата звездами.

Избирательное поглощение превышает 0.1 зв. величины уже при $r = 100$ пс, а затем оно резко растет, достигая почти 0.45 зв. величины всего за 200 следующих пс (черт. 37). Зато, начиная с $r = 300$ пс покраснение мало увеличивается и оно находится на уровне 0.5 зв. величины на протяжении от 1000 до 1700 пс. Впрочем, в таких случаях необходимо с осторожностью делать заключения, так как для далеких расстояний вполне возможно влияние неизбежной селекции, в силу которой при малом числе звезд мы видим звезды с малым покраснением.

Проникновение в направлении на ПК9 невелико в связи с тем, что видимые расстояния в этом направлении весьма заметно сокращаются при приведении их к истинным, за счет большого общего поглощения.

Избирательное поглощение на первый килопарсек можно считать равным 0.5 зв. величины.

Большое избирательное поглощение в направлении, близком к ПК9, показано в работе [571]—0.54 зв. величины на кпс. Что касается общего поглощения, то большое значение последнего следует из результатов Бокка [365] (см. также [1021, 709, 690]).



Чертеж 37

Остановившись на сравнении с данными Бокка, отметим, что Бокка считает возрастание поглощения пропорциональным расстоянию до 1500 парсеков. Бокка пользуется при этом только ранними звездами и может изучать поглощение лишь начиная с $r = 250$ пс. В таком случае покраснение может действительно показать в общем пропорциональное возрастание, по крайней мере, до 1000 пс. Мы, имея 195 ранних звезд, т. е. почти столько, сколько Бокка ($n = 205$), привлекаем к тому же к построению графика и поздние звезды—более 70, из которых половина расположена внутри расстояния в 200 пс. Благодаря этому ход кривой выступает на нашем графике в больших деталях и точнее.

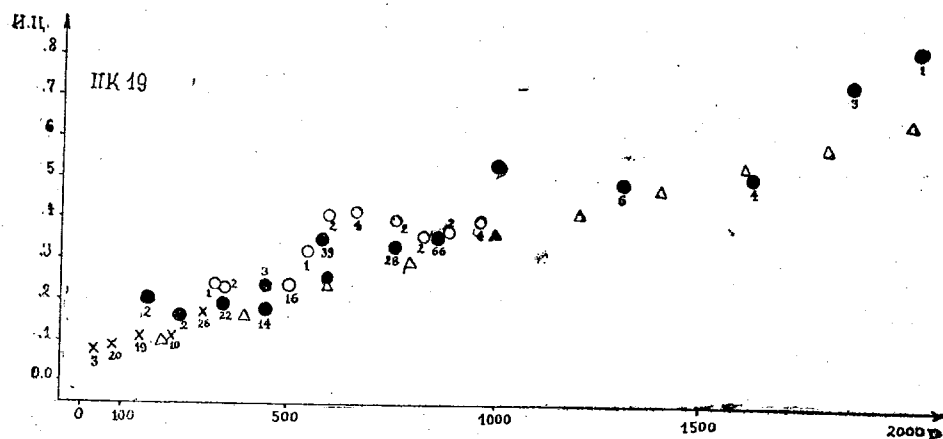
Относительно недавно, избирательное поглощение в ПК9 исследовали Ломан и Мичайка [637]. Это исследование уступает нашему хотя бы только потому, что при том же методе, что и наш, оно использует всего 105 звезд и то довольно ярких, правда—исключительно только ранних (B2—B9). Непонятно, как могли авторы, приводя график зависимости избытка цвета от расстояния, пользоваться неисправленными, видимыми расстояниями. Но если последние редуцировать за поглощение, характер кривой, качественно и количественно, приближается к характеру нашей кривой.

Изложенные в последнем абзаце замечания можно целиком отнести и к ПК8, которое также исследовано в той же работе [637].

ПК 19 ($\alpha = 23^h 23^m$, $\delta = +60^\circ$; $l = 81^\circ$, $b = -1^\circ$).

Площадь находится в созвездии Кассиопеи. По атласу Росса ей соответствует карта № 19. Она расположена на границе светлого и темного участков Млечного Пути, но ближе к светлому.

Здесь мы можем проследить за покраснением до $t = 2000$ пс. В этом направлении покраснение можно считать нарастающим пропорционально расстоянию, если не принимать в расчет слабо выраженных изгибов около



Чертеж 38

$\varphi = 150, 550$ и, пожалуй, — 1000 пс. Избирательное поглощение на первый килопарсек равно 0.45 зв. величины (чертеж 38).

Нарастание покраснения заметно уже с близких расстояний. Поэтому, нельзя согласиться с выводом Бокса о том, что поглощение якобы начинается лишь с расстояния в 1 кпс [365]. Бокс основывает свой вывод на анализе 80 звезд на всем протяжении, в то время как в пространстве до $t = 1000$ пс у нас участвует более 200 ранних звезд и около 100 поздних звезд. При этом, рассеяние точек на кривой весьма умеренное и к последней можно отнестись с полным доверием. Не только меньшее количество звезд у Бокса заставляет нас отдать нашему результату предпочтение, но и то обстоятельство, что у него 33% от использованных им звезд имеют преувеличенные показатели цвета, и он довольно произвольно вводит большую систематическую поправку отрицательного знака ко всем покрасневшим звездам, не проверив возможности наличия покраснения на близких расстояниях, что и могло обусловить преувеличение цвета поздних звезд малой све-

тимости. Правда, позднее начало поглощения указывается и в работе Бэйкера и Нанткес [295], но материал последних авторов очень мал. К тому же они оставляют неисследованными близкие к нам пространства. С другой стороны, они приводят определения цветов для некоторого числа индивидуальных покрасневших звезд, в системе красных величин. По приведении их к интернациональной шкале, становится возможным констатировать покраснение индивидуальных звезд и на расстояниях в 200—300 парсеков. Не следует принимать во внимание и результат Бейкера [338], также отрицающий поглощение в ПК19 на близких расстояниях, т. к. он относится все-таки к направлениям, расположенным заметно севернее исследуемого нами.

Зато большое покраснение показывает Цуг для более 50 относительно близких звезд [1025]. После приведения к интернациональной шкале, оно выражается величиной в 0.40 зв. величины, что находится в хорошем согласии с нашим выводом. То же самое можно сказать и про результат Слокум [882], хотя последним автором рассмотрены более далекие звезды.

Еще более убедителен результат, полученный в Пулкове К. Т. Стояновой [152]. Из этой последней работы явствует, что уже на расстоянии в 380 пс покраснение выражается значением в 0.27 зв. величины. Этот вывод также отвергает заключение Бюка об отсутствии заметного поглощения до глубин в 1000 парсеков. В одной из наших работ, содержащих предварительную дискуссию данных нашего Каталога, мы констатировали покраснение в ПК19 лишь начиная от $r = 600$ пс [205]. Но, во-первых, там было рассмотрено нами меньше ярких звезд, затем не были сделаны все необходимые редукции не только цветовых показателей, но и расстояний. Пожалуй, названному в той работе расстоянию в 600 пс соответствует окончательно исправленное расстояние лишь в 400 пс.

ПК 24 ($\alpha = 4^h 39^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 128^\circ$, $b = 0^\circ$), Созвездие Возничего. Карта № 28 в атласе Россса.

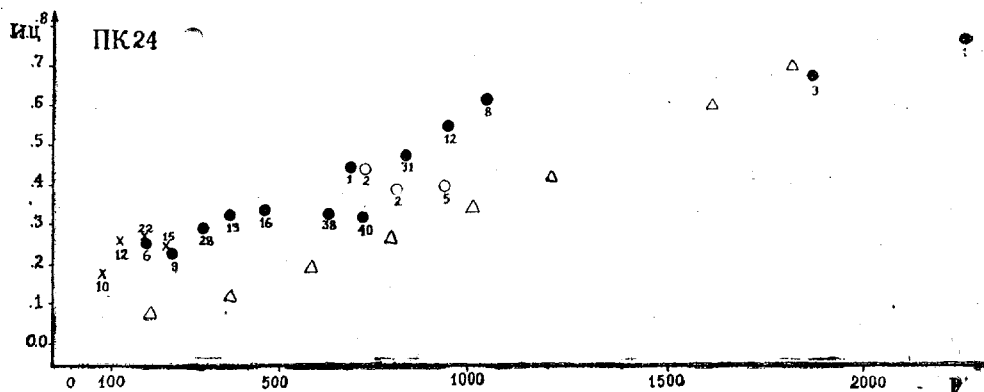
Данная Площадь расположена на самом Галактическом кругу, на границе светлого и темного участков. Исследованные звезды проектируются одинаково как на светлый, так и на темный участки.

Это направление характеризуется весьма заметным общим поглощением. Избыток цвета на первый кпс достигает 0.55 зв. вел. Это—очень высокое значение, встречающееся редко.

Покраснение значительно уже на небольших расстояниях и при $r = 500$ пс превышает 0.3 зв. величины (чертеж 39). Далее, около $r = 700$ — 800 пс имеет место резкий прирост избытка цвета, увеличивающий его до 0.45 зв. вел., после чего покраснение растет до $r = 1100$ пс.

После этого покраснение держится почти на одном уровне, лишь медленно увеличиваясь.

Данная Площадь, расположенная в точности в галактической плоскости, представляет собой пример прерывного распространения избирательно поглощающей материи в самой плоскости Млечного Пути.



Чертеж 39

В ПК 24 большое покраснение было констатировано Сирсом [841]. На большое общее поглощение указывали Вольф [1020] и Андрус [281]. Но более детально распространение окрашивающего вещества вдоль луча зрения показывает наша кривая зависимости цветового избытка от истинного расстояния, в построении которой участвуют 206 ранних и 69 поздних звезд.

Избыток цвета на первый килопарсек равен 0.55 зв. величины.

ПК40 ($\alpha = 20^h 47^m$, $\delta = +45^{\circ} 0'$; $l = 53^{\circ}$, $b = 0^{\circ}$), в Лебедь. Карта № 18 по атласу Росса.

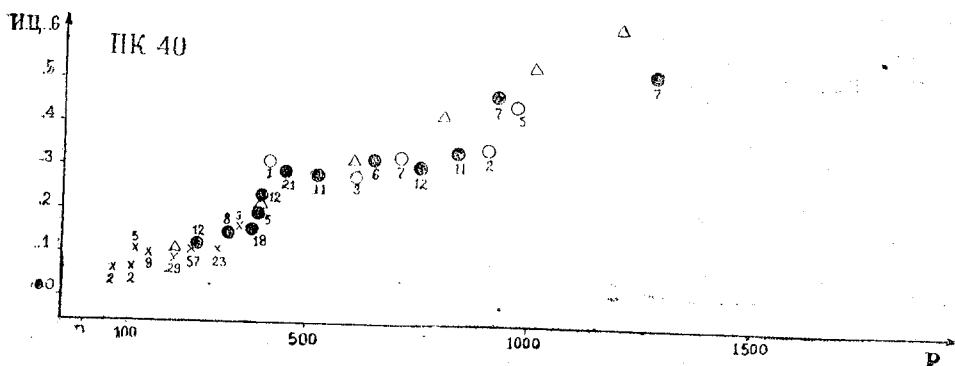
Площадь расположена между туманностью Северной Америки и звездой α Лебедя—на границе между богатой звездами областью и бедной. На ней проектируются весьма явные темные разводя, хотя сама Площадь очень богата звездами.

Данная Площадь также являет нам пример прерывного строения среды рассеивающей материи в самой галактической плоскости. Изломы на кривой (черт. 40) около $r = 350, 400, 900$, отмеченные большим количеством звезд, делают очевидной иррегулярность материи в данном направлении.

Избыток цвета на первый килопарсек достигает 0.47 зв. величины.

Сирс нашел здесь большие цветовые избытки [841, 846]. По Бекеру избирательное поглощение возрастает здесь пропорционально расстоя-

нию до 2-х килопарсеков [338], но у него расстояния остаются искаженными. У Клазена [407] избыток цвета не более 0.20 зв. величины, даже после приведения к интернациональной системе, но это только для 27 звезд, расположенных к тому же довольно близко. Так что это значение не сравнимо с величиной, характеризующей глубину пространства в первый килопарсек. Весьма близкие от ПК 40 расстояния исследованы Мюллером и Хуфнагелем [709]. Подсчетами звезд они выявили два облака: одно—при $r = 75-200$ пс с поглотительной способностью в 0.6 зв. величины и второе—при $r = 600-800$ пс, с поглощением 2.6 зв. величины. Что касается избирательного поглощения, то эти авторы получили 0.2 зв. величины при $r = 600-800$ пс, т. е. там, где у нас избыток цвета превышает 0.3



Чертеж 40

зв. величины. Этот результат является побочным и не очень надежным, но общее поглощение исследовано авторами весьма обстоятельно. Если даже принять во внимание недостатки метода и остающиеся погрешности в определении поглощения на основе звездных подсчетов, то все же можно считать установленным, что от $r = 200$ пс до $r = 600$ пс общее поглощение относительно мало. На этом же отрезке пути покраснение, по нашим материалам, безусловно непрерывно растет. Таким образом, здесь мы имеем пример того, как по-разному ведут себя избирательное и общее поглощение вдоль одного направления.

Сделаем теперь несколько общих замечаний в отношении ПК данной группы.

Все рассмотренные нами ПК лежат почти строго на галактическом экваторе. Лишь для ПК 9 галактическая широта равна $+3^\circ$, а для ПК 8 — -2° . Учитывая пределы проникновения в этих направлениях, надо считать, что данные ПК находятся внутри близких экваториально-галактических слоев. Во всяком случае, наиболее отдаленные от нас звезды в ПК 9 и ПК 8. 21. Бюлл. Абст. астроф. обс., № 12

отстоят от галактической плоскости только на 90 и 75 парсеков, соответственно. Вместе с тем, все 5 Площадей проектируются на зону избегания.

На примерах рассмотренных Площадей мы встречаемся как со случаями непрерывного нарастания покраснения на протяжении больших отрезков пути, так и со случаями прерывного роста избытка цвета, когда кривые изменения избытка цвета обнаруживают явно выраженные переломы, отмеченные большими количествами звезд.

Характер изменения покраснения вдоль луча (т. е. степень нарастания покраснения) не всегда совпадает с характером изменения общего поглощения, вычисленного независимыми от избытков цвета способами. Это заставляет нас вспомнить о роли нейтрального поглощения, отмеченной нами в первой главе настоящей работы и иллюстрированной исследованием М. А. В а ш а к и д з е [40].

Исследованные Площади ложатся как на светлые, так и на темные участки Млечного Пути, но различия в поведении избытка цвета в них не подмечено.

Приведем таблицу XXXVII, содержащую некоторые сводные данные.

Таблица XXXVII

ПК	b	l	Проникновение	Наибольшее χ	Избыток цв. на первый кпс	Прирост цвета на второй кпс
8	-2°	92°	2200 пс	75 пс	0,48	0,32
9	$+3$	106	1700	90	50	10?
19	-1	81	2020	35	45	40
24	0	128	2250	0	55	20
40	0	53	1900	0	47	15

Глубины в один первый килопарсек галактического пространства в данных направлениях характеризуются, как видим, довольно большими избытками цвета.

В среднем, избирательное поглощение следует считать равным 0.49 зв. величины на первый килопарсек, или 0.36 зв. величины на один кпс. Последнее из приведенных здесь двух значений близко к тому, которое, в среднем, получается по определениям многих исследователей, относящимся к разным направлениям и разным расстояниям.

Первое же значение, как нам представляется, следует толковать в качестве указания на наличие относительно плотной межзвездной среды в плоскости Галактики, около Солнца, в направлениях, ограниченных галактическими долготами от 55 до 130° . Последние соответствуют областям созвездий: Лебедя, Кассиопеи, Жирафа (в ее крайней юго-западной части) и Возничего.

Конечно, по соображениям, изложенным выше, следует признать, что точность определений средних избытков цвета на расстояниях от 1 до 2 кпс

меньше, чем на расстояниях до 1 кпс. Но отмечаемую здесь систематическую разность в величинах избытков цвета мы можем считать реальной, т. к., как показано во второй главе данного исследования, заметная систематическая ошибка в наших определениях, зависящая от расстояния, т. е. от блеска звезды, отсутствует.

В дополнение к изложенному в главе II относительно данного вопроса, отметим, что хороший критерий отсутствия систематической ошибки, зависящей от блеска (видимой звездной величины) звезды, заключается в следующем. Для построения кривых роста покраснения с расстоянием составляют, обычно, таблицы средних показателей цвета по двум аргументам: спектра и блеска, в следующем, к примеру, виде:

Спектр. Зв. вел.	B	A	F	G
10.0				
11.0				
12.0				

При наличии межзвездного рассеяния, показатель цвета должен расти по вертикальным графам этой таблицы—сверху вниз, т. е. с увеличением расстояния (с уменьшением видимого блеска). Но такой рост может наблюдаться и при наличии систематической ошибки, являющейся функцией видимого блеска (в других случаях подобная ошибка может вызвать и замедленное увеличение покраснения, как это наблюдается для наших ПК первой группы). Но, если рост покраснения подобного же характера наблюдается вдоль строк—справа влево—(рост расстояния, соответствующий росту средней светимости), то покраснение нельзя считать иллюзорным, т. е. обусловленным систематической ошибкой блеска. При этом, конечно, предполагается, что заметная систематическая ошибка, зависящая от спектра (цвета) звезды, также отсутствует.

Этот критерий также был применен нами еще в 1942 году, по совету академика Г. А. Шайна. Впрочем, почти тогда же в Бюллетенях Абастуманской обсерватории была опубликована работа П. Ф. Шайн, содержащая описание и применение ею данного способа при исследовании избирательного поглощения в области раздвоения Млечного Пути [233].

Приведем теперь таблицу XXXVIII, характеризующую полное фотографическое поглощение света в отдельных из перечисленных Площадей Каптейна. Таблица составлена на основе наших кривых изменения избытка цвета, с применением переводного множителя γ , значение которого мы определили равным 5.2 на основе соображений, изложенных в §5 настоящей главы.

Таблица XXXVIII

ПК	b	l	гоше	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
8	-2	92°	0,52	1.20	1.51	1.92	2.50	2.50	3.02	3.38	3.64	3.90	4.00
9	+3	106	1.30	1.72	2.29	2.44	2.60	2.60	2.60	2.65	2.70	—	—
19	-1	81	0.42	0.78	0.94	1.30	1.82	2.34	2.60	2.60	3.12	4.26	—
24	0	128	1.04	1.30	1.46	1.77	2.18	2.86	3.22	3.38	3.43	3.64	3.95
40	0	53	0.47	0.57	0.68	1.51	1.66	2.44	2.55	2.81	2.91	(3.12)	—

В таблице даны значения общего фотографического поглощения для ряда истинных расстояний. Можно вспомнить, что аналогичные таблицы построены для нескольких десятков направлений Н. Ф. Флоря [196]. Среди этих направлений имеются и совпадающие с ПК данной группы. Приходится констатировать заметные расхождения между нашими данными и данными Флоря для случая малых расстояний. Но, надо иметь в виду, что Н. Ф. Флоря строил свои таблицы как средние из ряда совершенно разнородных определений (при этом он пользовался и нашими предварительными значениями показателей цвета [204]).

Среднее значение общего фотографического поглощения на первый килопарсек, по нашим данным, равно 2.55 зв. величины. Среднее значение на 1 кпс—около 1.90 (по Флоря—1.3).

§ 8. Поглощение света в пяти Площадах Каптейна №№ 18, 23, 25, 39 и 41, расположенных на малых галактических широтах

Исследуем избирательное поглощение в пяти Площадах Каптейна №№ 18, 23, 25, 39 и 41. Галактические широты всех этих ПК одинаково малы, будучи заключенными в пределах 6 и 9° по абсолютной величине. Они характеризуют поглощение на малых галактических широтах.

ПК 18 ($\alpha = 21^h 14^m$, $\delta = +60^{\circ} 10'$; $l = 68^{\circ}$, $b = +6^{\circ}$) расположена в созвездии Цефея, а по атласу Росса занимает положение на карте № 22.

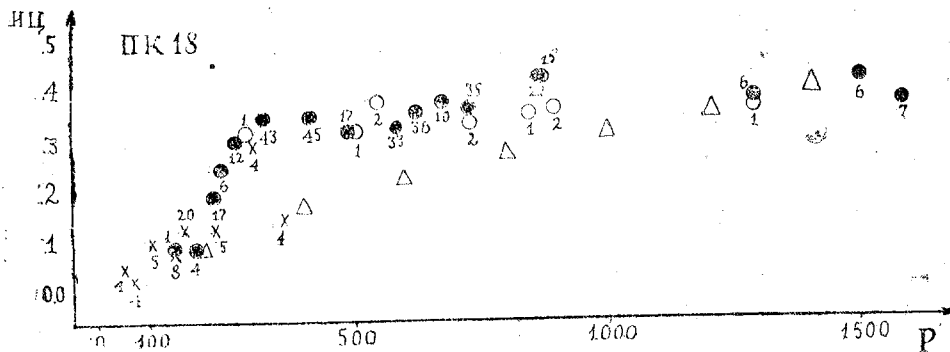
Площадь находится в области весьма неравномерной видимой звездной плотности. Эта область относится к богатым звездами полям, но для нее характерны многочисленные темные разводья. Большие значения поглощения также характеризуют отдельные участки этой области. Мы проникаем здесь только до 1600 пс, что отвечает более шести килопарсекам нередуцированного расстояния.

Избирательное поглощение на первый килопарсек равно 0.43 зв. величины. Нарастание покраснения нельзя считать равномерным. На кривой цветового избытка (чертеж 41) отмечаются достаточно хорошо выраженные изломы около $r = 200$, 300 и 800 пс.

Для ПК 18 характерна большая неравномерность поглощения в на-

направлениях, относительно близких друг к другу. Аналогично случаю для ПК8, мы специально исследовали данную Площадь с этой точки зрения и пришли к выводу, что даже в пределах относительно небольшой площадки Каптейнового центра целесообразно вычислять цветовые избытки для нескольких направлений, хотя и весьма тесно друг к другу расположенных. Правда, в таком случае уменьшится число звезд, участвующих в построении кривой данного направления, но во многих случаях это не уменьшит точности исследования, ибо последняя заметнее снижается, когда осредняют всю площадь, для которой характерным является различное поглощение в разных точках.

Неодинаковое поглощение в разных точках данной Площади вызывает и заметное рассеяние точек на предварительной кривой цветового избытка, где нет никакого осреднения. Мы имеем подобные примеры не только в виде ПК8 и ПК18, но и для ПК41 (см. ниже).



Чертеж 41

Это заставляет нас думать, что избирательное поглощение в данных областях обязано ряду отдельных малых скоплений вещества, имеющих разные рассеивающие способности, т. е. плотности. Вероятно этим и объясняется противоречивость между собой результатов, принадлежащих ряду авторов, исследовавших покраснение, в частности, в области ПК 18. Шален [1800], Хантер и Мартин [571], Сирс [841], Стенкист [920] не наблюдали больших поглощений. При этом Сирс отнес это направление к «нормальным» (избыток цвета (ИЦ) = 0.03). С другой стороны, тот же Шален, в других работах, указал на другие, но близкие участки с большим поглощением [793, 799]. О'К и Фи, хотя им исследовано немного спорадических звезд, отметил направления с большим поглощением [729]. Неубедительна кривая 5 в работе Ломана и Мичайки [637], тем более, что на ней представлены неисправленные расстояния. Выводу Бока об отсутствии покраснения до 700 пс противостоят более

точные определения Рисли, констатировавшей большое поглощение уже на расстоянии в 400 пс [774]. Наконец, надо отметить, что и у Ханта и Мартина в цитированной только-что работе, хотя и выведены в общем незначительные покраснения для звездных групп, тем не менее некоторые отдельные звезды показывают огромные покраснения. М. Д. Берг в Пулкове нашла избирательное поглощение в 0.35 зв. величины весьма близко от центра ПК18 [25]. Эта оценка надежнее многих других.

Величину цветового избытка 0.43 на первый килопарсек мы считаем характеризующей направление, в среднем, на центр ПК18.

Как сказано выше, в этом направлении мы можем проследить за покраснением звезд лишь до 1600 пс, но в связи с галактической широтой в 6 градусов уже при $r=950$ пс удаление звезд от галактической плоскости достигает 100 пс.

Здесь избыток цвета около 0.43. На пределе проникновения удаление от галактической плоскости (z) превышает 165 пс, а избыток цвета имеет ту же величину. Таким образом, после того, как луч выходит за пределы $z=100$ пс, покраснение не увеличивается на отрезке пути почти в 650 пс.

Заметим также, что пока луч находится в пределах z от 0 до 35 пс, избыток цвета достигает 0.34 за 300 пс, а после того как луч проходит отрезок от $z=35$ до $z=100$ пс, приращение цвета несколько меньше 0.10.

ПК23 ($\alpha=3^h39^m$, $\delta=+45^\circ00'$; $l=120^\circ$, $b=-7^\circ$), в созвездии Персея; по атласу Росса — карта № 29.

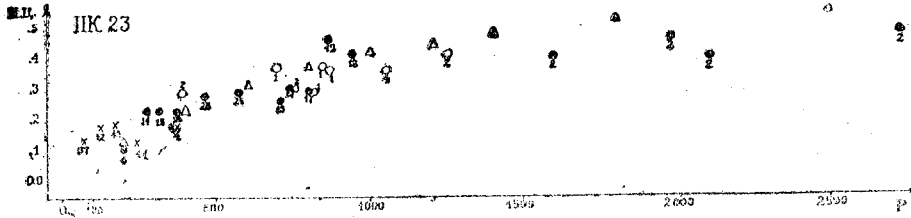
Площадь занимает область, можно сказать, с равномерным распределением видимой звездной плотности. Здесь мы проникаем довольно далеко: на чертеже кривая цветового избытка доходит до 2750 пс (чертеж 42), и наряду с этим мы имеем и отдельные звезды, расположенные на расстоянии в 3 килопарсека от нас. Поглощение здесь довольно велико, но при редуцировании расстояний уже сказывается заметный угол луча, составляемый им с галактическим экватором.

На первый килопарсек приходится покраснение величиной в 0.41. После этого расстояния оно почти все время держится на одном уровне, лишь несколько увеличиваясь—до 0.45 около 2000 пс. Это значит, что при $z=110$ пс поглощающая среда имеет хорошо выраженную границу, а затем, во всяком случае, до $z=330$ пс плотность этой среды незначительна.

На протяжении первого килопарсека увеличение избытка цвета неравномерно. На кривой избытка цвета намечается несколько изломов, указывающих на клочковатость рассеивающего вещества. Они расположены около 250, 450 и 850 пс. На отрезках пути луча от 250 до 400 пс и от 450 до 800 пс прирост покраснения вовсе не имеет места.

Покраснение на том отрезке пути, который заключен в пределах 0—500

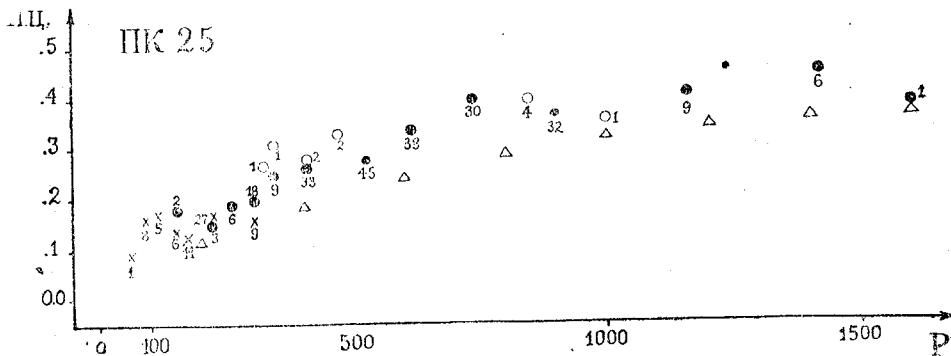
пс по ζ , равно 0.24 (при $r=410$ пс), а на отрезке следующих 50 пс по ζ оно растет еще на 0.07, становясь 0.31. Зато покраснение вновь увеличивается на 0.12 на следующем отрезке пути длиной всего в 50 — 100 пс, а это соответствует пределам ζ от 100 до 110 пс. Далее покраснение почти не имеет прироста.



Чертеж 42

Область ПК 23 привлекла к себе мало внимания исследователей, очевидно, из-за ее равномерного фона, без светлых сгущений звезд и без темных бороздок звездных разрежений. Поэтому мы не имеем почти никаких данных для сравнения, если не считать работы Оорта [732], который не нашел здесь заметного поглощения. Но это легко объяснимо тем, что Оорт пользовался весьма близкими звездами. Между тем, это направление является безусловно интересным, хотя бы потому, что, пользуясь поздними звездами, мы смогли выявить здесь поглощение уже при $r=70$ пс.

ПК25 ($\alpha=5^h37^m$, $\delta=+44^\circ50'$; $l=133^\circ$, $b=+9^\circ$)—в созвездии Возничего. Карта № 28 в атласе Росса. Здесь явно видны темные бороздки и разводы на фоне довольно богатого звездами участка неба.



Чертеж 43

Проникновение в данном направлении достигает 1600 пс. На кривой цветового избытка (чертеж 43) можно заметить быстрое увеличение покраснения в пределах до 100 пс и изломы около 300—350 и 600—700 пс.

Прирост покраснения для пространства $50 < \zeta < 100$ пс ($320 < r < 640$ пс) в $1\frac{1}{2}$ раза меньше, чем для пространства $0 < \zeta < 50$ пс. Но для данного направления характерно заметное увеличение покраснения на большом удалении от нас, т. е. именно: от $r = 700$ пс, чему соответствует $\zeta = 110$ пс. При этом увеличение равно почти 0.1 зв. величины в интервале $110 < \zeta < 205$.

Покраснение на первый килопарсек равно 0.40 зв. величины.

ПК39 ($\alpha = 19^h 47^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 47^\circ$, $b = +9^\circ$).

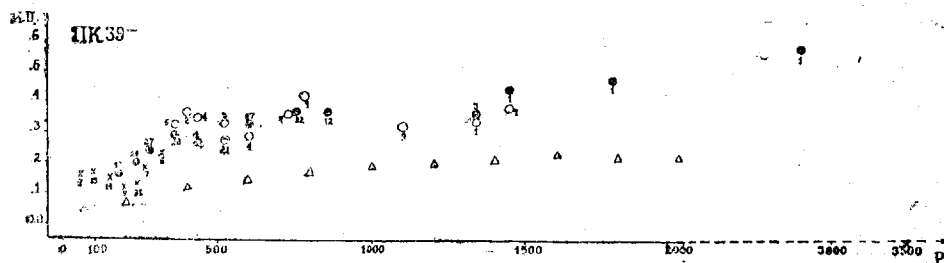
Данная Площадь находится на краю весьма яркого звездного облака в созвездии Лебедя (Карты № 17 и № 21 по Россу). Недалеко от центра Площади на облако проектируется слабое пятно потемнения.

Проникновение в этом направлении довольно велико: имеются отдельные звезды на расстоянии до 3 килопарсеков.

Уже на ближайших расстояниях поглощение имеет весьма заметную величину (чертеж 44) и до $r = 200$ пс оно держится на уровне 0.15 зв. величины. Начиная с $r = 250$ пс оно растет и при $r = 400$ пс превышает 0.30. Далее, кривая следует спокойнее, повышаясь при $r = 1500$ пс до 0.42.

С большой вероятностью можно предположить, что на отрезке пути луча от 200 до 400 пс имеется почти дискретное облако рассеивающего вещества.

Для пространства $0 < \zeta < 50$ пс ($r = 320$ пс) прирост покраснения в 3 раза больше, чем в слое $50 < \zeta < 100$ пс. После $\zeta = 100$ пс прирост избытка цвета незначителен.



Чертеж 44

На расстоянии наиболее далеких звезд ($\zeta = 450$ пс) избыток цвета более 0.50, т. е. на 0.1 превосходит то значение, которого кривая достигает при $r = 1500$ пс (при $\zeta = 235$ пс).

Величина покраснения на первый килопарсек равна 0.36 зв. величины, а на следующий килопарсек—0.12.

ПК41 ($\alpha = 21^h 50^m$, $\delta = +45^\circ 00'$; $l = 61^\circ$, $b = -8^\circ$).

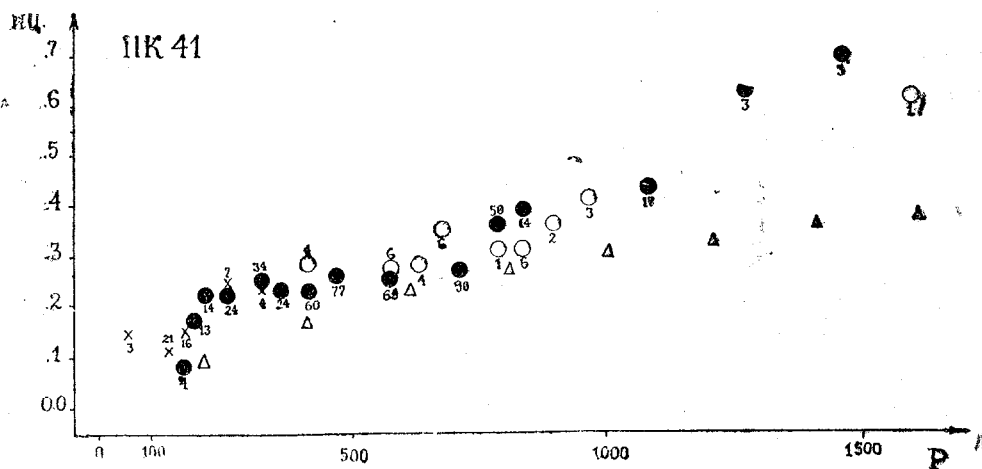
Площадь эта также расположена в созвездии Лебедя, на границе с Ящерицей, но занимает место вдали от ярких звездных облаков или темных областей (карта № 18 по атласу Росса).

Кривая цветового избытка хорошо представлена до 1600 пс (чертеж 45), однако избытки цвета определены и для отдельных звезд, расположенных на расстояниях около 3 килопарсеков.

Избыток цвета на первый килопарсек равен 0.44 зв. величины. За коэффициент избирательного поглощения в данном направлении можно принять 0.41.

Здесь, также, рассеивающая способность значительно больше на первом отрезке пути луча, соответствующем $\zeta = 50$ пс, чем в слое $50 < \zeta < 100$ пс. Но, зато после $\zeta = 100$ пс имеет место весьма заметный прирост цвета, превышающий в слое $100 < \zeta < 155$ пс 0.12 зв. величины. Следовательно, плотность рассеивающей среды в последующем параллельном галактическому экватору слое, толщиной в 50 пс, не меньше, а скорее—несколько больше, чем в слое $50 < \zeta < 100$ пс. Но и дальше наблюдается увеличение покраснения. Последнее не меньше 0.65 зв. величины при $r = 1500$ пс ($\zeta = 210$ пс).

В ПК 41 Р и с л и исследовала общее поглощение [774], а О о р т [732] нашел большие расхождения между данными подсчетов внегалактических туманностей Х а б б л а и избытками цвета, основанными на данных Парк х а р с т а. Наконец, нам известно косвенно и об исследовании К а р-



Чертеж 45

пова (Publ. Am. Astr. Soc., 1942), констатировавшего большую иррегулярность в этой области. Карпов разделил ее на светлые и темные участки и получил для светлого участка избыток цвета равным—0.02 до $r=1100$ пс и +0.06 для $1100 < r < 1500$. Для темного участка он получил в тех же отрезках пути луча +0.07 и +0.30, соответственно. Нам трудно сопоставить эти значения с нашими, т. к. мы не знаем как исправил автор расстояния, но очевидно то, что во второй половине пути луча, именно около $\chi = 100$ пс, имеет место заметное покраснение. Нам неизвестно также, как была разделена автором Площадь на светлые и темные участки, но звезд им использовано не так много, чтобы деление можно было бы считать целесообразным. Впрочем, иррегулярность поглощения на небольшой поверхности ПК41 вполне правдоподобна и возможно, что она дает о себе знать и на нашей кривой, которая в некоторых ее частях имеет заметное рассеяние.

В качестве общих замечаний относительно пяти Площадей данной группы заметим, что рассмотренные ПК характеризуют малые галактические широты. Проникновение в них довольно большое: от 1600 до 3500 пс. Большинство из них обнаруживает прерывное распространение избирательно поглощающего вещества. Одна из рассмотренных ПК обнаруживает, что граница «галактического слоя» наступает раньше, чем при $\chi = 100$ пс (ПК 18). Две другие (ПК 23, 39) имеют резко выраженные границы около 110 и 100 пс. В двух остальных (ПК 25, 41) выявлены значительные массы рассеивающего вещества и за пределами галактического слоя, при повышении над экватором Галактики, значительно большем чем $\chi = 100$ пс. Наряду с этим, есть направления, где рассеивающая способность галактического вещества в 2—2½ раза больше на близких от нас и от галактического экватора расстояниях, т. е. она при $0 < \chi < 50$ пс больше, чем при $50 < \chi < 100$ пс.

Этот факт можно рассматривать как указание на неоднородность плотности избирательно поглощающего вещества в «галактическом слое» и ее падение по мере удаления от галактической плоскости.

Избыток цвета на первый килопарсек колеблется для данных Площадей от 0.36 до 0.44 зв. величины.

Из рассмотренных Площадей лишь одна, именно ПК 18 находится внутри зоны избегания. Две другие (ПК 23, 41) расположены на самой границе, а остальные две (ПК 25, 39)—и вовсе за зоной избегания. Обращает на себя внимание тот факт, что ПК 18 характеризуется почти наибольшим покраснением, хотя граница «слоя» здесь наступает ближе, чем в остальных Площадах. С другой стороны, ПК 39 имеет наименьшее поглощение. Относительно меньше поглощение и в ПК 25, также находящейся вне зоны избегания.

Интересно рассмотреть отношение избытка цвета в пределах $0 < \zeta < 50$ к избытку цвета в пределах $50 < \zeta < 100$ пс. Это отношение должно характеризовать степень изменения плотности рассеивающего вещества по мере удаления от галактической плоскости.

Его значение довольно велико и вместе с тем устойчиво для разных Площадей, если не считать ПК 25. В среднем, оно около 2.5—3.0. Интересно и то, что это отношение при рассмотрении избытков цвета в пределах $50 < \zeta < 100$ и $100 < \zeta < 150$ для двух из данных ПК (№№25, 41) около и более единицы, соответственно. Следовательно, имеются примеры, когда плотность вещества не уменьшается, а становится даже больше за пределами $\zeta = 100$ пс по сравнению с тем, что имеется в пределах $50 < \zeta < 100$ пс.

Основные характеристики для ПК данной группы сведены в таблицу XXXIX.

Таблица XXXIX

ПК	b	l	Проникнове- ние	Наибольшее ζ	Избыток цв. на первый кпс	Прирост цв- та на второй кпс
18	+6°	68°	1600 пс	165 пс	m 0.43	m 0.05?
23	-7	120	2750	310	41	05
25	+9	133	1600	250	40	—
39	+9	47	3500	545	36	12
41	-8	61	1600	225	44	38

Наконец приведем данные, характеризующие общее фотографическое поглощение света в Площадах данной группы (табл. XL).

Таблица XL

ПК	b	l	100 пс	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
18	+6°	68°	0.52	0.73	1.72	1.82	2.03	2.24	2.24	2.29	2.30	—	—
23	-7	120	83	94	30	51	1.66	13	13	13	18	2.29	2.34
25	+9	133	88	94	09	61	82	08	18	18	(18)	—	—
39	+9	47	83	83	30	66	66	1.87	1.87	29	34	2.50	2.65
41	-8	61	68	1.25	30	46	66	2.29	2.60	3.38	(3.38)	—	—

Среднее значение общего фотографического поглощения на первый килопарсек равно 2.12 зв. величины. Среднее значение на 1 кпс—около 1.42.

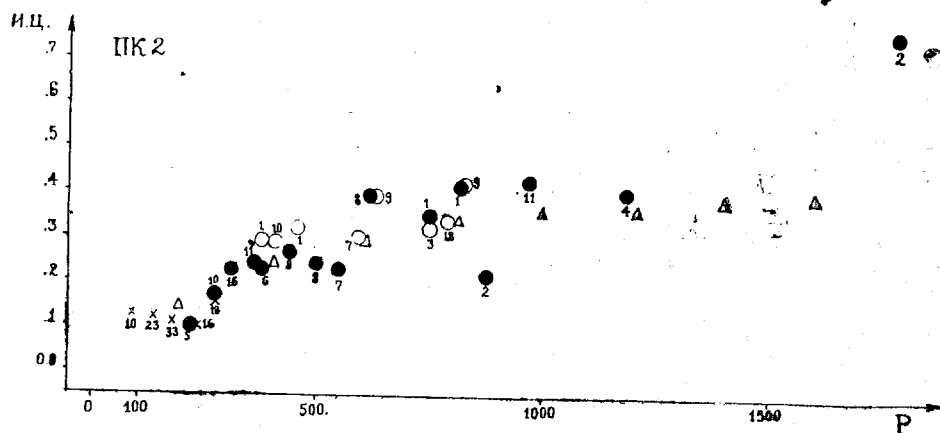
§ 9. Поглощение света в двенадцати Площадах Каптейна №№ 2, 3, 7, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 38, 42 и 43, расположенных на умеренных галактических широтах

Галактические широты ПК №№ 2, 3, 7, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 38, 42 и 43 заключены в пределах 13—20° по абсолютной величине. Мы считаем

эти Площади характеризующими направления «умеренных» галактических широт.

ПК2 ($\alpha = 0^h 05^m$, $\delta = +75^\circ 20'$; $l = 88^\circ$, $b = +13^\circ$) расположена в созвездии Цефея (карта № 24 по Россу). Большие темные разводы, чем вообще поражена значительная область вокруг ПК 2, вступают краями на исследуемую нами Площадь.

Рост покраснения начинается в ПК 2 довольно близко и к $r = 300$ пс избыток цвета превышает 0.2 зв. величины. Возрастая далее неравномерно, кривая избытка достигает при $r = 1$ кпс 0.43 зв. величины (чертеж 46).



Чертеж 46

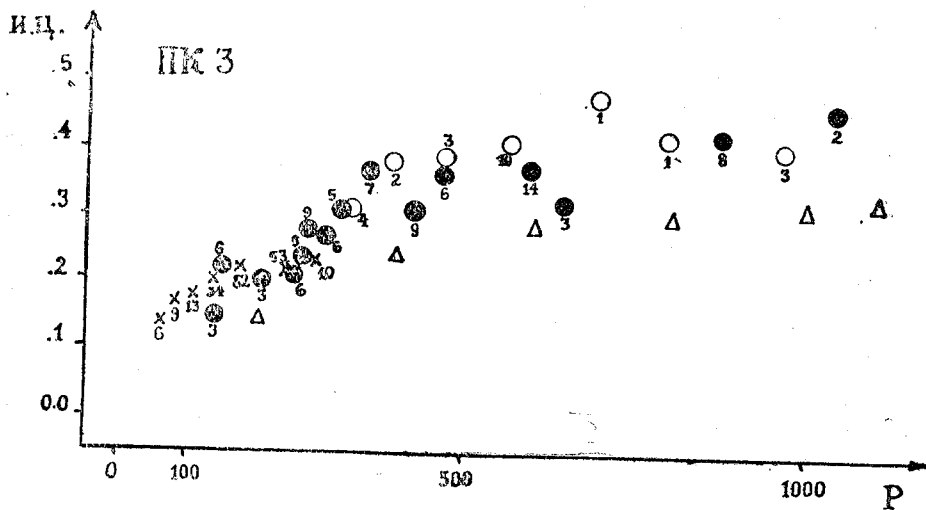
Кривая, обнаруживая изломы при $r = 250, 450, 600$ пс, дает основание считать распространение рассеивающего вещества в этом направлении клочковатым. Значительное покраснение обнаруживается и далеко за пределами $r = 100$ пс (начиная с $r = 440$ пс).

Область ПК 2 исследовалась часто. Для нее характерно различие поглощения в пределах небольшой поверхности [774, 291 и др.]. Мы также заметили подобное явление в отношении покраснения.¹ Южная часть Площади особенно отличается от других. Это заставило нас несколько ограничить исследуемые участки. Конечно, это следует считать только первым этапом исследования, когда мы стремимся получить характеристику в среднем для данного направления. Впоследствии необходимо приступить и к исследованию разных направлений в пределах одной ПК. Для этого,

¹ Интересно, что Сирс [841] и Бок [375] получили совершенно различные значения для избытка цвета: 0.55—первый и 0.17 на 1 кпс—второй автор. Правда, и материал был у них весьма разнородный: 9 звезд у первого и 124—у второго.

однако, необходимо по возможности увеличить количество звезд, если не за счет новых наблюдений, то во всяком случае за счет измерения других звезд на имеющихся негативах, а также и за счет привлечения тех звезд, которые имеют по несколько определений, но в наш Каталог не вошли в связи с необходимостью проверки и внесения коррективов. Таких звезд в наших архивах собралось в среднем около 5—8% в каждой Площади. Измерение же других звезд на тех же негативах даст большой дополнительный материал.

ПК 3 ($\alpha = 4^h 08^m$, $\delta = +75^\circ 00'$; $l = 102^\circ$, $b = +18^\circ$)—в созвездии Жирафа. Здесь покраснение начинается очень близко: уже при $r = 100$ пс избыток цвета—почти 0.2 зв. величины. Около $r = 250$ пс снова наблюдается значительный подъем кривой, но—довольно равномерный на большом протяжении луча. При $r = 1000$ пс избыток цвета равен 0.46 зв. величины (чертеж 47).



Чертеж 47

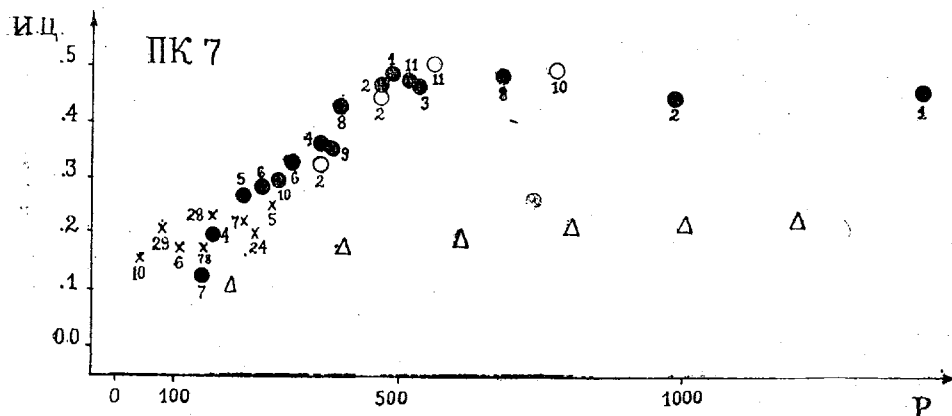
Покраснение наиболее интенсивно в слоях, близко лежащих к галактической плоскости. Здесь «галактический слой» распространен до 140 пс. После предела покраснение растет незначительно.

ПК 7 ($\alpha = 20^h 24^m$, $\delta = +75^\circ 00'$; $l = 76^\circ$, $b = +20^\circ$)—в темном участке созвездия Дракона. Для этой Площади также характерно весьма близкое и заметное покраснение: при $r = 100$ пс избыток цвета превышает 0.15 зв.

вел. (чертеж 48). От $r = 200$ до $r = 500$ покраснение растет равномерно, достигая почти 0.50 зв. величины. После этого предела приращение цвета не наблюдается.

В данном направлении ширину «галактического слоя» с северной стороны надо считать равной по крайней мере 150—160 пс. Это согласуется с несомненной близостью рассеивающих масс к Солнцу. За пределами галактического слоя покраснение вовсе не растет в пространстве, ограниченном $z = 510$ пс.

Покраснение на первый килопарсек равно 0.50 зв. величины, но оно достигает этого значения уже при $r = 500$ пс. На протяжении же пути луча от $r = 500$ до $r = 1000$ пс прирост цвета также вовсе не наблюдается.

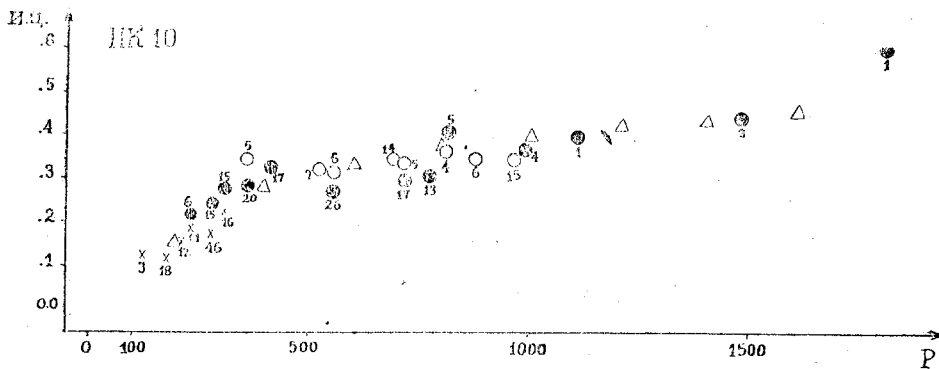


Чертеж 48

Кривая цветового избытка страдает большим рассеянием в той ее части, которая соответствует $r = 150—250$ пс. Возможно, что это рассеяние — результат иррегулярности покраснения. Любопытно вспомнить, что Слокум и Ситгерли, исследовавшие поглощение в большом поле в 92 кв. градуса, нашли здесь очень большую иррегулярность его [883]. Весьма вероятно, что от поглощающего облака, присутствующего здесь, выступают отдельные рассеивающие свет клочья, подходящие к нам на близкие расстояния. Оценку Сирсом [841] покраснения в 0.22 зв. величины нельзя признать правильной.

Вообще же не подлежит сомнению, что весьма обширное поглощение, захватывающее не только область ПК 7, но и области ПК 2 и ПК 3, распространено здесь от галактического экватора почти вплоть до Северного полюса мира. Подсчеты внегалактических туманностей по Хаббл и предварительные исследования покраснения Бокм и Сван [375] констатируют наличие в этой области большого общего поглощения и больших цветовых избытков звезд.

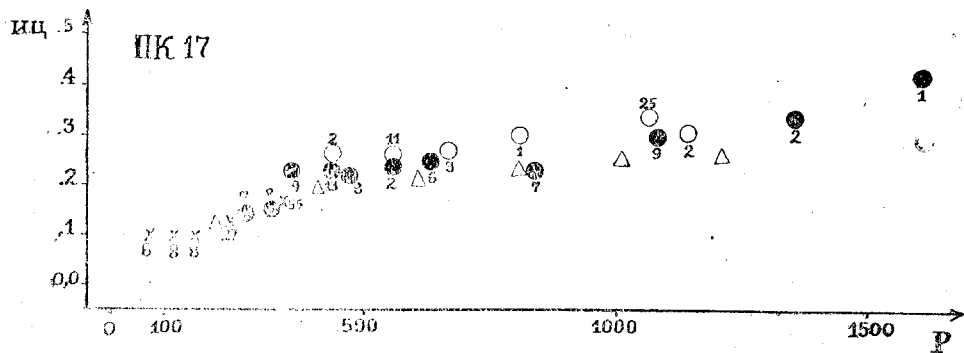
ПК 10 ($\alpha = 5^h 08^m$, $\delta = +60^\circ 10'$; $l = 118^\circ$, $b = +13^\circ$) — в созвездии Жирафа (карта № 28 по Россу). Здесь наблюдается резкое увеличение покраснения от $r = 150$ до $r = 400$ пс (чертеж 49). Рост цвета за эти 250 пс превосходит 0.2 зв. величины. После этого цвет звезд не меняется на протяжении почти 600 парсеков. Затем снова имеет место увеличение покраснения, достигающего при $r = 1600$ пс 0.5 зв. величины.



Чертеж 49

Следовательно, приэкваториальный галактический слой здесь обрывается при $\zeta = 90$ пс. Но вне пределов этого слоя рассеивающее вещество расположено также и над галактическим слоем при $\zeta = 225$ пс.

ПК 17 ($\alpha = 19^h 23^m$, $\delta = +60^\circ 00'$; $l = 59^\circ$, $b = +19^\circ$) — в светлой части созвездия Дракона.



Чертеж 50

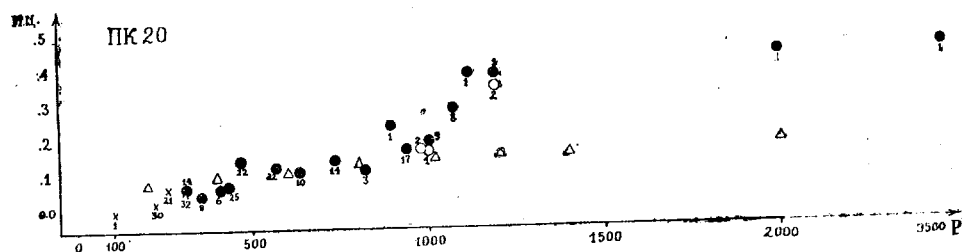
Площадь расположена в области относительно равномерной звездной плотности. Покраснение начинается очень близко, но оно не превосходит 0.15 зв. величины до $r=350$ пс и 0.25 до $r=700$ пс (чертеж 50). При $r=1000$ пс оно едва превышает 0.30.

Граница приэкваториального слоя здесь при $\chi=130$ пс. Но, после этого предела покраснение все же растет и растет довольно равномерно. Следовательно, в данном направлении мы имеем не дискретное облако, расположенное вдали от слоя, а довольно широко распространенную рассеивающую среду.

ПК 20 ($\alpha=0^h40^m$, $\delta=+45^\circ20'$; $l=89^\circ$, $b=-17^\circ$). Площадь расположена в созвездии Андромеды—в области, где видимая звездная плотность довольно однородна, но южная часть Площади носит некоторые следы потемнения.

Покраснение не наблюдается почти до $r=250$ пс (чертеж 51). После этого имеет место некоторый скачок цвета, превышающий на протяжении 200 пс 0.1 зв. величины. Затем, прироста нет до $r=900$ пс, где кривая несколько повышается.

Покраснение при $r=1000$ пс не превышает 0.18 зв. величины. Зато после этого, на протяжении 200 пс, оно увеличивается резко и при $r=1200$ пс достигает 0.40 зв. величины. Для данной Площади имеются отдельные звезды на расстоянии более двух килопарсеков и они показывают, что покраснение мало растет дальше (до 0.45 зв. величины).



Чертеж 51

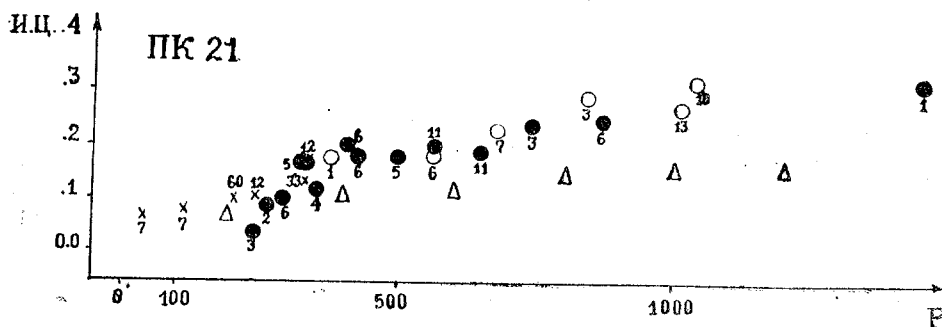
Обращает на себя внимание то обстоятельство, что в приэкваториальном пространстве до $\chi=70$ пс покраснение вовсе не наблюдается. Лишь в слое $70 < \chi < 135$ пс оно заметно и равно 0.13 зв. величины на 200 пс. Область пространства за $\chi=135$ пс свободно от заметного поглощения, но в слое с границами $\chi=290$ и 350 пс встречается плотное облако рассеиваю-

щего вещества. Здесь—в этом слое—далеко от галактической плоскости покраснение превышает 0.20 зв. величины на 200 пс.

ПК 21 ($\alpha = 1^h 36^m$, $\delta = +45^\circ 00'$; $l = 99^\circ$, $b = -17^\circ$).

Эта Площадь также расположена в созвездии Андромеды и область, которую занимает она, не выделяется какими либо видимыми структурными особенностями.

Покраснение здесь, вообще, не велико (чертеж 52). Оно заметно от 200 до 400 пс, где принимает значение около 0.2 зв. вел. и после чего держится на этом уровне вплоть до $r = 650$ пс. Здесь оно снова несколько увеличивается и достигает 0.3 зв. величины при 1000 пс. Последнему расстоянию в этом направлении соответствует $\zeta = 290$ пс.



Чертеж 52

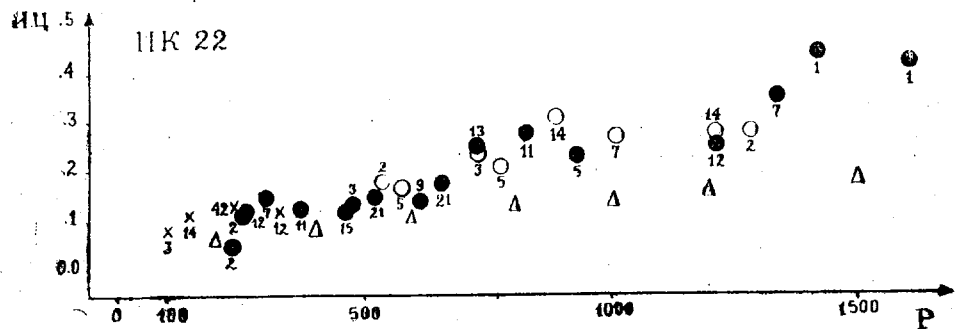
От $r = 850$ до $r = 1450$ пс роста покраснения почти вовсе не наблюдается.

ПК 22 ($\alpha = 2^h 38^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 111^\circ$, $b = -13^\circ$)—в Персее.

Приращение цвета небольшое до 500 пс. Далее покраснение заметно растет, достигая 0.29 уже при 900 пс и имея еще один резкий прирост при $r = 1300-1400$ пс, где значение избытка цвета достигает 0.45 зв. величины (чертеж 53).

Этот последний прирост цвета обязан своим происхождением рассеивающей массе, сосредоточенной здесь на расстоянии $\zeta = 290$ пс от галактической плоскости. В этом направлении покраснение вовсе не растет в участке пространства, которому соответствует $45 < \zeta < 110$ пс. Данная область, также как и ПК 21, исследована Бейкером и Ханткес [295]. Заметных противоречий между нашими и их результатами нет ни в отношении ПК 21, ни ПК 22. К данному направлению близок один из участков Млеч. 22. Бюлл. Абст. астроф. obs., № 12

ного Пути, исследованных Т. А. Кочлашвили [79]. Ее результаты также близки к нашим.



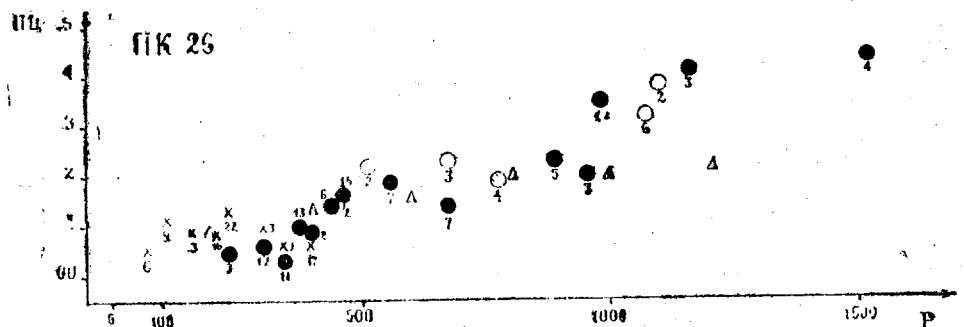
Чертеж 53

При $r = 1$ кпс избыток цвета равен 0.29 зв. величины.

ПК 26 ($\alpha = 6^h 35^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 138^\circ$, $b = +18^\circ$) — в Возничем.

Площадь расположена в участке, бедном внегалактическими туманностями. По Хабблу [560] для числа внегалактических туманностей здесь должно быть: $\log N = 1.75$, чему соответствует поглощение в фотографических лучах, равное 1.5 зв. величины. Бекер находит покраснение около 0.40 на 1 килопарсек [338]. Зато Клазен [407] — только 0.15 (после приведения к интернациональной системе). Правда, последний автор располагал цветовыми избытками всего только 16 звезд. Но мы находим избыток цвета не более 0.25 до $r = 900$ пс и 0.35 и более, начиная с $r = 1000$ пс (чертеж 54).

$\zeta = 150$ пс служит как бы границей близэкваториального слоя, но при $\zeta = 290$ пс поглощающая материя снова дает знать о себе.

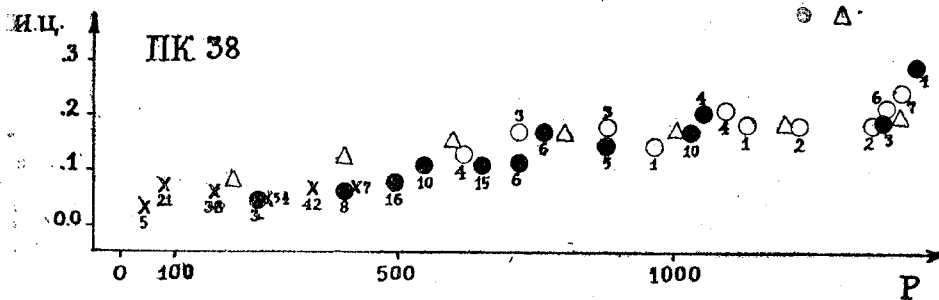


Чертеж 54

В цитированной работе Бекера прирост покраснения в пределах 250—1200 пс. вовсе отсутствует, но у него отсутствуют и точки на кривой в пределах от 650 до 1200 пс. У нас же между последними значениями r имеется до 45 звезд и они выявляют рост поглощения раньше, чем около $r = 1200$ пс. Значительный избыток цвета вдали, т. е. для расстояния в $1\frac{1}{2}$ килопарсека, наблюдается и у Бекера.

ПК 38 ($\alpha = 18^h 46^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 42^\circ$, $b = +18^\circ$)—в созвездии Лиры.

Площадь расположена на границе двух участков: бедного внегалактическими туманностями и — характеризуемого их нормальным числом. Здесь покраснение мало. Рост избытка цвета замечен лишь начиная с $r = 500$ пс (чертеж 55).



Чертеж 55

В пределах $0 < r < 100$ пс избыток цвета равен 0.08 зв. вел. на 350 пс. Покраснение при $r = 1000$ пс равно 0.18 зв. вел.

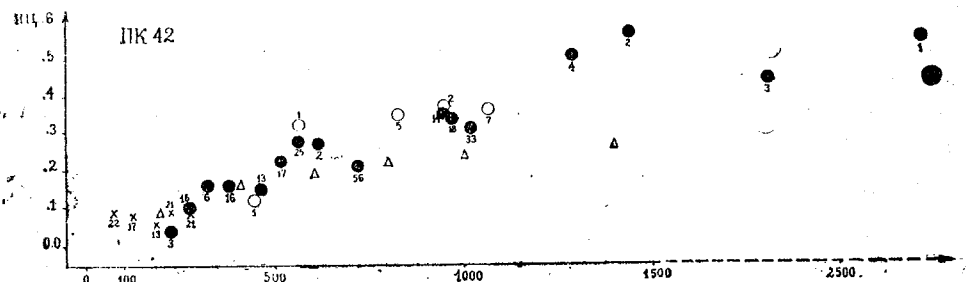
ПК 42 ($\alpha = 22^h 19^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 70^\circ$, $b = -13^\circ$).

Площадь расположена в созвездии Ящерицы—в поле, относительно однородной звездной плотности, но со слабыми темными следами потемнения. Этот участок характеризуется пониженным числом внегалактических туманностей ($\log N = 2.04$), хотя и находится вне зоны избегания.

В данном направлении Бекер [338] усматривает присутствие лежащих одно за другим облаков. У нас это, пожалуй, не выявляется. Впрочем при $r = 250, 500$ и 1100 пс на кривой, хотя и слабо, но намечаются изломы (чертеж 56).

Данная Площадь также заслуживает того, чтобы покраснение в ней было изучено дифференцированно на подобие ПК 8, 18 и 41. Здесь поглощение меняется очень быстро с небольшим изменением направления.

Можно попытаться оценить значение $\frac{A_{pg}}{CE} = \gamma$, исходя из вычисленного нами избытка цвета на первый килопарсек и среднего значения общего фотографического поглощения (с приведением к интернациональной

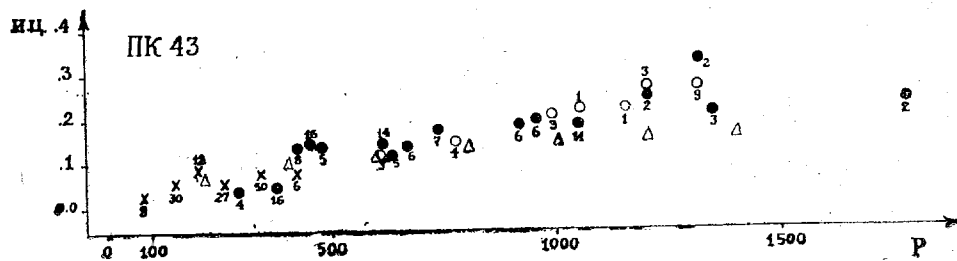


Чертеж 56

системе). согласно данным Рисли [774] и Бейкера и Нанткес [295]. В таком случае это отношение можно признать близким к 5. По Рисли поглощение здесь должно начинаться около $r = 300$ пс. На нашем графике этому расстоянию соответствует покраснение, равное 0.16 зв. величины.

ПК 43 ($\alpha = 23^h 50^m$, $\delta = 44^\circ 50'$; $l = 80^\circ$, $b = -17^\circ$). Данная Площадь находится в созвездии Андромеды, вне зоны избегания, но на границе двух участков, один из которых имеет нормальное число внегалактических туманностей, по Хабблу ($\log N = 1.63 - 2.22$), а другой — характеризуется дефицитом их ($\log N = 1.33 - 1.62$).

Покраснение в ПК 43 в общем невелико (чертеж 57). Оно становится заметным лишь с расстояния в 400 пс, но при $r = 1$ килопарсек оно не превышает 0.21 зв. величины. Данные Бейкера [291] также подтверждают низкое значение поглощения в направлениях на ПК 43.



Чертеж 57

Рассмотрим теперь общие характеристики Площадей группы III (Таблица XLI).

Около половины Площадей рассмотренной группы обнаруживают прерывное распределение рассеивающего вещества. В нескольких других это свойство выражено не очень явно. Есть и такие Площади, для которых увеличение покраснения можно считать пропорциональным расстоянию.

Большим цветовым избытком на один первый килопарсек выделяются Площади №№ 2, 3, 7. Первая и третья из них расположены в зоне избегания, — в той ее части, где она, расширяясь, выступает далеко от галактического круга и почти достигает Северного полюса Мира. ПК3 находится хоть и за ее пределами, но — в области, известной пониженным количеством внегалактических туманностей. ПК10, очевидно, не имеет отношения к той обширной области потемнения, которая захватывает все эти три Площади, но тем не менее, также поражена значительным поглощением. Покраснение в ней почти такое же, как и в ПК2.

Остальные Площади, исключая еще ПК26 и ПК42, характеризуются цветовыми избытками, величины которых значительно меньше. Если исключить из рассмотрения хотя бы только первые четыре Площади, то средний избыток цвета для восьми ПК этой группы равен только 0.27 зв. величины на первый килопарсек.

Особенно мало поглощение в ПК20, 38 и 43.

Прирост цвета на второй килопарсек равен или больше избытка цвета на первый килопарсек для двух Площадей: № 2 и № 17.

В направлениях ПК 3, 7 и 17 приэкваториальный слой оказывается шире среднего — до 140 — 160 пс. В ПК2, 10, 17, 20, 22, 26, 42 значительные массы рассеивающего вещества, очевидно, расположены и в далеких от галактического экватора пространствах. При этом, в большинстве случаев они проявляют себя как дискретные облака. Исключение

Таблица XLI

ПК	δ	l	Проникновение	Наибольшее χ	Избыток цвета на первый кпс	Прирост цвета на второй кпс
2	+13°	88°	1800пс	405пс	m	m
3	+18	102	1100	340	0.43	(0.40)
7	+20	76	1500	510	45	—
10	+13	118	1800	400	50	—
17	+19	59	1600	520	38	(0.26)
20	-17	89	3500	1000	32	(0.45)
21	-17	99	1500	420	18	0.27
22	-13	111	1600	360	30	—
26	+18	138	1550	480	28	—
38	+18	42	1500	445	35	—
42	-13	70	2900	650	18	—
43	-17	80	1800	525	36	14
					21	—

встречаем на примере ПК17, где покраснение растет равномерно и после $\tau = 130$ пс, т. е., где, повидимому, имеется широко распространенная рассеивающая среда.

Среднее для всей группы покраснение на первый килопарсек равно 0.33 зв. вел.

Значения общего фотографического поглощения приведены в таблице XLII.

Таблица XLII

ПК	b	l	100пс	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
2	+13°	88°	0.62	0.62	1.14	1.35	1.92	2.24	2.24	2.34	3.64	—	—
3	+18	102	94	1.04	46	98	2.29	34	(2.44)	—	—	—	—
7	+20	76	88	25	66	2.55	60	60	2.60	60	—	—	—
10	+13	118	—	0.73	40	1.77	1.77	1.98	08	34	2.76	—	—
17	+19	59	52	52	78	35	46	66	1.66	1.87	29	—	—
20	-17	89	00	16	36	0.73	0.73	0.94	2.08	2.08	18	2.34	2.34
21	-17	99	42	52	52	99	1.30	1.51	1.66	1.72	—	—	—
22	-13	111	42	57	68	78	04	51	51	2.18	34	—	—
26	+18	138	52	52	52	1.04	04	82	2.08	24	—	—	—
38	+18	42	36	36	36	0.42	0.68	0.94	1.04	1.51	—	—	—
42	-13	70	42	42	73	1.04	1.46	1.87	2.34	2.86	86	86	86
43	-17	80	26	36	42	0.78	0.83	09	1.30	1.30	1.30	—	—

Среднее значение общего фотографического поглощения на первый килопарсек равно 1.72 зв. величины.

§ 10. Поглощение света в одиннадцати Площадах Каптейна №№ 1, 4, 5, 6, 11, 12, 16, 27, 28, 36 и 37, расположенных на средних галактических широтах

Рассмотрим теперь кривые избирательного поглощения для Площадей Каптейна №№ 1, 4, 5, 6, 11, 12, 16, 27, 28, 36 и 37. Все они расположены на средних галактических широтах. Последние заключаются в пределах от +27° до +42°. Данные ПК могут характеризовать поглощение на средних галактических широтах.

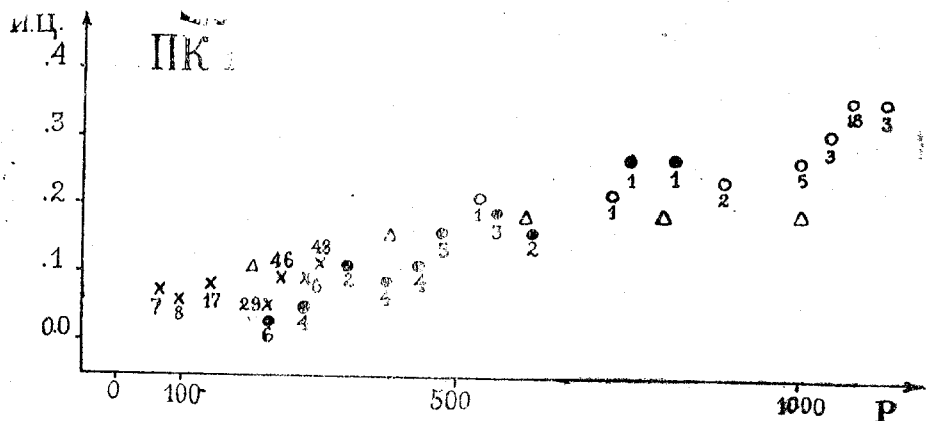
ПК 1 ($\alpha = 8^{\text{h}}00^{\text{m}}$, $\delta = +89^{\circ}00'$; $l = 91^{\circ}$, $b = +28^{\circ}$).

Данная Площадь находится почти в точке Северного Полюса и представляет собой особый интерес в связи с вопросом о поглощении в области экваториального Северного полюса. Еще во второй главе настоящей работы, а также и в четвертом параграфе данной главы, мы имели случай подробно остановиться на поглощении в этом участке неба. При этом мы ссылались на ряд работ, утверждающих наличие поглощения в области Северного полюса на поверхности радиусом до 5 градусов вокруг

точки полюса. В некоторых точках этой области поглощение особенно велико (напр., $\delta = +87^\circ 3$, $\alpha = 1.105^m$ или $\delta = +87^\circ$, $\alpha = 8-16^h$).

Исследованная нами Площадь находится вблизи одного из этих участков. В ней мы также констатируем присутствие избирательно поглощающего вещества.

Судя по нашей кривой избытка цвета (чертеж 58), поглощение наступает около $r = 150$ пс, что не противоречит прочим известным данным. Около $r = 450$ пс избыток цвета достигает 0.15 зв. величины. После этого наступает более заметный подъём кривой, продолжающийся до $r = 1100$ пс, где избыток цвета равен уже 0.35 зв. величины. Нельзя считать, что подъём кривой протекает гладко, наоборот — около 550 — 700 и 850 — 1000 пс имеет место замедление покраснения.



Чертеж 58

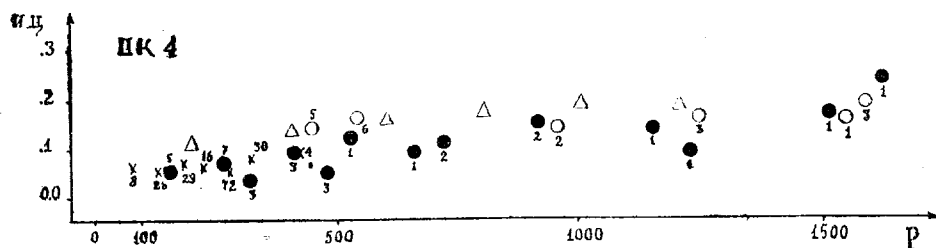
Наши результаты, в общем, согласны с представлением о двух облаках, находящихся одно за другим в данном направлении. Такое представление следует из ряда работ других авторов. Облака поглощающего вещества находятся в слое, определяемом двумя значениями ζ : 210 и 515 пс. Но в слое до $\zeta = 100$ пс покраснение равно 0.08 на 200 пс.

Кривую избытка цвета приводит в своей работе и Бекер [338]. Но у него до $r = 320$ пс всего 43 звезды, у нас же — более 170. Поэтому, мы считаем, что, в частности, пространство до глубины в 350 пс исследуется нами надежнее. Отсюда же вытекает, что начало поглощения следует считать при $r = 100 - 150$ пс, а не за $r = 270$ пс, как это утверждает названный автор.

Покраснение равно 0.27 зв. величины. По Сирсу и Джойнер [850], также, избыток цвета равен 0.^m27.

ПК4 ($\alpha = 8^h 04^m$, $\delta = +74^\circ 50'$; $l = 107^\circ$, $b = +32^\circ$) в созвездии Жирафа.

Покраснение здесь вообще не велико. Оно заметно, главным образом, начиная с $r = 200 - 300$ пс. После $r = 500$ пс, где избыток цвета около 0.15 зв. величины, почти нет никакого роста покраснения (чертеж 59).

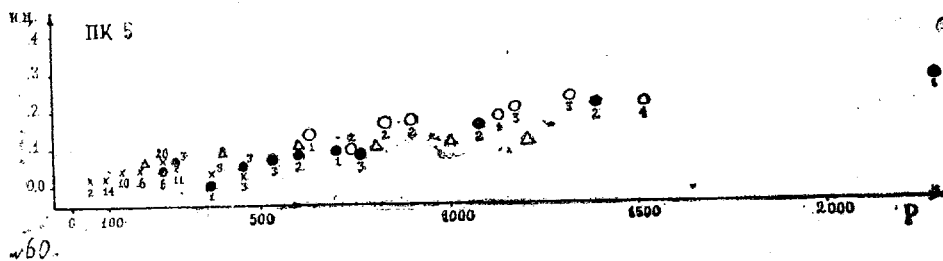


Чертеж 59

Покраснение на первый килопарсек не превышает 0.15 зв. величины. Границу, после которой покраснение перестает нарастать, определяет $r = 250$ пс.

ПК5 ($\alpha = 12^h 28^m$, $\delta = +75^\circ 00'$; $l = 91^\circ$, $b = +42^\circ$) — в созвездии Дракона.

Площадь характеризуется небольшим покраснением. Последнее едва достигает 0.10 при $r = 600$ пс, а потом почти не возрастает. На первый килопарсек избыток цвета не превосходит 0.17 зв. величины (чертеж 60). На большом удалении от экваториальной плоскости ($r > 330$ пс) имеет место приращение цвета.



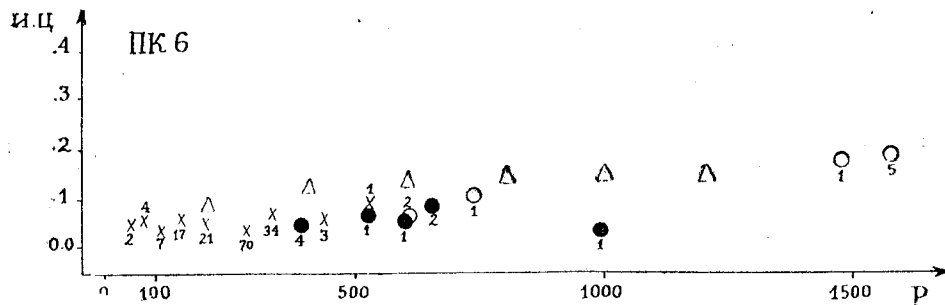
Чертеж 60

ПК6 ($\alpha = 16^h 14^m$, $\delta = +74^\circ 50'$; $l = 75^\circ$, $b = +36^\circ$) — в Малой Медведице.

Здесь покраснение очень небольшое.

Имея значение 0.07 при $r = 100$ пс, оно почти неизменно держится на этом уровне и лишь несколько звезд, относящихся к расстояниям около 1500 пс и превышающим последние, обнаруживает покраснение, едва достигающее 0.20 зв. величины (чертеж 61).

Данная площадь, также как и две предыдущие, исследована Божом и Сван [375]. Из-за весьма небольшого покраснения, конста-

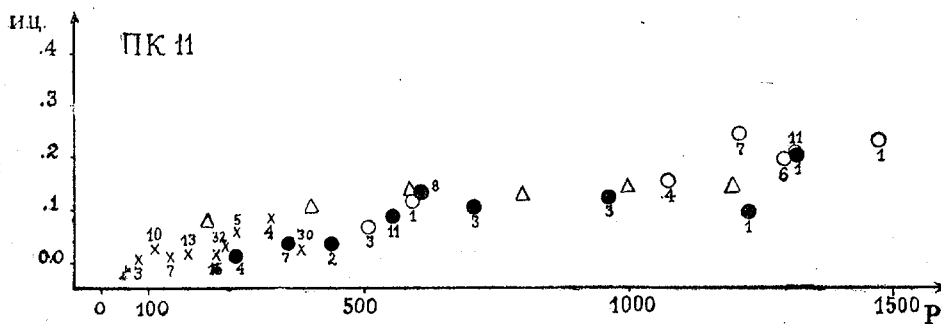


Чертеж 61

тируемого ими в этих направлениях, авторы относят ПК 4, 5 и 6 к «нормальным» областям.

ПК 11 ($\alpha = 7^h 07^m$, $\delta = +60^\circ 00'$; $l = 123^\circ$, $b = +27^\circ$) — в созвездии Рыси. Покраснение, можно сказать, вовсе отсутствует до $r = 250$ пс (чертеж 62).

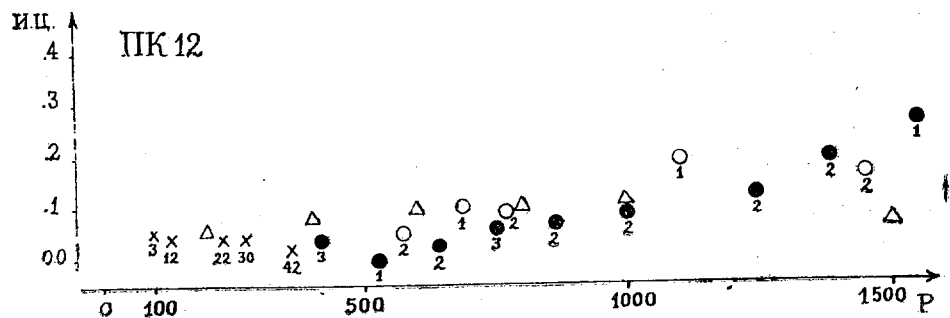
Затем оно обнаруживает себя и возрастает к $r = 600$ пс лишь до 0.12 зв. величины. Это значение оно сохраняет на протяжении 400 — 500 пс. За пределами $r = 1100$ пс ($r > 500$ пс) мы имеем 27 звезд. Все они показывают заметное покраснение, в среднем, около 0.20 зв. величины.



Возможно, что это покраснение связано с обскурацией, имеющей место в этом направлении, но проявляющейся на далеких объектах.

ПК12 ($\alpha = 9^h 03^m$, $\delta = +59^\circ 40'$; $l = 123^\circ$, $b = +41^\circ$) — в Большой Медведице.

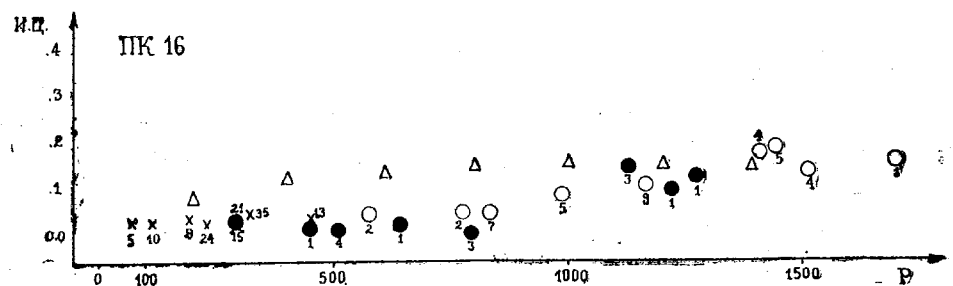
Данная Площадь, так же как и предыдущая, обнаруживает некоторое поглощение на далеких расстояниях: $r > 1000$, $z > 650$ пс (чертеж 63). Вблизи же Солнца, на протяжении до 600 пс, покраснение практически отсутствует, будучи менее 0.05 зв. величины. Интересно, что и здесь отмечен подсчетами Хаббла дефицит внегалактических туманностей ($\log N = 1.38$).



Чертеж 63

Сирс, исследовав это направление, пришел, однако, к неопределенным выводам [841]. Но в цитируемой здесь работе ему были доступны меньшие глубины галактического пространства, чем это имеет место у нас.

ПК16 ($\alpha = 17^h 29^m$, $\delta = +59^\circ 50'$; $l = 56^\circ$, $b = +33^\circ$) — в созвездии Дракона. Здесь покраснение совершенно отсутствует до $r = 900$ пс (чертеж 64).



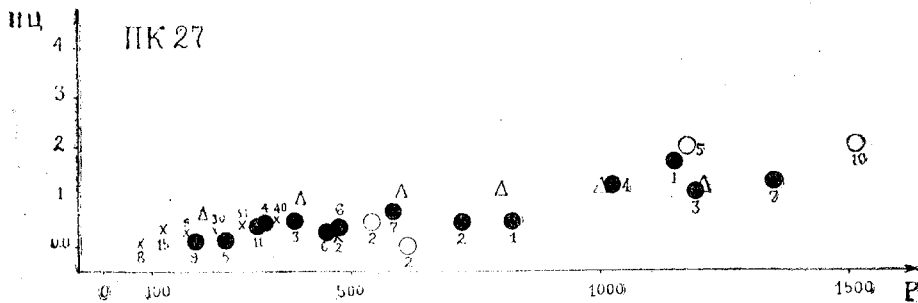
Чертеж 64

После этого предела заметен избыток цвета, хотя и небольшой. Данное направление лежит между участками, для которых по подсчетам внегалактических туманностей имеет место:

$$1.33 < \log N < 1.62$$

ПК27 ($\alpha = 7^h 38^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 141^\circ$, $b = +29^\circ$) — в созвездии Рыси.

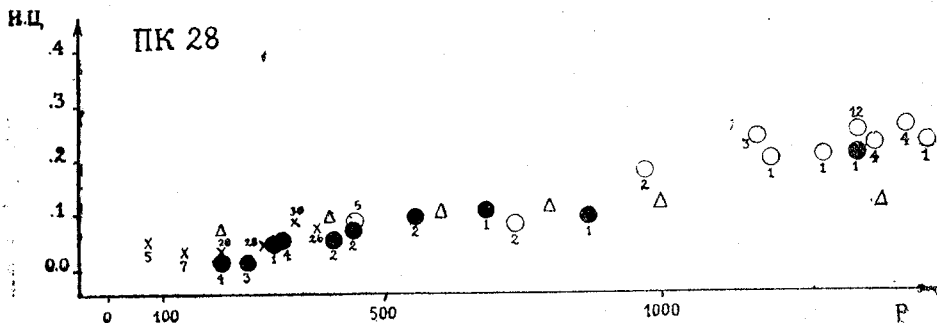
ПК27 отличается малым избирательным поглощением и лежит она, кстати, в области, которая характеризуется нормальными числами внегалактических туманностей. Тем не менее, при расстояниях, превышающих один килопарсек, покраснение дает о себе знать, почти достигая значения 0.20 зв. величины (чертеж 65).



Чертеж 65

ПК28 ($\alpha = 8^h 40^m$, $\delta = +45^\circ 00'$; $l = 143^\circ$, $b = +39^\circ$) — в созвездии Рыси.

В данном направлении пространство в пределах $0 < r < 300$ пс можно считать свободным от покраснения, а для $400 < r < 900$ пс избыток цвета одинаков и не превышает 0.1 зв. величины (чертеж 66). По



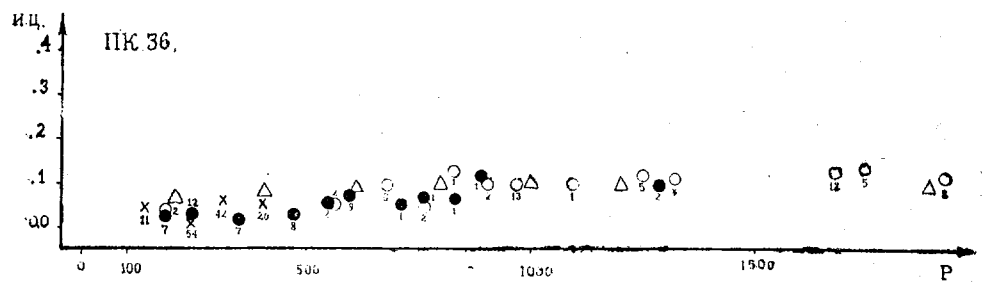
Чертеж 66

Сирсу [841], данной области свойственно малое избирательное поглощение.

Однако, в интервале $r = 900 - 1000$ пс имеет место приращение цвета, повидимому, отвечающее рассеивающему облаку небольших размеров. Здесь $\zeta = 570$ пс. Наконец с $r = 1000$ покраснение держится на одном уровне, по крайней мере, до $r = 1500$ пс.

ПК36 ($\alpha = 16^h 46^m$, $\delta = +45^\circ 20'$; $l = 38^\circ$, $b = +39^\circ$) — в Геркулесе.

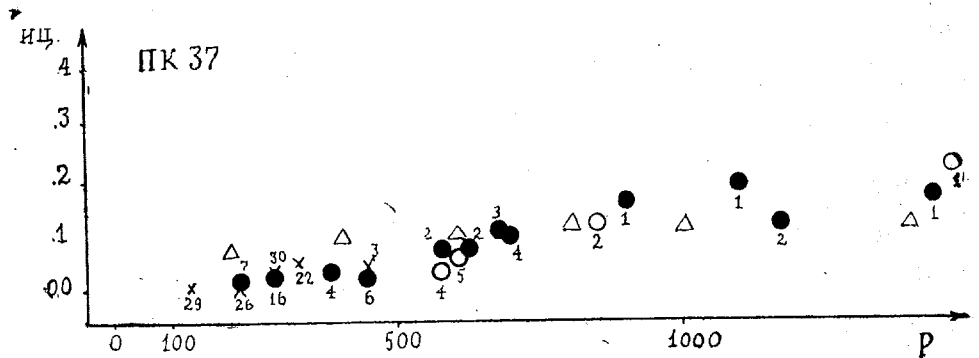
Данное направление почти свободно от покраснения. Последнее едва достигает 0.13 зв. величины и остается на этом уровне до $r = 2000$ пс, что является пределом нашего проникновения в этом направлении (чертеж 67).



Чертеж 67

ПК37 ($\alpha = 17^h 49^m$, $\delta = +45^\circ 00'$; $l = 39^\circ$, $b = +28^\circ$) — в Геркулесе.

Покраснения не заметно до $r = 600$ пс. После одного килопарсека значение избытка цвета, в среднем, около 0.15 — 0.17 зв. величины (чертеж 68). Данное направление совпадает с участком, который соглас-



Чертеж 68

но подсчетам внегалактических туманностей, надо признать «нормально-прозрачным»:

$$1.63 < \log N < 2.22$$

Все Площади данной группы характеризуют поглощение на средних галактических широтах — в среднем, для $b = +34^\circ$. Поглощение в них весьма умеренное. На один первый килопарсек покраснение в среднем 0.15 звездной величины (таблица XLIII). Лишь для двух ПК (№№ 1 и 28) оно больше 0.20 зв. величины.

Таблица XLIII

ПК	b	l	Проникно- вение	Наибольшес ζ	Избыток цвета на первый кпс	Прирост цвета на отрезке пути $1000 < r < 1500$ пс
1	+28°	91°	1200пс	515пс	$m_{0.28}$	—
4	+32	107	1700	850	15	0.01
5	+42	91	2300	1540	17	04
6	+36	75	1600	940	11	08
11	+27	123	1500	680	14	10
12	+41	123	1600	1015	10	10
16	+33	56	1700	925	10	07
27	+29	141	1600	775	11	09
28	+39	143	1500	945	22	02
36	+39	38	2000	1260	10	01
37	+28	39	1500	705	15	04

Лишь в одной из ПК данной группы, а именно, — в ПК 1 можем наблюдать по кривой иррегулярность поглощающей материи. С другой стороны, несколько из них показывают наличие отдельных масс рассеивающего вещества на больших расстояниях от галактического экватора: для ПК 1 — несколько «ступеней» роста покраснения в пределах $210 < \zeta < 515$ пс; для ПК 5 — увеличение покраснения при $\zeta > 330$ пс; для ПК 11 — при $\zeta > 450$ пс; для ПК 28 — при $\zeta = 570$ пс и т. д.

Для ПК 11 и ПК 12 рост покраснения на больших удалениях от экваториальной плоскости совпадает с пониженным числом внегалактических туманностей по подсчетам Хаббла.

Таблица XLIV

ПК	b	l	100 пс	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
1	+28°	91°	m	0.42	0.52	0.94	1.09	1.46	1.92	—	—	—	—
4	+32	107	26	36	42	78	0.78	0.78	0.78	0.83	(1.14)	—	—
5	+42	91	16	21	26	26	62	88	1.04	1.09	1.14	1.20	1.25
6	+36	75	36	36	36	47	52	52	0.62	0.99	—	—	—
11	+27	123	10	10	26	42	62	78	94	1.25	—	—	—
12	+41	123	21	21	21	21	42	52	73	04	—	—	—
16	+33	56	16	21	21	26	26	52	68	0.88	0.88	—	—
27	+29	141	10	16	21	26	26	57	78	1.04	—	—	—
28	+39	143	16	16	21	42	52	1.14	1.14	25	—	—	—
36	+39	38	—	16	21	26	31	0.52	0.52	0.57	62	68	—
37	+28	39	—	10	21	26	52	78	88	99	—	—	—

Покраснение здесь связано с потемнением, имеющим место в данных направлениях, но проявляющимся, очевидно, на далеких объектах.

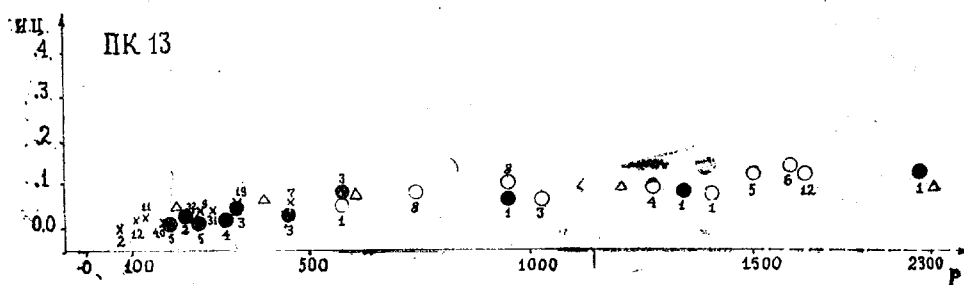
Данные об общем фотографическом поглощении приводятся в таблице XLIV. Среднее значение общего фотографического поглощения на первый килопарсек равно 0.78 зв. величины.

§ 11. Поглощение света в десяти Площадах Каптейна №№ 13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34 и 35 высоких галактических широт

Нам осталось рассмотреть кривые цветового избытка для Площадей Каптейна №№ 13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35. Галактические широты перечисленных ПК заключены в пределах $+48$ — $+72^\circ$ и можно считать, что данные Площади характеризуют поглощение в высоких галактических широтах.

ПК 13 ($\alpha = 11^h 03^m$, $\delta = +59^\circ 50'$; $l = 111^\circ$, $b = +53^\circ$) — в созвездии Большой Медведицы.

В данном направлении проникновение довольно велико: до 2300 пс и на всем пути луча избыток цвета менее 0.13 зв. величины (чертеж 69).



Чертеж 69

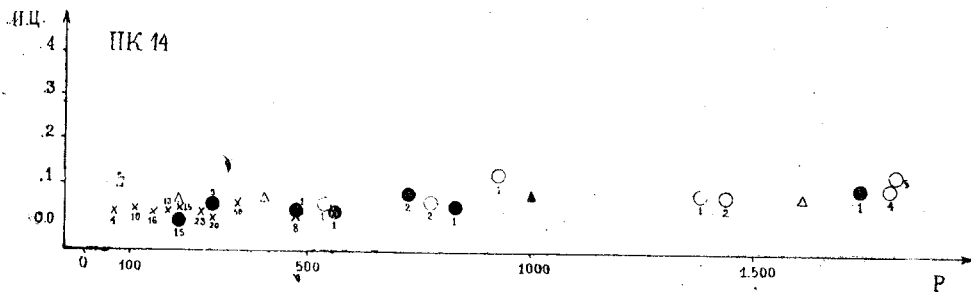
На первый килопарсек его значение едва доходит до 0.08 зв. величины, а прирост цвета на второй килопарсек — не более 0.04 зв. величины.

ПК 14 ($\alpha = 13^h 22^m$, $\delta = +59^\circ 30'$; $l = 81^\circ$, $b = +57^\circ$) — в Большой Медведице.

Здесь, при $r = 100$ пс, покраснение равно 0.05 зв. величины (чертеж 70) и оно сохраняет это значение почти до 800 пс. Это покраснение можно отнести за счет околоэкваториальной массы; расстоянию по лучу зрения в 100 пс в данном направлении соответствует удаление от галактической плоскости на 85 пс.

Вообще же, поглощение здесь очень мало и не превосходит 0.10 зв. величины на расстоянии в $1\frac{1}{2}$ килопарсека.

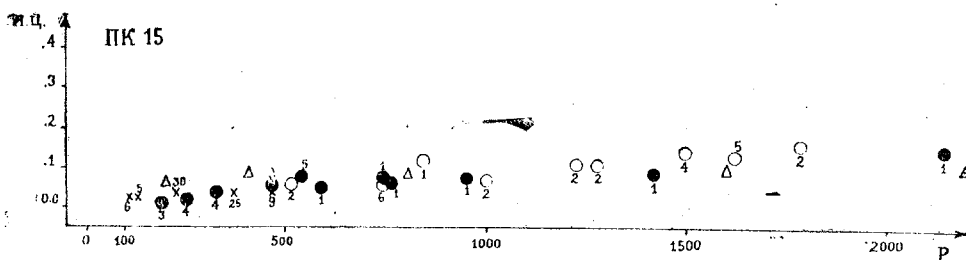
Данное направление исследовано Сирсом [841], который также отметил незначительность покраснения, хотя материал, которым пришлось пользоваться ему, был очень мал.



Чертеж 70

ПК 15 ($\alpha = 15^h 17^m$, $\delta = +59^\circ 50'$; $l = 62^\circ$, $b = +48^\circ$) — в Драконе.

Значения 0.1 зв. величины избыток цвета достигает в этом направлении только около $r = 1200$ пс (чертеж 71). Избыток цвета на первый килопарсек равен 0.08 зв. величины, а приращение его на второй килопарсек — 0.07.



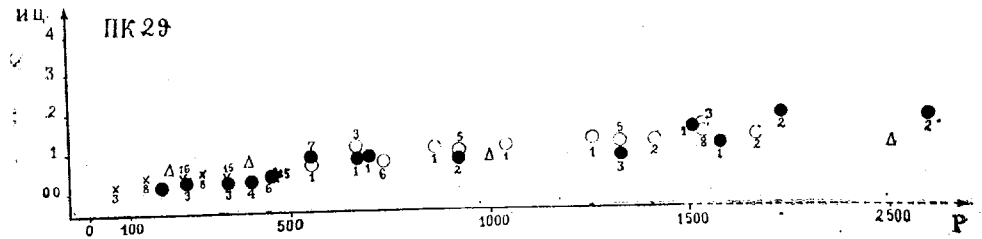
Чертеж 71

ПК 29 ($\alpha = 9^h 39^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 141^\circ$, $b = +50^\circ$) — в созвездии Малого Льва.

Покраснение здесь также мало, как и в предыдущих ПК (чертеж 72). Избыток цвета на первый килопарсек равен 0.13 зв. величины, а приращение на второй килопарсек — 0.06.

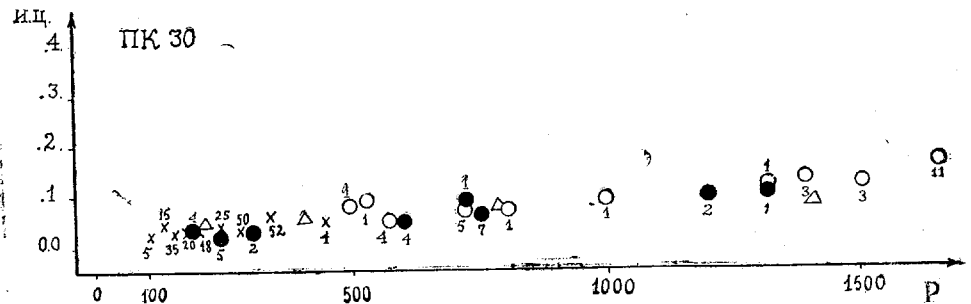
ПК 30 ($\alpha = 10^h 37^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 135^\circ$, $b = +60^\circ$) — в Большой Медведице.

В данном направлении покраснение принимает значение 0.04 зв. величины около $r = 100$ пс, чему соответствует $\tau = 87$ пс (чертеж 73).



Чертеж 72

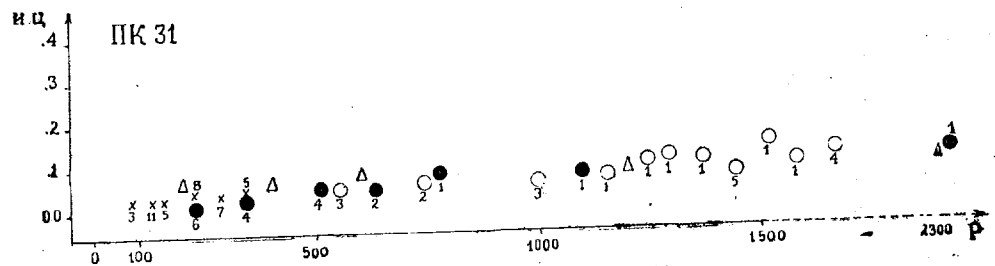
Начиная с $r = 300$ пс покраснение постепенно, хотя и медленно, растет до 0.15 зв. величины при $r = 1660$ пс.



Чертеж 73

ПК 31 ($\alpha = 11^h 37^m$, $\delta = +44^\circ 40'$; $l = 123^\circ$, $b = +68^\circ$) — в Большой Медведице.

Избыток цвета на протяжении первого килопарсека не более 0.07 и на протяжении второго — около 0.10 зв. величины (чертеж 74). Направ-

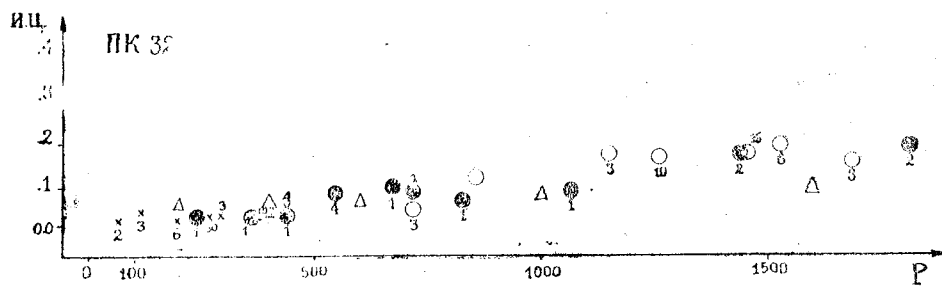


Чертеж 74

ление совпадает с участком, где подсчетами Хаббл отмечен избыток числа внегалактических туманностей: $\log N = 2.3$.

ПК32 ($\alpha = 12^h 51^m$, $\delta = +44^\circ 50'$; $l = 84^\circ$, $b = +72^\circ$) — в созвездии Гончих Псов.

Покраснение около 0.05 зв. величины имеет место уже при $r = 100$ пс, т. е. в близэкваториальном слое (соответственно: $\chi = 95$ пс). Далее оно не нарастает на протяжении 400 пс. От $r = 550$ пс до 1050 пс мы имеем более высокий уровень кривой (чертеж 75). Но, повидимому, при $r = 1100$ пс, далеко за пределами галактического слоя (где $\chi > 950$ пс), имеется еще одно заметное приращение цвета на небольшом отрезке луча (1050 — 1150 пс).

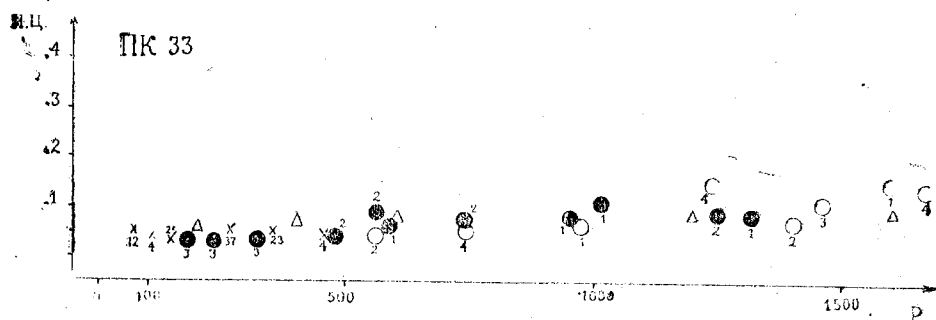


Чертеж 75

Избыток цвета на первый килопарсек около 0.10 зв. величины.

ПК33 ($\alpha = 13^h 50^m$, $\delta = +45^\circ 10'$; $l = 57^\circ$, $b = +67^\circ$) — в Гончих Псах.

Данная Площадь, также как и большинство Площадей V группы, относится к «прозрачным» направлениям. Но можно считать, что кривая избытка цвета (чертеж 76) имеет два уровня: от $r = 100$ до $r = 500$ пс, в среднем около 0.05 зв. величины и от $r = 600$ пс до предела проникновения — в среднем, около 0.08 — 0.12 зв. величины.

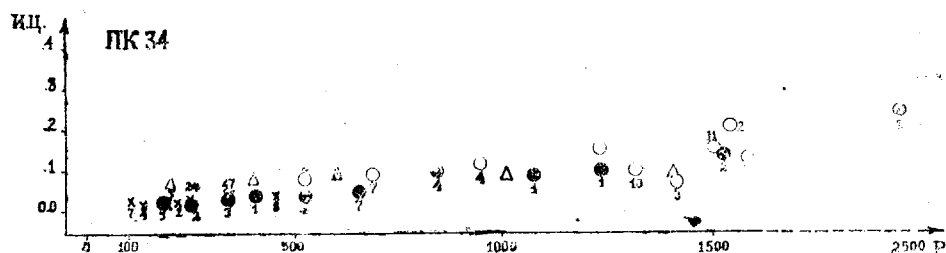


Чертеж 76

ПК34 ($\alpha = 14^h 48^m$, $\delta = +45^\circ 00'$, $l = 43^\circ$, $b = +59^\circ$) — в созвездии Волопаса.

Характеристики данной Площади мало отличаются от предыдущих случаев.

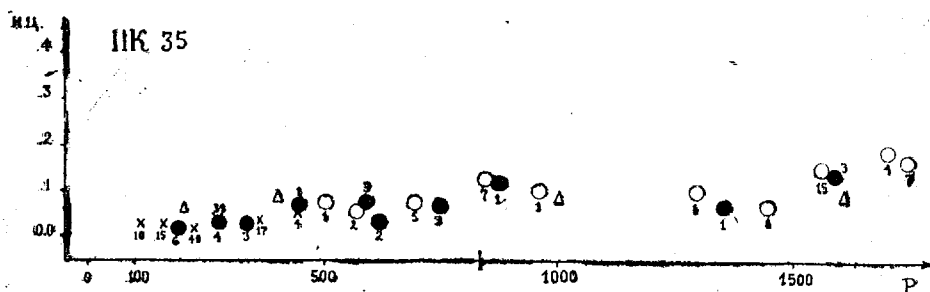
На больших расстояниях небольшой избыток цвета, очевидно, реален (чертеж 77). Представляет интерес то, что данное направление совпадает с областью, где наряду с участками нормальных чисел внегалактических туманностей, встречаются участки дефицита последних.



Чертеж 77

ПК35 ($\alpha = 15^h 49^m$, $\delta = +44^\circ 50'$, $l = 39^\circ$, $b = +49^\circ$) — в Геркулесе.

Кривая цветового избытка для данного направления (чертеж 78) мало отличается по своим характеристикам от кривых, относящихся к нескольким предыдущим ПК. Сказанное в отношении ПК34 о распределении числа внегалактических туманностей относится и к данному направлению. Вполне допустимо, что в этих направлениях массы поглощающего и рассеивающего вещества встречаются на больших расстояниях ($r \cong 1700$ пс и $z > 1300$ пс). Правда, Клазен получил для ПК 35 нулевой избыток цвета, но последний относится к использованным им относительно близким 10 звездам.



Чертеж 78

Почти все десять Площадей Каптейна данной группы, характеризующие избирательное поглощение, в среднем, на галактической широте, равной $+58.05$, показывают, что на близких расстояниях (до 100 — 200 пс) покраснение звезд не превосходит $0.04 — 0.05$ зв. величины. Это покраснение целиком обязано своим происхождением приэкваториальному слою до $\chi = 100 — 150$ пс. Далее покраснение обычно не испытывает роста. Но для ряда Площадей (ПК 32, 34, 35) массы рассеивающего вещества по видимому сконцентрированы и на весьма больших удалениях по χ .

При этом надо иметь в виду, что и вдали от галактической плоскости поглощение неравномерно. Некоторые авторы (напр., Нанткес и Бейкер [714]) несправедливо считают, что поглощение неравномерно до 500 пс, и равномерно — на более далеких расстояниях. Это неправильное представление вызвано тем, что не учитывается, что на больших расстояниях «ступенчатость» кривых покраснения не может проявляться; там она должна «смазываться» из-за уменьшения угловых диаметров облаков поглощающего вещества, если считать, что эти облака одинаковы по размерам и по числу в близких и далеких пространствах.

В заключение приведем таблицы XLV и XLVI, содержащие сводки данных об избирательном и общем фотографическом поглощении, соответственно.

Таблица XLV

ПК	b	l	Проникновение	Наибольшее χ	Избыток цвета на первый кпс	Прирост цвета на отрезке пути $1000 < r < 1500$ пс
13	$+53^\circ$	111°	2300 пс	1835 пс.	0. ^m 08	0. ^m 02
14	$+57$	81	1800	1510	08	00
15	$+48$	62	2150	1595	08	05
29	$+50$	141	2700	2070	11	03
30	$+60$	135	1700	1435	09	03
31	$+68$	123	2400	2225	07	02
32	$+72$	84	1850	1760	10	07
33	$+67$	57	1700	1565	09	02
34	$+59$	43	2400	2055	10	05
35	$+49$	39	1750	1320	10	00

Среднее значение избытка цвета на один первый килопарсек равно 0.09 зв. величины. За среднее значение коэффициента покраснения надо принять 0.08 зв. величины. Покраснение в приэкваториальном слое, в среднем, равно 0.03 зв. величины на 100 пс.

Среднее значение общего фотографического поглощения на один первый килопарсек равно 0.47 зв. величины.

Таблица XLVI

ПК	<i>b</i>	<i>l</i>	поиск	200	300	500	700	1000	1200	1500	1700	2000	2200
13	+53°	111°	m	0.10	0.16	0.26	0.31	0.36	0.42	0.42	0.52	0.62	0.68
14	+57	81	26	26	26	26	26	42	42	42	47	—	—
15	+48	62	16	16	21	26	26	42	(52)	68	68	78	—
29	+50	141	16	21	21	31	47	57	57	73	73	88	88
30	+60	135	21	21	21	36	36	47	52	62	78	—	—
31	+68	123	16	21	26	26	31	36	36	47	52	57	57
32	+72	84	21	21	26	36	36	52	78	88	88	—	—
33	+67	57	21	21	26	26	36	47	52	57	73	—	—
34	+59	43	16	16	21	26	42	52	62	78	78	88	1.04
35	+49	39	16	16	21	36	36	52	52	52	83	—	—

§ 12. Средние величины галактического поглощения света

Таким образом, мы располагаем кривыми избытков цвета звезд в сорока трех различных направлениях и до глубин в 2 — 2½ килопарсека.

Величина избытка цвета звезд на один первый килопарсек весьма зависит от галактической широты. Она колеблется от 0.49 зв. величины, для галактической плоскости, до 0.09 — для средней галактической широты в 58° (см. таблицу XLVII).

Прирост избытка цвета на второй килопарсек принимает значения от 0.27 зв. величины для площадей, лежащих в галактической плоскости, до 0.06 — для площадей высоких галактических широт.

Таблица XLVII

Группа ПК	Среднее проник- новение	Среднее знач. макс-ой величины <i>z</i>	Избыток	Полн.	Избыток	Полн.	Избыток	Полн.	
			цвета	фот. погл.	цвета	фот. погл.	цвета	фот. погл.	
			На 1-ый кпс		На 2-ой кпс		На 1 кпс		
I	2015пс	40 пс	0.49	2.55	0.27	1.40	0.38	1.98	
II	2210	300	41	13	18	0.94	27	40	
III	1850	505	33	1.72	25	1.30	30	56	
IV	1650	925	15	0.78	10	0.52	12	0.62	
V	2010	1735	09	47	06	31	08	42	
			Средн.	0.29	1.51	0.17	0.88	0.23	1.20

За среднее избирательное поглощение света на один первый килопарсек можно принять 0.29 зв. величины. Но, в качестве величины изби-

рательного поглощения на кпс (коэффициент) следует принять 0.23. Полное фотографическое поглощение в двух случаях, очевидно, равно 1.51 и 1.20 зв. величины, соответственно.

Мы считаем необходимым различать два понятия: поглощение на один первый килопарсек и поглощение, в среднем, на один килопарсек. Численное значение, соответствующее первому понятию, больше чем значение, относящееся ко второму, поскольку, повидимому, Солнце и его окрестности совпадают с пространством, где имеет место некоторое местное уплотнение галактического поглощающего вещества. Естественно, что в случае участков высоких галактических широт среднее значение поглощения на 1 кпс заметно понижается за счет малого поглощения на больших удалениях от галактической плоскости. Но, даже в самой галактической плоскости, поглощение на второй килопарсек составляет лишь 55% поглощения на первый килопарсек.

Большинство из многочисленных определений коэффициента поглощения, имевших место до настоящего времени, относится главным образом к близким пространствам, преимущественно, внутри радиуса $1\frac{1}{2}$ кпс и имеет смысл, соответствующий скорее первому понятию, нежели второму. Понятие о «среднем поглощении», вообще, весьма устарело и потеряло смысл. Мы неоднократно показывали это, как в обзорной части нашей работы, так и при анализе нашего материала. Лучше им вовсе не пользоваться, тем более в тех случаях, когда имеются графики, характеризующие изменение поглощения с расстоянием в отдельных направлениях. Однако, в таблицу XLVII мы включили значения, относящиеся к этому понятию, считая сопоставление чисел, в некотором смысле, показательным.

Прирост избытка цвета соответственно увеличению ζ , рассмотренный нами выше подробнее, свидетельствует, с одной стороны, об уменьшении средней плотности избирательно поглощающей среды по мере удаления от галактического экватора и, с другой, — о наличии отдельных масс (дискретных облаков) рассеивающего вещества и в таких участках пространства, где — если исходить из представлений о «галактическом слое» — их нельзя было бы ожидать.

Тут уместно вспомнить, что описаны примеры, когда в ряде направлений нам доступны цефеиды, удаленные на 20 кпс, т. е. здесь поглощение в десяток раз меньше того, что имеет место в других направлениях, лежащих также около галактической плоскости, и наряду с этим, подсчеты весьма слабых туманностей обнаруживают дефицит последних, что указывает на наличие поглощения вдали — на расстояниях, превышающих 20 кпс [736]. Это соответствует $\zeta = 1400$ пс (сравни с $\zeta = 1735$ в таблице XLVII). Уместно вспомнить и то, что по Адамсу [. 64] газовые облака, хотя и имеют сильную концентрацию к плоскости Млечного Пути, тем не менее отдель-

ными ключьями. встречаются и на значительных удалениях от галактического круга.

Площади Каптейна второй группы, в частности, дают хорошую иллюстрацию того, как неоднородна плоскость поглощающего вещества в «слое» и вместе с тем как падает она, в общем, по мере роста ζ . В отдельных направлениях отношение поглощения в разных частях слоя, а именно $\frac{0 < \zeta < 50}{50 < \zeta < 100}$ равно 2.5 или 3.0. С другой стороны, в других направлениях отношение $\frac{50 < \zeta < 100}{100 < \zeta < 150}$ близко к единице, т. е. за пределами «слоя» поглощение еще остается также заметным, как и около границы «слоя».

Графики, относящиеся к ряду Площадей Каптейна, показывают, что межзвездная рассеивающая среда прерывна. Прерывное распространение межзвездной пыли обнаруживается в нескольких случаях даже непосредственно в плоскости Галактики. С другой стороны, в ряде случаев, на отрезках пути, исследованных нами, поглощение растет с расстоянием довольно равномерно.

Около плоскости галактического экватора в пределах галактических долгот $55-130^\circ$ (созвездия Лебедя, Кассиопеи, Возничего) окрестности Солнца характеризуются несколько повышенным поглощением.

По изломам, которые намечаются на графиках, можно оценить величину рассеивающего облака, встречаемого лучом, и его рассеивающую способность. При этом, в ряде случаев, можно делать сопоставления с результатами исследования общего поглощения во взятых направлениях или с другими данными. Зачастую такое сопоставление подтверждает реальность изломов на кривых. Однако, в частях кривых, соответствующих большим расстояниям, к подобным изломам нужно относиться с большей осторожностью, т. к. здесь значительно меньше количество звезд, рассеяние точек может увеличиться; на площади в $6-9$ кв. градусов, на больших расстояниях, отдельные звезды могут относиться к разным облакам или — к пространствам, свободным от облаков; здесь отдельные облака не должны проявляться, а в общем — сглаживаться.

Впрочем, необходимо помнить об известном утверждении П. П. Паренаго, иллюстрированном им в работе [132] и заключающемся в том, что происходящее вследствие ошибки наблюдения рассеяние в численных определениях поглощения и расстояния растет с расстоянием. Если не принимать этого во внимание, то можно действительно прийти к преувеличенным представлениям о неравномерности в распространении поглощающего вещества.

Избытки цвета значительны и прерывный характер их распространения встречается и в тех участках неба, которые не носят явных следов по-

темнения (обскурации). Избирательное поглощение в общем совпадает, по характеру изменения с расстоянием, с общим поглощением. Однако, это не является безусловным правилом. Встречаются и отступления от этой связи, что заставляет нас помнить о нейтральной составляющей поглощения и изменениях ее величины [40].

То же самое можно утверждать, если исходить из сопоставления цветовых избытков с контурами зоны избегания или с данными о подсчетах внегалактических туманностей.

Известно, что Б. В. Кук ар ки н указал, что избытки цвета коррелируются с шириной зоны избегания [86]. Мы находим, что хорошо выраженное «разбухание» зоны избегания в области Северного полюса мира находит выражение в преувеличенно больших избытках цвета в ряде соответствующих ПК (например, ПК 2, 7). С другой стороны, сужение зоны избегания в ряде мест также отражается на цветовых избытках. Примерами для последнего случая могут служить ПК22 и, особенно, — ПК38. Там, где зона избегания расширяется, очевидно, поглощающие массы расположены к нам ближе (ПК 2, 7).

В заключение настоящего параграфа сделаем еще одно общее замечание, относящееся ко всем ПК. До построения графиков зависимости покраснения от расстояния, мы строили графики, показывающие зависимость показателя цвета от спектра. Мы не приводим этих графиков в данной работе из-за их громоздкости. Но их анализ показал, что, во-первых, уже на них сказывается эффект галактической широты. При этом, это влияние тем больше, чем меньше галактическая широта. Во-вторых, рассеяние показателей цвета тем больше, чем ближе к галактическому экватору расположена Площадь Каптейна. Здесь, очевидно, сказывается и зависимость от видимого блеска звезд. Наконец, расхождение между показателями цвета гигантов и карликов также больше в Площадах, расположенных ближе к галактическому кругу.

Что же касается графиков «покраснение—расстояние», то даже осредненные точки на них (черт. 36—78) обнаруживают заметное рассеяние, но можно не удивляться этому, если иметь в виду неизбежное влияние не только ошибок наблюдений и измерений, но и—рассеяния абсолютных величин, собственных цветов, ошибок в определениях расстояний и наконец реальных различий в величине поглощения в направлениях, близких одно от другого, как это имеет место в ПК 18 и других.

§ 13. Значения параметров a_0 и β формулы Паренаго, вычисленные на основе данных об избытках цвета

В первой главе настоящей работы мы отмечаем значение предложенной П. П. Паренаго теории поглощения [131, 132]. Основная формула этой теории, имеющая вид:

$$A(r, b) = \frac{a_0 \beta}{\sin b} \left(1 - e^{-\frac{r \sin b}{\beta}} \right)$$

содержит два параметра: a_0 —величина поглощения на один кпс строго в галактической плоскости и β —полутолщина однородного слоя с плотностью, равной плотности в галактическом экваторе. По П. П. Паренаго величина a_0 меняется для различных направлений в больших пределах—от 0.7 до 9.0 зв. величины, при среднем значении в 3.5. Между тем, значение β оказывается постоянным (100 пс).

Несомненно, что представляет большой интерес и имеет важное значение вычисление значений a_0 и β для многих отдельных направлений, на основе наблюдательного материала, тем более, если последний достаточно обширен.

Мы выполнили эти вычисления, используя для данной цели весь наш материал, относящийся к звездам ВЗ—F4.

Способ вычислений указан и нужные для них таблицы приведены в самой работе П. П. Паренаго [132] и здесь мы не будем останавливаться на этом, а приведем лишь окончательные численные результаты вычислений.

Вычисления относятся ко всем 43 направлениям, исследованным нами. Для каждого направления использовано от 10 до 366 отдельных средних значений избытков цвета и средних расстояний. Этому соответствует то, что a_0 вычислялось, при применении способа наименьших квадратов, на основе от 6 до 32 условных уравнений. Каждое же условное уравнение составлялось так, что в нем участвовало значение среднего избытка цвета, опирающееся на возможно большее число звезд (до 38 в низких галактических широтах).

Выше мы подчеркивали важность проведения вычислений, подобных нашим, с безусловным учетом веса отдельных наблюдений или отдельных средних значений величин. Следует отметить, что и в данном случае вычисление необходимо было выполнять, принимая во внимание вес каждого условного уравнения.

Таблица XLVIII содержит данные, относящиеся к вычислениям, и результаты последних. Там же приведены значения a_0 по карте П. П. Паренаго [132].

Таблица XLVIII

Группа	ПК	Ср. галакт. широта	Число использ. звезд	Число условных уравнений	a_0 по нашим данным	β	a_0 по Паренаго		
1	2	3	4	5	6	7	8		
					m		m		
I	8	0°	197	31	3.02		2.7		
	9		185	28	4.10		3.6		
	19		212	28	2.28		1.9		
	24		209	32	3.15		2.0		
	40		129	30	2.60		2.7		
	ср.					3.03		2.6	
II	18	6.5	306	31	4.02		2.7		
	23		245	31	3.55	100пс	3.6		
	25		240	28	3.96	100	3.1		
	39		231	30	4.15		1.8		
	41		366	29	3.40	105	2.9		
	ср.					3.82	102	3.3	
III	2	16.5	100	28	4.86	100	4.4		
	3		97	24	6.05	80	5.1		
	7		86	25	7.20		4.0		
	10		158	26	4.74		5.1		
	17		62	20	4.92		4.0		
	20		167	27	3.12	100	2.2		
	21		98	21	3.60	80	2.2		
	22		157	26	3.36	95	1.8		
	26		122	25	3.65	105	3.1		
	38		101	21	2.46	105	2.8		
	42		234	31	3.68	110	2.9		
	43		134	27	2.78	105	2.2		
	ср.					4.20	98	3.3	
	IV		1	34	33	12	3.80	100	4.4
			4		33	16	4.15	101	4.4
5		24	16		2.70	95	3.1		
6		11	6		2.12		4.0		
11		35	15		2.65	103	3.1		
12		21	14		2.42	98	3.1		
16		18	11		1.40		4.0		
27		47	16		2.28	120	3.1		
28		22	12		2.57	100	3.1		
36		48	14		2.02	85	2.8		
37		40	17		2.55	110	2.8		
ср.						2.61	101	3.4	
V		13	58.5		26	11	2.80	110	
		14			10	7	2.86	100	
		15			21	12	2.62	95	
	29	43		16	2.85	115			
	30	25		14	1.62	105			
	31	14		8	2.40	100			
	32	15		12	3.87				
	33	20		12	2.85	105			
	34	18		12	3.08	95			
	ср.			22	15	2.05	100		
				2.70	103				

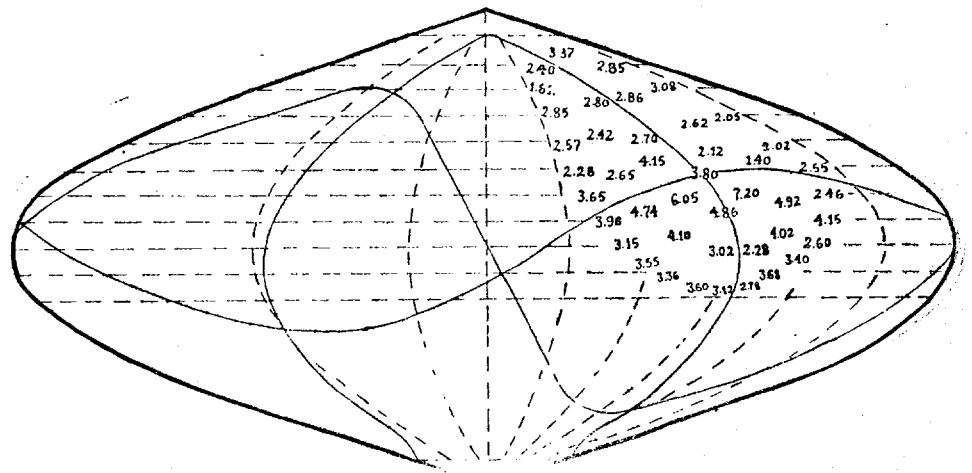
Среднее—для исследованных нами 43-х направлений—значение параметра a_0 оказалось равным 3.26 зв. величины, в то время как среднее по карте П. П. Пареняго, относящееся к 33-м из данных 43-х направлений, равно 3.2 зв. величины.

Среднее (из вычисленных 30-ти) значение параметра β почти в точности совпадает с 100 пс.

Отдельные значения a_0 для направлений на Площади Каптейна приводятся также и на схематической галактической карте (черт. 79).

Интересно и важно рассмотреть также ход кривых изменения избытка цвета с расстоянием, построенных по нашим наблюдениям, с ходом, получающимся по теории П. П. Пареняго. На чертежах 36—78 треугольники отмечают ход теоретических кривых.

Из 43-х случаев в 31-ом согласии между наблюдениями и теорией получается вполне хорошее. В 8-ми случаях согласие в среднем хорошее, но имеют место расхождения между наблюдаемыми и теоретическими кривыми в отдельных участках графиков, обусловленные вполне понятными причинами. А именно, теоретические кривые означают в общем средний ход, на кривых же, построенных по данным наблюдений, мы имеем случаи, когда на известных расстояниях покраснение резко возрастает, как бы указывая на дискретные облака рассеивающей материи (ПК 8, 18, 41), или когда поглощение вблизи мало и лишь на больших расстояниях от Солнца приобретает большое значение (ПК 27 и ПК 20, 22, 26, 42). Кривые, построенные по наблюдениям, более детализированы.



Чертеж 79

Лишь в 4-х случаях согласия между наблюдаемыми и теоретическими кривыми нельзя признать. Они относятся к ПК 7, 9, 24, 39. Во всех этих

случаях теоретические значения a_0 занижены и следовало бы исправить их, увеличив процентов на 40.

В общем же согласие наблюдений с теорией П. П. Паренгаго, выявляемое данным сопоставлением, заслуживает быть отмеченным. Впрочем, здесь важно отметить не столько согласие числовых значений, сколько способность формулы Паренгаго передать замедляющийся с расстоянием прирост поглощения, особенно заметный для высоких галактических широт. В этом отношении, часто еще применяемая простая формула пропорциональности поглощения расстоянию не выдерживает критики. Но самое лучшее, это—иметь детальные графики, вроде наших, основанные для данного небольшого участка неба на большом, однородном материале. Такие графики позволяют уверенно оценивать поглощение света для данных расстояний.

§ 14. Некоторые физические характеристики рассеивающей материи в Галактике. Заключительные замечания

Мы располагаем довольно богатым материалом для того, чтобы попытаться сделать на его основе оценки ряда величин, характеризующих физическую природу рассеивающей материи в Галактике.

Таковыми характеристиками являются: размер частиц межзвездной пыли, их пространственная плотность, средняя величина поглощения одной средней темной туманностью, размер последней, количество облаков межзвездной пыли в единице объема галактического пространства и, наконец,—общая масса темных туманностей в Галактике.

Оценке этих величин мы посвятим настоящий параграф.

К сожалению, подобные оценки не обладают удовлетворительной точностью. Наблюдениями охватывается очень небольшой объем Галактики, а результаты толкования этих наблюдений экстраполируются и распространяются на все галактическое пространство. Несмотря на это такие оценки имеют известный интерес и немалое значение.

Средний размер частичек рассеивающего вещества является важной характеристикой космической материи.

Известно обстоятельное теоретическое исследование вопроса о размерах частиц межзвездной пыли [940]. В нем показано, что преобладающим радиусом $\frac{d}{2}$ частиц космической пыли в межзвездном пространстве следует признать 10^{-5} см, так как эти размеры удовлетворяют закону поглощения $A \approx \lambda^{-1}$, который соответствует наблюдаемому дифференциальному поглощению.

Разумеется, речь идет о размере наиболее часто встречающихся частичек, ибо естественно, что в массе частиц межзвездной пыли должны встречаться и более крупные и более мелкие частички.

Однако размеры можно оценить из наблюдений, если знать поглощение для двух различных длин волн.

Хорошо известны исследования, выполненные в этой области О. А. Мельниковым и другими. Много усилий посвятил подобным исследованиям и Шален [800, 802 и др.]. Правда, его способ не свободен от серьезных недостатков, но тем не менее, не безинтересно получить его применением приблизительные оценки одновременно для различных галактических направлений.

Если наблюдаемую интенсивность излучения длины волны λ обозначить через J_λ , его начальную интенсивность — т. е. — интенсивность, до вступления в поглощающую среду — через $J_{0\lambda}$, а избирательный и нейтральный компоненты коэффициента ослабления света через K_λ и K_n , и наконец, путь луча в поглощающей среде через s , то будем иметь:

$$J_\lambda = J_{0\lambda} e^{-(K_\lambda + K_n) s}$$

Поглощение излучения длины волны λ можно выразить следующим образом:

$$A_\lambda = -2.5 \log \frac{J_\lambda}{J_{0\lambda}}$$

Но, тогда

$$A_\lambda = 2.5 \log e^{(K_\lambda + K_n) \cdot s}$$

Рассматривая отношение $\epsilon = \frac{A_{\lambda_1} - A_{\lambda_2}}{A_{\lambda_2}}$, где λ_1 и λ_2 относятся к фотографическим и фотовизуальным длинам волн, соответственно, получим:

$$1 + \epsilon = \frac{K_{\lambda_1} + K_n}{K_{\lambda_2} + K_n}$$

Если пренебречь неселективной составляющей и применить выражения коэффициента поглощения по теории М и [687], то будем иметь:

$$1 + \epsilon = \frac{\lambda_1^2 J_m \left\{ \sum_{p=1}^{\infty} (-1)^p (a_p - p_p) \right\}_{\lambda_1}}{\lambda_2^2 J_m \left\{ \sum_{p=1}^{\infty} (-1)^p (a_p - p_p) \right\}_{\lambda_2}}$$

Поскольку в последнем выражении a_p и p_p представляют собой некоторые функции d — диаметра поглощающих частичек, — наряду с другими величинами, то $1 + \epsilon$ можно рассматривать как величину зависящую от d . Поэтому, последнее соотношение и может послужить основой для вычисления размеров частиц поглощающей среды. J_m обозначает мнимую часть выражения в фигурной скобке.

Такие попытки делались неоднократно. Шален значительно упростил довольно сложные вычисления диаметров частиц, путем табулирования ряда величин, входящих в вычисления, а также и путем графического представления зависимости $\frac{K_{\lambda_1}}{K_{\lambda_2}}$ от d .

Как теорию М и ¹, так и способ Шалена нельзя, конечно, рассматривать как вполне удовлетворительное средство определения размеров частиц поглощающего межзвездного вещества. Во-первых, исходные допущения теории вводят условия, про которые заведомо можно сказать, что они могут быть отличными от реальных условий межзвездной среды. Неопределенными представляются значения оптических постоянных среды и необходимо считаться также с тем, что на теорию могут влиять неизбежные отступления от допущения шарообразности частичек. Впрочем, если даже допустить, что частички межзвездной материи имеют форму кристалликов, нельзя считать, что у них есть какая-либо определенная ориентировка относительно земного наблюдателя и потому допущение шарообразности вполне приемлемо в качестве исходного. Но, если менять допущения относительно химического состава частичек, то доставляемые наблюдениями данные можно толковать разное и нельзя получить однозначных выводов. Недостатком является и неопределенность в отношении нейтрального поглощения, возникающая в связи с пренебрежением соответствующими величинами в выражении для $1 + \epsilon$.

Наконец, практикуемое чрезмерно упрощенное рассмотрение электрических свойств, которые на самом деле могут иметь совершенно особый характер под воздействием излучения звезд и низкой температуры межзвездного пространства (Мельников [109]), также делают, со своей стороны, теорию М и спорной для астрономического практического применения.

Но, поскольку мы располагаем многими направлениями, различающимися между собой галактическими широтами, мы сочли целесообразным провести вычисления по изложенному способу, допуская, что неизбежные неопределенности и неточности войдут в вычисления одинаково для всех направлений и можно выявить хотя бы средний дифференциальный эффект различия размеров частичек для направлений, относящихся к различным широтам.

Мы исходили из наших данных об избирательном поглощении, вычислили общее поглощение в фотографических лучах путем применения фактора перехода от избытка цвета к общему поглощению и выполнили вычисления для железа, пользуясь вместе с тем таблицами Шалена.

¹ Обстоятельный обзор теории М и с точки зрения ее астрономического применения можно найти в работе Б. Ю. Левина [94]. О теории рассеяния см. также интересную работу И. А. Хвостикова [215].

Результат, который получен нами, можно представить в следующем виде.

За средний диаметр железных частиц межзвездной рассеивающей пыли можно принять 95—100 $m\mu$. Для отдельных направлений значение его колеблется от 85—90 до 105—110 $m\mu$.

Выделив в две отдельные группы, с одной стороны, четырнадцать Площадей Каптейна, галактические широты которых заключены в пределах $\pm 13^\circ$, а с другой—пятнадцать Площадей, расположенных выше $b = 36^\circ$, и вычислив для них средние взвешенные групповые значения диаметра частичек, мы нашли, что средний диаметр в высоких широтах на 10—15% меньше среднего диаметра около галактической плоскости, т. е.

$$\begin{aligned} d &\approx 105 \text{ } m\mu \text{ для ср. галакт. широты } 7^\circ \\ \text{и } d &\approx 90 \text{ } m\mu \text{ " " " " } 52^\circ. \end{aligned}$$

Само собой разумеется, что этот результат имеет в виду допущение, что общие характеристики оптических постоянных, формы, химического состава и т. п. одинаковы для сред (вблизи и вдали от галактического экватора). Это допущение также не имеет вполне надежных оснований и несколько произвольно. Вычисления имеют лишь значение предварительных оценок.

Но основной вывод о различии размеров вблизи и вдали от галактической плоскости заслуживает внимания, хотя и требует проверки, в будущем, на новом и более полном материале и, главное,—исходя из более приемлемых теоретических основ.

Различному расположению в галактических пространствах крупных и мелких частиц межзвездной пыли можно искать объяснение как в гравитационных и динамических явлениях, относящихся ко всем материальным единицам Галактики и, в том числе,—к межзвездным частицам, так и в воздействии на последних светового давления со стороны звезд.

Наши вычисления и вычисления других авторов, подобные нашим, относятся, понятно, к галактическим окрестностям Солнца. Распространение же межзвездных частичек крупных и мелких размеров во всем галактическом пространстве может определяться закономерностями, обусловленными влияниями галактического ядра, спиральной структуры и т. п.

Вопрос этот является довольно сложным, но подробные исследования явлений рассеяния в темных туманностях и вне последних, или в пространствах, окружающих обыкновенные звезды и звезды, обладающие мощным потоком излучения, могли бы пролить свет на многие задачи, связанные с проблемой развития Галактики и развития отдельных видов составляющей последнюю материи.

В смысле тех же предварительных оценок можно вычислить и число частиц в единице объема. Для этого используется формула, вытекающая из теории М и.

В том виде, какой ей окончательно придает Шален, формула пишется следующим образом:

$$N = \frac{A\lambda}{2.5 \log \epsilon} \frac{\lambda}{H \cdot 6\pi \cdot V} \frac{1}{J_m(-a_1 - a_2 - a_3 + p_1 + p_2)}$$

Ряд величин, входящих в это выражение для числа частиц— N , даны в табулированном виде в работе Шалена [802]. Однако, для тех длин волн, которые соответствуют нашим определениям, приходилось прибегать, вместе с тем, к несколько сложной интерполяции. Наряду с другими данными, необходимо вводить в вычисления и длину пути луча в поглощающей среде. Для оценки последней мы пользовались нашими графиками зависимости поглощения от расстояния.

Для характеристики низких широт мы использовали данные для ПК первых двух групп, а также и ПК 2, 3, 10, 20, 26 и 42. Для характеристики же высоких широт—данные ПК 1, 4, 5, 11, 12, 27, 28, 29, 30, 32, 33, 34, 35 и 37. На графиках, соответствующих перечисленным здесь ПК, настолько явно выражены следы отдельных облаков поглощения (изломы), что могли быть более или менее надежно определены расстояния.

Для низких и высоких галактических широт, соответственно, получены следующие числа:

$$N = 4 \times 10^{-11} \text{ частицек в одном кубическом сантиметре}$$

и $N = 2 \times 10^{-11}$ " " " "

Следовательно, в высоких галактических широтах частички расположены в поглощающей среде в два раза реже.

Далее, можно оценить и плотность в отдельных объемах, взятых в направлениях низких и высоких галактических широт.

Плотность ρ в граммах на один кубический сантиметр, когда известно число частиц в единице объема, просто рассчитать; надо лишь принять определенное значение за удельный вес частиц. Так как все вычисления мы вели для железа, за удельный вес следовало бы принять 7.8. Но, мы предпочли взять меньшее значение, несколько приблизив его к удельному весу вещества, составляющего земную кору, считая, что одно железо не может быть характерным для состава межзвездной среды. Коротко говоря, плотность мы вычислили для вещества, удельный вес которого соответствовал бы 6-ти.

Объем частички для вещества, расположенного около галактической плоскости, равен: 0.55×10^{-15} см³, а в высоких широтах 0.45×10^{-15} см³.

Но, учитывая вычисленное нами число частиц в единице объема для последних двух случаев, приходим к следующим значениям плотности (при удельном весе 6):

$$\rho = 1.3 \times 10^{-25} \text{ грсм}^{-3} \text{ — в низких широтах}$$

и $\rho = 5.4 \times 10^{-26} \text{ грсм}^{-3} \text{ — в высоких широтах.}$

Ряд наших графиков обнаруживает некоторые изломы; одни из них проступают явно, другие—лишь едва намечаются. Учитывая довольно большое число звезд, в большинстве случаев определяющих эти изломы, можно оценивать по ним покраснения на отдельных отрезках пути по лучу зрения и вместе с тем, — длину этих отрезков в парсеках.

Последние не относятся к отдельным, «элементарным» туманностям, но их можно рассматривать относящимися к некоторому комплексу туманностей или облаков. Можно принять такое представление, согласно которому мелкие— «элементарные»—облака объединяются некоторым образом в системы или комплексы облаков. Пользуясь нашим методом и материалом, легче выявлять именно эти «комплексные» туманности. Их и определяют изломы на наших графиках. Отдельные же «элементарные» облака теряются, «сглаживаясь», особенно на больших расстояниях.

Такое посистемное строение облаков межзвездной рассеивающей материи не может противоречить нашим взглядам на характер строения всей материальной Вселенной. Более того, нам кажется целесообразным подход к задачам, связанным с данными вопросами, исходя именно из подобного представления.

Мы определили по графикам среднее покраснение в одной системе облаков по 21 случаю в Площадах низших широт и по 15 случаям Площадей высоких широт, оценив вместе с тем и среднюю протяженность системы по лучу зрения.

Оказалось, что среднее покраснение равно 0.19 зв. величины около плоскости Галактики и 0.11 вдали от нее.

Этому соответствует полное фотографическое поглощение 0.99 и 0.57 зв. величины в двух последних случаях. При этом средние значения протяженности оказались 150 и 170 пс, соответственно.

Вспомним, что по ряду независимых определений советских астрономов, поглощение света отдельной темной туманностью равно, в среднем, 0.25 зв. величины (П. П. Паренаго [135]). Следовательно, полученные нами значения соответствуют четырем элементарным туманностям в низких широтах и примерно двум — в высоких¹. При этом последние приходятся на отрезок пути по лучу зрения в 170 пс, в то время как первые—на 150 пс. Если за предельный радиус туманности принять по Паренаго [135] 15 пс, то расположение 4-х туманностей на отрезке пути в 150 пс вполне допустимо. Отсюда вытекает, что в высоких галактических широтах рассеивающие облака межзвездной пыли расположены почти в три раза реже, чем в низких. При этом, ослабление света высокоширотными облаками в два раза

¹ Некоторое превышение покраснения надо отнести за счет рассеяния в пространствах между облаками, ибо не следует допускать, что облака строго дискретны; они лишь являются заметными уплотнениями в общей среде, в целом заполняющей все галактическое пространство.

меньше, чем облаками низких широт. Несмотря на это, в ряде случаев (в 3-х из семи) «комплексное облако», расположенное вдали и значительно удаленное по χ от галактической плоскости, рассеивает в той же степени, в какой и близкое облако того же направления.

По вышеприведенным данным относительно количества отдельных элементарных облаков на пути луча, получается следующее число их в одном кубическом килопарсеке:

$$2 \times 10^4 \text{ — вблизи галактической плоскости}$$

$$\text{и } 3.5 \times 10^3 \text{ — вдали от нее.}$$

Но, если считать, что 15 пс является верхним пределом, радиуса облака и, что на самом деле могут присутствовать в большом количестве значительно меньше по размерам облака, то полученные числа нужно увеличить почти на один порядок, но не на больше. Действительно облака могут быть не только мельче, но и покрупнее; Гринштейн ведь указал на такие, диаметр которых достигает 100 пс [482].

Тогда число темных туманностей в одном кубическом килопарсеке вблизи галактической плоскости будет равно 10^6 . По П. П. Паренаго [135] это число, приведенное к галактической плоскости, составляет 7×10^5 . Пылевыми туманностями должна быть занята, по крайней мере, сотая часть пространства, вблизи галактической плоскости, если считать средний радиус туманности равным 3 пс.

Однако число их вдали от галактической плоскости должно быть почти в десять раз меньше и равно 10^4 .

Во всяком случае расчеты подобных величин гораздо целесообразнее и необходимо вести дифференцированно для пространств, близких и далеких от галактической плоскости.

Сказанное относится также и к расчетам массы темной материи в Галактике. Определение этой величины с возможной точностью имеет большое значение, как с точки зрения галактической структуры и динамики, так и с точки зрения космогонии.

Естественно поэтому, что оценки массы делались неоднократно. Наиболее принятым значением для нее в настоящее время служит значение, полученное В. Г. Фесенковым и П. П. Паренаго [135].

Однако во всех предыдущих исследованиях осреднения допускались в большей степени, чем это желательно. В настоящее время, по крайней мере, возможно вести вычисления отдельно для различных направлений, более дифференцированно, и таким образом прийти к оценке общей массы.

Мы пошли таким именно путем, используя наш материал, относящийся к 43-м отдельным галактическим направлениям.

24. Бюлл. Абаст. астроф. obs. № 12

Вычисляя массу межзвездного вещества в индивидуальных, разно направленных объемах, т. е. в отдельных телесных углах, определяемых направлениями и площадями ПК, мы получили массу в одном кубическом килопарсеке вокруг Солнца равной:

$$1.5 \times 10^{38} \text{ гр/кпс}^3$$

или

$$8 \times 10^4 M_{\odot},$$

$$10^5 M_{\odot}.$$

т. е. почти

Следовательно, масса одной туманности равна в среднем около двух масс Солнца. В общем, масса туманности порядка звездной массы. П. П. Паренаго нашел среднюю массу одной туманности равной 3.5 солнечной массы, т. е., примерно столько же [132].

Вычислим объем пространства, содержащего темные туманности. Последние составляют, в общем, плоскую подсистему, и объем, где они встречаются, равен $\pi \cdot 13^2 \cdot 0.2 = 106 \text{ кпс}^3$, поскольку за радиус Галактики следует принять 13 кпс, а 0.2 кпс есть удвоенное значение β и можно считать, что однородный слой от $-\beta$ до $+\beta$ заключает в себе всю массу. Тогда полная масса будет: $10^5 M_{\odot} \times 106 = 10^7 M_{\odot}$, т. е. 10^{40} гр/кпс^3 .

Это значение на один порядок меньше значения В. Г. Фесенкова и П. П. Паренаго.

Дифференцированные оценки масс в единицах объема, относящихся к разным галактическим широтам,—что до сих пор не делалось,—понижают значение общей массы.

Вычисления, проведенные здесь, касаются только пылевой составляющей межзвездного вещества. Если учесть обильно открываемые в последнее время диффузные туманности, которых, по мнению некоторых авторов на целый порядок больше, а также и нейтрально поглощающую составляющую, то значение массы межзвездного вещества в Галактике окажется значительно больше и хотя она будет меньше массы вещества, сконцентрированного в звездах, тем не менее составит заметную долю последней.

Наконец, сделаем еще одно замечание относительно общего распространения в галактическом пространстве межзвездного рассеивающего вещества.

Представляет интерес рассмотрение наших данных и с той целью, чтобы выявить возможную асимметрию избытков цвета по отношению к галактическому экватору.

Простое рассмотрение величины избирательного поглощения на первый килопарсек (таблицы XXXIX и XLI) показывает, что в пределах

$b = \pm 7\frac{1}{2}^\circ$ покраснение одинаково с обеих сторон от галактического экватора. Но при $b = \pm 13^\circ$ поглощение больше с северной стороны. Оно определено больше с севера и при $b = \pm 18^\circ$.

Такой результат можно было ожидать для отдельных направлений, особенно, где сосредоточены близкие облака рассеивающего вещества. Наконец, мы имеем указания на подобную асимметрию, например, в области Цефея [774]. Но рассмотрение перечисленных нескольких Площадей Каптейна может служить указанием уже на общую закономерность в пространственном распределении темной материи в Галактике.

Конечно, имеющийся у нас материал недостаточен для более или менее полного изучения данного вопроса. Но он дает указание на возможную асимметрию и последнюю необходимо исследовать подробно. Весьма целесообразно попытаться определить плоскость Галактики по невидимой межзвездной материи, в отличие от светящихся объектов, которые неоднократно использовались до сих пор для этой цели. Если будет подтверждено расхождение этой плоскости с плоскостью, вычисляемой по светящимся объектам, мы будем иметь перед собой факт большого значения, который потребует пересмотра ряда установившихся общих заключений и, вместе с тем, — исправления результатов некоторых вычислений.

Этот вопрос может приобрести большое значение с точки зрения космогонии. В связи с последней чрезвычайно важно было бы выяснить и ориентирование облаков рассеивающей материи по отношению к спиральным Галактики.

Но решение этих важных задач требует привлечения к исследованию значительно более обширного материала, в частности, — показателей цвета слабых звезд в Площадях Каптейна по кругам склонения $+30^\circ$, $+15^\circ$ и др. Кстати отметим, что мы приступили к определению показателей цвета звезд в Площадях Каптейна №№ 44 — 67, расположенных по кругу склонения $+30^\circ$.

Впрочем, очень неплохим средством изучения распространения темной материи по отношению к галактической плоскости может послужить возможно полный анализ темных туманностей и исследование их распределения в галактическом пространстве. Материалом могут служить карты и каталоги Барнарда, атлас Росса и другие литературные источники. Эту работу предпринял в Абастуманской обсерватории Д. Ш. Хавтаси.

В заключение отметим, что наш материал заслуживает внимания с точки зрения использования его для анализа пространственных плотностей звезд. Особенно интересны в этом отношении и средние и высокие галактические широты, где подобный анализ выполнялся редко и без нужной полноты. Конечно, получение надежных звездных плотностей представляет собой нелегкую задачу, но тем не менее, последнюю можно

удовлетворительно решить, привлекая известные методы или их модификации.

Тогда можно было бы проверить, в частности, соответствуют ли действительности высказываемые в литературе представления о том, что Солнце занимает участок пространства, характеризуемый пониженной звездной плотностью или, наоборот, — градиенты плотности должны быть отрицательны или, по крайней мере, постоянны.

Но вычисления пространственных звездных плотностей являются следующим этапом исследования и они не входили в задачи настоящей работы.

Заканчивая изложение нашей работы, мы считаем нужным сделать еще несколько замечаний.

Развитие работ и открытия, имевшие место за последние 1—2 года, подтвердили со всей убедительностью большую важность возможно полного и всестороннего изучения явлений, связанных с межзвездной материальной средой, вскрыв при этом еще одну новую сторону данной проблемы галактического поглощения света. Действительно, до сих пор последняя формировавалась и развивалась в стремлении решать задачи: 1) внесения поправок в элементы, определяемые фотометрическим путем и 2) выяснения физических характеристик межзвездного вещества. Теперь же она выходит за пределы этих задач, преследуя цели, во-первых, изучения морфологии самого межзвездного вещества как одной из важнейших составляющих Вселенной, а во-вторых и главное, — выяснения вопросов взаимосвязи между звездным и межзвездным веществом.

Исходные положения материалистической философии именно так направляют наши представления и указывают на новую — космогоническую сторону данной проблемы, имеющую весьма актуальное значение. Астрономические открытия же, имевшие место в Советском Союзе за последний год, блестяще подтверждают данными наблюдений и установленными фактами принципиальную правильность избранного пути — искать решение космогонических задач в изучении взаимодействия между звездной и незвездной материей.

Эти открытия не только окончательно установили необходимость рассматривать происхождение и развитие звезд совместно с состоянием и развитием межзвездной материи (в частности — диффузной), но и привели уже к ряду важных выводов, способных пролить свет на характер связи между ними.

Мы имеем в виду новейшие исследования Г. А. Шайна и В. Г. Фесенкова, опубликованные в советской астрономической литературе за последние месяцы. Эти работы, наряду с другими исследованиями советских астрономов, и, при этом, в свете новых идей В. А. Амбарцумяна:

и новой теории О. Ю. Шмидта о происхождении Земли и планет поднимают проблему межзвездного поглощения на совершенно новую высоту. Их следовало бы подробно осветить здесь. Развитие исследований данной проблемы и успехи советских исследований в этой области, за последние 1-2 года, могли бы составить предмет отдельного обзора. Однако, мы ограничили себя в нашем обзоре (глава 1), законченном в начале 1951 года, состоянием проблемы и литературой, опубликованной до 1950 года, включительно.

Можно считать, что кардинальная проблема космогонии—образование звезд—близка к проблеме взаимосвязи между звездной и межзвездной материей и следовательно, проблема межзвездного вещества теперь уже не только структурная, динамическая и физическая проблема, но и чисто космогоническая.

Космогонические построения, толкующие происхождение и развитие звезд и звездных систем, нельзя вести в отрыве от данных изучения межзвездного вещества.

Вследствие этого, проблема галактического поглощения приобретает еще большую остроту и работы по ее всестороннему изучению вполне своевременны и требуют к себе еще большего внимания.

Главнейшей задачей ближайшего будущего надо считать выяснение взаимосвязи между звездным и межзвездным веществом. Но это последнее требует решения ряда отдельных задач, среди которых, может быть, на первое место следует поставить возможно полные наблюдательные определения массы межзвездного вещества и теоретические исследования процессов и механизма конденсирования газа и пылевой среды в условиях межзвездного пространства, а наряду с этим и процессов распада больших тел на мелкие. Вместе с тем, весьма важно понять взаимоотношение между газом и пылью.

При всем этом необходимо иметь в виду всеобщую взаимосвязь явлений и не следует подходить к исследованию проблемы, ставя вопрос о первичности или непервичности межзвездной среды, а надо направить внимание на уяснение явлений, связанных со взаимным обменом энергией между звездным и межзвездным веществом.

В свете изложенного здесь, нам представляется, что необходимость массовых определений ряда астрономических величин, увеличивающих наши фактические знания об явлениях астрономического мира, пока еще остается острой. А в связи с этим, каталожные работы, типа абастуманских работ по массовой колориметрии галактических и внегалактических объектов, своевременны и их необходимо вести и в дальнейшем и, по мере возможности, развивать.

Успех этих работ позволит разрешить многие важные задачи, среди которых, в качестве примеров, назовем:

1. Исследование избирательного и общего поглощения как функции галактической долготы, с целью выяснения характера галактического распределения частиц по величине,

2. Изучение избирательного поглощения в областях неба, где открыты и исследуются светлые диффузные туманности,

3. Детальное исследование поглощения в различных направлениях и на различных глубинах галактического пространства.

Эта последняя задача, решению которой, отчасти, посвящено и настоящее исследование, пока еще требует производства больших работ имея в виду, что как звездная Галактика, так и межзвездное галактическое вещество весьма сложны по своему строению и надо отказаться от представления распространения межзвездной материи упрощенными схемами. Но, вместе с тем, иррегулярность межзвездной среды тоже нельзя рассматривать упрощенно—как совершенно беспорядочное распространение материи, лишенное закономерностей и не связанное со звездами.

Напротив,—такое представление могло бы дезориентировать исследователя. Связь межзвездной материи со звездами возможно вскрыть в поисках закономерностей в распространении и физических характеристиках видимо «иррегулярной» межзвездной материи, а для этих целей важно вести, наряду с другими исследованиями, и подробное изучение поглощения света межзвездной пылью во многих индивидуальных направлениях в Галактике, подобно тому, как это осуществляется в Абастуманской астрофизической обсерватории.

ЛИТЕРАТУРА

1. Агекян Т. А. Определение функции плотности и коэффициента поглощения в плоскости Галактики. Уч. Зап. ЛГУ (сер. мат.) 18, 93, 1949
2. " К динамике звездных прохождений сквозь облака метеорной материи. Уч. Зап. ЛГУ (сер. мат.) 22, 33, 1950
3. " Динамика прохождений звезд сквозь пылевые облака. ДАН СССР 75, № 3, 361, 1950
4. Алания И. Ф., Кочлашвили Т. А. Опыт спектральной классификации звезд 9—10 зв. величины. 1950
5. Амбарцумян В. А. Флюктуации в числе внегалактических туманностей и галактическое поглощение. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 17, 1940
6. " К теории флюктуаций яркости в Млечном Пути. ДАН СССР 44, № 6, 244, 1944
7. " К вопросу о флюктуациях яркости Млечного пути. ДАН Арм. ССР 1, № 1—2, 9, 1944
8. " О флюктуациях яркости Млечного Пути. Бюлл. Абаст. Obs. № 8, 43, 1945
9. " К вопросу о характере связи диффузных туманностей с освещающими их звездами. ДАН Арм. ССР 2, № 3, 17, 1945
10. " К вопросу об относительном распределении светлой и поглощающей материи в Галактике. ДАН Арм. ССР 4, № 5, 133, 1946
11. " О поверхностных яркостях в Галактике. АЖ 23, № 5, 257, 1946
12. " Эволюция звезд и астрофизика. 1947
13. " Подсчеты внегалактических туманностей и галактическое поглощение. ДАН Арм. ССР 6, № 4, 105, 1947
14. " Звездные ассоциации. АЖ 26, № 1, 3, 1949
15. Амбарцумян В. А., Горделадзе Ш. Г. Проблема диффузных туманностей и космическое поглощение. Бюлл. Абаст. Obs. № 2, 37, 1938
16. Астапович И. С. Межзвездная система малых тел. Природа № 7, 12, 1937
17. Бадалян Г. С. Долгопериодические цефеиды и избирательное поглощение света в Галактике. Сообщ. Бюрак. Obs. № 3, 1949
18. Балановский И. А., Газе В. Ф. Облака поглощающей материи в Лебедь. Изв. Пулк. Obs. 14, № 2 (119), 1, 1935
19. Барабашев Н. П., Семейкин Б. Е. Über den Einfluss der Temperatur auf die charakteristische Kurve (Gradation) der photographischen Platte. AN 236, 354, 1929

20. Бартая Р. А. Определение спектральных параллаксов звезд ранних классов (В—А) по спектрам малой дисперсии. 1950
21. Бархатова К. А. Поглощение света и диаметры рассеянных звездных скоплений. АЖ 26, № 4, 251, 1949
22. " Движение рассеянных звездных скоплений. АЖ 26, № 4, 256, 1949
23. Белопольский А. А. (Извлечения из протоколов засед. Академии). Изв. Петерб. АН 19, 1903
24. " Определение лучевых скоростей звезды β Aurigae в связи с дисперсией мирового пространства. Изв. Петерб. АН. 21, 153, 1904
25. Берг (Лаврова) М. Д. Темная туманность в Цефее. Изв. Пулк. Obs. 15 (2), № 2, 1936
26. Берг М. Д., Стоянова К. Т. Каталог фотографических и фотовизуальных величин и спектров звезд в двух участках Млечного Пути. Труды Пулк. Obs. 51, 1, 1937
27. Бредихин Ф. А. Spectre des nébuleuses. Mem. Soc. Spectrosc. Ital., 4, 109, 1875
28. " Спектральные линии планетарных туманностей. Мат. Сборник 8, 362, 1876
29. " Наблюдения туманностей. Аниалы Моск. Obs. 2, ч. 2, 114, 1876
30. " Спектры планетарных туманностей. Аниалы Моск. Obs. 3, ч. 2, 120, 1877
31. Вашакидзе М. А. О пространственном распределении звезд типа F. Бюлл. Абаст. Obs. № 1, 87, 1937
32. " Распределение звезд типа А, F и G в направлении, перпендикулярном к галактической плоскости и в плоскости симметрии. Бюлл. Абаст. Obs. № 2, 109, 1938
33. " Селективное поглощение в Местной Системе. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 27, 1940
34. " Колор-индексы 140 внегалактических туманностей. Бюлл. Абаст. Obs. № 5, 1, 1940
35. " Колор-индексы 155 внегалактических туманностей. Бюлл. Абаст. Obs. № 6, 57, 1942
36. " Распределение звезд по спектральным классам в темных и светлых участках Млечного Пути. Бюлл. Абаст. Obs. № 6, 71, 1942
37. " Показатели цвета 215 внегалактических туманностей. Бюлл. Абаст. Obs. № 8, 26, 1945
38. " Изучение космического поглощения с помощью внегалактических туманностей и долгопериодических цефеид. 1950
39. " Определение поляризации излучения в нескольких диффузных туманностях. 1950

40. Вашакидзе М. А. О нейтральном поглощении в Галактике. 1950
41. Вашакидзе М. А., Харалдзе Е. К. Об одном способе определения колориндексов слабых звезд. Сообщ. Груз. Фил. АН ССР 1, № 9, 673, 1940
42. Вашакидзе М. А., Харалдзе Е. К. Ошибка фотометрического поля 8" объективов. Булл. Абаст. Обс. № 4, 139, 1940
43. Воронцов-Вельяминов Б. А. Photographic magnitudes of globular clusters. AN, 236, 1, 1929
44. " On the determination of light absorption in space from the physical characteristics of globular clusters. AN, 237, 381, 1930
45. " Possible origin of diffuse nebulae and of interstellar matter. Obs. 54, 216, 1931
46. " Происхождение диффузной материи в Галактике. Уч. Зап. Моск. Гос. Пед. инст. (сер. физ.-мат.) 7, № 3, 57, 1940
47. " Эволюция диффузной материи в Галактике и скачкообразная эволюция звезд. Усп. Астр. Н. 2, 287, 1941
48. " Диффузная газовая материя Усп. Астр. Н. 4, 208, 1948
49. Герасимович Б. П. О космической пыли в окрестностях звезд. РАЖ 1, № 1, 75, 1924
50. " Spectrophotometric temperatures of early stars. НС № 339, 1929
51. " Rayleighsche Streuung und anomale Sterntemperaturen. ZfAph 4, 265, 1932
52. " К вопросу о космическом поглощении. Пулк. Цирк. № 8, 8, 1933
53. " Космическое поглощение и галактическая концентрация классических цефеид. Пулк. Цирк. № 10, 9, 1934
54. Герасимович Б. П., Струве О. Physical properties of a gaseous substratum in the Galaxy. AphJ 69, 7, 1929
55. Гордон И. М. Дисперсия светимостей цефеид и поглощение света в ближайших внегалактических звездных системах. АЖ 22, № 5, 259, 1945
56. Гороховский Ю. Н. Спектральная сенситометрия. Труды ГОИ 14, 321, 1941
57. " Методы фотографической сенситометрии. 1948
58. Гуревич М. М., Пудейко Е. К. Измерение спектральной чувствительности фотоэлементов. Ж. Тех. Физ. 4, № 4, 748, 1934
59. Гурзадян Г. А. Гравитационное равновесие межзвездного водорода. АЖ 26, № 2, 104, 1949
60. Дейч А. Н. Определение собственных движений 18000 звезд в плоскостях Каптейна в зонах от $+15^\circ$ до 75° склонения. Труды Пулк. Обс. 55, 1940
61. " Определение вековых параллаксов слабых звезд. ДАН СССР 44, № 3, 1944

62. Дейч А. Н. Определение межзвездного поглощения по собственным движениям звезд в нескольких избранных Площадах Каптейна. Астр. Цирк. АН СССР № 42, 1, 1945
63. " Вековые параллаксы слабых звезд, выведенные из Пулковского каталога собственных движений в Площадках Каптейна. Изв. Пулк. Obs. 17, 3, № 138, 2, 1947
64. " Определение поглощения света в темных туманностях по собственным движениям звезд. Изв. Пулк. Obs. 17, 6, № 141, 89, 1948
65. Дейч А. Н., Лавдовский В. В. Собственные движения 376 звезд вблизи вертекса потоков Каптейна ($\alpha=6^{\circ}0'$, $\delta=+22^{\circ}$). Изв. Пулк. Obs. 17, 3, № 138, 60, 1947
66. Дейч А. Н., Лавдовский В. В. Собственные движения 3188 звезд в пяти специальных площадях Каптейна. Изв. Пулк. Obs. 17, № 141, 58, 1948
67. Лобровольский О. В. О строении темных областей Млечного Пути. Пулк. Цирк. № 29, 43, 1940
68. Добронравин П. П. Несколько замечаний к вопросу о методике фотографической фотометрии звезд. Бюлл. Абаст. Obs. № 1, 97, 1937
69. " Интегральный спектр двух участков Млечного Пути. Изв. АН СССР (сер. физ.) 4, № 1, 42, 1940
70. Домбровский В. А. Разность колор-эксцессов скоплений η и γ Persei. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 69, 1940
71. " Изучение поляризации света звезд в области звездной ассоциации Цесфей I. ДАН Арм. ССР 12, № 4, 103, 1950
72. " Опыт спектрофотометрического изучения туманностей. Уч. Зап. ЛГУ (сер. мат.) вып. 22, № 136, 167, 1950
73. Каландадзе Н. Б. Определение абсолютных величин слабых звезд поздних спектральных классов (G и K) по спектрам, полученным с объективной призмой. Бюлл. Абаст. Obs. № 10, 107, 1949
74. Каландадзе Н. Б., Бартая Р. А. Определение спектральных параллаксов звезд до девятой звездной величины. Астр. Цирк. АН СССР № 101—102, 7, 1950
75. Калиняк А. А., Красовский В. И., Никонов В. Б. Наблюдение области галактического центра в инфракрасных лучах. ДАН СССР 66, № 1, 25, 1949
76. Калитин Н. Н. Космическая пыль по актинометрическим измерениям. ДАН СССР 45, № 9, 395, 1944
77. Катушев Я. М., Шеберстов В. И. Основы теории фотографических процессов. 1944
78. Кислов Н. М. Теория оптических инструментов. 1915
79. Кочлашвили Т. А. Фотовизуальные величины 1813 звезд и избирательное поглощение света в трех участках Млечного Пути M34, M35 и Cingus. Бюлл. Абаст. Obs. № 11, 19, 1950

80. Кузмин Г. Г. Ueber die Abhängigkeit der interstellaren Absorption von der Wellenlänge. Труды Астр. Обс. Унив. Тарту 30, № 1, 13, 1938
81. „ Ueber die Partikeldurchmesser-Verteilung in der interstellaren Materie. Труды Астр. Обс. Унив. Тарту 30, № 1, 25, 1938
82. „ Межзвездная пылевая среда. Астр. Календарь Тартуской Обс. на 1948 год
83. „ О происхождении материи зодиакального света. Астр. Календарь Тартуской Обс. на 1949 год
84. Кукаркин Б. В. Предварительный каталог средних цветовых эквивалентов 1207 звезд. Труды ГАИШ 10, № 2, 1, 1937
85. „ Селективное и общее поглощение в плоскости Млечного Пути. АЖ 17, № 1, 13, 1940
86. „ О природе поглощения света в плоскости Галактики. АЖ 17, № 1, 19, 1940
87. „ Оптическая толщина селективного поглощения элементарной темной туманности. ДАН СССР 42, № 6, 251, 1944
88. Кумсипвили Я. И. Цветовые эквиваленты звезд с характеристикой „с“. 1950
89. Куницкий Р. В. О форме кривой распределения звезд по видимым величинам на фоне темных туманностей. Труды ГАИШ 11, № 1, 89, 1939
90. „ Определение расстояний и величины поглощения света темных туманностей. Труды ГАИШ 11, № 2, 95, 1939
91. Лавдовский В. В. Исследование темных туманностей в созвездиях Близнецов и Ориона по звездным подсчетам. Изв. Пулк. Обс. 16, (4), № 133, 1, 1941
92. Лебедев П. Н. La dispersion apparente de la lumière dans l'espace interstellaire. CR 146, 1254, 1908.
93. „ L'impossibilité de démontrer l'existence d'une dispersion appréciable de la lumière dans l'espace interstellaire par la méthode Nordmann-Tikhov. CR 147, 515, 1908
94. Левин Б. Ю. Теория Ми и ее астрономические применения. АЖ 20, № 3, 14, 1943
95. Леман-Балановская И. Н. Исследование темной туманности около ζ Персея. Изв. Пулк. Обс. 14, (1), № 118, 1, 1935
96. Лепешинская В. Н. К вопросу о методике изготовления селеновых вентильных фотоэлементов типа ЦРЛ. Ж. Тех. физ. 4, 1077, 1934
97. Магалашвили Н. Л. Электроколориметрия затменной переменной U Orbiuchi. Бюлл. Абаст. Обс. № 10, 45, 1949
98. Максудов Д. Д. Астрономическая оптика. 1946
99. Маркарян Б. Е. Распределение звезд и космическое поглощение в направлении галактических полюсов. ДАН Арм. ССР 4, № 1, 1946

100. Маркарян Б. Е. Влияние межзвездной поглощающей материи на суммарную яркость звезд в направлении галактических полюсов. ДАН Арм. ССР 4, № 5, 129, 1946
101. " Флюктуации в видимом распределении звезд и космическое поглощение. Сообщ. Бюрак. Обс. № 1, 1946
102. Марков А. В. Спектральная чувствительность фотоэмульсий и расчет фотовизуальных фильтров. АЖ 11, № 4, 321, 1934
103. " Спектральная чувствительность фотоэмульсий и расчет фотовизуальных фильтров. Бюлл. АИ № 36, 267, 1934
104. " Теория микрофотометра и точность и правильность промера астрофотограмм. Изв. Пулк. Обс. 18, (3), № 144, 1, 1950
105. Мартынов Д. Я. Межзвездный газ. Природа № 2, 8, 1943
106. " Неоднородность межзвездной среды. Природа № 6, 40, 1943
107. " К вопросу об определении пространственной плотности звезд по фотографиям, полученным в двух лучах. АЖ 26, № 4, 221, 1949
108. Мегрелишвили Т. Г. Изучение некоторых физических свойств высоких слоев атмосферы методом электроколориметрии сумерек. Бюлл. Абаст. Обс. № 9, 105, 1948
109. Мельников О. А. Покраснение ранних с-звезд и закон космического поглощения. Пулк. Цирк. № 21, 3, 1937
110. " Материя в междузвездном пространстве. Природа № 1, 3, 1941
111. " О поглощении в окнах зоны избегания. Бюлл. Абаст. Обс. № 8, 54, 1945
112. " Космическое поглощение по долгопериодическим Цефеидам в связи с вопросом о нульпункте кривой "период-светимость". Бюлл. Абаст. Обс. № 8, 57, 1945
113. " О некоторых характеристиках межзвездного газа. АЖ 24, № 2, 73, 1947
114. " Спектрофотометрия звезд δ Цефея и у Орла и К-эффект для цефеид. Труды Пулк. Обс. 64, сер. II, 1950
115. " Экспедиция по наблюдению спектров звезд в ультрафиолетовой области. Астр. Цирк. АН СССР № 103-104, 18, 1950
116. Набоков М. Е. Номограмма для расчета неискаженного поглощением расстояния. АЖ 17, № 5, 79, 1940
117. Никонов В. Б. Упрощенный объективный микрофотометр для фотографической фотометрии. Бюлл. АИ № 46, 165, 1939
118. " О фотоэлектрической колориметрии звезд В8—В9, выполняемой на Абастуманской астрофизической обсерватории. Сообщ. АН Грузинской ССР 3, № 6, 509, 1942
119. " Тезисы к докладу на XXI Научной сессии отделения физ.-мат. наук АН Грузинской ССР 19-20 апреля 1946 г.: "Электрофотометрические работы Абастуманской Обсерватории", 1946

120. Никонов В. Б. Опыт построения фундаментального каталога фотоэлектрических цветовых эквивалентов звезд спектральных типов В8 и В9. 1950
121. Огородников К. Ф. Строение Галактики по данным статистики видимого распределения звезд на небе. Усп. Астр. Н. (старая серия) 3, 40, 1933
122. " Теоретический анализ метода Вольфа звездных подсчетов в темных областях. ДАН СССР 19, № 1, 41, 1938
123. " Теоретический анализ звездных подсчетов в темных областях. Изв. Пулк. Обс. 16, (3), № 132, 1, 1939
124. " Межзвездное поглощение и закон плотности Зеелигера. Пулк. Цирк. № 25, 14, 1939
125. " Разложение функции блеска по степеням коэффициента межзвездного поглощения. Уч. Зап. ЛГУ (сер. ф.—мат.) 18, № 116, 86, 1949
126. Огородников К. Ф., Добровольский О. В. Влияние дисперсии светимостей на результаты звездных подсчетов в темных туманностях. Пулк. Цирк. № 28, 19, 1940
127. Окунев Б. В. Статистика звездных спектров в области Млечного Пути около туманности „Америка“. Изв. Пулк. Обс. 10, (6), № 99 585, 1927
128. Паренаго П. П. Шкалы звездных величин. Усп. Астр. Н. (старая серия) вып. 2, 1933
129. " О межзвездном поглощении в четырех участках Млечного Пути. АЖ 14, № 2, 149, 1937
130. " Исследования, основанные на сводном каталоге звездных параллаксов ГАИШ. Труды ГАИШ 13, № 1, 59, 1940
131. " О темных туманностях и галактическом поглощении света. АЖ 17, № 4, 21, 1940
132. " О межзвездном поглощении света. АЖ 22, 3, 129, 1945
133. " Some work on the structure of the Galaxy. PA 53, 441, 1945
134. " Курс звездной астрономии. II изд., 1946
135. " Строение Галактики. Усп. Астр. Н. 4, 69, 1948
136. " Звездная астрономия. Сборник: Астрономия в СССР за тридцать лет, 127, 1948
137. " Распределение плотности и численность различных галактических субсистем. АЖ 25, № 2, 123, 1948
138. " Шкалы и каталоги звездных величин. Усп. Астр. Н. 4, 257, 1948
139. " О приоритете советских работ по межзвездному поглощению света. АЖ 27, № 1, 61, 1950
140. " О природе переменных звезд в туманности Ориона. Перем. Зв. 7, № 4 (70), 169, 1950
141. Паренаго П. П., Кукаркин Б. В., Флоря Н. Ф. Система шаровых скоплений. Труды ГАИШ 16, 47, 1949
142. Петров В. И. Межзвездные линии натрия в спектрах звезд спектральных классов R и N (Заметка). Природа № 5, 61, 1940

143. Петров В. И. О химическом составе галактического субстрата (Заметка). Природа № 6, 59, 1941
144. Пуцейко Е. К. О температурном коэффициенте селеновых фотоэлементов вентильного типа. Ж. Тех. Физ. 7, № 1, 10, 1937
145. Ривес В. The influence of the selective absorption in space upon a differential scale of stellar magnitudes. Труды Астр. Обс. Унив. Тарту 30, № 1, 1938
146. Рожковский Д. А. Фотографическая фотометрия избранных участков Млечного Пути. Инст. Астр. и Физ. АН Каз. ССР, 1950
147. Русаков Г. И. Флуктуации яркости Млечного Пути и физические характеристики диффузных туманностей. Уч. Зап. ЛГУ (сер. физ.—мат.) 18, № 116, 53, 1949
148. Рускол Е. Л. О форме и пространственной ориентировке темных туманностей. АЖ 27, № 6, 341, 1950
149. Сафронов В. С. Учет поглощения света звезд различных температур. АЖ 25, № 6, 356, 1948
150. Соболев В. В. Световое давление в расширяющейся туманности. АЖ 21, № 4, 143, 1944
151. Сольский Д. А., Шеберстов В. Н. Практическая сенситометрия. 1937
152. Стоянова К. Т. Темная туманность в Кассиопее. Изв. Пулк. Обс. 16, (3), № 132, 41, 1939
153. Струве В. Я. Études astronomiques. 1847
154. Сытинская Н. Н. Об аккумулятивном эффекте в фотографической фотометрии. Научный. Бюлл. ЛГУ № 22, 5, 1949
155. Тихов Г. А. La dispersion dans les espaces célestes. Mem. Soc. Spectrosc. Ital. 27, 1898
156. " Опыт изыскания дисперсии в межзвездном пространстве из наблюдений спектрально-двойной звезды. Изд. Екатеринбург. Высш. Горн. Училища, 1905
157. " Sur la dispersion de la lumière dans les espaces célestes. Revue historique de la question et premiers résultats. CR 146, 570, 1908
158. " Два метода изыскания рассеяния в небесном пространстве. Изв. Пулк. Обс. 2, № 21, 141, 1908
159. " Космическая дисперсия. РАЖ 14, 161, 1908
160. " Применение фильтров для исследования селективного ослабления света в межзвездном пространстве. Изв. Пулк. Обс. 3, № 26, 31, 1909
161. " Новые исследования над применением светофильтров в изысканиях селективного космического поглощения. Изв. Пулк. Обс. 3, № 29, 75, 1909
162. " Recherches nouvelles sur l'absorption sélective et la diffusion de la lumière dans les espaces interstellaires. CR 148, 266, 1909
163. " Об изысканиях избирательного Космического поглощения света. (I). Изв. Рус. Астр. Общ. 16, № 1, 1, 1910
164. " Об изысканиях избирательного Космического поглощения света. (II). Изв. Рус. Астр. Общ. 16, № 3, 90, 1910

165. Тихов Г. А. Определение цвета звезд и его приложение к исследованию избирательного Космического поглощения света и звездных температур. Изв. Пулк. Obs. 17, сер. II, 1912
166. " Исследование избирательного поглощения света в туманностях Плеяд. Изв. Пулк. Obs. 17, сер. II, приложение, 1913
167. " По поводу статьи В. Г. Фесенкова о поглощении света в мировом пространстве. Вестн. Всерос. Астр. Союза 2, 33, 1919
168. " Определение цвета звезд методом продольного спектрографа. Изв. Научн. инст. им. Лесгафта 10, 119, 1924
169. " Фотометрия, колориметрия звезд. Туманности, скопления и Млечный Путь. Сборник "Астрономия в СССР за 15 лет", 56, 1932
170. " Теория продольной спектрографии и каталог цветов звезд BD в Площадах №№ 1—43 систематического плана Каптейна. Труды Пулк. Obs. 50, сер. II, 1937
171. Торонджадзе А. Ф. Хроматические кривые 20-сантиметровых камер Абастуманской обсерватории. 1947
172. Туранский В. И. Определение космического поглощения света в плоскости Галактики при помощи звездного скопления NGC7086. Уч. Зап. Горьк. Гос. Унив. 13, 1947
173. Фаас В. А. Светофильтры. 1936
174. Фелорович В. П. Избытки цвета 23 долгопериодических цефеид. Перем. Зв. 7, № 5 (71), 221, 1950
175. Фесенков В. Г. О поглощении света в мировом пространстве. Вестн. Всерос. Астр. Союза 1, 67, 1918
176. " Определение эффективных температур 193 звезд. РАЖ 4, № 3, 169, 1927
177. " Определение звездных температур. АЖ 6, № 2, 89, 1929
178. " Determination of star temperatures. AN 236, № 19-20, 297, 1929
179. " Определение относительных градиентов звезд в фиолетовой области спектра в области Цефея и Ящерицы преимущественно ранних спектральных типов. АЖ 8, № 2, 102, 1931
180. " Фотометрический анализ светимости ночного неба. ДАН СССР 3, № 1, 24, 1935
181. " Исследование спектральной чувствительности фотопластинок в визуальных лучах спектра. Труды ГАИШ 6, № 2, 98, 1936
182. " О значении космической рассеянной материи в явлении светимости ночного неба и в связи с вопросом о бесконечности Вселенной. АЖ 14, № 5-6, 427, 1937
183. " Бесконечная вселенная и светимость ночного неба. ДАН СССР 15, № 3, 125, 1937
184. " Исследование ночного свечения неба. Труды ГАИШ 10, № 1, 3, 1937

185. Фесенков В. Г. Роль галактической метеорной материи в образовании зодиакального света. ДАН СССР 19, № 6-7, 449, 1938
186. " Изучение видимого распределения звезд в различных участках Млечного Пути. Труды ГАИШ 11, № 2, 42, 1939
187. " О колор-экспессе центральных областей Галактики. ДАН СССР 28, № 7, 590, 1940
188. " Определение колор-эквивалентов звезд до 5.5 величины между северным полюсом и -10° склонения. Труды ГАИШ 13, № 1, 5, 1940
189. " К вопросу об общей массе поглощающей материи в галактической системе. ДАН СССР 28, № 7, 593, 1940
190. " Колор-эквиваленты 1290 звезд. ДАН СССР 29, № 2, 86, 1940
191. " Космическая материя и зодиакальный свет. Метеоритика 2, 3, 1941
192. " Астероиды и космическая пыль. ДАН СССР 34, № 6, 163, 1942
193. " О поглощении света в темных галактических облаках. АЖ 22, № 5, 271, 1945
194. " Метеорная материя в межпланетном пространстве. 1947
195. Флоря Н. Ф. Поглощение света и распределение звездной плотности в Галактике (реферат работы Дж. Оорта). АЖ 16, № 6, 69, 1939
196. " Исследование поглощения света в межзвездном пространстве. Труды ГАИШ 16, 4, 1949
197. Фриш С. Э. Техника спектроскопии. 1936
198. Хабибуллин Ш. Т. К вопросу об анализе звездных подсчетов в двух лучах. АЖ 26, № 4, 219, 1949
199. " Распределение звездных плотностей в высоких галактических широтах. АЖ 26, № 5, 288, 1949
200. " Флюктуации в числах звезд, приведенных к галактическому полюсу, и межзвездное поглощение света. АЖ 27, № 2, 105, 1950
201. Харадзе Е. К. Качество изображений звезд в Абастумани по наблюдениям 1932 г. (Материалы к характеристике астрономических условий атмосферного режима абастуманского района). Бюлл. АИ № 38, 349, 1935
202. " К изучению пространственного поглощения света звезд в Местной Системе. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 39, 1940
203. " Пространственное поглощение света в Туманности Плеяд. Бюлл. Абаст. Obs. № 4, 53, 1940
204. " Колор-индексы 1758 звезд в пяти площадках Каптейна, расположенных в галактической плоскости. Бюлл. Абаст. Obs. № 6, 1, 1942
205. " Колор-индексы 4535 звезд в одиннадцати площадках Каптейна. Бюлл. Абаст. Obs. № 7, 99, 1943
206. " О работе по определению колор-индексов звезд в площадках Каптейна. Астр. Цирк. АН СССР № 21, 6, 1943

207. Харалдзе Е.К. Colour indices of stars of magnitude 11-13^m in Kapteyn Areas. Obs 65, 220, 1944
208. " Колор-индексы 3219 звезд в площадках Каптейна в зоне галактических широт $b = \pm 10-20^\circ$. Бюлл. Абаст. Обс. № 8, 71, 1946
209. " Колор-индексы 4488 звезд в восемнадцати площадках Каптейна расположенных на средних и высоких галактических широтах. Бюлл. Абаст. Обс. № 10, 125, 1949
210. " Изучение поглощения света в Галактике по избыткам цвета слабых звезд. ДАН СССР 71, № 2, 257, 1950
211. Харалдзе Е. К., Вашакидзе М. А. Исследование сферической аберрации и астигматизма 8" объективов камер 16" рефрактора Абастуманской обсерватории. Бюлл. Абаст. Обс. № 2, 131, 1938
212. Харалдзе Е. К., Вашакидзе М. А. Хроматические кривые 8" объективов камер 16" рефрактора. Бюлл. Абаст. Обс. № 3, 111, 1938
213. Харалдзе Е. К., Вашакидзе М. А. Исследование объектива 16" рефрактора Абастуманской обсерватории. Бюлл. Абаст. Обс. № 3, 121, 1938
214. Хвольсон О. Д. Курс физики 2, 620, 1923
215. Хвостиков И. А. Теория рассеяния света и ее применение к вопросам прозрачности атмосферы и туманов. Усп. Физ. Н. 24, № 2, 165, 1940
216. Холопов П. Н. О ядре Галактики. АЖ 27, № 2, 110, 1950
217. Чибисов К. В. Теория фотографических процессов. 1935
218. Чхаидзе Ш. М. К актинометрической характеристике курорта Абастумани. Бюлл. Абаст. Обс. № 8, 152, 1945
219. " Солнечная радиация и мутность атмосферы на горе Каноби. Бюлл. Абаст. Обс. № 11, 163, 1950
220. Шайн Г. А. О декременте интенсивности Бальмеровых линий в газовых туманностях. Пулк. Цирк. № 11, 8, 1934
221. " Die Absorption im Raum und die Farbe der in diffuse Nebel eingehüllten Sterne. ZfAph 8, 168, 1934
222. " On the effect of the total line and band absorption in stellar spectra. MN 94, 642, 1934
223. " Пространственное покраснение и распределение яркости в Млечном Пути. АЖ 14, № 4, 293, 1937
224. " Движение скопления Волос Вероники. Изв. Пулк. Обс. 16, (2), № 131, 1938
225. " Углеродные изотопы в спектрах звезд типа N. Бюлл. Абаст. Обс. № 6, 1, 1942
226. " Замечание о звездных ассоциациях. Изв. АН СССР (Сер. физ.) 14, № 1, 1950
227. Шайн Г. А., Газе В. Ф. Полосы тяжелой молекулы циана в спектрах углеродных звезд (фиолетовая система 2 Σ -2 Σ). Изв. Крым. Обс. 2, 131, 1948
25. Бюлл. Абаст. астроф. obs., № 12

228. Шайн Г. А., Газе В. Ф. Межзвездная материя и газовые туманности (Изложение доклада). Вестник АН СССР № 6, 36, 1950
229. Шайн Г. А., Газе В. Ф. Некоторые результаты исследования светлых галактических туманностей. Изв. АН Казахской ССР № 90 (сер. астро-бот.) № 1—2, 1950
230. Шайн Г. А., Добронравия П. П. Интегральный спектр Млечного Пути. Пулк. Цирк. № 28, 5, 1939
231. Шайн П. Ф. О темной туманности в Персее и Тельце. Пулк. Цирк. № 11, 3, 1934
232. " Избирательное поглощение в области раздвоения Млечного Пути около Орла. Пулк. Цирк. № 22-23, 13, 1937
233. " Изучение избирательного поглощения в области раздвоения Млечного Пути. Бюлл. Абаст. Обс. № 7, 189, 1943
234. Шаронов В. В. Определение кратности светофильтров трубочным фотометром. Бюлл. Научн.-исслед. инст. Аэрофотос. № 8-9, 16, 1934
235. " Исследование спектральной чувствительности некоторых фотографических материалов. Труды Центр. Научн.-иссл. инст. Геод., Аэрос., Картогр. № 20, 3, 1937
236. " Кратность светофильтров и ее расчет. Кинофотохимпро-мышл. 4, № 3, 15, 1938
237. Шеберстов В. И. Химия проявителей и проявления. 1941
238. Шкловский И. С. Об излучении радиоволн Галактикой и верхни-ми слоями атмосферы Солнца. АЖ 23, № 6, 333, 1946
239. " О радиоизлучении Галактики. АЖ 25, № 4, 237, 1948
240. " Монохроматическое радиоизлучение Галактики и возмож-ность его наблюдения. АЖ 26, № 1, 10, 1949
241. Эйгенсон М. С. Космическое поглощение на основе соотношения "скорость-расстояние" для внегалактических туманнос-тей. Пулк. Цирк. № 15, 22, 1935
242. " Flächenhelligkeit und kosmische Absorption in den Spiralne-beln. ZfAph 12, 213, 1936
243. " Галактическое поглощение на основе статистики видимых величин внегалактических туманностей. Пулк. Цирк. № 17, 17, 1936
244. " Внегалактические туманности и космическое поглоще-ние. Природа № 11—12, 5, 1938
245. " Поверхностная яркость ночного неба и бесконечность ас-тронимической вселенной. ДАН СССР 21, № 1—2, 11, 1938
246. " Поверхностная яркость ночного неба и бесконечность астрономической Вселенной. АЖ 16, № 3, 27, 1939
247. " О прозрачности метагалактического пространства. Пулк. Цирк. № 25, 13, 1939
248. " Пулковские исследования строения Вселенной (К столе-тию Пулковской обсерватории). Природа № 10, 15, 1939

249. Эйгенсон М. С. Селективное галактическое поглощение по внегалактическим туманностям. Пулк. Цирк. № 26—27, 27, 1939
250. " Вселенная Ламберта и парадокс Зеелигера. ДАН СССР 26, № 2, 140, 1940
251. " Строение Галактики и проблема межзвездного поглощения. Астр. Календарь на 1941 год
252. " О средней плотности материи в Метагалактике. ДАН СССР 63, № 2, 107, 1948
253. " Поглощение света в пространстве между галактиками. Природа № 1, 19, 1949
254. " Поглощение света в пространстве между галактиками. АЖ 26, № 5, 278, 1949
255. Эйгенсон М. С., Добровольский О. В. Космическое поглощение на различных галактических долготах. АЖ 17, № 5, 26, 1940
256. Курс Астрофизики и Звездной Астрономии (Пулковский курс) часть I, 1934
257. О поглощении света в пространстве (Заметка). Природа № 9, 837, 1928.
258. Adams W. S. Note on the relative intensity at different wavelengths of the spectra of some stars having large and small proper motions. *AphJ* 39, 82, 1914
259. " Some results with the Coudé spectrograph of the Mount Wilson Observatory. *AphJ* 93, 11, 1941
260. " What lies between the stars. *PASP* 53, 73, 1941
261. " Interstellar lines in a Cepheid variable. *Publ. Am. Astr. Soc.* 10, 114, 1941
262. " The structure of interstellar H and K lines in fifty stars. *AphJ* 97, 105, 1943
263. " Survey of the year's work at Mt Wilson. *PASP* 56, 213, 1944
264. " The gaseous clouds of interstellar space. *PASP* 60, 174, 1948
265. " The gaseous clouds of interstellar space. *Draft Reports Int. Astr. Union, Zürich*, 174, 1948
266. " Observations of interstellar H and K, molecular lines, and radial velocities in the spectra of 300 O and B stars. *AphJ* 109, 354, 1949
267. Albertos A., Gonzalez J., Gonzalez G. Space reddening in Puppis and Vela. *AJ* 51, 121, 1945
268. Aller L. H., Trumpler R. J. The ratio between photographic absorption and color absorption in interstellar space. *PASP* 51, 339, 1939
269. Alter G. A photographic survey of galactic clusters. I. Method of work and application to NGC 581 (M 103). *MN* 100, 387, 1940
270. " On the limits of uniform galactic absorption. *MN* 101, 84, 1941
271. " A photographic survey of galactic clusters. II. NGC 663, 659, 654, 559, Tr. 1; Appendix to NGC 581. *MN* 101, 89, 1941

272. Alter G. A photographic survey of galactic clusters. III. NGC 103, 129, 133, 136, 146, 225; Anonymous $\alpha^{h}26^{m}2, +26^{\circ}32'$. MN 101, 298, 1941
273. " Galactic absorption and apparent distribution of spectral types. MN 101, 381, 1942
274. " On the limits of uniform galactic absorption. Obs 64, 39, 1942
275. " The system of galactic clusters in relation to the Galaxy. MN 102, 211, 1942
276. " A photographic survey of galactic clusters. IV. NGC 6596, 6603, 6605, 6613, 6618, 6645, 6647, I. C. 4725, Tr. 33, Cr. 371, 469. MN 103, 10, 1943
277. " Galactic absorption and star distribution. MN 103, 160, 1943
278. " A photographic survey of galactic clusters. V. NGC 189, L. 1590, 358, 366, 381, 322, 433, 436, 457, 609, 637, I. 166, 743. MN 104, 179, 1944
279. " A photographic survey of galactic clusters. VI. The cluster group in Cassiopeia. MN 104, 191, 1944
280. " On the distribution of interstellar matter. Mem. Obs. Czechoslovak Astr. Soc. Prague № 10, 1949
281. Andrews L. B. Dark nebulosity near S Monocerotis. PASP 7, 211, 1933
282. Anger C. J. Color excesses in the galactic cluster NGC663. HB 883, 36, 1931
283. Angerer E. (Ангерер Е.). Научная фотография. 1933 (перевод)
284. Annear P. An investigation of galactic structure in a region of Cygnus. AJ 54, 181, 1949
285. Armeanca J. Photographische und photovisuelle Helligkeiten von polnahen Sternen. ZfAph 7, 78, 1933
286. Asklöf S. On the distribution of the stars around the nebula of Orion. Determination of the distance of the dark markings in the region of Orion. Uppsala Medd № 51, 1930
287. Atkinson R. D. E., Hunter A., Martin E. G. The relation between colour indices and gradients. MN 100, 196, 1940
288. Baade W., Minkowski R. The Trapezium cluster of the Orion nebula. AphJ 86, 119, 1937
289. Baade W., Minkowski R. Spectrophotometric investigations of some O and B type stars connected with the Orion nebula. AphJ 86, 123, 1937
290. Baker J. G. Surface photometry of line emissions in nebulosities. Harv. Obs. Mon. № 7, 1948
291. Baker R. H. Investigations of galactic structure. IV. The Milky Way. HC № 424, 1, 1939
292. " Analysis of a transverse section of the Milky Way in Aquila. AphJ 94, 493, 1941
293. Baker R. H., Kiefer L. HA 110, 1944
294. Baker R. H., Kiefer L. Analysis of the Milky Way in Ophiuchus and northern Sagittarius. AphJ 96, 224, 1942

295. Baker R. H., Nantkes E. Analysis of the Milky Way in Cassiopeia. *AphJ* **99**, 125, 1944
296. Barbier D., Chalonge D. Sur la loi d'absorption de la lumière par la matière interstellaire. *CR* **210**, 177, 1940
297. " Etude du rayonnement continu de quelques étoiles entre 3100 et 4600 Å. *Ann. d'Aph.*, **4**, 1, 1941
298. Barnard E. E. Photographs of comets and of Milky Way. *MN* **59**, 354, 1899
299. " On the vacant regions of the sky. *PA* **14**, 579, 1906
300. " A great photographic nebula near π and δ Scorpii. *AphJ* **23**, 144, 1906
301. " The nebulous regions in the Milky Way. *Science* № 5, 566, 1907
302. " On a nebulous groundwork in the constellation Taurus. *AphJ* **25**, 218, 1907
303. " Туманная область в созвездии „Тельца“. *Изв. Рус. Астр. Общ.* **14**, 304, 1909
304. " On a great nebulous region and on the question of absorbing matter in space and the transparency of the nebulae. *AphJ* **31**, 8, 1910
305. " Dark regions in the sky suggesting an obscuration of light. *AphJ* **38**, 496, 1913
306. " Photographs of the Milky Way and of comets, made with the six-inch lens and Crocker telescope during the years 1892—1895. *Publ. Lick Obs.* **11**, 1914
307. " Some of the dark markings on the sky and what they suggest. *AphJ* **43**, 1, 1916
308. " On the dark markings of the sky with a catalogue of 182 such objects. *AphJ* **49**, 1, 1919
309. " Atlas of selected regions of the Milky Way. *Publ. Carnegie Inst.* № 247, 1927
310. Beals C. S. The relative intensities of interstellar calcium and sodium lines. *MN* **93**, 585, 1933
311. " Intensities of interstellar lines. *MN* **94**, 663, 1934
312. " On the interpretation of interstellar lines. *MN* **96**, 661, 1936
313. " Spectrographic studies of Nova Lacertae 1936. *Publ. Dom. Obs. Victoria* **6**, 317, 1937
314. " Evidence for complex structure of lines of interstellar sodium. *AphJ* **87**, 568, 1938
315. " Complex sodium lines of possibly interstellar origin. *Publ. Am. Astr. Soc.* **9**, 115, 1938
316. " Interstellar matter (Report on the Progress of astronomy). *MN* **102**, 96, 1942
317. " The material of interstellar space. *PA* **52**, 209, 1944
318. " The nature of absorbing material within the Galaxy and its influence on estimates of galactic dimensions. *J. R. A. Soc. Canada* **39**, 329, 1945

319. Beals C. S., Blanchet G. H. A line at $\lambda 4430.5$ of possibly interstellar origin. *PASP* **49**, 224, 1937
320. Beals G. S., Blanchet G. H. An absorption line at $\lambda 4430.6$ of possibly interstellar origin. *MN* **98**, 398, 1938
321. Becker F. Spektral-Durchmusterung der Kapteyn-Eichfelder des Südhimmels. I. *Publ. Aph. Obs. Potsdam* **27**, 1, 1929
322. " Spektral-Durchmusterung der Kapteyn-Eichfelder des Südhimmels. II. *Publ. Aph. Obs. Potsdam*, **27**, 141, 1930
323. " Ueber interstellare Massen und die Absorption des Sternlichtes im Weltraum. *Erg. Exakt. Naturw.* **9**, 1, 1930
324. " Spektral-Durchmusterung der Kapteyn-Eichfelder des Südhimmels. III. *Publ. Aph. Obs. Potsdam* **27**, 194, 1935
325. " Zur selektiven interstellaren Absorption. *ZfAph* **11**, 356, 1936
326. " Absorption interstellaire et système stellaire local. *Ann. d'Aph.* **1**, 28, 1938
327. Becker W. Statistische Untersuchungen auf Grund lichtelektrischer Farbenindizes von 738 Sternen. *ZfAph* **5**, 101, 1932
328. " Lichtelektrische Farbenindizes von 738 Sternen. I. Beobachtungen und Katalog. *Veröff. Univ. Sternw. Berlin-Babelsberg* **10**, № 3, 1, 1933
329. " Bemerkungen zur Beziehung zwischen Farbenindex und Spektraltypus. *ZfAph* **7**, 281, 1933
330. " Zum Problem der selektiven Absorption im interstellaren Raume. *Naturwiss.* **22**, 581, 1934
331. " Rothelligkeiten von 190 Sternen. *ZfAph* **9**, 79, 1934
332. " Selektive Absorption im „Kohlensack“ und seiner Umgebung. *ZfAph* **9**, 382, 1935
333. " Zum Problem der selektiven Absorption und der Verfärbung der c-Sterne. *ZfAph* **11**, 98, 1935
334. " Lichtelektrische Farbenindizes von 738 Sternen. II. Beobachtungsergebnisse. *Veröff. Univ. Sternw. Berlin-Babelsberg* **10**, № 6, 1, 1935
335. " Neue interstellare Linien. *Sterne* № 2, 39, 1937
336. " Materie im interstellaren Raume. 1938
337. " Eine Methode zur Feststellung interstellarer Verfärbung bei sehr lichtschwachen Sternen. *ZfAph* **15**, 225, 1938
338. " Interstellar absorption in selected regions of the Milky Way. Part I. *ZfAph* **17**, 285, 1939
339. " Ueber den Ursprung der Verfärbung der „gelben“ B-Sterne und der cB-Sterne. *ZfAph* **18**, 25, 1939
340. " Die interstellare Verfärbung als ein Mittel zur Bestimmung absoluter Helligkeiten von cB-Sternen und anderen Objekten. *ZfAph* **18**, 45, 1939
341. " Bestimmung absoluter Helligkeiten von O-Sternen aus der interstellaren Verfärbung. *ZfAph* **18**, 94, 1939
342. " Die Methode der Farbdifferenz und ihre Bedeutung für die Stellarstatistik. *Mitteil. Wiener Sternw.* **3**, № 5, 55, 1941

343. Becker W. The method of color differences and its significance for stellar statistics. AN **272**, 179, 1942
344. " Sterne und Sternsysteme. 1942
345. " Über die Notwendigkeit einer Reform der Astronomischen Integralphotometrie. I. Veröff. Univ. Sternw. Göttingen, № 79, 1946
346. " Die vier Standard-Spektralbereiche der astronomischen Integralphotometrie und die Helligkeiten der Polsequenz in ihnen (Beiträge zur Reform der astronomischen Integralphotometrie. II). Veröff. Univ. Sternw. Göttingen, № 80, 1946
347. " Einige Beziehungen zwischen den Standard Helligkeiten und anderen Grössen, sowie Standard-Helligkeiten im SA 89 (Beiträge zur Reform der astronomischen Integralphotometrie, III). Veröff. Univ. Sternw. Göttingen, № 81, 1946
348. " Kolorimetrische Untersuchung an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie, NGC 7654 (M52) und Umgebung. Veröff. Univ. Sternw. Göttingen № 82, 1946
349. " Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie NGC 6811, AN **275**, 229, 1947
350. " Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie M 37. (NGC 2099). AN **276**, 1, 1947
351. " The method of color-difference (Note). AphJ **107**, 278, 1948
352. " On the determination of interstellar reddening at very great distances using RR Lyrae-stars. Himmelswelt **55**, 76, 1948
353. " Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie. NGC 6910. AN **277**, 233, 1949
354. Becker W., Günther S. Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie. NGC 663. AN **275**, 145, 1947
355. Becker W., Stock J. Kolorimetrische Untersuchungen an offenen Sternhaufen in den Standard-Spektralbereichen der Integralphotometrie. Die Stern-Gruppe NGC 6913-M 29. AN **278**, 115, 1950
356. Bennett L. L. Color indices observed with the Loomis telescope. AphJ **85**, 257, 1937
357. Berman L. The effect of space reddening on the Balmer decrement in planetary nebulae. MN **96**, 890, 1936
358. " A study of the galactic rotation from the date of the planetary nebulae. Bull. Lick Obs. **18**, 57, 1937
359. Bernheimer W. Kungl. Fysiogr. Sällskapetets i Lund Forhändl **1**, № 5, 1931
360. " Zur photometrischen Skala der Visuellen Totalhelligkeiten von NGC-Objekten. Circ. Lund Obs. **5**, 1934

361. Bertaud C. Bull. Astr. 11, 157, 1938
362. Bok B. J. The analysis of star counts. HC № 371, 1931
363. " A study of the η Carinae region. Harv. Repr. № 77, 1932
364. " The distribution of stars in space. 1937
365. " Galactic density gradients. AphJ 90, 249, 1939
366. " Galactic research in Holland during 1942. AphJ 98, 235, 1943
367. " Galactic structure in Puppis and Vela. AJ 51, 121, 1945
368. " Dimensions and masses of dark Nebulae Harv. Obs. Mon. № 7, 53, 1948
369. Bok B. J., Boutelle B. D., Olmsted M. Space reddening and density gradients for the anticenter (Abstract). AJ 53, 197, 1948
370. Bok B., Lindsay E. Stellar distribution in the vicinity of southern galactic window. Proc. Nat. Ac. Sc. 24, 4, 1938
371. Bok B., Olmsted M. Photographic colors of faint Cepheids in Cygnus (Abstract). AJ 54, 123, 1949
372. Bok B., Olmsted M., Boutelle B. D. The Milky Way at the junction of Gemini, Monoceros, and Orion. AphJ 110, 21, 1949
373. Bok B. J., Reilly E. F. Small dark nebulae. AphJ 105, 255, 1947
374. Bok B. J., Rendall-Arons J. M. The Milky Way in Monoceros. AphJ 101, 280, 1945
375. Bok B. J., Swann W. F. Photovisual magnitudes for the selected areas at $\delta = +75^\circ$. HA 105, 371, 1937
376. Bok B., Wright F. W. The stellar distribution for two southern fields. AphJ 101, 300, 1945
377. Bottlinger K. F. Lichtelektrische Farbenindizes von 459 Sternen. Veröff. Univ. Sternw. Berlin-Babelsberg 3, 1, 1923
378. " Sternzahlen und interstellare Absorption. ZfAph 5, 50, 1932
379. Bottlinger K. F., Schneller H. Ueber die interstellare Absorption innerhalb der Milchstrasse. ZfAph 1, 339, 1930
380. Brill A. Ein Kriterium für die Existenz einer allgemeinen interstellaren Absorption. ZfAph 5, 288, 1932
381. " Über die numerische Lösung der Integralgleichung der Stellarstatistik bei interstellarer Absorption. ZfAph 8, 379, 1934
382. " Über die Lösungen der Integralgleichung der Stellarstatistik. AN 257, 253, 1935
383. Brown F. G. The absorption of light in space. MN 72, 198, 1912
384. " The absorption of light in space (second paper). MN 72, 718, 1912
385. Brück H. Spektral-Durchmusterung der Kapteyn-Eichfelder des Südhimmels. IV. Publ. Aph. Obs. Potsdam 28, 1, 1933
386. " Ueber die Verteilung der Spektraltypen in Dunkelwolken. ZfAph 8, 75, 1934
387. Bruggencate ten P. The Absorption of light in open star clusters. Bull. Astr. Inst. Netherl. 4, 51, 1927
388. " Die Bestimmung einer allgemeinen Absorption des Lichtes im Weltraum. Zs. Phys. 57, 631, 1929
389. " Die offenen oder galaktischen Sternhaufen. Naturwiss. 18, 725, 1930

390. Ruggencate ten P. Bemerkungen über eine Absorption des Lichtes im Weltraum. *ZfAph* 8, 157, 1934
391. Interstellar line absorption. *Naturwiss.* 28, 289, 1940
392. Buisson H., Fabry Ch., Bourget H. An application of interference to the study of the Orion nebula. *AphJ* 40, 241, 1914
393. Camm G. L. An analysis of the motions of Cepheid variable stars with reference to galactic rotation and absorption. *MN* 104, 163, 1944
394. Campbell W. W., Moore J. H. The spectrographic velocities of the bright-line nebulae. *Publ. Lick Obs.*, 13, 77, 1918
395. Campbell W. W., Wright W. H. Observations of the spectrum of Nova Persei. *PASP* 13, 223, 1901
396. Campbell W. W., Wright W. H. Observations of the spectrum of Nova Persei. *Bull. Lick Obs.* № 8, 1901
397. Carpenter E. F. An apparent effect of galactic light-absorption in the extragalactic nebulae. *PASP* 45, 227, 1933
398. Cashman R. Y. New photo-conductive cells. *J. Opt. Soc. Am.* 46, 356, 1946
399. Cederblad S. Studies of bright diffuse galactic nebulae with special regard to their spatial distribution. *Lund Medd (II)* 12, № 119, 1946
400. Cernuschi F. The physics of cosmic grains. *AphJ* 105, 241, 1947
401. Reply to D. ter Haar's remarks on my paper "The physics of cosmic grains". *AphJ* 107, 417, 1948
402. Chandrasekhar S., Münch G. The theory of the fluctuations in brightness of the Milky Way. I. *AphJ.* 112, 380, 1950
403. The theory of the fluctuations in brightness of the Milky Way. II. *AphJ* 113, 1950
404. Charlier C. V. L. Now an infinite world may be built up. *Lund Medd* № 98, 1922
405. Studies in Stellar Statistics. V. *Lund Medd. Ser. II*, 34, 1926
406. Cheseaux J. F. Sur la force de la lumière et sa propagation dans l'Ether, et sur la distance des étoiles fixes. *Mémoires posthumes sur différents sujets d'astronomie et de mathématique*, 1764
407. Clasen M. Ch. Farbenindizes in den offenen Sternhaufen NGC 1027 und IC 1805 und den Kapteynschen Eichfeldern 26, 35 und 40. *AN* 264, 33, 1937
408. Colacevich A. Eccesso di colore e riga K del calcio nell'assorbimento interstellare. *Rome Lincei Rend.* 17, 1065, 1933
409. Collins O. C. Color Indices of reflection nebulae. *AphJ* 86, 529, 1937
410. Collmann W. Ultraviolett-blau- und ultrarot-Helligkeiten von hellen Sternen *ZfAph* 9, 185, 1934
411. Comstock G. C. Provisional results of an examination of the proper motions of certain faint stars. *AJ* 24, 43, 1904
412. Corlin A. On the existence of obscuring matter in the vicinity of our solar system. *ZfAph* 11, 221, 1936
413. La densité d'une nébuleuse obscure entourant le système solaire, calculée d'après les mouvements cométaires *Ann. d' Aph* 1, 247, 1938
414. Cuffey J. The humidity effect in astronomical practice. *HB* № 905, 12, 1937

415. Cuffey J. Red indices in galactic clusters. HA 105, 403, 1937
 416. " Red indices in galactic clusters. II. Messier 35, NGC2158, IC2157, NGC2129, 1817, 2266, 2281. HA 106, 39, 1938
 417. " Galactic clusters NGC2126 and NGC2194. AphJ 97, 93, 1943
 418. Curtis H. D. A study of occulting matter in the spiral nebulae. Bull. Lick Obs. 13, 45, 1918
 419. Davis L. Jr., Greenstein J. L. Polarization of starlight by interstellar dust particles in a galactic magnetic field. Phys. Rev. 75, 1605, 1949
 420. Davis L. Jr., Greenstein J. L. The origin of interstellar polarization. AJ 55, 71, 1950
 421. Donn B. The behavior of interstellar matter near the hot stars. AJ 55, 168, 1950
 422. Douglas A. E., Herzberg G. CH⁺ in interstellar space and in the laboratory, AphJ 94, 381, 1941
 423. Douglas A. E., Herzberg G. Band spectrum and structure of the CH⁺ molecule; identification of these interstellar lines. Canadian J. Research A, 20, 71, 1942
 424. Douglas D. Observations of the interstellar band at $\lambda 4430$. AJ 55, 168, 1950
 425. Dufay J. Brilliance des nébuleuses extragalactiques et absorption de la lumière dans la Voie Lactée. CR 196, 101, 1933
 426. " L'absorption de la lumière dans l'espace et la brillance des nébuleuses extragalactiques. J. des Observ. 16, 77, 1933
 427. " Le problème de l'absorption neutre dans l'espace interstellaire. CR 228, 1277, 1949
 428. " Absorption interstellaire et rotation galactique. Ann. d'Aph 12, 306, 1949
 429. Dufay J. Smoukovich D. La densité optique de la Voie Lactée dans une direction perpendiculaire au plan galactique déduite des dénombrements d'étoiles. CR 208, 1204, 1939
 430. Dufay J. Sau-Pin Liau. Sur l'absorption de la lumière dans l'espace interstellaire. CR 196, 1373, 1933
 431. Dufay J. Sau-Pin Liau. Sur les indices de couleur des étoiles O et B et l'absorption sélective de la lumière dans l'espace. CR 205, 787, 1937
 432. Dufay J. Sau-Pin Liau. Indices de couleur des étoiles O et B et absorption sélective. Ann. d'Aph 1, 219, 1938
 433. Duke D. Observations of the interstellar band at $\lambda 4430$. AJ 55, 168, 1950
 434. Duncan J. C. Photographic studies of nebulae. AphJ 86, 496, 1937
 435. " Photographic studies of nebulae. VI. The great nebulous region in Cygnus photographed in red light. AphJ. 109, 479, 1949
 436. Dunham Th. Jr. Forbidden transitions in the spectrum of interstellar ionized Titanium. Nature 139, 246, 1936
 437. " Interstellar neutral potassium and neutral calcium. PASP 49, 26, 1937
 438. " The material of interstellar space. Proc. Am. Phil. Soc. 81, 277, 1939

439. Dunham Th. Jr. The concentration of interstellar molecules. *Publ. Am. Astr. Soc.* **10**, 123, 1941
440. Dunham Th. Jr., Adams W. S. New interstellar lines in the ultraviolet spectrum. *Publ. Am. Astr. Soc.* **9**, 5, 1937
441. Dunham Th. Jr., Adams W. S. Iron as an interstellar gas. *PASP* **53**, 341, 1941
442. Dyson F. W., Melotte P. J. The region of the sky between 3^h and $5^h 30^m$ and north declination 20° to 35° . *MN* **80**, 3, 1919
443. Eddington A. S. The internal constitution of the stars. 1926
444. " Diffuse matter in interstellar space. *Proc. Roy. Soc. Ser. A*, **111**, 424, 1926
445. " The density of interstellar calcium and sodium. *MN* **95**, 2, 1934
446. " Interstellar matter. *Obs.* **60**, 99, 1937
447. Elvey G. T., Photo-electric colors of stars of early type. *AphJ* **74**, 298, 1931
448. Elvey G. T., Mehlin T. G. Photo-electric colors of stars of early type in Cepheus. *AphJ* **75**, 354, 1932
449. Elvey G., Roach F. E. A photo-electric study of the light from the night sky. *AphJ* **85**, 213, 1937
450. Elvius T. Preliminary report on a spectrophotometric investigation in Kapteyn's Selected Areas No. 2, 6, 7, 15, 16 and 19. *Stockh. Obs. Ann.* **14**, No 8, 1945
451. Evans J. W. Interstellar line intensities and the distances of the B stars. *AphJ* **93**, 275, 1941
452. " The effect of temperature upon the spectral sensitivity of photographic emulsions. *J. Opt. Soc. Am.* **32**, 4, 1942
453. Eyster E. H. Note on the interpretation of unidentified interstellar lines. *AphJ* **86**, 486, 1937
454. Fabry C. Interstellar space. *MN* **98**, 681, 1938
455. Farnsworth A. H. A study of effective wavelengths with the recording microphotometer. *Bull. Lick Obs.* No 456, 145, 1933
456. Gaposchkin S., Greenstein J. On the distance of the variable nebula NGC 6729 associated with R Coronae Austrinae. *HB* No 904, 8, 1936
457. Gialanella L. Indici di colore di ammassi globulari e nebulose, e ricerche sull' assorbimento della luce nell' spazio interstellare. *Rend. R. Ac. d'Italia (Classe sci. fis. mat. natur.)* [7] **2**, 312, 1941
458. Gleissberg W. Interstellare Diffusion als Ursache der Farbenexzesse. *AN* **246**, 329, 1932
459. " Farbenexzesse und interstellare Streuung des Sternlichtes. *AN* **248**, 317, 1933
460. " Bemerkungen zur Absorption und Verfärbung des Sternlichts in der Milchstrasse. *AN* **249**, 373, 1933
461. " Untersuchungen über die galaktische Verfärbung auf Grund der Graffschen Farbenexzesse. *Publ. Istanbul Univ. Obs.* **1**, 1, 1935
462. " Die Abhängigkeit der Verfärbung von der Wellenlänge bei 37 B-Sternen. *Publ. Istanbul Univ. Obs.* **4**, 61, 1936

463. Gleissberg W. Untersuchung über die Verfärbung von 65 Sternen. Publ. Istanbul Univ. Obs. **6**, 1936
464. " Ueber den Verlauf der selektiven Absorption bei 133 Sternen. Publ. Istanbul Univ. Obs. 1937
465. " Helligkeitskorrekturen für 53 Sterne wegen interstellarer Absorption. ZfAph **13**, 255, 1937
466. Goedicke V. Red magnitudes of 4195 faint A-G stars in declination $+15^\circ$ to $+20^\circ$. AJ **50**, 145, 1943
467. " Red magnitudes of 3555 faint A-G stars in declination $+10^\circ$ to $+15^\circ$. AJ **51**, 168, 1945
468. Graff K. Kolorimetrische Durchmusterung der Sterne bis 5^m zwischen dem Nordpol und 40° südlicher Deklination. Mitteil. Wiener Sternw. **3**, 117, 1933
469. " Eine rote Wolke im Orion. Mitteil. Wiener Sternw. **3**, 279, 1933
470. " Visuelle Farben der Sterne und ihre Beziehung zur galaktischen Breite. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. **2a**, 285, 1933
471. " Die diffusen Nebel in der Gegend des Orion. Mitteil. Wiener Sternw. **4**, 227, 1935
472. " Interpretation of selective absorption in the region of Cassiopeia. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. **147(2a)**, 63, 1938
473. " Visual colour excesses of bright stars in the region of Camelopardis. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. **147(2a)**, 285, 1938
474. " Colours of bright stars in the region of ξ , ζ and θ Persei. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. **147(2a)**, 289, 1938
475. " Selektive Raumverfärbung in der grossen Cygnus-Wolke. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. **149(2a)**, 1, 1940
476. " Selektive Absorption in Grenzgebiet Scutum-Sagittarius. Sitzungsber. Wiener Ak. Wiss. **149(2a)**, 213, 1940
477. " Raumverfärbung in der Milchstrasse nach photoelektrischen und visualkolorimetrischen Messungen. Mitteil. Wiener Sternw. **4**, 63, 1948
478. " Raumverfärbung in der Milchstrasse nach photoelektrischen und visualkolorimetrischen Messungen. Sitzungsber. Öst. Ak. Wiss. **11a**, **157**, 1, 1949
479. Gratton L. Spectrophotometric study of faint stars in the Pleiades region. Stockh. Obs. Ann. **13**, 3, 1939
480. Greaves W. M. H., Davidson C., Martin E. The low Colour-temperature of ζ Persei MN **88**, 703, 1928
481. Greaves W. M. H. Davidson C., Martin E. Note on the low colour temperature of some early-type stars with strong Ca^+ lines. MN **89**, 125, 1928
482. Greenstein J. L. The effect of absorbing clouds on the general absorption coefficient. HA **105**, 359, 1937
483. " Radiation pressure in galactic nebulae. AphJ **85**, 242, 1937
484. " Theory of interstellar absorption. HC № 422, 1938
485. " A determination of selective absorption based on the spectrophotometry of reddened B stars. AphJ **87**, 151, 1938

486. Greenstein J. L. An experiment in interstellar reddening. PA **54**, 139, 1941
487. " The spectrophotometric researches of Barbier and Chalonge. AphJ **97**, 445, 1943
488. " The ratio of interstellar absorption to reddening. AphJ **104**, 403, 1946
489. " Stars in diffuse nebulae. Harv. Obs. Mon. № 7, 19, 1943
490. " Stars in diffuse nebulae. AphJ **107**, 375, 1948
491. Greenstein J. L., Aller Z. H. The interstellar $\lambda 4430$ Band. AphJ **111**, 328, 1950
492. Greenstein J. L., Henry L. G. The spectra of the North America Nebula and of the Cygni Nebula. AphJ **86**, 620, 1937
493. Greenstein J. L., Henry L. G. Some new spectra of galactic nebulae. AphJ **87**, 79, 1938
494. Greenstein J. L., Henry L. G. The ratio of interstellar absorption to reddening. AphJ **93**, 327, 1941
495. Greenstein J. L., Struve O. Interstellar calcium and color-excess. AphJ **90**, 625, 1939
496. Guintini P. Possibility of improving the statistical determination of distance of B-type stars. Ann. d'Aph. **5**, 114, 1943
497. Güssow M. Lichtelektrische Helligkeiten und Farbenindizes von 94 ausgewählten Fixsternen. ZfAph **20**, 25, 1940
498. Guthnick P. Das Problem der interstellaren Linien in den Sternspektren. Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss. für 1936, 193, 1936
499. Guthnick P., Hügerel P. Beobachtungen der Helligkeit, des Farbenindex und Spektrums der Nova Aquilae. AN **210**, 345, 1920
500. Guthnick P., Pavel F. Abnorm gefärbter Stern. AN **212**, 503, 1921
501. Gyllenberg W. On the distribution of the apparent magnitudes of the foreground stars of dark nebulae. Lund. Medd. № 52, 1929
502. " Notes on a method to determine the cosmic absorption. Lund. Medd. № 144, 1936
503. Haar D. ter. On the origin of smoke particles in the interstellar gas. Bull. Astr. Inst. Netherl. **10**, 1, 1943
504. " On the origin of smoke particles in the interstellar gas. AphJ **100**, 288, 1944
505. " Remarks on Cernuschi's paper „The physics of cosmic grains“ (Note). AphJ **106**, 484, 1947
506. Haar D. ter, Hulst van de H. C., Oort J. H., Woervom van A. J. J. Ned. Tijds. v. Natuurk **10**, 238, 1943
507. Hagen J. G. Die dunklen kosmischen Nebel. AN **213**, 351, 1921
508. " Stufenschätzungen dunkler Nebel. AN **214**, 449, 1921
509. " Dunkle Nebel. und Sternleeren. AN Jub. Nr. 13, 1921
510. " A map showing obscure nebulae and their situation towards the Milky Way. MN **81**, 449, 1921
511. " A preparatory catalogue for a Durchmusterung of nebulae. Specola Astr. Vatic. **10**, 159, 1922

512. Hagen J. G. A Durchmusterung of the heavens for obscure cosmic clouds
The obscure cosmic clouds south of Zeta Orionis. Attid. Pontif.
Accad. Rom. d. Nuovi Lincei, 1922
513. " A Durchmusterung of the Heavens for Obscure Cosmic Clouds
Attid. Pontif. Accad. Rom. d. Nuovi Lincei 76 (Febr), 1923
514. " On W. Herschel Nebulous Regions. Attid. Pontif. Accad. Rom.
d. Nuovi Lincei 76 (Mai), 1923
515. Hall J. S. Photo-electric photometry in the infra-red with the Loomis
telescope AphJ 79, 145, 1934
516. " Photoelectric photometry at the Sproul Observatory. AphJ 84,
369, 1936
517. " Observations of B-type stars in the red and infrared regions
of the spectrum. AphJ 85, 145, 1937
518. " Spectrophotometry of 67 bright stars with a photoelectric cell.
AphJ 94, 71, 1941
519. " Observations of the polarized light from stars. Science 109, 166,
1949
520. Hall J. S., Mikesell A. H. Observations of polarized light from stars.
AJ 54, 187, 1949
521. Halley E. On the infinity of fix'd stars; On the number, order and light
of the fix'd stars. Phil. Trans., 31, 1720
522. Halm J. On the question of extinction of light in space and the relations
between stellar magnitudes, distances and proper motions. MN
77, 243, 1917
523. " Statistical investigation of the distribution of the stars and their
luminosities. MN 80, 162, 1919
524. Hartmann J. Untersuchungen über das Spectrum und die Bahn von δ
Orionis. AphJ 19, 268, 1904
525. " . Objektivuntersuchungen. Zs. f. Instrumk № 24, 1, 1904
526. " Untersuchungen über das 80-cm Objektiv des Potsdamer Refrak-
tors. Publ. Aph. Obs. Potsdam 15, (2), 106, 1908
527. Hartwig G. Untersuchungen über die Auriga-Dunkelwolke. ZfAph 17,
191, 1939
528. Heger M. L. The occurrence of stationary D lines of sodium in the
spectroscopic binaries β Scorpii and δ Orionis. Bull. Lick Obs. 10, 59,
1919
529. Henseling R. Neues von Staub zwischen den Sternen. Himmelskalender
für 1942, 46, 1941
530. Henyey L. G. On the polarization of light in reflection nebulae. AphJ
84, 609, 1936
531. " Observations of the polarization of light in reflection nebulae.
PASP 8, 243, 1936
532. " Note on interstellar scattering. AphJ 85, 255, 1937
533. Henyey L. G., Greenstein J. L. The theory of the colors of reflection
nebulae. AphJ 88, 580, 1938
534. Henyey L. G., Greenstein J. L. Diffuse radiation in the Galaxy. AphJ 93,
70, 1941
535. Hermann, H. Bemerkungen zu B. Jung: „Die Entstehung fester Parti-
kel in interstellarem Raume“ in AN 263. AN 273, 79, 1942
536. Herschel W. Scientific papers. 1912

537. Hertzsprung E. On the colours of some stars of spectral class between O_5 and A_3 . Bull. Astr. Inst. Netherl. **1**, 217, 1923
538. Heyden F. J. Colors of early-type stars in the southern Milky Way. *AphJ* **99**, 8, 1944
539. Heyl P. R. The apparent dispersion of light in space. *AphJ* **30**, 40, 1909
540. Hiemstra B. Dark clouds in Kapteyns special areas 2, 5, 9 and 24 and the proper motions of the stars in these regions. Gron. Publ. № 48, 1938
541. Hill S. J. A discussion of the photographic magnitudes of 31-735 stars between $+20^\circ$ and $+30^\circ$ and between $+50^\circ$ and $+60^\circ$. *AJ* **50**, 55, 1942
542. Hiltner W. A. Polarization of light from distant stars by interstellar medium. *Science* **109**, 165, 1949
543. " On the presence of polarization in the continuous radiation of stars. *AphJ* **109**, 471, 1949
544. " Polarization of radiation from distant stars by the interstellar medium. *Nature* **163**, 282, 1949
545. " On polarization of radiation by interstellar medium. *Phys. Rev.* **78**, 170, 1950
546. Hoffmeister C. Das interstellare System der Kleinkörper. Sitzungsber. Preuss. Ak. Wiss., **18**, 195, 1936
547. Holmberg E. A study of double and multiple galaxies together with inquiries into some general metagalactic problems with an appendix containing a catalogue of 827 double and multiple galaxies. *Lund. Obs. Ann.* **6**, 1937
548. " Photometric and Statistical investigation of 1119 Stars in the Hyades Region. *Lund. Medd.* **2**, № 113, 1944
549. Holmberg E. On the absorption in the spiral nebulae. *Lund. Medd. Ser.* **11**, 120, 1947
550. " A study of the absorption in NGC 5195. *Lund. Medd. Ser.* **1**. N 170, 1950
551. Hoyle F. On the structure of disk-shaped extragalactic nebulae. I. On the temperature of interstellar material and the shapes of the nebulae. II. On the condensation of stars, the luminosity function and the distribution of bright stars. *MN* **105**, 287, 1945
552. " Note on the condensation of interstellar material in stars. *MN* **107**, 334, 1947
553. Hoyle F., Lyttleton R. A. Evolution of stars. *Proc. Phil. Soc. Cambridge* **35**, 592, 1939
554. Huang Su-shu. On the Doppler broadening of absorption lines by turbulence and by multiple interstellar clouds. *AphJ* **112**, 399, 1950
555. Hubble E. A general study of diffuse galactic nebulae. *AphJ* **56**, 163, 1922
556. " The source of luminosity in galactic nebulae. *AphJ* **56**, 400, 1922
557. " NGC6822, a remote stellar system. *AphJ* **62**, 409, 1925
558. " A spiral nebula as a stellar system. *AphJ* **63**, 236, 1926
559. " Extra-galactic nebulae. *AphJ* **64**, 321, 1926
560. " The distribution of the extra-galactic nebulae. *AphJ* **79**, 8, 1934

561. Huggins W. On the spectra of some of the Nebulae. Phil. Trans. Roy. Soc. **154**, 437, 1864
562. Hulst van de H. C. Optics of spherical particles. Rech. Astr. Obs. Utrecht **11**, 1, 1946
563. " Spectral photometry of the dark line of NGC4594 (Abstract). AJ **53**, 118, 1948
564. " Evolution and physics of solid particles. Harv. Obs. Mon. № 7, 73, 1948
565. " The solid particles in interstellar space. Rech. Astr. Obs. Utrecht **11**, 2, 1949
566. " The amount of polarization by interstellar grains. AphJ **112**, 1, 1950
567. Hunt M. R., Patterson F. S., Raymond E. A. Colour indices of early type stars from the Harvard mimeographs. HB № 911, 17, 1939
568. Hunter A. The absorption of light in interstellar space. Rep. on Progress in Phys. **7**, 150, 1940
569. " Selective absorption of light in interstellar space, Nature **147**, 152, 1941
570. Hunter A., Martin E. G. The effect of absolute magnitude on star colours. MN **100**, 656, 1940
571. " Space reddening in the Galaxy. MN **100**, 669, 1940
572. Ives H. E. Some photographic phenomena bearing upon dispersion of light in space. AphJ **31**, 197, 1910
573. Jäger F. W. Die Methode der Farbdifferenzen. Sterne № 4—6, 88, 1949
574. Jentsch C., Unsöld A. On the explanation of the interstellar calcium and sodium lines. Zs. Phys. **125**, 370, 1948
575. Jones H. S. The absorption of light in space. MN **75**, 4, 1914
576. Jones L. Photographic sensitometry. 1931
577. Joy A. H. Evidence for galactic rotation and space absorption from Cepheid variables. PASP **45**, 202, 1933
578. " Rotation effects, interstellar absorption and certain dynamical constants of the Galaxy determined from Cepheid variables. AphJ **89**, 356, 1939
579. Jung B. Ueber die Existenzmöglichkeit absorbierender Materie im Kosmos. ZfAph **9**, 1, 1934
580. " Die Entstehung fester Partikel im interstellaren Raum. AN **263**, 425, 1937
581. " Über die Entstehung der dunklen festen Materie im Weltraum. VJS **72**, 308, 1937
582. " Über das Anwachsen der festen, dunklen Materie im Weltall. Forsch. u. Fortschr. **13**, 346, 1937
583. Kamp P. van de. On the absorption of light in space. AJ **40**, 145, 1930
584. " On the thickness of the galactic absorbing layer. AJ **41**, 84, 1931
585. " On the absorption of light in the galactic system. AJ **42**, 97, 1932
586. " Note on the space distribution of globular clusters. AJ **42**, 161, 1933

587. Kamp P. van de, Vyssotsky A. N. Analysis of 18.000 proper motions derived at the Leander McCormick Observatory. Proc. Nat. Ac. Soc. **21**, 419, 1935
588. Kamp van de, Vissotsky A. M. A study of the proper motions of 18.000 stars derived at the Leander McCormick Observatory. AJ **46**, 25, 1937
589. Kapteyn J. C. Remarks on the determination of the number and mean parallaxes of stars of different magnitude and the absorption of light in space. AJ **24**, 115, 1904
590. " Plan of Selected Areas. Groningen, 1906
591. " Recent researches in the structure of the universe. Nature **78**, 210; 234, 1908
592. " On the absorption of light in space. Contr. MtWils. Obs. № 31, 1, 1909
593. " On the absorption of light in space. Contr. MtWils. Obs. № 42, 1909
594. " Plan of Selected Areas (second edition by P. I. van Rhijn). Groningen, 1923
595. Kapteyn J. C., Sitter, W. de. The proper motions of 3300 stars of different galactic latitudes, derived from photographic plates prepared by prof. Anders Danner. Gron. Publ. № 19, 1908
596. Keeler J. E. Spectroscopic observations of nebulae made at Mount Hamilton, California, with the 36-inch telescope of the Lick Observatory. Publ. Lick Obs. **3**, 161, 1894
597. Keenan Ph. C. Photometry of the diffuse nebula NGC7023. AphJ **84**, 600, 1936
598. " Spectral types of stars of the NPS. AphJ **91**, 113, 1940
599. Keenan, Babcock. Interstellar absorption near the north pole of rotation. AphJ **93**, 64, 1941
600. Kiefer L., Baker R. H. Analysis of the Milky Way in Auriga. AphJ **94**, 482, 1941
601. Kienle H. Die Absorption des Lichtes im interstellaren Raume. Jahrb. Radiakt. u. Elektr. **20**, 1923
602. " On the low temperature of the B1-type Star ζ Persei. MN **88**, 700, 1928
603. " Die Absorption des Lichtes im interstellaren Raume. Erg. Exakt. Naturw. **9**, 1, 1932
604. " Das Gesetz der Verfärbung bei ρ Persei. ZfAph **20**, 13, 1940
605. Kienle H., Strassl H., Wempe J. Die relative Energieverteilung im kontinuierlichen Spektrum von 36 Fundamentalsternen. ZfAph **16**, 201, 1938
606. King E. S. Photographic magnitudes of 153 stars. HA **59**, 182, 1910
607. " Absorption of light in space. PA **21**, 28, 1913
608. " Absorbing medium in space. HA **76**, 1, 1914
609. Klauer H. Ueber die Stabilität von Dunkelwolken. AN **262**, 233, 1937
610. Klüber H. Das Vorkommen der Elemente im Kosmos. 1931
611. " Sternabzählungen im Dunkelnebel des Taurus. ZfAph **6**, 259, 1933
612. " Ergänzende Sternabzählungen im Dunkelnebel des Taurus. ZfAph **13**, 174, 1937
26. Бюлл. Абаст. астроф. обс., № 12

613. Kopff A. Die Verteilung der Fixsterne um den grossen Orionnebel und den Amerika-nebel. Publ. Königstuhl Heidelb. **1**, 177, 1902
614. Kramers H. A. Haar ter D. Condensation in interstellar space. Bull. Astr. Inst. Netherl. № 371, 1946
615. Kreiken E. A. Some remarks on the apparent surface brightness of the Milky Way. ZfAph **12**, 340, 1936
616. „ On the general aspect of the Milky Way. ZfAph **17**, 170, 1939
617. Kuiper G. P., Wilson W., Cashman R. J. An infrared stellar spectrometer. AphJ **106**, 243, 1937
618. Lambrecht H. Interstellare Materie. Naturwiss. **25**, 631, 1937
619. „ Astronomische Mitteilungen (Die Kosmische Herkunft der Sternschnuppen). Naturwiss, **25**, 813, 1937
620. „ Neuentdeckte interstellare Linien. Weltall **37**, 253, 1937
621. „ Über die Bewegungsverhältnisse des interstellaren Gases. AN **277**, 1, 1949
622. „ Interstellare Wasserstoff-Emissions Gebiete und Kosmische Kurzwellen-Strahlung. Sterne № 9—12, 129, 1949
623. Lambrecht H., Siedentopf H. Die Verteilung diffuser Materie im Felde eines Sternhaufens. AN **257**, 333, 1935
624. Lange B. Ueber die Temperaturabhängigkeit des Sperrschicht-Photoeffektes. Phys. Zs. **32**, 850, 1931
625. Langer R. M. Table of observable interstellar lines. Phys. Rev. (2) **51**, 145, 1937
626. László D, Ueber die Schwächung des Lichtes durch die interstellare Materie. Mat. és fiz. **49**, 187, 1942
627. Ledoux P. A summary of the symposium on interstellar lines at the Yerkes observatory on June 30, 1941. PA **44**, 513, 1941
628. Lehmann H. Anwendung der Hartmann'schen Methode der Zonenprüfung auf astronomische Objektive. Zs. f. Instrumk. **22**, 103, 1902
629. Lindblad B. On the decrease of star density with distance from the galactic plane. Uppsala Medd. № 14, 1, 1926
630. „ On the constitution and development of rotating stellar systems, MN **95**, 12, 1934
631. „ A condensation theory of meteoric matter and its cosmological significance. Nature **135**, 133, 1935
632. „ Le rôle général de la matière absorbante dans les systemes stellaires. Ann. d'Aph. **1**, 173, 1938
633. „ On the absorption of light in the central region of the spiral nebula NGC7331 and related subjects. Stockh. Obs. Ann. **14**, № 3, 1942
634. Lindsay E. M. Ratio of total to selective absorption (Note). Nature **165**, 363, 1950
635. Lindsay E. M., Bok B. J. Investigations of galactic structure. 1. Counts of stars with apparent photographic magnitudes brighter than 13.5 in the southern hemisphere. HA **105**, 255, 1937

636. Linke F. Erleidet das Licht im interstellaren Raume eine Zerstreuung? Weltall № 10, 90, 1909
637. Lohmann W., Miczaika G. R. Selektive Absorption in den 4 Kapteynschen Eichfeldern 8, 9, 18 und 41. Veröff. Badisch. Landessternw. Heidelb. 14, 81, 1947
638. Lohnert K. Sternverteilung um die grossen Nebel bei ζ Persei und bei 12 Monocerotis. Publ. Königstuhl. Heidelb. 2, 159, 1906
639. Lundby A. On the proper motions of stars and the absorption of light in the region of the open cluster M 52. Uppsala Obs. Ann. 1, № 10, 1946
640. Lundmark K. The motions and the distances of spiral nebulae. MN 85, 865, 1925
641. " De mörka nebulosornas utbredning (The distribution of dark nebulae). Uppsala Medd. № 12, 18, 1926
642. " The distribution in space of the anagalactic nebulae as derived from the diameter laws and from physically connected objects. VJS 61, 254, 1926
643. " A preliminary classification of nebulae. Ark. Mat. Astr. Fys. 19, № 8, 1926
644. " Double spiral nebulae and the law of the variation of the absolute dimensions of anagalactic nebulae. Ark. Mat. Astr. Fys. 19, № 19, 1926
645. Luppy-Cramer W. Die Grundlagen der photographischen Negativverfahren, 1929
646. Luyten W. J., Dartayet M. Preliminary color indices for stars of large proper motion. AphJ 96, 55, 1942
647. Mac Rae D. A. A note on the Milky Way in Scorpio. HB, № 974, 1940
648. Maitre V. L'absorption de la lumière des étoiles dans le plan galactique. CR 208, 1878, 1939
649. Malmquist K. G. Investigations on the stars in high galactic latitudes. I. Colours and magnitudes of 3700 stars within 10° of the north galactic pole. Medd. Lund Obs. № 37, 1927
650. " Investigations on the stars in high galactic latitudes. II. Photographic magnitudes and colour indices of about 4500 stars near the north galactic pole. Stockh. Obs. Ann. 12, № 7, 1936
651. " The effect of an absorption of light in space upon some relations in stellar statistics. Ark. Mat. Astr. Fys. 25, № 14, 1936
652. " A contribution to the absorption problem. Stockh. Obs. Ann. 13, № 4, 1939
653. " On the determination of distance, absorbing power and radial extension of a dark nebula. Ann. Astr. Obs. Uppsala, 1, № 7, 1943
654. " Some problems concerning dark nebulae. Ann. Astr. Obs. Uppsala 1, № 8, 1944

655. Malmquist K. G., Hufnagel L. The distribution in space of the stars of type A as derived from the Draper Catalogue. *Astr. iakttagelser och undersökningar å Stockh. Obs.* 11, № 9, 1933
656. Martel Marie-Thérèse. Absorption différentielle dans la direction perpendiculaire au plan galactique. *Ann. d'Aph.* 12, 275, 1949
657. " Epaisseur de la couche absorbante galactique. *Ann. d'Aph.* 13, 102, 1950
658. Martin E. G. Space reddening deduced from moving cluster in Perseus. *MN* 99, 467, 1939
659. " Obscured regions in the Greenwich Astrographic Zone. *MN* 102, 237, 1942
660. " Obscuration around the north pole. *MN* 102, 261, 1942
661. McCrea W. H. The size of interstellar clouds. *Obs* 70, 100, 1950
662. McCuskey S. W. The galactic structure in Taurus. I. Surface distribution of stars. *AphJ.* 88, 209, 1938
663. " The galactic structure in Taurus. II. The space distribution of the stars. *AphJ* 89, 568, 1939
664. " The galactic structure in the Taurus. III. Density gradients from spectral type distribution. IV. The dark nebula in Taurus. *AphJ* 94, 468, 1941
665. " Density gradients in the anticenter region of the Milky Way. *AphJ* 102, 32, 1945
666. " Stellar spectra in Milky Way regions. I. A region in Aquila. *AphJ* 109, 426, 1949
667. McCuskey W., Seyfert C. K. Variations in the stellar luminosity function. I. Regions in Aquila and Cygnus. *AphJ* 106, 1, 1947
668. McKellar A. Evidence for the molecular origin of some hitherto unidentified interstellar lines. *PASP* 52, 187, 1940
669. " Identification of interstellar lines. *Publ. Dom. Obs. Victoria* 7, № 15, 1940
670. " The problem of possible molecular identification for interstellar lines. *PASP* 53, 233, 1941
671. McLaughlin D. B. A note on the absorption of light in the Galaxy. *AJ* 51, 97, 1945
672. Mees Kenneth C. E. (Миз К.). Теория фотографического процесса. 1949 (перевод).
673. Melotte P. J. New nebulae shown on Franklin-Adams Chart Plates. *MN* 86, 636, 1926
674. Merrill P. W. Unidentified interstellar lines. *PASP* 46, 206, 1934
675. " Regional study of interstellar lines. *AphJ* 86, 28, 1937
676. " Notes on interstellar sodium. *PASP* 49, 219, 1937
677. " Unidentified interstellar lines. *Phys. Rev. (2)* 52, 761, 1937
678. " Stationary emission lines in the spectrum of ν Sagittarii. *PASP* 56, 42, 1944
679. " Distribution of interstellar gas. *PASP* 58, 354, 1946
680. Merrill P. W., Sanford R. F. Comparison of the displacements of detached lines of calcium and sodium in stellar spectra. *AphJ* 85, 73, 1937

681. Merrill P. W., Sanford R. F. Studies based on the intensities and displacements of interstellar lines. *AphJ* **87**, 118, 1938.
682. Merrill P. W., Sanford R. F., Wilson C. C., Burwell C. G. Intensities and displacements of interstellar lines. *AphJ* **86**, 274, 1937
683. Merrill P. W., Wilson O. C. Unidentified interstellar lines in the yellow and red. *AphJ* **87**, 9, 1938
684. Merrill P. W., Wilson O. C. Components of interstellar sodium lines. *PASP* **59**, 132, 1947
685. Meyer W. F. A study of certain nebulae for evidences of polarization effects. *Bull. Lick Obs.* **10**, 68, 1920
686. Miczaika G. R. Galaktische Dichtegradienten bei strenger Berücksichtigung der interstellaren Absorption. *Veröff. Badisch. Landessternw. Heidelberg.* **14**, № 14, 1947
687. Mie G. Beiträge zur Optik trüber Medien speziell kolloidaler Metallösungen. *Ann. Phys.* **4**, 377, 1908.
688. Miller F. D. investigations of galactic structure. II. The Milky Way from Aquila to Cygnus. *HA* **105**, 297, 1937
689. " The analysis of general star-counts in obscured regions. *AJ* **46**, 165, 1937
690. " Galactic structure of Milky Way from Aquila to Cygnus. *Proc. Nat. Ac. Sc.* **23**, 405, 1937
691. " Remarks on dark nebulae in Cygnus. *Publ. Am. Astr. Soc.* **9**, 128, 1938
692. " Note on a bright galactic region. *AJ* **49**, 117, 1941
693. Miller F. D., Hynek J. A. Eighteenth magnitude starcounts and the galactic structure in Cygnus. *Contr. Perkins Obs.* № 13, 1939
694. Mineur H. Recherches sur la distribution de la matière absorbante par les dénombrements de nébuleuses extragalactiques. *Ann. d'Aph.* **1**, 97, 1938
695. " Zero de la relation période-luminosité et absorption de la lumière dans l'espace interstellaire. *Ann. d'Aph* **7**, № 3-4, 1944
696. " L'espace interstellaire. 1947
697. Mineur H., Machiels A. Sur la distribution de la matière absorbante galactique. *CR* **195**, 1234, 1932
698. Minkowski R. New emission nebulae. *PASP* **58**, 305, 1946
699. " The diffuse nebula in Monoceros. *PASP* **61**, 151, 1949
700. Mohler F. L. The resistivity of interstellar space. *Phys. Rev. (2)* **59**, 1043, 1941
701. Monck G. S. Intensity of the continuous spectrum of stars and its relation to absolute magnitude. *AphJ* **44**, 45, 1916
702. Moore J. H. The absorption of light in space. *PASP* **27**, 119, 1914
703. Morgan W. W. On the determination of colour indices of stars from a classification of their spectra. *AphJ* **87**, 460, 1938
704. " Note on interstellar reddening in the region of γ Cygni. *AphJ* **90**, 632, 1939

705. Morgan W. W. Note on interstellar reddening in the region of the Orion nebula. *AJ* **51**, 21, 1944
706. Morgan W. W., Bidelman W. P. On the interstellar reddening in the region of the North Polar Sequence and the normal color indices of A-type stars. *AphJ* **104**, 245, 1946
707. Mrkos A. Six new bright diffuse galactic nebulae. *Bull. Astr. Inst. Czechoslov.* **2**, 59, 1950.
708. Müller H. Untersuchungen über absorbierende Wolken. *ZfAph* **2**, 265, 1931
709. Müller H., Hufnagel L. Untersuchungen über absorbierende Wolken beim Nordamerikanebel unter Benutzung von Farbenindizes schwacher Sterne. *ZfAph* **9**, 331, 1935
710. Müller R. Ueber den Dunkelnebel bei δ Ophiuchi. *ZfAph* **3**, 261, 1931
711. " Dunkelnebel um ρ Ophiuchi. *ZfAph* **3**, 369, 1931
712. " Ueber den Dunkelnebel bei ζ Ophiuchi. *ZfAph* **4**, 365, 1932
713. " Ueber den Dunkelnebel „Kohlensack“. *ZfAph* **8**, 66, 1934
714. Nantkes E., Baker H. Analysis of the Milky Way in Northern Cassiopeia and Cepheus. *AphJ* **107**, 113, 1948
715. Nassau J. J., Burger Virginia. Red magnitudes of the North Polar Sequence stars. *AphJ* **103**, 25, 1946
716. Nassau J. J., Mac Rae D. A. A study of the galactic structure in a clear region in Cygnus. *AphJ* **110**, 40, 1949
717. Nassau J. J., Mac Rae D. A. Stellar spectra and colors in a clear region in Cygnus. *AphJ* **110**, 478, 1949
718. Neblette C. B. (Неблит К.). Общий курс фотографии, тт I, II, III. 1930—1932 (перевод)
719. Nölke F. Eine neue Erklärung des Ursprungs der Kometen. *Astr. Abhandl. Hamb. Sternw. Berged.* **17**, 38, 1910
720. Nordmann Ch. Sur la dispersion de la lumière dans l'espace interstellaire. *CR* **146**, 266, 1908
721. " Sur la dispersion de la lumière dans l'espace céleste. *CR* **146**, 383, 1908
722. " Sur l'état actuel du problème de la dispersion des rayons lumineux dans les espaces interstellaires. Premier essai d'application a des déterminations provisoires de distances stellaires. *CR* **146**, 680, 1908
723. " L'espace céleste est-il un milieu dispersif? *Bull. Astr.* **26**, 5, 1909
724. Nordmann Ch., Morvan M. Les Observations of an abnormal star by the heterochrome photometer of the Paris Observatory. *CR* **174**, 101, 1922
725. Ohman J. Spectrophotometric studies of B, A and F stars. *Uppsala Medd.* № 48, 1930
726. " A polarigraphic study of obscuring clouds in the great Andromeda nebula M 31. *Stockh. Obs. Ann.* **14**, № 4, 1942

727. Öhman J. On some photoelectric measurements of polarization and colour made by the Flicker method. Stockh. Obs. Medd. № 55, 1944
728. " Photoelectric work by the Flicker method Stockh. Obs. Ann. 15, № 8, 1949
729. O'Keefe J. A. The distances of the reddened B stars. AphJ 94, 353, 1941
730. Olbers W. Über die Durchsichtigkeit des Weltraums. Bodès Jahrbuch für 1826
731. Oort J. H. The force exerted by the stellar system in the direction perpendicular to the galactic plane and some related problems. Bull. Astr. Inst. Netherl. 6, 249, 1932
732. " Absorption and density distribution in the Galactic system. Bull. Astr. Inst. Netherl. 8, 233, 1938
733. " Quelques résultats concernant la répartition de la matière interstellaire et structure de système galactique. Ann. d'Aph. 1, 71, 1938
734. " Some phenomena connected with interstellar matter. MN 106, 159, 1946
735. Oort J. H. Van de Hulst H. C. Gas and smoke in interstellar space. Bull. Astr. Inst. Netherl. № 376, 1946
736. Oort J. H., Oosterhoff P. Th. Note on the distances and motions of some extremely remote Cepheids in Cygnus. Bull. Astr. Inst. Netherl. 9, 325, 1942
737. Page Th. The purity of interstellar H α emission. AphJ 108, 157, 1948
738. Pahlen E. Ueber Sternabzählungen im Gebiete des Kohlenstocks. AN 238, 269, 1930
739. Pannekoek A. De afstand van de donkere nevels in Taurus (The distance of the dark nebulae in Taurus). Proc. Kon. Ak. Wetensch. Amsterd. 23, № 5, 1, 1920
740. " Verdere beschouwingen over de donkere nevels in Taurus (Further remarks on the dark nebulae in Taurus) Proc. Kon. Ak. Wetensch. Amsterd. 23, № 5, 14, 1920
741. " Die nördliche Milchstrasse. Ann. Sterrenw. Leiden 11, № 3, 1, 1920
742. " Researches on the structure of the universe. Publ. Astr. Inst. Univ. Amsterd, 1, 1, 1924
743. " Die südliche Milchstrasse. Ann. Bosscha Sterrenw. Lembang (Java) 2, № 1, 1932
744. " Photographische Photometrie der nördlichen Milchstrasse (nach Negativen auf der Sternwarte Heidelberg (Königstuhl) aufgenommen von Max Wolf). Publ. Astr. Inst. Univ. Amsterd. № 3, 1933
745. " Investigations on dark nebulae. Publ. Astr. Inst. Univ. Amsterd. № 7, 1942
746. Paris Pismis M. A gradient in selective and general absorption in the region of h and χ Persei. HB № 915, 27, 1941
747. Parkhurst J. A. The evidence from photographic colorfilters in regard to the absorption of light in space. AphJ 30, 33, 1909

748. Parkhurst J. A. Zone of 45° of Kapteyn's selected areas: photographic photometry for 1550 stars. Publ. Yerkes Obs. **4**, № 6, 1927
749. Payne-Gaposchkin C. Color indices of giants and dwarfs. HA **89**, 105, 1935
750. " Red indices of stars in eight southern selected areas. HA **105**, 383, 1937
751. " Red indices in southern selected areas. AphJ **90**, 321, 1939
752. Payne-Gaposchkin C., Gaposchkin S. On the establishment of red standards by photographic method. HA **89**, 93, 1935
753. Pihlbald N. E. Lichtabsorption und Teilchengröße in dispersen Systemen. 1918
754. Plaskett J. S., Pearce J. A. The problem of the diffuse matter in the Galaxy. Publ. Dom. Obs. Victoria **5**, 167, 1933
755. Popper D. M. Studies of faint B-type stars. II. AphJ **100**, 94, 1944
756. Puig J. La materia interstellar. Bibl. Cient. Obs. San Miguel **4**, 1937
757. Raimond J. J. Jr. The coefficient of differential galactic absorption. Gron. Publ. № 46, 1934
758. Ramberg J. M. A spectrophotometric study of the central parts of the regions of the Hyades and Praesepeae. Stockh. Obs. Ann. **13**, № 9, 1941
759. Ranyard A. C. Knowledge № 17, 253, 1894
760. Rayleigh J. W. S. On the transmission of light through an atmosphere containing small particles in suspension, and on the origin of the blue of the sky. Phil. Mag. **5**, 375, 1899
761. Reber G. Cosmic Static (Note). AphJ **91**, 621, 1940
762. " Cosmic Static. AphJ **100**, 279, 1944
763. Reimer J. P. Die Nebel in der Gegend von Omikron Persei. Mitteil. Wiener Sternw. № 4, 237, 1935
764. Reiz A. A Study of external Galaxies with Special Regard to the Distribution Problem. Lund Obs. Ann. № 9, 1941
765. Reynolds J. H. Preliminary Observations of spiral nebulae in polarised light. MN **72**, 553, 1912
766. Rhijn P. J. van. On the absorption of light in space derived from the diameter-parallax curve of globular clusters. Bull. Astr. Inst. Netherl. **4**, 123, 1928
767. " Distribution of stars according to apparent magnitude, galactic latitude and galactic longitude. Gron. Publ. № 43, 1929.
768. " The absorption of light in interstellar galactic space and the galactic density distribution. Gron. Publ. № 47, 1936
769. " On the interstellar line intensities as a criterion of distance. Gron. Publ. № 50, 1946
770. " On the distribution of interstellar grains. Gron. Publ. № 53, 1949
771. Rhijn P. J. van, Bok B. J. The secular parallax of the stars of different apparent magnitude and galactic latitude. Gron. Publ. № 45, 1931
772. Ribaud G. (Рибо Г.). Оптическая пиометрия. 1934 (перевод)
773. Riggs Ph. S. Direct-photography color photometry of a galactic cluster (Abstract). AJ **52**, 129, 1947
774. Risley A. M. The Milky Way in Cepheus. AphJ **97**, 277, 1943
775. " A bright region in Cepheus. AphJ **109**, 314, 1949

776. Rosenblatt A. On the movement of a cosmic cloud. *Amer. J. Math.* **66**, 268, 1944
777. Ross F. E. Photographic photometry. *AphJ* **84**, 241, 1936
778. Ross F. E., Calvert Mary R. Atlas of the Northern Milky Way (made from negatives secured at the MtWilson and Lowell observatories by F. E. Ross with the assistance of Kenneth Newman at Flagstaff). Chicago, 1934
779. Ross F. E., Zug R. S. Magnitudes and colors of the Eros comparison stars. *AN* **239**, 289, 1930
780. Rosseland S. Absorption of light in space. *MN* **98**, 301, 1938
781. Rudnick J. On reddening in B-type stars. *AphJ* **83**, 394, 1936
782. " The color index of the night sky. *AphJ* **86**, 212, 1937
783. Russell H. N. Dark Nebulae. *Proc. Nat. Ac. Sc.* № 8, 115, 1922
784. " The analysis of spectra and its applications in astronomy. *MN* **95**, 610, 1935
785. Rybka E. V. Photovisual magnitudes of 635 stars North of $\delta = +80^\circ$. *Prace Wroclawsk. Towarz. Naukow. Seria B*, № 18, 1949
786. " Red magnitudes of 172 stars North of $\delta = +84^\circ$. *Prace Wroclawsk. Towarz. Naukow. Seria B*, № 28, 1950
787. Saha M. N. Molecules in interstellar space. *Nature* **139**, 840, 1937
788. Salet P. Sur l'absorption et la diffusion de la lumière par les météorites de l'espace intersidéral. *CR* **152**, 994, 1911
789. Sanford R. F. Regional study of the interstellar calcium lines. *AphJ* **86**, 136, 1937
790. " Stars having double H and K lines with one or both components of interstellar origin. *PASP* **51**, 238, 1939
791. " Interstellar sodium lines in stars of classes R and N. *PASP* **54**, 257, 1942
792. " Interstellar calcium lines in the spectra of stars in open clusters. *AphJ* **110**, 117, 1949
793. Schalén C. The space distribution of B and A type stars in bright and dark galactic region. *Uppsala Medd.* №37, 1928
794. " Zur Frage einer allgemeinen Absorption des Lichtes im Welt-raum. *AN* **236**, 249, 1929
795. " The relation between distance and colour for stars in the direction of the open cluster NGC663. *Uppsala Medd.* № 49, 1930
796. " On the dark nebulae in Cepheus. *Uppsala Medd.* № 50, 1930
797. " Note on colour excesses in the cluster NGC663 and its surroundings. *Uppsala Medd.* № 53, 1931
798. " Note on space reddening in Cassiopeia. *PA* **39**, 21, 1931
799. " The distribution of stars in galactic regions in relation to the dark nebulae. *Uppsala Medd.* № 55, 1932
800. " Untersuchungen über Dunkelnebel. *Uppsala Medd.* № 58, 1934
801. " The distribution of stars in the Scutum region of the Milky Way. *Uppsala Medd.* № 61, 1935
802. " Ueber Probleme der interstellaren Absorption. *Uppsala Medd.* № 64, 1936
803. " Nebuleuses obscures et leur constitution. *Ann. d'Aph* **1**, 60, 1938

804. Seares F. H. The influence of dispersion in the absolute magnitudes on the determination of dimensions of dark nebulae. Bergstrand Festschrift, 1938
805. " Ueber die Bedeutung des Strahlungsdruckes und der Gravitation für die Verteilung interstellarer Materie. ZfAph 17, 260, 1938
806. " Beiträge zur Theorie der interstellaren Absorption. Uppsala Obs. Ann. 1, №2, 1939
807. " Some remarks concerning the dark cloud in Auriga. Ark. Mat. Astr. Fys. 27A, № 11, 1940
808. " Die dunkle Materie im Sternsystem. Naturwiss. 28, 81, 1940
809. " Sur les particules solides dans l'espace. Scientia (4) 69, 1, 1941
810. " Studies of reflection nebulae. Uppsala Obs. Ann. 1, № 9, 1945
811. " Color effects in reflection nebulae. Harv. Obs. Mon. № 7, 11, 1948
812. " Color effects in reflection nebulae. Uppsala Obs. Ann. 2, 5, 1948
813. " Neuere Untersuchungen über die interstellare Materie. Naturwiss 36, 33, 1949
814. Schalèn C., Wernberg G. Einige Berechnungen des Strahlungsdruckes auf absorbierende Teilchen. Ark. Mat. Astr. Fys. 27A, № 26, 1941
815. Schamés L. La matière interstellaire comme cause éventuelle du déplacement du spectre des nébuleuses vers le rouge. CR Soc. Phys. Hist. Nat. Genève (5) 19, 144, 1937
816. Schatzman E. Remarque sur l'évolution des nuages interstellaires. Ann. d'Aph 12, 161, 1949
817. " Sur l'absorption sélective des nuages interstellaires. Ann. d'Aph 12, 227, 1949
818. " Sur l'abondance des grands nuages de matière interstellaire. Ann. d'Aph 13, 367, 1950.
819. Schaub W. Qualitative Spektralanalyse. Hdb. Exp. Phys. 26, 221, 1937
820. Schewick van H. Das interstellare System der Kleinkörper. Himmelswelt 47, 140, 1937
821. Schilt J. The intensity of interstellar sodium lines as a criterion for stellar distance and the distribution of the early-type stars. AJ 52, 209, 1947
822. " The gravitational galactic force and the density of interstellar matter. AJ 55, 97, 1950
823. Schmidt H. Infrarotstrahlung aus den Gebieten des Galaktischen Zentrum. Sterne № 4—6, 59, 1949
824. " Eine Bemerkung zur Frage einer sonnennahen interstellaren Absorption. AN 278, 250, 1950
825. Schönberg E. Das Gesetz der Verfärbung bei Diffusion und einige astronomische Anwendungen derselben. Mitteil. Sternw. Breslau 3, 53, 1932
826. " Ueber die Verteilung und die Natur der dunklen Materie im Weltraum. Zs. techn. Phys. 17, 359, 1936
827. " Über neblige Sterne. AN 263, 417, 1937

828. Schönberg E. The density distribution in dark clouds and their masses. *Zs. Naturforsch.* 4a, 161, 1949
829. Schönberg E., Jung B. Ueber die Lichtzerstreuung im interstellaren Raum durch Wolken metallischer Partikel. *AN* 253, 261, 1934
830. Schönberg E., Jung B. Ueber die Absorption des Lichtes im interstellaren Raume bei verschiedenen Zuständen der dunklen Materie. *Mitteil. Sternw. Breslau* 4, 61, 1937
831. Schönberg E., Lambrecht H. Interstellare Materie. *Erg. exakt. Naturw.* 19, 1, 1940
832. Schwassmann A., Rhijn P. J. van. Spektral-Durchmusterung der 115 nördlichen Kapteyn'schen Eichfelder. P. I. (Eichfeld I bis 19). Bergedorf, 1935
833. Schwassmann A., Rhijn P. J. P. II. (Eichfeld 20 bis 43). Bergedorf, 1938
834. Seares F. H. Photographic and photovisual magnitudes of stars near the north pole. *AphJ* 41, 206, 1915
835. " A simple method of determining the colors of the stars. *Mt. Wils. Comm.* № 33, 1916
836. " Revised magnitudes for stars near the north pole. *AphJ* 56, 97, 1922
837. " The mean color-index of stars of different apparent magnitudes. *Contr. Mt. Wils. Obs.* № 287, 1925
838. " Note on the distribution and number of nebulae. *AphJ* 62, 168, 1925
839. " Effect of space absorption on the calculated distribution of stars. *AphJ* 74, 91, 1931
840. " Systematic corrections to magnitudes and an extension of the polar sequence. *Contr. Mt. Wils. Obs.* № 472, 1933
841. " Selective absorption of star-light by interstellar clouds. *Proc. Nat. Ac. Sc.* 22, 327, 1936
842. " Photoelectric Magnitudes and the International standards. *AphJ* 87, 257, 1938
843. " The dust in space. *PASP* 52, 80, 1940
844. " Selective absorption near the north pole and the spectrum-colour relation. *MN* 103, 281, 1943
845. Seares F. H., Hubble E. P. The color of the nebulous stars. *AphJ* 52, 8, 1920
846. Seares F. H., Humason M. L., Joyner M. C. Stars of abnormal color in S. A. 40. *PASP* 43, 53, 1931
847. Seares F. H., Joyner M. C. Distribution of color indices in S. A. 40. *PASP* 43, 57, 1931
848. Seares F. H., Joyner M. C. Systematic corrections to photographic magnitudes of polar stars. *AphJ* 79, 203, 1934
849. Seares F. H., Joyner M. C. Some comparisons of spectral classification. *AphJ* 98, 244, 1943
850. Seares F. H., Joyner M. C. Discussion of color index and spectral type. *AphJ* 98, 261, 1943
851. Seares F. H., Joyner M. C. Effective wavelengths of standard magnitudes; color temperature and spectral type. *AphJ* 98, 302, 1943
852. Seares F. H., Joyner M. C. Relation between color index and effective wavelength from the observations of Hertzsprung and Vanderlinden. *AphJ* 100, 264, 1944

853. Seares F. H., Joyner M. C. Revised standards of color index for polar stars. *AphJ* **101**, 15, 1945
854. Seares F. H., Kapteyn J. C., Rhijn P. J. van. Mount Wilson Catalogue of photographic magnitudes in Selected Areas. Publ. Carnegie Inst. № 402, 1930
855. Seares F. H., Ross F. E., Joyner Mary C. The catalogue of magnitudes and colors north of $+80^\circ$. Publ. Carnegie Inst. № 532, 1941
856. Seares F. H., Sitterly B. W., Joyner M. C. Magnitudes of southern comparison stars for Eros. *AphJ* **72**, 311, 1930
857. Secchi A. *CR* **60**, 543, 1865
858. Seeliger H. Betrachtungen über die räumliche Verteilung der Sterne. *AN* **182**, 229, 1909
859. " Ueber die räumliche Verteilung der Sterne im schematischen Sternsystem. *Münch. Bericht* № 40, 413, 1911
860. Seyfert C. K. Red indices of 104 external galaxies. *HA* **105**, 209, 1934
861. " A study of faint northern galaxies. *HA* **105**, 219, 1937
862. Seyfert C. K., Nassau J. J. Star counts in the Andromeda Nebula. *AphJ* **101**, 171, 1945
863. Seyfert C. K., Popper D. M. Studies of faint B-type stars. *AphJ* **93**, 461, 1941
864. Shapley H. On the spectral constitution of the nearer parts of the Milky Way. *HC* № 240, 1922
865. " Note on obscuring cosmic clouds in high galactic latitudes. *HC* № 281, 1925
866. " On the distribution of galaxies. *Proc. Nat. Ac. Sc.* **19**, 389, 1933
867. " Note on rich nebular fields in low latitudes. *HB* № 899, 17, 1935
868. " Variable stars and faint galaxies near NGC 6215 and 6221. *HB* № 901, 1935
869. " Variable stars and galaxies in a southern Milky Way field. *HC* № 411, 1936
870. " Note on one hundred variable stars beyond the galactic center. *HB* № 904, 1936
871. Shapley H., Ames A. The Coma-Virgo Galaxies. I. On the transparency of intergalactic space. *HB* № 864, 6, 1929
872. Shapley H., Ames A. A survey of the external galaxies brighter than the thirteenth magnitude. *HA* **88**, 43, 1932
873. Shapley H., Boyd C. D. Twenty-seven new variable stars in a transparent anti-center region. *HB* № 905, 7, 1937
874. Shapley H., Boyd C. D. Distant variable stars in low galactic latitudes. *HA* **105**, 243, 1937
875. Shapley H., Jones R. Note on an obscuring cloud near the north pole. *HB* № 905, 14, 1937
876. Shapley H., Jones R. Survey of 16639 galaxies north of declination $+70^\circ$. *HA* **106**, 1, 1938
877. Shapley H., Walton M. L. Spectra and color indices at the north galactic pole. *HB* № 859, 2, 1928
878. Sherman F. Note on the interstellar band at $\lambda 4430$ (Note). *AphJ* **90**, 630, 1939

879. Siedentopf H. Zur Deutung der Hagenschen Wolken. *ZfAph* **14**, 293, 1937
880. Slipher V. M. Preliminary note on the spectrum of α (Mira) Ceti. *AphJ* **25**, 66, 1907
881. " On the spectrum of the nebula in the Pleiades. *Bull. Lowell Obs.* № 55, 26, 1912
882. Slocum L. T. A study of color-indices of faint stars in five selected areas in the Milky Way. *Bull. Lick Obs.* **15**, 154, 1931
883. Slocum L. T., Sitterly B. W. An absorbing cloud in galactic latitude $+18^\circ$. *HB* № 905, 16, 1937
884. Smart W. M. Catalogue of photographic proper motions determined in the years 1922—1927. *Cambr. Astr. Observations* № 26, 1, 1928
885. Smith C. E. An investigation of selective absorption in the Aquila region of the Milky Way. *Bull. Lick Obs.* **18**, 39, 1937
886. Smith S. Some notes on the structure of elliptical nebulae. *AphJ* **82**, 192, 1935
887. Spitzer L. Jr. Dynamics of the interstellar medium. *AphJ* **93**, 369, 1941
888. " The dynamics of the interstellar medium. II. *AphJ* **94**, 232, 1941
889. " The equilibrium of interstellar matter. *Publ. Am. Astr. Soc.* **10**, 144, 1941
890. " The dynamics of the interstellar medium. III. Galactic distribution. *AphJ* **95**, 329, 1942
891. " *Publ. Am. A. Soc.* **10**, 235, 1942
892. " Temperature of interstellar matter (Abstract). *AJ* **52**, 130, 1947
893. " The galactic magnetic field (Abstract). *AJ* **53**, 117, 1948
894. " The temperature of interstellar matter. I. *AphJ* **107**, 6, 1948
895. " The distribution of interstellar sodium. *AphJ* **108**, 276, 1948
896. " The formation of cosmic clouds. *Harv. Obs. Mon.* № 7, 87, 1948
897. " The temperature of interstellar matter. II. *AphJ* **109**, 337, 1949
898. Spitzer L. Jr., Epstein I., Hen L. Equivalent widths of interstellar calcium lines. *Ann. d'Aph* **13**, 147, 1950
899. Spitzer L. Jr., Svedoff M. P. The temperature of interstellar matter. III. *AphJ* **111**, 593, 1950
900. Spitzer L. Jr., Turkey J. W. Interstellar polarization, galactic magnetic fields and ferromagnetism. *Science* **109**, 461, 1949
901. Stebbins J. Absorption and space reddening in the Galaxy as shown by the colors of globular clusters. *Proc. Nat. Ac. Sc.* **19**, 222, 1923
902. " Interstellar absorption in our own and other Galaxies. *Harv. Obs. Mon.* № 7, 3, 1948
903. Stebbins J., Huffer C.M. Absorption and space reddening in the Galaxy from the colors of B-stars. *Proc. Nat. Ac. Sc.* **19**, 597, 1933
904. Stebbins J., Huffer C. M. Space reddening in the Galaxy from the colors of 733 B-stars. *Publ. Washb. Obs.* **15**, 217, 1934
905. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E. Space reddening in the Galaxy. *AphJ* **90**, 209, 1939
906. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E. Colours of 1332 B-stars. *AphJ* **91**, 20, 1940

907. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E. The mean coefficient of selective absorption in the Galaxy. *AphJ* **92**, 193, 1940
908. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E. Selective absorption in space near the Sun. *AphJ* **94**, 215, 1941
909. Stebbins J., Whitford A. E. Absorption and space reddening in the Galaxy from the colors of globular clusters. *AphJ* **84**, 132, 1936
910. Stebbins J., Whitford A. E. Photometric magnitudes and colors of extragalactic nebulae. *AphJ* **86**, 247, 1937
911. Stebbins J., Whitford A. E. The magnitudes of the thirty brightest stars in the northern polar sequence. *AphJ* **87**, 237, 1938
912. Stebbins J., Whitford A. E. Six-color photometry of stars. I. The law of space reddening from the colors of O and B stars. *AphJ* **98**, 20, 1943
913. Stebbins J., Whitford A. E. Six-color photometry of stars. III. The colors of 238 stars of different spectral types. *AphJ* **102**, 318, 1945
914. Stebbins J., Whitford A. E. Six-color photometry of stars. V. Infrared radiation from the region of the galactic center. *AphJ* **106**, 235, 1947
915. Stebbins J., Whitford A. E. Infrared radiation from the region of the galactic center (Abstract). *AJ* **52**, 130, 1947
916. Stebbins J., Whitford A. E. Six-color photometry of stars. VI. The colors of extragalactic nebulae. *AphJ* **108**, 413, 1948
917. Stebbins J., Whitford A. E. The relation between color index and red shift for extragalactic nebulae (Abstract). *AJ* **53**, 204, 1948
918. Stebbins J., Whitford A. E., Johnson H. L. Photoelectric magnitudes and colors of stars in selected areas 57, 61 and 68. *AphJ* **112**, 469, 1950
919. Stenquist E. A spectrophotometric study of the Cambridge proper motion stars. *Uppsala Medd.* № 72, 1937
920. " Selective absorption in the directions of the Cambridge regions. *Bergstrand Festschrift* 50, 1938
921. Sticker B. Der Cepheusnebel. *Veröff. Univ. Sternw. Bonn.* № 30, 1, 1937
922. Stobbe J. Ueber die spektrale Empfindlichkeit photographischer Platten. *AN* **251**, 65, 1934
923. Stoddard L. G. A study of general and selective absorption in four small dark nebulae. *AphJ* **102**, 267, 1945
924. Stoy R. H. Standard magnitudes at -45° declination. *MN* **103**, 288, 1943
925. Stoy R. H., Menzies A. Re-observation of the Magnitudes of the Southern Comparison stars for Eros. *MN* **104**, 298, 1944
926. Strohmeier W. Spektralphotometrische Untersuchungen der rotverfärbten Sternen. *ZfAph* **17**, 83, 1939
927. " Rote Nebel in der Wintermilchstrasse. *ZfAph* **27**, 49, 1950
928. Strömgren B. The physical state of interstellar Hydrogen. *AphJ* **89**, 526, 1939
929. " On the density distribution and chemical composition of the interstellar gas. *AphJ* **108**, 242, 1948
930. Struve O. On the intensities of the lines $\text{Ca}^+ 3934$ and $\text{Si}^{+++} 4553$ in stars of spectral types O5—B3. *PA* **34**, 158, 1926

931. Struve O. Remarks on the colors of B-and A-type stars. AN **227**, 377, 1926
932. " Interstellar calcium. AphJ **65**, 163, 1927
933. " Further work on interstellar calcium. AphJ **67**, 353, 1928
934. " Detached calcium lines in Perseus. Obs. **52**, 52, 1929
935. " The determination of stellar distances from intensities of the detached calcium line K. MN **89**, 567, 1929
936. " Rayleigh scattering in interstellar space. AphJ **77**, 153, 1933
937. " Matter in interstellar space. PA **41**, 423, 1933
938. " Notes on calcium clouds. AphJ **79**, 273, 1934
939. " An emission nebula near σ Scorpii. AphJ **86**, 94, 1937
940. " La constitution des nébuleuses par reflexion. Ann. d'Aph **1**, 143, 1938
941. " The physical state of the interstellar gas clouds. Proc. Nat. Ac. Sc. **25**, 36, 1939
942. " Die Emission und Absorption von Spektrallinien im interstellaren Raum. ZfAph **17**, 316, 1939
943. " The constitution of diffuse matter in interstellar space. J. Ac. Sc. Wash. **31**, 217, 1941
944. " Diffuse matter in Space. 1942
945. " The Zürich meeting of the international Astronomical Union. PA **56**, 401, 1948
946. " Polarization of starlight. Sky a. Telesc. **8**, 274, 1949
947. Struve O., Biesbroeck G. van, Elvey C. T. The 150-foot nebular spectrograph of the McDonald observatory. AphJ **87**, 559, 1938
948. Struve O., Elvey C. Emission Nebulosity in Cygnus and Cepheus. AphJ **88**, 364, 1938
949. Struve O., Elvey C. Observations made with the nebular spectrograph of the McDonald Observatory. AphJ **89**, 119, 1939
950. Struve O., Elvey C. Observations made with the nebular spectrograph of the McDonald observatory. II. AphJ **89**, 517, 1939
951. Struve O., Elvey C. T., Keenan P. C. On the colors of diffuse nebulae having continuous spectra. AphJ **77**, 274, 1933
952. Struve O., Elvey C. T., Linke W. Observation with nebular spectrograph of McDonald observatory (Part III). AphJ **90**, 301, 1939
953. Struve O., Elvey C. T., Roach F. E. Reflection nebulae. AphJ **84**, 219, 1936
954. Struve O., Keenan P., Hynek J. Color temperatures of B-type stars and Rayleigh scattering. AphJ **79**, 1, 1934
955. Swings P. Molecular absorption in interstellar space. MN **97**, 212, 1937
956. " L'absorption interstellaire. Ciel et Terre **53**, 65, 1937
957. " Les constituants physiques de l'espace interstellaire. Ann. d'Aph **1**, 39, 1938
958. " The interstellar absorption lines of molecular origin. J. R. Astr. Soc. Canada **35**, 71, 1941
959. Swings P., Rosenfeld L. Considerations regarding interstellar molecules. AphJ **86**, 483, 1937
960. Thackeray A. D. On some possible evolutionary trends in the interstellar medium. Obs. **68**, 22, 1948

961. Thackeray A. D. Observations of the brightest regions of three diffuse nebulae. *MN* 110, 343, 1950
962. Thorndike S. L. The distribution of interstellar scattering matter as shown by colors of early type stars. *Bull. Lick Obs.* 17, № 461, 9, 1934
963. Townes Ch. H. Interpretation of radio radiation from the Milky Way. *AphJ* 105, 235, 1947
964. Toydemir N. Contribution aux recherches sur l'existence d'une matière obscure interstellaire homogène autour du soleil. *Rev. Fac. Sci. Univ. Istanbul (NS)* 3, 11, 1937
965. Trippe W., Jung B. Photometrisch - stellarstatistische Untersuchungen in der südlichen Milchstrasse. *ZfAph* 20, 69, 1940
966. Trumpler R. J. Absorption of light in the galactic system. *PASP* 42, 214, 1930
967. " Spectrophotometric measures of interstellar light absorption. *PASP* 42, 267, 1930
968. " Preliminary results on the distances, dimensions and space distribution of open star clusters. *Bull. Lick Obs.* 14, № 420, 154, 1930
969. " The star cluster in Coma Berenices. *Bull. Lick Obs.* 18, № 494, 167, 1938
970. " Galactic star clusters. *AphJ* 91, 186, 1940
971. Turner H. H. On the diminution of light in its passage through interstellar space. *MN* 69, 61, 1908
972. Unsöld A., Star counts in the region of the „Coal Sack“. *HB*, № 870, 13, 1929
973. Unsöld A., Struve O., Elvey C. T. Zur Deutung der interstellaren Calciumlinien. *ZfAph* 1, 314, 1930
974. Vanäs E. A spectrophotometric study of stars in Cygnus. *Uppsala Obs. Ann.* 1, № 1, 3, 1939
975. " The dark nebulae in Cygnus, Cepheus, Cassiopeia and Ophiuchus. *Ark. Mat. Astr. Fys.* 27, № 15, 1941
976. Velghe A. Over kleuraequivalenten van sterren in de Selected Areas 40 en 41 van Kapteyn. *Gent Med.* № 5, 1941
977. Vyssotsky A. N., Williams E. T. R. Color indices and integrated magnitudes of fifteen bright globular clusters. *AphJ* 77, 301, 1939
978. Wallenquist A. A photometric research on two open clusters in Cassiopeia (Messier 52 and NGC663). *Uppsala Medd.* № 42, 1928
979. " A photometric research on the galactic cluster Messier II (NGC6705). *Uppsala Medd.* № 65, 1936
980. " The dark nebula at δ Ophiuchi. *Uppsala Medd.* № 71, 1937
981. " A study of the distribution of the stars in the Sagittarius and Ophiuchus regions of the Milky Way. *Ann. Bosscha Sterrenw. Lembang (Java)* 5, № 5, 1, 1939
982. " An attempt to represent the dark nebula at δ Ophiuchi with the aid of absorbing screens. *Ark. Mat. Astr. Fys.* 27, № 14, 1941
983. " Mörk materie i världsalttet. *Stockholm*, 1941

984. Wallenquist A. Photoelectric colours of stars in the galactic cluster Praesepe. Ark. Astr. Swens. Vetenskaps--Ak. 1, 101, 1950
985. Walter K. Über Polarisation im Nebel um FU Orionis. ZfAph 20, 256, 1941
986. Warwick C. The effect of irregular absorption on galaxy distribution. Proc. Nat. Ac. Sc. 96, 415, 1950
987. Watson F. Jr. Distribution of meteoric masses in interstellar space. HA 105, 623, 1937
988. Weaver H. F. Color excess, total photographic absorption and the distance of the dark cloud in the Aquila region of the Milky Way. AphJ 110, 190, 1949
989. Wellmann P. Die Absorption und Streuung durch kleinere zylindrische Körper im interstellaren Raume. ZfAph 14, 195, 1937
990. Wernberg G. On the dimensions of the dark nebulae. Bergstrand Festschrift, 1938
991. " A spectrophotometric investigation on stars in bright and dark regions in Cepheus. Uppsala Obs. Ann. 1, № 4, 1941
992. " Stjärnfördelning och absorption inom ett område i Cepheus. Pop. Astr. Tidskrift 22, 1, 1941
993. Westgate C. Note concerning the statistical relation between color excesses and intensities of the interstellar calcium line K. AphJ 78, 65, 1933
994. Whipple F. L. The colors and spectra of external galaxies. HC № 404, 21, 1935
995. " Proc. Am. Phil. Soc. 79, 499, 1938
996. " Concentration of the interstellar medium. AphJ 104, 1, 1946
997. " Kinetics of cosmic clouds. Harv. Obs. Mon. № 7, 109, 1948
998. Whipple F., Greenstein J. On the origin of interstellar radio disturbances. Proc. Nat. Ac. Sc. USA 23, 177, 1937
999. Whitford A. E. An extension of the interstellar absorption-curve (Note). AphJ 107, 102, 1948
1000. " An infra-red survey of the Sagittarius region at wave length 2 μ . AJ 53, 206, 1948
1001. Wilkens H. Untersuchungen über interstellare Absorption auf Grund von Blau-Gelb-Rot-Helligkeiten von 27 Kugelhaufen. Mitteil. Sternw. Breslau 4, 1, 1937
1002. " Ueber die Form des Gesetzes der interstellaren Absorption in der Milchstrasse. Mitteil. Sternw. Breslau 4, 42, 1937
1003. " Die interstellare Absorption im Weltenraum. Sterne № 7, 145, 1937
1004. " Das Gesetz der interstellaren Absorption. Himmelswelt 47, 181, 1937
1005. " Photometrisch-stellarstatistische Untersuchungen in ausgewählten hellen und dunklen Feldern der südlicher Milchstrasse. Veröff. Sternw. Breslau № 10, 350, 1939
1006. " E estadística estelar simultáneamente en varias longitudes de ondas efectivas y la leyes de la absorción interstellar. Publ. Obs. La Plata 22, 1945
27. Бюлл. Абст. астроф. обс., № 12

1007. Wilkens H. Publ. Obs. La Plata **23**, 1947
1008. Williams E. G. The relation between color excess and interstellar calcium line intensity. *AphJ* **79**, 280, 1934
1009. Williams E. G., Knox-Shaw H. Magnitudes and colours of O and early B-type stars south of -35° declination. *MN* **102**, 226, 1942
1010. Williams E. T. R. Evidence for space reddening from bright B-stars. *AphJ* **75**, 386, 1932
1011. " A study of color indices of 535 faint stars of known spectra in low galactic latitudes. *AphJ* **79**, 395, 1934
1012. Wilson O. C. Intercomparison of doublet ratio and line intensity for interstellar sodium and calcium. *AphJ* **90**, 244, 1939
1013. " A preliminary lower limit to the ratio C^{12}/C^{13} in interstellar space. *PASP* **60**, 198, 1948
1014. Wilson O. C., Merrill P. W. Analysis of the interstellar D-lines. *AphJ* **86**, 44, 1937
1015. Wilson R. E. Galactic rotation and absorption. *AphJ* **92**, 170, 1940
1016. Wirtz C. Flächenhelligkeiten von 566 Nebelflecken und Sternhaufen. *Lund Medd.* II, № 29, 1923
1017. " Kugelnebel, Spiralnebel und Flächenhelligkeit. *Seeliger Festschrift*, 66, 1924
1018. Wolf M. Die Milchstrasse. Leipzig, 1908
1019. " Ueber den dunklen Nebel NGC 6960. *AN* **219**, 109, 1923
1020. " Die Sternleeren bei S Monocerotis. *Seeliger Festschrift*, 312, 1924
1021. " Die Sternleeren beim Americanebel. *AN* **223**, 89, 1924
1022. " Die Sternleeren bei M II Scuti. *AN* **229**, 1, 1926
1023. Wright W. H. Further note on lines in the visual spectrum of α Cygni. *Bull. Lick Obs.* **10**, № 333, 108, 1921
1024. Wurm K. Moleküle im interstellaren Raum. *Naturwiss.* **29**, 694, 1941
1025. Zug R. S. An investigation of color excess in galactic star clusters. *Bull. Lick Obs.* **16**, № 454, 119, 1935
1026. " Color excess in three open clusters in Sagittarius. *Bull. Lick Obs.* **18**, № 489, 89, 1937
1027. Zwicky F. Interstellar matter. *Experimentia* **6**, 441, 1950
1028. Dusty space. *Telescope* **4**, 108, 1937
1029. Interstellar matter (Note). *Obs.* **70**, 44, 1950
1030. Magnitudes of the North Polar Sequence. *Trans. IAU* **1**, 71, 1922
1031. Relative gradients of 250 stars determined at the Royal Observatory Greenwich
1032. Transactions of the International Astronomical Union **7**, 1950

Дополнительный список литературы

1. Бархатова К. А. Рассеянные звездные скопления. Уч. зап. Уральск. Гос. Унив. вып. 7, физ.-мат., 61, 1949
2. Воронцов-Вельяминов Б. А. Звездно-статистические работы В. Струве. Труды Совещ. по ист. естествозн. 24—26 дек. 1946, 132, 1948
1. Becker F., Grottrian W. Über die Galaktischen Nebel und den Ursprung der Nebellinien. Erg. exakten Naturw. 7, 8, 1928
2. Becker W. Sterne und Sternsysteme. 2. verbesserte Auflage, 1950
3. Jäger F. W. Neues über interstellare Absorption. Sterne № 7—9, 130, 1949
4. Lower H. A. Photographs of diffuse nebulosities. AphJ 89, 137, 1939
5. O'Keefe J. Photographs of two diffuse nebulosities. AphJ 89, 136, 1939
6. Schluter A., Biermann L. Interstellare Magnetfelder. Zs. Naturforsch 5, № 5, 237, 1950
7. Strömngren B. The physical state of interstellar hydrogen. AphJ 89, 526, 1939 (имеется русский перевод в «Астрофизическом сборнике» под ред. Н. Н. Парийского, 1949).

О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
Предисловие	3
ГЛАВА I. Обзор работ по проблеме галактического поглощения света. Состояние проблемы и вытекающие из него задачи.	
§ 1. Вводные замечания	6
§ 2. Общая проблема строения Галактики	7
§ 3. Накопление данных, противоречащих представлению о полной прозрачности космического пространства. Космическое поглощение света звезд	9
§ 4. Общее галактическое поглощение	21
§ 5. Темные облака. Поглощение на близких расстояниях от Солнца	34
§ 6. Избирательное поглощение	48
§ 7. Неравномерность поглощения. Связь между общим поглощением и избирательным поглощением. Поглощающая среда пылевых частиц и межзвездный газ	59
§ 8. Отношение общего фотографического поглощения к избытку цвета. Характер зависимости поглощения от длины волны	76
§ 9. Природа межзвездной поглощающей среды	88
§ 10. Общая характеристика состояния проблемы галактического поглощения и вытекающие отсюда задачи	103
ГЛАВА II. Методика определения цветовых показателей звезд от 10.3 до 13.3 зв. величины.	
§ 1. Вводные замечания	121
§ 2. Задача и план работы	121
§ 3. Наблюдательная аппаратура	127
§ 4. Наблюдения	129
§ 5. Светофильтры	134
§ 6. Фотопластинки	138
§ 7. Фотографическая обработка фотопластинок	142
§ 8. Негативный материал	147
§ 9. Фотометрические измерения негативов	149
§ 10. Построение характеристических кривых и вывод звездных величин	166
§ 11. Фотографические величины звезд. Их связь с интернациональной системой	182
§ 12. Фотовизуальные величины звезд. Их связь с интернациональной системой	194
§ 13. Эффективные длины волн нашей системы	198
§ 14. Показатели цвета звезд. Их связь с интернациональной системой	206
§ 15. Ошибки наших определений	211
ГЛАВА III. Каталог показателей цвета 14000 звезд в Площадях Каптейна № 1—43.	
§ 1. Вводные замечания	229
§ 2. Каталог показателей цвета 14000 звезд ПК № 1—43	229
§ 3. Краткая характеристика Каталога	260

ГЛАВА IV. Исследование избирательного поглощения света в Галактике
на основе цветовых избытков звезд.

§ 1.	Вводные замечания	269
§ 2.	Деление звезд Каталога на группы различных спектральных подклассов и различных видимых зв. величин для вычисления средних показателей цвета	269
§ 3.	К вопросу о подразделении поздних звезд Бергедорфского Каталога на гиганты и карлики	273
§ 4.	Нормальные показатели цвета звезд	288
§ 5.	Средние расстояния до отдельных групп звезд и их исправление за поглощение	299
§ 6.	Средние избытки цвета звезд для отдельных истинных расстояний	303
§ 7.	Поглощение света в пяти Площадах Каптейна №№ 8, 9, 19, 24 и 40, расположенных в галактической плоскости	313
§ 8.	Поглощение света в пяти Площадах Каптейна №№ 18, 23, 25, 39 и 41, расположенных на малых галактических широтах	324
§ 9.	Поглощение света в двенадцати Площадах Каптейна №№ 2, 3, 7, 10, 17, 20, 21, 22, 26, 38, 42 и 43, расположенных на умеренных галактических широтах	331
§ 10.	Поглощение света в одиннадцати Площадах Каптейна №№ 1, 4, 5, 6, 11, 12, 16, 27, 28, 36 и 37, расположенных на средних галактических широтах	342
§ 11.	Поглощение света в десяти Площадах Каптейна №№ 13, 14, 15, 29, 30, 31, 32, 33, 34 и 35 высоких галактических широт	350
§ 12.	Средние величины галактического поглощения света	356
§ 13.	Значения параметров a_0 и β формулы Паренго, вычисленные на основе наших данных об избытках цвета	360
§ 14.	Некоторые физические характеристики рассеивающей материи в Галактике. Заключительные замечания	363
Литература		375

Напечатано по постановлению
ред.-изд. совета АН Грузинской ССР

Редактор—Чл.-корр. АН Грузинской ССР
проф. Е. К. Харадзе

Техн. редактор А. Р. Тодуа
Корректор О. Н. Гиоргадзе
Выпускающий К. М. Григолия

Сдано в произв. 22.V.1952. Подписано к печати 21.VIII.1952.
Формат бумаги $70 \times 108^{1/16}$ бумажн. л. 13,25. Печатных л. 36,3
Авторских л. 27,8. Уч.-издат. л. 28,55. Зак. № 993. УЭ 04375.
Тираж 750. Цена 20 руб.

Типография издательства Академии Наук Грузинской ССР,
Тбилиси, ул. А. Церетели № 3/5.

Цена 20 руб.