

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вашакидзе М. А. Бюлл. Абастум. астрофиз. obs. № 13, 103, 1953.
2. Амбарцумян В. А., Горделадзе Ш. Г. Бюлл. Абастум. астрофиз. obs. № 2, 37, 1938.
3. Шкловский И. С. Астрон. Ж. 30, 15, 1953.
4. Hiltner W. A. Aph. J. 114, 241, 1954.
5. Chandrasekhar S. Aph. J. 103, 351, 1946.
6. Shapley H., Ames A. NA 88, No. 2, 1932.
7. Фесенков В. Г. Астрон. Ж. 12, 309, 1935.
8. Вашакидзе М. А. Бюлл. Абастум. астрофиз. obs. № 17, 1, 1954.
9. Ohman J. Stockh. obser. Ann. 14, No. 4, 1942.
10. Ван де Хуаст Г. Межзвездная поляризация света и магнитно-гидродинамические волны. Сборник «Проблемы космической аэродинамики», стр. 58, 1953.
11. Hall L. S. Science, 109, 166, 1949.
12. Weizsäcker C. F. Aph. J. 114, 165, 1951.
13. Hubble E. The realm of the nebulae, 1936.
14. Домбровский В. А. Вестн. Ленингр. унив. Астрономия, № 2, 1953; ДАН Арм. ССР, 12, 4, 1950.
15. Spitzer L. Jr., Takay W. J. Aph. J. 114, 187, 1951.

К СТАТИСТИЧЕСКОМУ ИЗУЧЕНИЮ ТЕМНЫХ ТУМАННОСТЕЙ<sup>1</sup>

Д. Ш. ХАВТАСИ

Настоящая работа посвящена статистическому исследованию темных туманностей и изучению некоторых закономерностей, характеризующих последние. В основу исследования положен составленный нами предварительный каталог темных туманностей.

Материалом для составления каталога темных туманностей нам служили атлас Росса и Кальверт, атлас Барнарда и другие литературные источники, охватывающие галактическую полосу с галактическими широтами  $b = \pm 30^\circ$  и долготами от  $l = 0^\circ$  до  $l = 220^\circ$  и от  $l = 310^\circ$  до  $l = 360^\circ$ .

Работа состоит из четырех глав.

Первая глава содержит краткий обзор исследований по проблеме изучения темных туманностей. Изложены методы исследования темных туманностей, собраны современные данные о физических, геометрических и статистических характеристиках темных облаков, а наряду с этим сформулированы некоторые вопросы, требующие дальнейшего исследования.

Во второй главе изложена методика составления каталога темных туманностей, выполнено обсуждение материала, изложены способы фиксирования темных туманностей, измерения их характеристик и точность произведенных измерений. В конце главы приведен список 797 темных туманностей (предварительный каталог).

В третьей главе обсуждаются вопросы, касающиеся структурных и морфологических особенностей темных туманностей.

Выделены некоторые виды темных туманностей, интересные с точки зрения структурных особенностей, произведена их группировка по морфологическим признакам. Обращено внимание на некоторые области неба, в которых обнаруживаются определенные закономерности в расположении и ориентации темных туманностей или заподозрена связь темных туманностей с некоторыми близлежащими звездами.

В четвертой главе содержатся дискуссия и статистическое исследование темных туманностей. Изучены закономерности в видимом распределении темных туманностей на небе. Построены функции распределения темных туманностей по видимым и истинным поверхностным площадям, по массам, и пр. Изучена видимая и пространственная ориентация вытянутостей темных туманностей.

В конце работы приведены основные результаты исследования.

Тема настоящей работы была предложена мне проф. Е. К. Харадзе. При обсуждении результатов данной работы я пользовался вниманием и ценными советами проф. П. П. Паренато. Проф. Б. А. Воронцов-Вельяминов и Е. Л. Рускол сделали ценные критические замечания. Всем им приношу свою искреннюю благодарность. Я также благодарен А. Ф. Торонджадзе за участие в обсуждении ряда вопросов, связанных с настоящим исследованием.

<sup>1</sup> Настоящая статья представляет собой основу кандидатской диссертации автора.



## 1. Современное состояние проблемы изучения темных туманностей

### § 1. Вводные замечания

Изучение межзвездной материи служит интересам тройкого рода.

Во-первых, интерес к этой проблеме естественно возбуждается не только потому, что сам факт существования в звездном мире межзвездной материи делает необходимым ее всестороннее изучение, а прежде всего благодаря тому, что межзвездная материя привлекает к себе внимание разнообразием форм своего проявления и является многообещающей в смысле изучения физических условий в межзвездном пространстве.

Действительно, на фотографиях Млечного Пути видны разнообразные неизлучающие образования, имеющие морфологические и структурные особенности, не лишённые интереса; межзвездная материя часто ассоциируется со звездами класса О-В, образуя светлые диффузные туманности—небесные объекты известные богатством явлений, возбуждающих интерес исследователей; в спектрах далеких звезд обнаружены линии поглощения межзвездного происхождения, указывающие на участие межзвездной материи и во вращении Галактики и др.

Межзвездная материя обращает на себя внимание и с точки зрения задач физики, так как она находится в состоянии, не встречающемся в условиях Земли.

Кроме сказанного, интерес к изучению межзвездной материи усиливается в связи со многими новыми проблемами астрономии и физики, в числе которых можно назвать проблемы межзвездной поляризации, радиоизлучения и даже космических лучей.

Таким образом, межзвездная материя, распространяющаяся в нашей Галактике примерно в таком же количестве, как и звездная составляющая, должна находиться в тесной связи с последней и должна быть участницей многих процессов, происходящих в нашей Галактике.

Во-вторых, изучение межзвездной материи стимулируется научно-практическими целями астрономии. Как известно, межзвездная материя, поглощая свет, идущий от звезд, искажает картину распределения звезд на небе, так как она сама распределена в пространстве неравномерно. Ослабляя свет лежащих за ней звезд, а также изменяя распределение энергии в их спектрах, межзвездное вещество, изменяет видимый блеск и цвет звезд. Вследствие этого, во многих задачах астрономии, при решении которых применяется методика, основанная на подсчетах звезд по видимым величинам, или вообще используются видимые величины и цвета звезд, становится необходимым учет поглощения света в межзвездном пространстве. После открытия поглощения света многие выводы галактической астрономии оказывались перед необходимостью пересмотра.

В свете сказанного становится очевидным, что изучение пространственного распределения межзвездной материи, выявление ее оптических свойств и определение величины поглощения света в разных направлениях является проблемой, имеющей большое научно-практическое значение.

Наконец, в-третьих, проблема изучения межзвездной материи связана также с задачами космогонии. Независимо от существующего ныне

расхождения в мнениях о форме и роде материи, из которой могут образоваться звезды, было бы разумным представить дозвездное состояние материи в виде межзвездной материи, так как нам до сих пор не известен другой вид материи, эволюционный путь которого привел бы к звездному состоянию. Всестороннее изучение межзвездной материи очевидно способствовало бы представлению этой картины эволюции, т. е. механизма образования звезд. Кроме того, межзвездная материя может оказаться не только материалом для образования звезд, но и представляет собой в значительной степени продукт их дальнейшего развития (имеется в виду извержение материи из горячих гигантов [1]).

К сказанному следует добавить и то, что судьба дальнейшей эволюции уже «оформленной» звезды, согласно некоторым гипотезам [2], во многом зависит от того, подвергается она или нет влиянию со стороны межзвездной материи. Межзвездная материя играет первостепенную роль также в космогонических гипотезах о происхождении солнечной системы. Большинство из космогонических проблем связано с проблемой межзвездной материи.

В свете всего сказанного можно утверждать, что проблема изучения межзвездной материи является одной из фундаментальных проблем современной астрономии. На нынешнем этапе развития астрономии она считается весьма актуальной и имеющей большой научный интерес.

Межзвездная материя является предметом оживленного и многостороннего изучения в течение последних 25 лет. Сейчас уже можно говорить о многих свойствах межзвездной материи и представляется возможным во многих случаях делать количественные оценки ее характеристик. Наши знания в отношении этой многосторонней проблемы расширяются, стремясь к всестороннему выяснению природы и свойств межзвездной материи.

Первое, что уместно здесь заметить, это то, что межзвездная материя не является качественно отличающейся от известных нам форм существования материи. В ней обнаруживаются знакомые нам формы материи, что свидетельствует об единстве нашего звездного мира; в ней наблюдаются движения и преобразования материи, не выходящие по существу за рамки известных нам по нашему галактическому миру явлений и представлений. В межзвездном пространстве обнаружены вещества, уже известные нам на Земле и имеется основание полагать, что в ней негущественно новых неизвестных веществ [3].

В межзвездном пространстве материя встречается в самых разнообразных формах. Наблюдаются электроны, нейтральные и ионизованные атомы, молекулы, группы и соединения молекул, которые создают частицы разных величин и метеорные тела разных размеров.

Электроны, атомы и отдельные молекулы образуют т. н. межзвездный газ, а твердые частицы—межзвездную пыль. Взаимодействие и взаимосвязь между двумя составляющими межзвездной материи—газовой и пылевой—проявляется в различных случаях по разному. Процессы протекают в двух направлениях, т. е. имеет место как случай конденсации газа в пыль, так и испарение пыли. Встречаются небесные объекты, состоящие главным образом из межзвездного газа (планетарные и диффузные туманности), а также объекты, состоящие главным образом из пыли (пылевые туманности). Однако, в подавляющем большинстве случаев пыль и газ очевидно перемешаны между собой, образуя газопылевые облака.

Единственным до настоящего времени средством изучения межзвездной материи является анализ света звезд, приходящего к нам сквозь



межзвездную материю. Свет, идущий от звезд, может подвергаться различному рода влияниям со стороны межзвездной материи. Нейтральные или ионизированные атомы, а также молекулы образуют в спектрах далеких звезд линии поглощения. Частицы пыли, в зависимости от того, какие у них размеры, могут вызвать как общее, так и избирательное ослабление света звезд, т. е. будет иметь место явление экранирования или рассеяния света.

Сообразно с этими явлениями и разрабатываются и применяются различные методы изучения межзвездной материи. Весьма эффективным и плодотворным является изучение межзвездной материи фотометрическими и колориметрическими методами. Наши знания о межзвездной материи получены в основном благодаря данным фотометрических и колориметрических наблюдений. Мощным средством является также изучение спектров далеких звезд с линиями поглощения межзвездного происхождения. Этим путем можно строить суждение о химическом составе межзвездного газа, а также о движениях межзвездных масс. Особо выгодным является исследование диффузных и планетарных туманностей непосредственными наблюдениями для изучения физической природы и структуры межзвездной материи.

Поскольку объектами настоящего исследования являются темные туманности, в которых преобладает пылевая составляющая межзвездной материи, и с другой стороны, наш метод исследования является статистическим, мы не зададимся целью изложить состояние проблемы и методы изучения газовой составляющей межзвездной материи, а также и общей проблемы межзвездного поглощения. Круг этих вопросов довольно обширен и изложен в разного рода работах. Впрочем, редко встречаются большие обзоры со всесторонним освещением этих вопросов. В числе же таковых можно назвать статьи П. П. Паренаго и Б. А. Воронцова-Вельяминова [4, 5], книгу Бекера [6], которая, впрочем, успела заметно устареть, и монографию Е. К. Харадзе [7]. Мы изложим далее лишь вопросы, касающиеся темных туманностей.

## § 2. Темные туманности

Клочковатость структуры Млечного Пути стала хорошо известна наблюдателям неба, впервые применявшим телескопы; она выступала довольно наглядно на первых же фотографиях Млечного Пути. Чередотсутствуют звезды, первое время было принято за реальный факт, т. е. в распределении звезд вдоль плоскости Галактики.

Темные места в области Млечного Пути, которые в некоторых местах так явно выделялись, что ассоциировались с «угольными мешками», обращали на себя внимание выдающихся астрономов прошлого столетия. Еще раньше В. Гершель первый серьезно обратил на них внимание и, систематически наблюдая их, заметил, что они часто находятся вблизи светлых диффузных туманностей. Обоснованное предположение В. Я. Струве о существовании межзвездного поглощения сыграло важную роль в пользу мнения о реальности темных туманностей. После первых фотографических работ Барнарда, выполненных в конце прошлого столетия, мнение о том, что темные пятна в областях Млечного Пути представляют собой результат поглощения света далеких звезд межзвездной материей, утвердилось. Затем последовали исследования отдельных темных туманностей, выполненные Вольфом [8], Дайсоном и Мелотом [9], Паннекуком [10] и др. Со временем

накопились факты, свидетельствовавшие о наличии в нашей Галактике в значительном количестве неизлучающих пылевых облаков, которые поглощая свет лежащих за ними звезд, создают темные места с видимым дефицитом звезд.

Теперь уже нет сомнения в реальности темных облаков, как образований межзвездной материи. В пользу того мнения, что темные пятна в областях Млечного Пути являются действительно существующими пылевыми облаками, говорят следующие обстоятельства и факты, к которым привело нас современное развитие галактической астрономии.

Посредством фотометрических и колориметрических наблюдений установлено существование поглощающей и рассеивающей свет материи, которая вызывает покраснение звезд, причем покраснение тем больше, чем дальше находится от нас звезда. Обилие в нашей Галактике такой материи является наблюдаемым фактом. Представляется вполне естественным, что эта материя проявляет себя в виде поглощающих облаков и в окрестностях Солнца, создавая видимое разрежение звездной плотности в облаках Млечного Пути.

В этом отношении наша Галактика не является исключением, т. е. присутствие диффузной материи в звездных системах можно считать всеобщим явлением. Действительно, у близких нам внегалактических туманностей наблюдается наличие поглощающей материи; особенно явно это проявляется, когда туманности просматриваются «сбоку».

В направлении темных пятен не наблюдаются внегалактические объекты, и вообще внегалактические туманности образуют т. н. «зону избегания», которая почти совпадает с экваториальным поясом Галактики. Становится очевидным, что такая закономерность в распределении внегалактических туманностей и отсутствие в направлении темных пятен внегалактических объектов, можно объяснить только наличием в областях Млечного Пути поглощающей свет материи.

В пользу мнения о реальности темных облаков в некоторой степени могут свидетельствовать сами формы и структурные особенности темных пятен. Сложные вихревые и волокнистые формы, тенденция к общей ориентировке и к группировке, длинные каналы, некоторые закономерности в их распределении и т. п. можно считать некоторым доказательством реальности темных туманностей как образований межзвездной материи.

Одно рассмотрение фотографий Млечного Пути убеждает нас в иррегулярности и дискретности строения межзвездной материи, т. е. в том, что межзвездная материя не представляет собою однородного сплошного слоя, заполняющего какую то часть пространства в нашей звездной системе, а состоит из отдельных, дискретных облаков разных размеров и плотностей. Об этом свидетельствуют и другие факты.

Многочисленные фотометрические и колориметрические исследования показали, что величина поглощения сильно меняется, когда мы рассматриваем участки неба в различных направлениях, и это обнаруживается в пределах одного созвездия, а в некоторых случаях в направлениях, отличающихся друг от друга всего на 1—2 градуса. Обнаружены участки Млечного Пути, где поглощение почти отсутствует до 2000 пс. Кроме того, часто величина поглощения увеличивается с расстоянием не равномерно, а скачками. Изучение поглощения света по галактическим долготам также приводит нас к выводу, что межзвездная материя распределена в пространстве дискретно.



К такому же выводу пришли академик В. А. Амбарцумян [11], В. Е. Маркарян [12] и другие, исследуя флюктуации в числах внегалактических туманностей и звезд. Обнаруженный В. А. Амбарцумяном эффект увеличения средней квадратичной флюктуации в числах внегалактических туманностей с уменьшением галактической широты находит себе естественное объяснение в гипотезе о дискретной структуре межзвездной материи.

Таким образом, можно считать установленным фактом, что пылевая составляющая межзвездной материи состоит из отдельных дискретных облаков—темных туманностей разных величин и плотностей.

### 3. Методы изучения темных туманностей

Изучение темных туманностей шло по трем путям. Исследовались отдельные темные туманности по подсчетам звезд, причем ставились задачи изучения видимых форм и размеров, расстояний от нас и величины поглощения света, производимого данной туманностью. Второй путь заключается в сочетании изучения данной проблемы с изучением проблемы межзвездного поглощения, основанном на данных, получаемых колориметрическим методом. Так, изучались физические условия в темных облаках, а также значения физических и геометрических характеристик темных туманностей. И, наконец, основываясь на каком-нибудь разумном исходном предположении о темных туманностях и используя статистический метод, определяли средние значения некоторых характеристик темных туманностей.

В основе метода звездных подсчетов, предложенного Вольфом [13], лежит сама по себе простая идея. Темная туманность, поглощая свет лежащих за ней звезд, должна изменить ход функции числа звезд  $N(m)$  по  $m$ . Строится кривая функции  $N'(m)$  для звезд, находящихся в области темной туманности, а также—для сравнения—аналогичная функция  $N(m)$  для соседней «нормальной» области. Место и величина расхождения этих кривых указывают на удаление от нас темной туманности и величину поглощения света в ней. Математический анализ метода Вольфа, данный К. Ф. Огородниковым [14], указывает на следующую зависимость между функциями  $N(m)$ ,  $N'(m)$  и  $A(m)$ :

$$N'(m) = N(m - \epsilon) + \epsilon A(m), \quad (1)$$

где  $\epsilon$  поглощение света, выраженное в звездных величинах, а  $A(m)$ —число звезд, звездная величина которых заключается в интервале  $m_0 - \frac{1}{2}, m_0 + \frac{1}{2}$ .

При выводе формулы (1) сделано допущение, что дисперсия в абсолютных звездных величинах звезд  $\alpha$  равна нулю, т. е.  $M = \text{const}$ , а это имеет существенное значение.

К. Ф. Огородников показал, что если  $\alpha$  не очень велика и функцию светимости  $\varphi(M)$  представим в виде:

$$\varphi(M) = \frac{1}{\alpha \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{1}{2\alpha^2}(M-M_0)^2}$$

функция  $N'(m)$  примет вид:

$$N'(m) = N(m - \epsilon) + \epsilon A(m) \int_{-\infty}^Q e^{-x^2} dx, \quad (1')$$

где

$$Q = \frac{m_0 - m + M_0 - M}{\sqrt{2\alpha}}$$

Формула (1') превращается в формулу (1) при  $\alpha = 0$ .

К. Ф. Огородников предложил свой метод, который пригоден при любом значении дисперсии  $\alpha$ . Зависимость между функциями  $N(m)$ ,  $N'(m)$ ,  $A(m)$ ,  $A'(m)$  и величинами  $\rho_0$ ,  $\epsilon$ ,  $\lambda$  получилась следующая:

$$\log N'(m) \left[ \frac{A(m)}{N(m)} - \frac{A'(m)}{N'(m)} \right] = \log P + \log D_0 \varphi(M),$$

где

$$P = \epsilon \cdot c \omega e^{c(3-\lambda)\rho_0}$$

и для звездной плотности  $D(r)$  принят закон Зеелигера:

$$D(r) = D_0 r^{-\lambda}$$

Далее, путем некоторых манипуляций и на основе сопоставления кривой  $\log P_0 \varphi(m)$  с кривой  $\log N'(m) \left[ \frac{A(m)}{N(m)} - \frac{A'(m)}{N'(m)} \right]$ , определяются  $\epsilon$  и  $\rho_0$ , т. е. поглощение света и расстояние до темной туманности.

Метод К. Ф. Огородникова свободен от тех ошибок, которые обусловлены учетом дисперсии  $\alpha$ . Этот метод можно считать лучшим средством определения величины поглощения  $\epsilon$  и расстояния  $\rho_0$  отдельных темных туманностей<sup>1</sup>.

Метод подсчетов звезд имеет ряд недостатков, которые делают полученные результаты в некоторых отношениях не вполне точными, как например: выбор «нормальной» области для сравнения является более или менее субъективным и условным. При этом получаются результаты относительные. Кроме того, обычно на поверхности темной туманности недостаточно количество звезд для осреднения. Источниками погрешностей в результатах являются ошибки в звездных величинах и дисперсия абсолютных величин звезд.

Следует особо отметить следующее обстоятельство. Подсчеты звезд ведутся на определенных площадках, размеры которых в большинстве случаев равны  $500'' \times 500''$ . Поэтому особенности формы и структуры темных туманностей могут теряться благодаря осреднению. В этом можно убедиться, сравнивая контуры темных туманностей, полученные посредством подсчетов звезд, с фотографиями тех же туманностей. Таким об-

<sup>1</sup> Мы не останавливаемся на описании известных по литературе многих модификаций и усовершенствований метода Вольфа [65], [66], [67], [68], [69], [70], [71], [72], [73], [74], тем более, что они уступают по точности и простоте применения методу Огородникова.



разом, можно заключить, что метод подсчетов звезд не способен выявлять тонкие структурные особенности темных туманностей. Особенно это можно утверждать относительно темных туманностей малых размеров.

Но тем не менее, метод подсчетов звезд до настоящего времени является распространенным и плодотворным средством изучения отдельных темных туманностей. С целью изучения отдельных обширных участков Млечного Пути по единому плану велась согласованная работа некоторых обсерваторий: Пулковской, Гарвардской, Упсальской и др. Почти все темные туманности, доступные наблюдению обсерваториями северного полушария, изучены методом звездных подсчетов.

Анализ света, прошедшего сквозь темную туманность, является средством изучения физических условий в темных облаках, так что исследование межзвездного поглощения должно доставлять нам ряд ценных данных о темных туманностях. В подтверждение сказанного мы приведем два примера. Сам факт существования, наряду с общим, избирательного поглощения говорит о том, что в темных туманностях находятся частицы малых размеров, вызывающие рассеяние света. Это обстоятельство имеет важное значение при определении массы, плотности, оптических свойств и других характеристик темных туманностей. С другой стороны, представляется возможным определить наиболее распространенные размеры частиц, так как характер избирательного поглощения, т. е. зависимость величины поглощения от длины волны  $\lambda$  можно установить непосредственными наблюдениями.

Ход коэффициента поглощения с расстоянием указывает на распределение оптических толщин и общий характер изменения пространственной плотности межзвездных облаков, встречающихся на пути луча. Кроме того, методом избытков цвета установлены дискретность строения межзвездной материи, ее тенденция к концентрации в плоскости Галактики, существование межзвездных облаков на близких расстояниях от Солнца и многие другие факты. Одним словом, почти все результаты, полученные изучением общего и избирательного поглощения, прямым или косвенным образом доставляют сведения о самих темных туманностях.

В литературе известны исследования темных туманностей, в которых использован статистический метод. Несмотря на то, что исследования такого рода могут доставить нам много ценных сведений о темных туманностях, они встречаются реже других. Причиной этого, как нам представляется, является отсутствие до настоящего времени материала по темным туманностям, пригодного для статистических исследований. На сегодняшний день имеется единственный каталог темных туманностей, составленный Барнардом еще в 1927 году. При всех его достоинствах и он не удовлетворяет всем нынешним требованиям. Поэтому средние значения многих характеристик темных туманностей определялись на основе других данных или на основе тех или иных предположений теоретического характера. Подробно об этих характеристиках будет идти речь в следующем параграфе.

#### § 4. Характеристики темных туманностей

Теперь мы знаем, что межзвездная материя сконденсирована в отдельные облака, но ввиду того, что облака имеют крайне неправильные формы и зачастую не отделяются друг от друга, средние геометрические характеристики темных туманностей приобретают несколько условный смысл. Благодаря клочковатой структуре, на периферии темного облака могут образоваться локальные сгущения или отдельные образования, соединяющиеся с большой туманностью узкими перешейками. Такие локальные образования мы считаем в дальнейшем нашем описании за отдельные туманности, так как, нам кажется, они не могут не играть несколько самостоятельной роли в эволюции темных облаков.

Определение расстояния  $r$  до темных туманностей позволяет оценить их геометрические размеры, так как угловые размеры этих объектов легко измерить непосредственно. При выводе средних размеров темных туманностей следует учитывать два обстоятельства: во-первых, расстояния  $r$  определяются методами подсчетов звезд, но эти подсчеты применялись в большинстве случаев для больших туманностей, так как они и привлекали к себе внимание исследователей. Во-вторых, вследствие осреднения в подсчетах звезд сглаживались темные туманности малых размеров. Таким образом, выбор темных туманностей не был равновероятным в смысле их геометрических размеров.

По данным ранних определений, впоследствии исправленным К. Ф. Огородниковым и О. В. Добровольским [15], П. П. Паренаго [16] вывел среднюю величину радиуса темных туманностей:

$$\bar{R} = 10 \text{ пс.} \quad (2)$$

Но, в силу вышесказанного, значение (2) можно считать преувеличенным.

П. П. Паренаго [16] оценил  $\bar{R}$  и другим путем. Он получил зависимость:

$$a_0 = \frac{3\pi^2}{8} \bar{\epsilon} \varphi(0) \bar{R}^3,$$

которая связывает величины:  $a_0$  — поглощение на килопарсек в плоскости Галактики,  $\bar{\epsilon}$  — среднее поглощение темных туманностей,  $\varphi(0)$  — число темных туманностей в единице объема в окрестностях Солнца и  $\bar{R}$  — средний радиус. Из этих величин надежно определены  $a_0$  и  $\bar{\epsilon}$ . Относительно  $\varphi(0)$  можно допустить:  $\varphi(0) = 7 \cdot 10^{-4}$  тем.тум./парсек<sup>3</sup>. Тогда для  $\bar{R}$  получится

$$\bar{R} = 2 \cdot 3 \text{ пс.}$$

По П. П. Паренаго предельные значения радиусов темных туманностей заключаются между 1—15 парсеками.

Как мы уже указывали, темные туманности, создающие клочковатую структуру Млечного Пути, находятся на небольшом расстоянии от Солнца. Среднее расстояние по данным Огородникова и Добровольского составляет 600 парсеков. Крейкен [18] предпо-



лагают, что они расположены еще ближе—на 100-200 парсеков. По Б. В. Кукаркину [19] это расстояние—150-250 парсеков.

Важной характеристикой темных туманностей является их поглощающая способность. Она характеризуется величиной  $\epsilon$ —средним поглощением света в отдельном темном облаке. Величину  $\epsilon$  можно определить несколькими путями. Можно взять ее непосредственные определения по методу звездных подсчетов. Однако, как уже указывалось, этим методом изучались темные туманности, наиболее выделяющиеся на фоне звезд, т. е. с большими  $\epsilon$ . Статистическим методом по флуктуациям в числах внегалактических туманностей В. А. Амбарцумян [11] получил  $\bar{\epsilon}=0.19$ . Для этой величины Б. В. Кукаркин [21] и П. П. Паренаго [22] получили соответственно  $\bar{\epsilon}=0.34$  и  $\bar{\epsilon}=0.27$ . Так что, учитывая данные и других авторов, для  $\bar{\epsilon}$  можно взять среднее значение:

$$\bar{\epsilon}=0.25.$$

Как мы уже отметили, избирательный характер поглощения указывает на то, что межзвездные облака состоят из частиц пыли. Трудями многих исследователей установлено, что величина избирательного поглощения  $A$  обратно пропорциональна длине волны в степени  $\alpha$ , т. е.

$$A \sim \lambda^{-\alpha}$$

Относительно  $\alpha$  исследованием О. А. Мельникова [17] в 1936 г. установлено, что для фотографической области спектра  $\alpha=1$ . Впоследствии этот вывод нашел себе подтверждение в трудах других авторов ([60], [61], [62], [63] и др.). Следует только подчеркнуть, что  $\alpha$  не постоянна для различных областей спектра. Так что лишь в фотографической области имеем мы:

$$A \sim \lambda^{-1}$$

Это дает нам возможность судить о размерах частиц межзвездной пыли. О. Струве [23], анализируя всевозможные размеры пылевых частиц, остановился на значении:

$$\rho=10^{-5}\text{ см}, \quad (3)$$

отбросив все остальные по разным соображениям. Разумеется, (3) имеет статистический смысл, т. е. среди всевозможных размеров частиц  $\rho=10^{-5}$  см встречаются как самые распространенные и преобладающие; наряду с ними могут быть частицы не эффективные в смысле поглощения света и потому — не обнаруживаемые. В исследовании Е. К. Харадзе [7], как, впрочем, и в некоторых других, имеется указание на зависимость величины  $\rho$  от галактической широты. Пылевая среда состоящая из частиц размерами  $\rho=10^{-5}$  см, обладает большой поглощающей способностью. По подсчетам Рэсселя [24], 0.1 мг пыли, состоящей из частиц с радиусами  $\rho=10^{-5}$  см, на 1 см<sup>2</sup> сечения способна ослабить свет на  $\Delta m=9^m$ .

Постольку, поскольку признается справедливость теории Ми [34], [25] в отношении рассеяния света частицами межзвездной пыли, что представляется вполне вероятным, последняя должна состоять из твердых

частиц. Но, мы не можем знать, являются ли они металлическими шариками или кристаллами льда, диэлектриками и т. п. Теория Ми не позволяет однозначно решить вопрос о химическом составе и о радиусах частиц межзвездной пыли.

Исследования плотности материи в темных туманностях, опирающиеся на разные методы, приводят к результатам, удовлетворительно согласующимся между собой. Оценки плотности по звездным движениям, по частоте гиперболических метеоров или для отдельных темных туманностей по их оптическим толщинам группируются вокруг значения:

$$5 \cdot 10^{-24} \text{ гр/см}^3,$$

которое и можно принять за среднюю плотность материи в темных туманностях.

Число темных туманностей в единице объема, т. е. их пространственная плотность и общее число темных туманностей в Галактике можно определить, основываясь на работе В. А. Амбарцумяна и Ш. Г. Горделадзе [26]. Получается, что одна темная туманность встречается в кубе с ребром в 15 парсеков. Однако, указанная здесь работа утверждает идентичность светлых и темных туманностей.

Если принять для плотности темных туманностей в окрестностях Солнца значение:

$$D(0)=7 \cdot 10^{-4} \text{ тем.тум/пс}^3,$$

то по П. П. Паренаго [28] общее число темных туманностей в Галактике будет:

$$N=10^8.$$

По оценкам В. Г. Фесенкова [29] и П. П. Паренаго [22] общая масса темных туманностей в нашей Галактике оказывается равной:

$$M=10^8 \text{ солн. масс.}$$

Таким образом, современные значения характеристик темных туманностей сводятся к следующему. Межзвездная пыль, имея массу равную  $10^8$  солн. масс и состоящая из твердых частиц различных величин, среди которых преобладающими являются частицы с радиусом  $10^{-5}$  см, образует отдельные пылевые облака, общее число которых порядка  $10^8$ . Эти облака имеют самые разнообразные формы и различаются между собой по размерам, массам, плотностям и т. д. Однако, «средняя темная туманность» имеет радиус равный 2.5 пс, массу равную одной солнечной массе и плотность— $10^{-24}$  гр/см<sup>3</sup>.

## § 5. Статистические функции характеристик темных туманностей

Темные туманности, как это теперь уже неоспоримо, являются причиной межзвездного поглощения. Установлено, что резкие изменения поверхностной яркости Млечного Пути создаются благодаря поглощению света темными облаками, находящимися на близких расстояниях от Солнца. Этот вопрос исследовал Крейкен [31]. Если  $\Delta m$  будет поглощение света, производимое темным облаком, то разность в яркостях поверхности темной туманности с нормальной областью  $\Delta m$ ,



выраженная в звездных величинах, будет зависеть от  $\Delta M$  и  $r$ —расстояния темной туманности от наблюдателя. Крейкен дает следующую зависимость

$$\Delta m = 2.5 \log 0.1 [n + (10 - n) \cdot 10^{-0.4 \Delta M}], \quad (4)$$

где  $n=0, 1, 2, \dots, 10$  соответствуют различным расстояниям. При  $n=0$ , т. е. при непосредственной близости темной туманности к наблюдателю,  $\Delta m = \Delta M$ , а при  $n=10$ , т. е. при  $r = \infty$ ,  $\Delta m = 0$ . Крейкен составил таблицу выражения (4) для значений  $\Delta M = 1, 2, 5, 10$ ;  $n = 1, 2, \dots, 10$  и, анализируя ее, пришел к следующему заключению. Эффект поглощения света темной туманностью в поверхностной яркости неба  $\Delta m$  является функцией расстояния  $r$  и непрозрачности  $\Delta M$ . Этот эффект быстро уменьшается с увеличением расстояния  $r$  и уже после 1000 парсеков он становится одинаковым для туманностей, сильно различающихся между собой по  $\Delta M$ . Для темных туманностей,  $\Delta m$  которых равно 2 и 3 звездным величинам, максимальное расстояние (т. е. при минимальном значении  $\Delta M$ ) заключается в пределах 100—200 парсеков. Отсюда Крейкен приходит к выводу, что темные туманности, создающие резкие и сильные изменения яркости Млечного Пути, должны находиться на близких расстояниях от Солнца—на 100-200 пс.

Изложенный вывод также вытекает из установленной Б. В. Куркиным [19] корреляции между яркостью различных участков Млечного Пути и избытком цвета звезд, расположенных в этих же участках и находящихся на расстоянии 160-250 парсеков. Эта корреляция отсутствует, когда берутся далекие звезды (т. н. парадокс Шайна [33]).

Как мы уже указали, изучение темных туманностей в отдельных участках неба позволяет получить сведения относительно структуры Млечного Пути. Кроме того, замеченные структурные особенности самих темных туманностей являются до настоящего времени важным средством, дающим возможность судить о силах действующих на темные облака и о возможных путях их развития\*.

Однако, изучение многих вопросов звездной астрономии в большой степени зависит от тех данных, которыми мы располагаем о средних значениях характеристик и об усредненной картине пространственного распределения темных туманностей. Поэтому изучение статистических функций характеристик темных туманностей приобретает важное значение.

Крайне интересным является пространственное распределение темных туманностей, т. е. знание функции плотности  $D(r)$ . Как известно, иррегулярность видимого распределения темных туманностей вызвана главным образом туманностями, находящимися на близких к нам расстояниях. Поэтому, в процессе исследования всей системы темных туманностей, казалось бы, можно отвлекаться от влияния видимой иррегулярности и допустить:

$$D(r) = const. \quad (5)$$

\* Эти вопросы нами снова будут затронуты в третьей главе настоящего исследования.

Так делается во многих исследованиях ([31] и друг.). Однако, такое упрощение задачи нельзя признать удовлетворительным, и оно несовместимо с современными представлениями о подсистемах Галактики. Падение плотности в направлении, перпендикулярном плоскости Галактики, в других подсистемах носит экспоненциальный характер, и поэтому представляется разумным предложенный П. П. Паренаго [16] вид для функции

$$D(r) = D(0) e^{-\frac{r \sin b}{\bar{\epsilon}}} \quad (6)$$

Однако, прямого, т. е. получаемого по непосредственным подсчетам, доказательства справедливости закона (6) или несправедливости (5) не дано до сих пор.

По аналогии с другими подсистемами Галактики делалось обобщение выражения (6), которое учитывает изменения плотности темных туманностей по галактической долготе (А. С. Шаров [64]).

Еще мало известно относительно функции распределения темных туманностей по радиусам  $R$ , т. е.  $\varphi(R)$ . П. П. Паренаго [22] предложил для этой функции вид, аналогичный максвелловскому закону распределения модулей скоростей молекул газа:

$$\varphi(R) dR = \frac{4h^3}{\sqrt{\pi}} e^{-h^2 R^2} R^2 dR.$$

Крейкен [18], не придавая функции  $\varphi(R)$  конкретного вида, делает вывод, что средний видимый радиус темных туманностей пропорционален  $r^{-1}$ , а также, что число темных туманностей возрастает пропорционально  $r$ . Однако здесь сделано допущение:  $P(r) = const$ .

Е. Л. Рускол [36] исследовала распределение правильных темных туманностей по величине сжатия:

$$\gamma = \frac{a-b}{a},$$

где  $a$  и  $b$ , соответственно, большая и малая ось эллипсоида вращения, за каковой принимается темная туманность, видимая в форме эллипса. Функция распределения  $\varphi_1(\gamma)$ , которая построена, правда, на небольшом материале (69 объектов), представлена в графическом виде, из которого следует, что преобладают темные туманности с большими  $\gamma$ , т. е. более вытянутые. Ею же построена функция распределения по углам ориентации  $\psi$ , т. е.  $\varphi_2(\psi)$  и она пришла к выводу, что большинство темных туманностей ориентировано вдоль плоскости симметрии Галактики.

Несмотря на то, что неоднократно определялось среднее значение величины поглощения света темной туманностью  $\bar{\epsilon}$ , не было предложено вида функции распределения темных туманностей по  $\epsilon$  т. е.  $\varphi_3(\epsilon)$ . Мы знаем, что существуют темные туманности, поглощение света в которых достигает трех и более звездных величин, а также туманности почти прозрачные. Очевидно, что представляет большой интерес функция распределения  $\varphi_3(\epsilon)$ .



Что касается других функций распределения темных туманностей, как например,  $\varphi_1(M)$ —распределения по массам,  $\varphi_2(\rho)$ —распределения по плотностям—и т. д., они не изучены и более того,—о них даже не упоминается вовсе нигде.

Таким образом, можно заключить, что, несмотря на большую важность вопроса, статистические функции распределения темных туманностей не изучены должным образом. В одних случаях они строятся по аналогии с другими подобными явлениями или по соображениям теоретического характера, в других же—на основе весьма небольшого материала. А во многих случаях о них в литературе нет никаких указаний. Главной причиной этого положения, как нам представляется, является отсутствие до настоящего времени полного и однородного статистического материала относительно темных туманностей.

## II. О Каталоге темных туманностей

### § 1. Вводные замечания

Пылевая составляющая межзвездной материи, как уже было сказано в первой главе, не раз подвергалась исследованиям многими авторами с различных точек зрения. Благодаря этим исследованиям, основанным на разнообразных методах, получены довольно интересные сведения относительно темных облаков: определены значения многих характеристик отдельных темных туманностей; в модели Галактики межзвездным облакам отведено свое определенное место; оценены средние статистические значения ряда характеристик; разработана методика для учета поглощения света в межзвездном пространстве; для объяснения процессов, протекающих в межзвездной среде предложены различные механизмы, основанные на тех или иных предположениях.

Однако, до сих пор все еще не проведено полное морфологическое изучение Млечного Пути, т. е. не установлены контуры, формы и границы, по возможности, всех наблюдаемых темных туманностей, между тем как, на необходимость такого рода работы указывалось многими исследователями. Эта необходимость особенно чувствуется при изучении структуры Млечного Пути, при выяснении расположения спиралей нашей Галактики, исследовании распределения звезд на небе и т. д.

Наряду с этим до сих пор нет даже возможно полного списка темных туманностей, а надобность в нем также остро ощущается.

Каталог темных туманностей, который включал бы в себя возможно большее количество объектов и состоял бы из однородного материала, мог бы облегчить изучение многих вопросов современной звездной астрономии. Такой каталог мог бы объединить в себе известные данные о темных туманностях, разбросанные по разным печатным работам, мог бы свести их в одно целое. Он мог бы вместе с тем создать единую нумерацию темных туманностей, что также не сделано до сих пор, несмотря на то, что и это имеет немалое значение в смысле полноты дальнейших исследований в данной области. Послужив материалом для статистических исследований, подобный каталог, наконец, мог бы дать немало интересных выводов относительно статистики темных туманностей и их геометрических, физических и других характеристик.

Все исследования, выполненные в этом направлении, пусть даже не совсем строгие, т. е. не опирающиеся на точных подсчетах звезд, но охватывающие, по возможности, большой и однородный материал, нам представляются актуальными на данном этапе изучения межзвездной материи и имеющими значительную ценность, так как приходится ценить любую возможность углубления в изучение этой важной проблемы.

При детальном рассматривании фотографий Млечного Пути обнаруживается возможность установить наличие на них темных туманностей, очертить их формы и границы, оценить почернения, определить ориентацию, изучить структурные особенности и т. п., особенно, если это делается на таких прекрасных фотографиях, как атлас Росса и Кальверт [37].

Изложенные соображения заставили нас предпринять работу по составлению каталога темных туманностей.

Если делались такие попытки ранее, то исследователи безусловно становились перед лицом ряда трудностей, которые обуславливались следующими обстоятельствами. Хороших фотографий отдельных областей неба не было вполне достаточно для каталожной работы, а атлас Росса и Кальверт вышел в свет сравнительно недавно. Кроме того, не принято производить измерения на позитивных фотобумажных отпечатках, так как в большинстве случаев интерес к «темным пятнам» проявлялся постольку, поскольку он был связан с проблемой межзвездного поглощения, при изучении которой непрозрачные фотографии, т. е. фотобумажные отпечатки не применяются.

К сказанному следует добавить, что сами формы темных туманностей настолько разнообразны, различны по размерам и структуре, и отдельные туманности так часто накладываются одна на другую, что принцип разделения темного пятна на отдельные туманности, обозначения их и нумерации неизбежно был бы довольно субъективным. Причем, сам факт существования темной туманности на данном месте фотографии во многих случаях мог оказываться под сомнением.

Проще всего было обозначать темные туманности с помощью ближайшей яркой звезды или ограничиваться указанием только созвездий, к которым они принадлежат. В некоторых случаях обозначение темных туманностей связывалось со светлыми диффузными туманностями, на границах которых они находились. Так, почти случайно, обозначаются темные туманности почти во всех исследованиях, а единая нумерация пока еще не введена.

Говоря о том, что до сих пор не были сделаны попытки каталогизации темных туманностей, мы не имели в виду атлас и каталог Барнарда, ибо мы намерены остановиться на них подробно, так как они являются единственной, как нам известно, попыткой дать общее, обширное описание участков Млечного Пути с целью систематизации, переименования и выявления структурных особенностей темных туманностей.

Мы оставляем в стороне рассмотрение многочисленных атласов, в которых наряду с другими небесными объектами указаны и темные туманности. Эти атласы не являются самостоятельными исследованиями, в них собраны данные из других литературных источников и они связаны либо с учебными пособиями, либо с популяризацией астрономии.



Атлас Барнарда [38] вышел в свет в 1927 году. Он состоит из двух частей. В первой части даются 50 фотографий избранных участков Млечного Пути, расположение центров которых представлено на рис. 1.

Фотографии, каждая из которых охватывает площадь на небе в среднем  $8^\circ \times 8^\circ$ , как это видно на рис. 1, довольно хорошо представляют участки Млечного Пути в направлении галактического центра. Там они перекрывают друг друга, чего нельзя сказать об остальной части полосы Галактики. Галактическая полоса с галактическими широтами  $\pm 20^\circ$  и долготами от  $l=80^\circ$  до  $l=210^\circ$  фотографиями охватывается только на 20%. Причем, обширные полосы в созвездиях Единорог, Персей, Жираф, Кассиопея, а также известное раздвоение Млечного Пути от созвездия Лебедя до Змеи вовсе не представлены. Таким образом, фотографии атласа Барнарда не представляют достаточно полно рассматриваемую полосу Млечного Пути. Барнард видимо и не ставил себе целью представить всю галактическую полосу. Он выбирал участки, наиболее богатые темными туманностями, которые и считал более интересными для фиксирования и выявления структурных особенностей темных туманностей.

В первой же части атласа Барнарда дан каталог темных туманностей. В нем содержится 349 объектов и даются значения следующих характеристик: номера по порядку, экваториальные координаты, примечания о форме с указанием размеров диаметра или осей. Отмечены также ближайшие другие небесные объекты: яркие звезды, звездные скопления, диффузные туманности и др.

Во второй части атласа Барнарда даются карты соответственно фотографиям первой части. На картах нанесены контуры темных туманностей и приписаны номера, возрастающие в порядке восхождений. Следует отметить, что нумерация в атласе Барнарда сделана недостаточно аккуратно. Но контуры обведены с большой тщательностью и довольно точно. На картах нанесены те темные туманности, которые на фотографиях явно выделяются своей формой и чернотой. При установлении факта существования темной туманности руководящим критерием являлся контраст в почернении между фоном и темной туманностью, что вполне естественно. Но, здесь выделены только те темные туманности, у которых величина этого контраста наибольшая. Так что большинство зафиксированных Барнардом темных туманностей не вызывает никакого сомнения. Можно только спорить о том, являются ли они самостоятельными, отдельными образованиями или частью, деталью другого соседнего темного пятна, так как в большинстве случаев Барнардом зафиксированы темные туманности малых размеров.

Однако, в каталоге и атласе Барнарда пропущены многие темные туманности, особенно—больших размеров и малой контрастности, т. е. слабо выделяющиеся на фоне звезд. Для подтверждения высказанной мысли можно привести следующий пример. Светлая диффузная туманность «Америка» окружена темной пылевой материей, создающей на фотографии темное пятно, в котором почти отсутствуют звезды. На фотографии № 46 атласа Барнарда эта диффузная туманность представлена хорошо и исследована детально. Но, темные туманности расположенные к востоку и западу от туманности «Америки», на карту не нанесены, между тем как на ней зафиксированы многие маленькие темные туманности, глобулы и даже отдельные черные волокна (см. темные

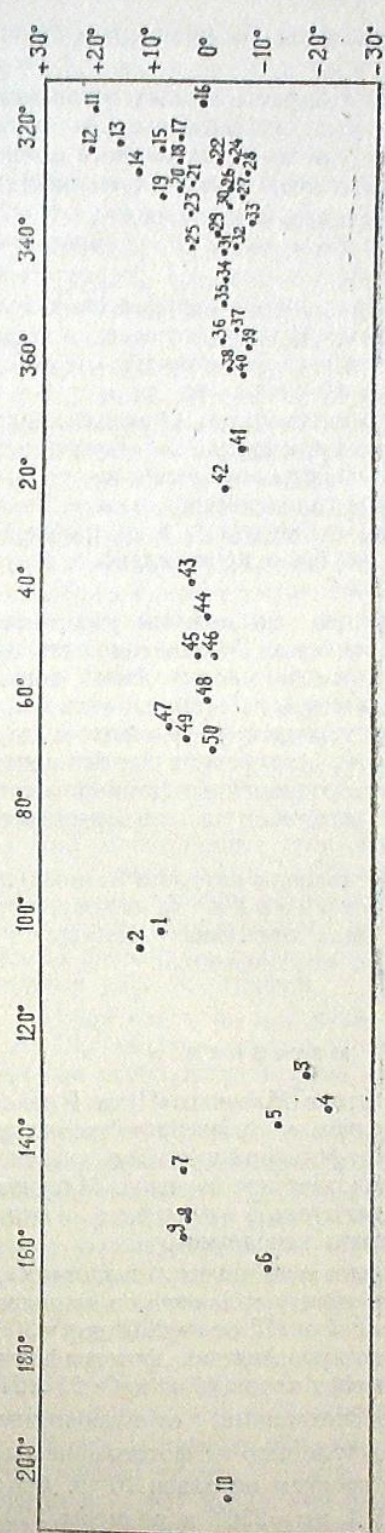


Рис. 1 ббб.

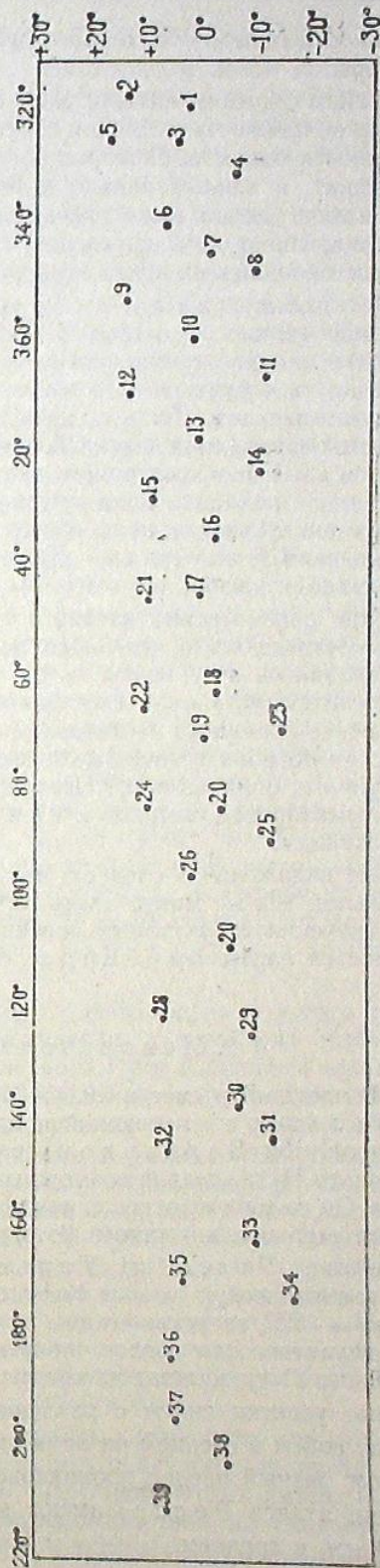


Рис. 2 ббб.



туманности №№ В 350, В 355 и др.). Можно было бы привести и другие примеры.

Таким образом, каталог Барнарда содержит темные туманности далеко не полностью. В нем отсутствуют, как уже было сказано выше, туманности больших размеров и туманности слабо выделяющиеся на фотографиях, а такими являются большинство всех темных туманностей. Кроме того, так как фотографии атласа Барнарда во многих случаях не перекрывают друг друга, ничего нельзя было сказать о темных пятнах, находящихся на краях этих фотографий.

Атлас Барнарда в свое время сыграл значительную роль в деле изучения темных туманностей. После него редко кто сомневался в реальности темных туманностей. Он предоставлял возможность детально исследовать структурные особенности этих объектов. Но, каталог Барнарда нельзя считать полным обзором темных туманностей, какими являются различные «Обозрения» звезд или других небесных объектов, так как в нем, повторяем, далеко не полностью представлены темные туманности, находящиеся в рассматриваемой галактической полосе. Этим, наверное, и объясняется то обстоятельство, что не вошли в употребление обозначения Барнарда. Кроме того, не было произведено и статистического изучения каталога Барнарда.

При рассмотрении каталога Барнарда мы должны учесть еще одно обстоятельство, имеющее большое значение. Составление каталога производилось в ту эпоху, когда межзвездное поглощение света нельзя было считать установленным фактом. Тогда почти не существовали более или менее обширные исследования темных туманностей. Ничего не было известно об общей массе межзвездной материи, о средних характеристиках темных облаков и пр. Поэтому, в свете современных данных о темных туманностях, каталог Барнарда не может удовлетворять всем требованиям.

Из изложенного следует, что при составлении каталога темных туманностей мы не могли взять каталог Барнарда за основу, хотя для изучения структурных особенностей ряда отдельных темных туманностей карты Барнарда сохраняют свое значение.

## § 2. Использованный материал

Вышедший в свет в 1934—36 годах атлас Млечного Пути Росса и Кальверт, являющийся продолжением и усовершенствованием предпринятой Барнардом работы по фотографированию участков Млечного Пути, делает возможным морфологическое изучение Млечного Пути. Он во многих отношениях превосходит атлас Барнарда и отличается высоким качеством фотографического исполнения.

Атлас Росса и Кальверт довольно полно представляет всю галактическую полосу Млечного Пути между галактическими широтами  $b = \pm 25^\circ$ , за исключением полосы длиной в  $85^\circ$  от  $l = 220^\circ$  до  $l = 305^\circ$ . Эта галактическая полоса покрыта тридцатью девятью фотографиями Млечного Пути, каждая из которых охватывает площадь на небе  $21^\circ \times 21^\circ$ . Разные участки сняты с различными экспозициями, отличающимися между собой в среднем на один час, вследствие чего на фотографиях достигнут разный предел проникновения. В среднем он равен  $16 \cdot 5$ . Фотографии атласа Росса имеют масштаб  $1 \text{ мм} = 236''$  и размеры  $320 \times 360 \text{ мм}$ , в среднем.

Расположение центров фотографий атласа Росса показано на рис. 2. Как видно, они расположены равномерно и почти во всех случаях перекрывают друг друга и этим дают возможность, во-первых, зафиксировать большинство темных туманностей на нескольких фотографиях и, во-вторых, связать между собой фотографии для приведения в одну систему при оценке почернений темных пятен.

В атласе Росса даются экваториальные координаты центра и четырех углов для каждой фотографии, галактические координаты центров фотографий, время и место съемки и продолжительность экспозиции.

Фиксирование темных туманностей на фотографиях атласа Росса производилось нами следующим образом. Для каждой фотографии нами составлены карты. Эта работа аналогична той, которая выполнена Барнардом во второй части своего атласа. На этих картах проведены все «топографические» и измерительные работы. На них нанесены контуры и центры темных пятен, проведены линии, указывающие направление их преимущественной ориентации, номер из каталога Барнарда, наш номер и отмечены некоторые структурные особенности отдельных областей неба. Лишь для фотографии № 14 карта не составлена, так как на ней не обнаружена ни одна неучтенная еще темная туманность. Таким образом, всего составлено 38 карт. Темные туманности, находящиеся, благодаря взаимному перекрыванию фотографий атласа Росса, на двух, независимо друг от друга составленных картах, сравнивались между собой, что являлось хорошим контролем факта существования темных туманностей, так и значений их характеристик. Некоторые темные туманности зафиксированы даже на трех картах. Имели место случаи, когда темную туманность, хорошо заметную на одной фотографии, трудно было заметить на другой. Например, на фотографиях № 30 и № 31 представлена область богатая темными туманностями в созвездии Ориона. Две узкие длинные темные полоски около  $\alpha = 4^h 40^m$ ,  $\delta = 25^\circ$  хорошо заметны на фотографии № 30, но почти отсутствуют на фотографии № 31. Аналогичные случаи встречаются редко, но все же они требуют особого осторожного и тщательного рассмотрения. В таких случаях мы дополнительно привлекали к рассмотрению атлас Барнарда или другие доступные нам фотографии.

Наши карты по масштабу одинаковы с фотографиями атласа Росса. Они могут иметь самостоятельное значение для рабочих целей, так как они изображают темные места Млечного Пути в большей части галактической полосы. Однако, на них не нанесены координатная сетка и другие небесные объекты, что делает их применение затруднительным.

Неизбежна некоторая неопределенность в установлении очертаний темной туманности, так как редко встречаются туманности с вполне хорошо выраженными границами. Но нанесенные на карту контуры тем не менее удовлетворительно характеризуют особенности форм темных туманностей. Встречаются примеры, когда трудно установить границу между темной туманностью и фоном—настолько плавно и незаметно переходит темный фон в светлый. В таких случаях мы не проводили контуры. В тех случаях, когда темные пятна выделялись довольно четко, мы старались обвести контуры с возможной точностью, чтобы уловить более тонкие структурные особенности темных туманностей.

Контуры темных туманностей обводились следующим образом. На фотографию атласа Росса накладывалась целлулоидная прозрачная пленка и на ней чернилами наносились очертания темных пятен. Поглощая свет, пленка делала фотографию мало контрастной, но мы старались избавиться от этого путем неоднократного и тщательного рассматривания



фотографии поочередно—с пленкой и без нее. С целлулойдной пленки контуры темных туманностей перерисовывались на миллиметровую бумагу.

Положение темной туманности на небе, конечно, есть одна из ее характеристик; поэтому желательно наносить центры темных пятен с возможно большей точностью. Но, имея дело с такими протяженными и во многих случаях бесформенными объектами, какими являются темные туманности, поневоле приходится ограничиваться в точности при нанесении положения их центров и от координат темных туманностей не требовать большего, чем они могут дать; во всяком случае они вполне достаточны для фиксирования и отождествления их.

Под центром темного пятна мы понимали его геометрический центр, определение которого очень просто в случае правильной геометрической формы, но в случае бесформенного пятна центры наносились более или менее приближенно. Мы старались учесть и тот факт, что в некоторых случаях темные туманности имеют в разных местах разные почернения, и при определении центра следует принимать это во внимание, если мы хотим, чтобы этот центр совпадал с проекцией «центра тяжести» в картинной плоскости.

После того как у нас уже были карты, на которых были нанесены контуры темных туманностей, мы могли нанести на них еще одну характеристику. Известно, что в картинной плоскости темные туманности ориентируются в разных направлениях. В случае формы правильного эллипса на это направление ориентации может указать его большая ось, но даже в случае бесформенного пятна, особенно, когда оно вытянуто или волокнисто, это направление, называемое нами условно «направлением ориентации», во многих случаях можно провести с большой уверенностью. Мы проводили эти направления во всех случаях, когда это позволяла форма темных туманностей, воздерживаясь лишь в случаях круглых, трехугольных, квадратных и сложно-волокнистых форм.

Во всех случаях мы старались отождествлять зафиксированные нами темные туманности с туманностями Барнарда. Во многих случаях туманности совпадали полностью или частично, т. е. туманность Барнарда оказывалась частью нашей. В обоих случаях, мы наносили на карту номер из каталога Барнарда. Но в большинстве случаев темные туманности, зафиксированные на наших картах, не находились у Барнарда или соответствующий участок Млечного Пути вовсе не был представлен в атласе. Многие туманности Барнарда отсутствуют у нас, т. к. они не обнаружены на фотографиях Росса из-за малого масштаба последних. Бывали и такие случаи, когда одну из представленных Барнардом темных туманностей мы, по некоторым соображениям, разделяли на несколько частей, но это—крайне редко.

На картах, кроме того, отмечались все замеченные нами или заподозренные структурные особенности в отдельных областях неба, а также все структурные особенности самих темных туманностей. О них будет подробно рассказано в следующей главе настоящего исследования.

### § 3. Статистические веса темных туманностей

При составлении каталога темных туманностей весьма важно правильно подойти к выбору принципа, основываясь на котором можно установить существование темных туманностей т. е. иными словами, — найти критерии наличия темных туманностей, так как наблюдаемое темное «пятно» можно истолковывать либо как факт существования темной

туманности в данном месте, либо же как действительное отсутствие звезд. Следовательно, вопрос можно поставить так: какими объективными доводами мы располагаем при решении вопроса—имеется в данном месте неба, действительно, темная туманность или же это есть действительное разрежение звездного поля.

Следует заметить, что независимо от того, имеем ли мы в направлении темного пятна темную туманность или беззвездную область, интерес к составлению каталога не ослабляется, так как с точки зрения задач структурной астрономии было бы небезинтересным изучать свободные от звезд области и обнаруживать в них те или иные закономерности.

При обсуждении вопроса о критерии наличия темных туманностей мы руководствовались той простой мыслью, что клочковатая структура Млечного Пути создается, в основном, благодаря наличию в окрестностях Солнца поглощающих свет темных туманностей, которые распределены в пространстве неравномерно.

Действительно, сейчас уже никак нельзя примириться с допущением существования «пустых мест» вдоль плоскости Галактики, тем более, что здесь не просматриваются внегалактические объекты. Остается приписать клочковатость Млечного Пути следующим двум причинам: либо она вызвана неравномерным распределением поглощающей материи, либо естественными флюктуациями в звездных плотностях. По всей вероятности, действуют обе причины совместно. Однако, преобладает влияние первой. Мы исключаем из рассмотрения физические связанные группы (шаровые скопления и др.), которые легко распознать.

После работ В. А. Амбарцумяна [39], В. Е. Маркаряна [12], Крейкена и др. в астрономии утвердилось мнение, что неравномерность в распределении видимой звездной плотности в Млечном Пути вызвана, главным образом, клочковатой структурой поглощающей свет материи в окрестностях Солнца.

Действительно, если  $N(m)$  есть среднее число звезд ярче видимой звездной величины  $m$  на один квадратный градус, а  $N'(m)$  его значение для какой-нибудь области, то величина:

$$\Delta N(m) = N'(m) - N(m) \quad (1)$$

может служить мерой флюктуации в числах звезд. Можно вычислить по известной из статистической физики формуле:

$$\delta = \sqrt{\frac{[\Delta N(m)]^2}{N(m)}} = \frac{1}{\sqrt{N(m)}} \quad (2)$$

наивероятнейшее значение относительной флюктуации, которое зависит только от средней звездной плотности. С другой стороны, эту же величину можно определить по подсчетам звезд. Таким образом, мы можем сравнить естественную флюктуацию  $\delta_{\text{ест.}}$  с наблюдаемым значением колебания звездной плотности  $\delta_{\text{наб.}}$ . По подсчетам Маркаряна, в среднем, имеем:

$$\frac{\delta_{\text{ест.}}}{\delta_{\text{наб.}}} = 0.1. \quad (3)$$

Таким образом, в наблюдаемых отклонениях звездной плотности 0.1 часть вызвана естественными колебаниями в числах звезд, а остальные 0.9 можно приписать темным туманностям. (Влияние ошибок в определении предельных звездных величин неощутимо). Мы не в состоянии отличить одно от другого уменьшения звездной плотности, вызванные первой или второй причиной, но представляется возможным установить ту границу степени разрежения звездной плотности, за которой



можно утверждать существование темной туманности. Таковой может быть значение (3).

Для установления наличия темной туманности в данном месте неба может играть некоторую роль сама форма темного пятна. Волокнистость, тенденция к общей ориентировке, сложные вихревые и клочковатые формы, во многих случаях—склонность к группировке темных пятен и др. наводят на мысль, что в темных «пятнах» мы имеем дело с огромной массой поглощающей свет материи, которая делится, рвется, конденсируется в отдельные образования под действием тех или иных сил.

Уменьшение звездной плотности с увеличением галактической широты или по другой причине регулярного характера легко отличимо по своим масштабам и закономерности падения. Оно обычно плавно и без заметных границ переходит в малочисленный звездный фон и этот переход происходит широким фронтом. Поэтому, нет опасности приписать такого рода уменьшение звездной плотности темным туманностям.

Нужно отметить здесь же, что иногда нам приходилось делить то или иное темное «пятно» на несколько темных туманностей. Это делалось в тех случаях, когда отдельные части целого отличались друг от друга чернотой или же сама форма темного пятна подсказывала это.

Темные туманности различаются между собой как размерами, так и чернотой. На небе встречаются самые разнообразные пятна: маленькие глобулы и обширные черные полосы в несколько десятков квадратных градусов; очень темные пятна, на которых почти отсутствуют звезды, и еле заметные сероватые волокна. Вполне очевидно, что все эти объекты не всегда могут играть одинаковую роль в статистических вычислениях. Изучение пространственного распределения массы пылевой материи, которое, как нам кажется, должно дать некоторое представление о природе связи между звездной и пылевой составляющими нашей Галактики, во многом зависит от массы, т. е. от размеров и плотностей отдельных темных туманностей. Поэтому представляется разумным приписывать отдельным темным туманностям вес, пропорциональный их массе.

Обозначим массу темной туманности буквой  $M$  и представим ее в виде произведения объема  $V$  на плотность материи  $\rho$  в темном облаке:

$$M = V\rho \quad (4)$$

или же

$$M = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho, \quad (5)$$

где  $R$  радиус сферы, имеющей объем  $V$ . Очевидно, что (5) можно переписать так:

$$M = \frac{4}{3}\pi R\rho r^2 \sin^2 \omega, \quad (6)$$

где  $r$ —расстояние до темной туманности, а  $\omega$ —угол, под которым виден радиус туманности.

Проекция темной туманности на картинную плоскость дает видимую поверхностную площадь  $\sigma$ . Зависимость между  $\sigma$  и  $V$ , ввиду неправильных форм отдельных темных туманностей, невозможно установить, но когда мы имеем множество темных туманностей, которые имеют различные формы и ориентированы в пространстве произвольно, то представляется возможным допустить, что средний радиус окружности, имеющей истинную площадь  $\Sigma$ , пропорционален радиусу сферы, объем которой есть  $V$ , т. е. можно написать равенство:

$$\sqrt{V} \sim \sqrt{\Sigma} \quad (7)$$

При преобладании вытянутых туманностей это допущение, конечно, несколько смело, но мы идем на это, имея в виду, что вычисленные величины определяются лишь с некоторым приближением.

Таким образом, допуская пропорциональность между указанными выше радиусами, мы допускаем ошибку для каждой отдельной туманности, но эти ошибки некоторым образом взаимно компенсируются и ошибка для какого-либо направления, где встречается множество темных туманностей, становится незначительной. После сказанного и согласно (5) и (6) можно написать равенство:

$$\sigma = \pi \sin^2 \omega. \quad (8)$$

С другой стороны, произведение  $\rho R$ , как известно, пропорционально поглощению света звезд, проходящего через темное облако, выраженному в звездных величинах  $\varepsilon$ , так как допускается, что материя в пылевом облаке распределена примерно равномерно.

Таким образом, принимая во внимание равенство (8) и

$$\varepsilon = c' R \rho, \quad (9)$$

можно (6) переписать так:

$$M = k r^2 \sigma \varepsilon, \quad (10)$$

где

$$k = \frac{4}{3c'}. \quad (11)$$

Не трудно убедиться, что величину  $\varepsilon$  можно заменить пропорциональной ей величиной  $\Delta N(m)$ . Действительно, разложим в ряд функцию  $N(m-\varepsilon)$  и ограничимся первыми двумя членами:

$$N(m-\varepsilon) = N(m) - \varepsilon A(m) \quad (12)$$

В условиях, которые имеют место в нашем случае, соблюдается равенство:

$$N(m-\varepsilon) = N'(m) \quad (13)$$

и получим

$$\varepsilon \sim N(m) - N'(m) = \Delta N(m), \quad (14)$$

так как величина  $A(m)$  примерно одинакова для всех фотографий.

Равенство (10) переписывается так:

$$M = k \sigma \Delta N(m) r^2. \quad (15)$$

Введем обозначение:

$$p = \sigma \Delta N(m) \quad (16)$$

и назовем величину  $p$  «статистическим весом»; получим:

$$M = k p r^2 \quad (17)$$

Величину  $p$  можно определить по нашим измерениям. Она была бы пропорциональной  $M$ , если бы все темные туманности находились на одинаковых расстояниях. Однако, можно поставить вопрос так: если имеем совокупность темных туманностей—какова зависимость между средними значениями массы и статистическим весом для этой группы. Перепишем равенство (17) так:

$$p = M \frac{1}{r^2}. \quad (18)$$

Очевидно, что масса темной туманности  $M$  и обратная величина квадрата расстояния  $\frac{1}{r^2}$  являются независимыми друг от друга случайными величинами и, поэтому, к ним можно применить теорему о том,



что среднее значение произведения равно произведению их средних значений, т. е.

$$\bar{p} = \bar{M} \frac{\bar{1}}{r^2} \quad (19)$$

Наши темные туманности расположены, в основном, в плоскости Галактики и для нас доступными являются туманности, находящиеся не дальше, чем 700 пс (см. главу IV). В этом сравнительно малом объеме пространства можно предположить, что функция плотности не зависит от галактической долготы  $l$ . В таком случае получим, что величина  $\frac{\bar{1}}{r^2}$  имеет одно и то же значение на всех долготах  $l$ .

Утверждение, что  $\frac{\bar{1}}{r^2}$  не зависит от  $l$  можно проверить следующим образом. Из физических соображений мы можем допустить, что средняя масса туманностей  $\bar{M}$  не зависит от  $l$  и, вообще,  $\bar{M}$  не является функцией координат. В таком случае распределение  $\bar{p}$  по галактическим долготам  $l$  может охарактеризовать распределение величины  $\frac{\bar{1}}{r^2}$  по  $l$ . Это распределение представлено на рис. 3, который составлен по данным таблицы III (см. главу IV). Из этого рисунка видно, что  $\bar{p}$  почти одно и то же для всех направлений, а это, можно сказать, означает, что  $\frac{\bar{1}}{r^2} = const.$

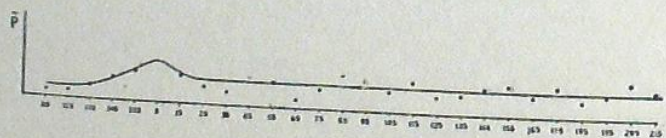


Рис. 3 бб.

Как исключение, в направлении  $l=5^\circ$   $\bar{p}$  имеет максимум и по нашей кривой получается, что в этом направлении темные облака находятся на очень близких расстояниях от нас.

Таким образом, при постановке вопроса грубо статистически, можно принять  $\frac{1}{r^2}$  за  $const$  и тогда формула (19) примет вид

$$\bar{M} = k \bar{p}, \quad (20)$$

т. е. величину  $\bar{p}$  можно использовать в некоторых вычислениях в качестве статистического веса.

В дальнейших вычислениях будут фигурировать лишь  $\bar{p}$  и в случаях, когда будем утверждать, что величина  $p$  пропорциональна массе  $M$ , будет иметься в виду пропорциональность средних величин. Этим и продиктовано введенное нами название «статистический вес».

#### § 4. Определение значений характеристик темных туманностей

Для определения экваториальных координат темных туманностей методами фотографической астрономии фотографии атласа Росса не пригодны, так как на них нельзя производить измерений. Но, нам и не требуется здесь особенно большая точность, так как сами центры и контуры не являются вполне определенными и это делает излишними попытки вывести их точные положения. Мы не ставим здесь себе целью решать какие-либо кинематические задачи относительно темных туманностей. Поэтому, нами выбран более грубый, но легкий способ определения экваториальных координат центров темных туманностей.

Он заключается в следующем. Фотографии атласа Росса отождествляются с картами Franklin Adams, на которых наносятся центры темных туманностей и затем отсчитываются координаты с помощью накладной координатной сетки. Такие измерения делают возможным определение положений темных туманностей с точностью до 15 минут дуги, что вполне приемлемо для таких протяженных объектов, как темные туманности. Переход от экваториальных координат к галактическим производился с помощью известных таблиц Ольсона.

После того, как мы получили на картах контуры темных туманностей, мы могли определить площади, охватываемые контурами. Каждая площадь  $\sigma$  есть проекция данной темной туманности на картинную плоскость. Величина ее зависит от действительных размеров темной туманности и расстояния до нее. Она непосредственно не может доставить сведения о действительных размерах темной туманности или о распределении их в пространстве, но сопоставляя ее с другими характеристиками темных туманностей, можно получить некоторые данные относительно геометрических свойств темных облаков. Определение видимой поверхностной площади  $\sigma$  производилось с помощью планиметра Амслера. При этом, определения  $\sigma$  производились по несколько раз для каждого облака и бралось среднее значение, что обеспечивало точность со средней квадратичной ошибкой в 2 единицы планиметра, или в 0.06 кв. градуса. С помощью переводного коэффициента, примененного к отвлеченным единицам планиметра, видимая поверхностная площадь  $\sigma$  выражалась в квадратных градусах.

Мы не могли определить  $\sigma$  для маленьких глобул, а также для отдельных черных волокон, так как точность планиметра не позволяла этого. Таким образом, в каталог не вошли значения  $\sigma$  для тех темных туманностей,  $\sigma$  которых меньше 0.1 кв. градуса.

Так как для большинства темных туманностей можно найти направление, вдоль которого туманность ориентирована, становится интересным выяснение вопроса об общей ориентировке темных облаков на небе относительно галактического экватора.

Мы имеем возможность определить наименьший видимый угол  $\varphi$  заключенный между галактическим экватором и направлением ориентации в картинной плоскости. Определение угла  $\varphi$  производилось следующим образом. Имея на картах направление ориентации для темной туманности, мы измеряли угол между ним и направлением оси миллиметровых клеток на картах. Последняя всегда совпадала с правым краем фотографии атласа Росса. Затем, определяя угол между краем фотографии и галактическим экватором, — а это возможно, так как в атласе Росса даются координаты углов фотографий, — мы определяли углы  $\varphi$ .



«Чернота» темной туманности на фотографии зависит от плотности материи в пылевом облаке и расстояния до нас.

Почернение темных туманностей условно можно было бы выразить разностью

$$\Delta N(m) = N(m) - N'(m)$$

и определить его путем подсчетов звезд, однако от этого пути мы отказались, так как он требовал выполнения подсчетов всех звезд во всей изучаемой полосе Галактики. Это — непомерно кропотливая работа. Также нельзя было определять почернение фотометрическим путем, так как на фотографиях атласа Росса неудобно и почти невозможно производить обычные фотометрические измерения.

Выбранный нами способ заключается в следующем. Интервал от самых ярких мест Млечного Пути (звездные облака, светлые диффузные туманности) до самых черных пятен, на которых почти отсутствуют звезды, был разделен на пять ступеней. Самым светлым местам приписывалось почернение «ноль», а самым «черным» темным туманностям — почернение «пять». Почернения, которые заключаются в пределах от нуля до единицы, мы приписывали флюктуациям в поверхностных звездных плотностях и соответствующие темные пятна не заносили в каталог.

Оценка ступеней почернений темных туманностей производилась глазомерно. Такая оценка  $\Delta N(m)$  дает удовлетворительную для наших целей точность, так как вычисленные по ним веса  $p$  имеют лишь статистический смысл.

Представилось интересным сравнить оцененные нами  $\Delta N(m)$  с подсчетами звезд, известными из литературы и таким образом проверить, как изображают действительность наши глазомерные оценки. Подходящим для такого сравнения материалом могли послужить известные, довольно обширные исследования областей Млечного Пути, в которых выполнены подсчеты звезд. В подобных исследованиях изучаются именно темные туманности и, во многих случаях, в них даются карты областей Млечного Пути с видимой плотностью звезд.

Однако, здесь обнаруживается одно существенное затруднение. Как правило, во всех этих исследованиях проводятся подсчеты звезд до 15-ой звездной величины, включительно, а карты атласа Росса, служащие нам основным материалом, насыщены богатым звездным фоном, включая звезды 17-ой величины. В связи с этим наш материал трудно сравним с подсчетами звезд по двум причинам.

Во-первых, выведенная в предыдущем параграфе формула

$$\Delta N(m) = \epsilon A(m)$$

указывает на то, что чем больше  $A(m)$ , тем быстрее меняется  $\Delta N(m)$  с изменением  $\epsilon$ . А это значит, что наш материал, достигающий до 17-ой величины, более чувствителен ко всяким падениям плотности звезд, вызванным темными туманностями, чем подсчеты звезд до 15-ой величины.

Во-вторых,  $\Delta N(m)$  темных туманностей, расположенных на пределе проникновения звездных подсчетов, будут искаженными вследствие отсутствия там фона звезд, находящихся за туманностями, а туманности,

более далекие, чем звезды 15-ой величины, вовсе не будут обнаруживать себя. Между тем, наш материал позволяет оценивать  $\Delta N(m)$  туманностей расположенных до границы звезд 17-ой величины и, поэтому, мы не должны ожидать соответствия  $\Delta N(m)$  туманностей, находящихся за пределами, охватываемыми звездными подсчетами.

Однако, подсчеты звезд обладают тем бесспорным преимуществом, что являются объективными и более точными, чем наши оценки и поэтому все-таки целесообразно произвести сравнение такого рода.

Область в созвездиях Ориона и Близнецов исследована В. В. Лавдовским [35] и мы остановились на этой работе потому, что в ней изучена довольно большая область, а сама работа является наиболее характерной в смысле применяемой в таких случаях методики.

На рис. 4 перерисована карта, составленная В. В. Лавдовским. На ней нанесены изофоты видимой звездной плотности. Мы выписали из нашего каталога все темные туманности, которые находятся в области, изображенной картой. Такими оказались 35 туманностей. Нанося их на карту (на карте они обозначены кружками), мы определяли для каждой туманности звездную плотность по шкале В. В. Лавдовского и затем — сравнивали с нашими каталожными значениями  $\Delta N(m)$ . Результаты собраны в таблице I, в которой даются каталожный номер туманности, галактические координаты  $l$  и  $b$ , ступень  $\Delta N(m)$  из нашего каталога и ступень  $\Delta N(m)$  по Лавдовскому.

Шкала Лавдовского трехступенчатая и ее соответствие нашей пятиступенчатой схематически изображено на рис. 5.

Проведя сравнения по таблице I, можно заключить следующее. Из 35 случаев наши определения  $\Delta N(m)$  совпадают со значением  $\Delta N(m)$  по подсчетам звезд в 29 случаях, т. е. 80%. Насчитано только 6 случаев,

Таблица I

№	l	b	$\Delta N(m)_k$	$\Delta N(m)_{Лавл.}$	№	l	b	$\Delta N(m)_k$	$\Delta N(m)_{Лавл.}$
120	157° 5	-8.06	3	3	153	171.97	-6.04	4	2
121	159.6	-9.9	4	3	154	164.1	-1.9	2	2
129	162.3	-8.7	4	3	155	158.9	+1.1	4	3
132	159.8	-6.9	3	3	157	163.5	-0.7	3	2
133	163.9	-9.0	1	2	158	160.6	+0.2	3	2
135	157.2	-10.4	4	3	159	165.3	-1.3	4	2
136	164.0	-7.1	4	2	162	160.9	+1.3	3	2
137	164.7	-8.7	4	2	163	169.7	-3.3	1	1
140	162.1	-6.3	3	2	164	164.4	+0.2	1	1
142	168.1	-8.9	4	3	166	166.6	+1.2	2	2
143	166.4	-7.6	5	3	167	167.0	+2.7	4	3
144	164.7	-6.4	4	3	168	165.1	+4.0	3	2
145	169.6	-9.2	3	3	169	169.1	+1.8	5	3
146	171.2	-9.8	3	3	170	165.0	+4.4	2	1
147	172.3	-10.2	5	3	171	163.8	+5.2	3	2
150	170.0	-7.4	4	3	173	171.9	+1.4	3	1
151	161.1	-1.2	3	2	175	169.2	+4.0	3	2
152	171.3	-6.7	4	3					

когда имеет место несоответствие. Следует отметить, что на светлых областях карты не оказалась ни одна туманность из нашего каталога и наоборот — все темные области на карте были заполнены нашими туманностями.



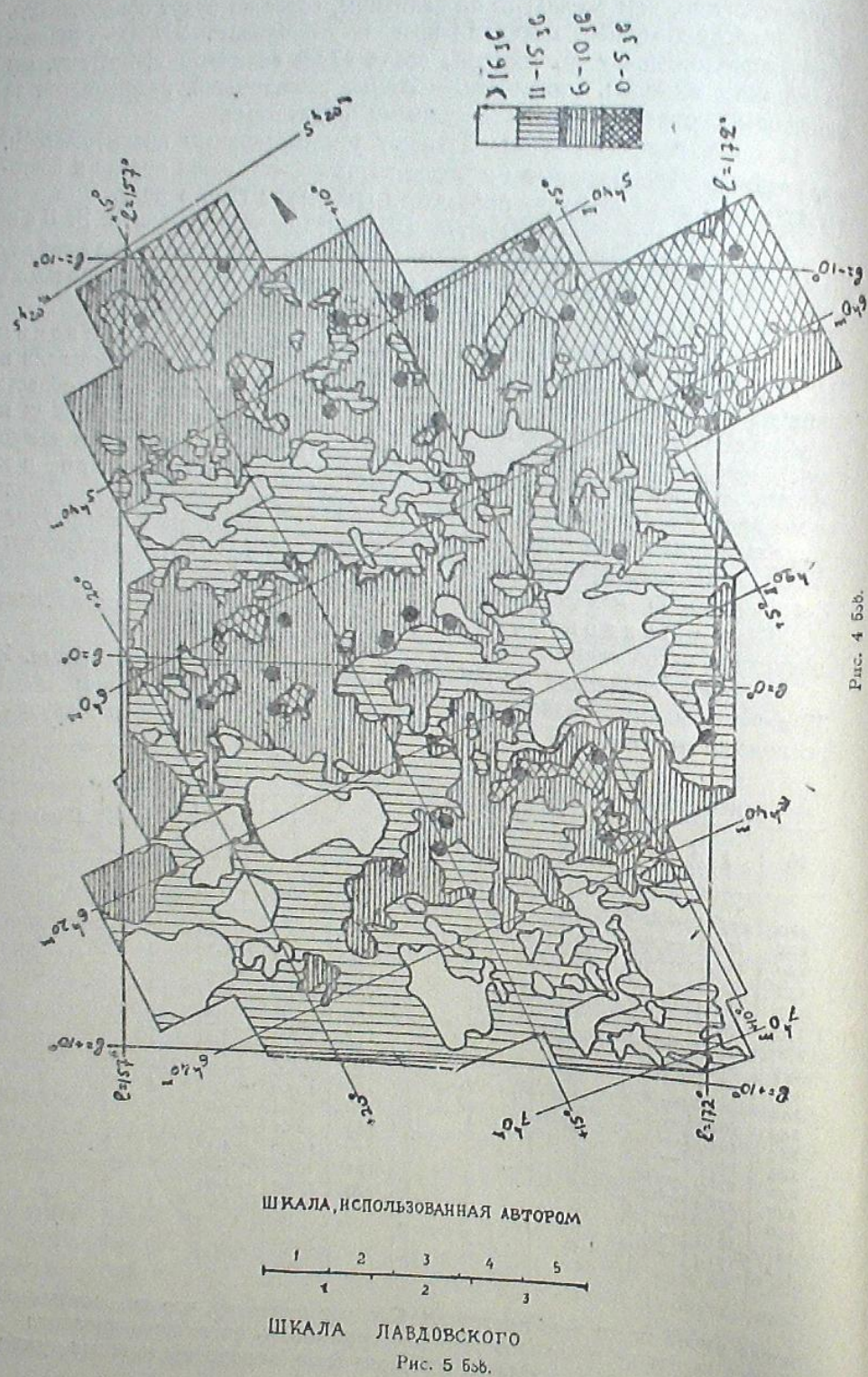


Рис. 5 Бзб.

Следовательно, мы имеем основание утверждать, что оценки  $\Delta N(m)$ , выполненные по нашему способу, надежны.

Следует подчеркнуть то обстоятельство, что видимая картина Млечного Пути заметно изменяется в зависимости от различной степени контрастности фотографий и от различной способности проникновения инструмента. Но, в этом отношении атлас Росса можно считать удовлетворительным, благодаря его однородному выполнению. Правда, были высказаны соображения противоположного характера [56], но, для наших целей т. е. для фиксирования и очерчивания контуров темных туманностей и при точности, которой мы удовлетворяемся, различие в фотографиях атласа Росса не представляется серьезным препятствием.

При оценках почернений темных туманностей мы старались свести все фотографии в одну систему с помощью тех темных туманностей, которые зафиксированы на двух соседних фотографиях. Таким образом, оцененные нами почернения темных пятен освобождены от влияния различия между отдельными фотографиями атласа Росса.

### § 5. Список темных туманностей

Наш список или предварительный каталог темных туманностей содержит 797 объектов. В нем даются значения следующих характеристик.

В первом столбце даны порядковые номера. Темные туманности пронумерованы в порядке возрастания прямых восхождений. Во втором и в третьем столбцах даются прямые восхождения  $\alpha$  с точностью до одной минуты времени, и склонения  $\delta$  с точностью до одной десятой градуса. В четвертом и пятом столбцах—галактические долгота  $l$  и широта  $b$ , с точностью до одной десятой градуса. Как для экваториальных, так и для галактических координат эпохой равноденствия является 1900 год. В шестом столбце даны значения видимой поверхностной площади  $\sigma$  в квадратных градусах с точностью в пять сотых квадратного градуса. В седьмом столбце даются значения позиционных углов  $\varphi$  с точностью до одного градуса. В восьмом столбце приведены веса  $p$ , вычисленные по формуле (16).

В столбце примечаний указаны номера из каталога Барнарда и некоторые данные, взятые из других литературных источников. Там же отмечены особенности структуры и формы темных туманностей.

Мы думаем, что настоящий предварительный каталог не может быть свободным от ошибок как случайного характера, так и ошибок, вытекающих из несовершенства, в некоторых отношениях, использованной методики. Исползованная нами методика, несмотря на относительную несложность ее, не может быть свободной от недостатков, свойственных подобного рода первым попыткам.

А настоящая работа является именно первой попыткой и, насколько нам известно, прецедента в данном плане не имеет. Также вполне естественно, что наш список пока не исчерпывает всех темных туманностей, находящихся в рассмотренной полосе.

Со временем, с расширением знаний об отдельных темных туманностях, он должен также расширяться и уточняться, приближаясь к полной и совершенной форме. В первую очередь необходимо дополнить его туманностями, расположенными в зоне от  $l=220^\circ$  до  $l=305^\circ$ , и мы намерены сделать это. Однако, мы уверены, что и в настоящем «предварительном» виде каталог не может не иметь значения для некоторых задач галактической астрономии.

Ниже приводится составленный нами предварительный каталог темных туманностей.



Предварительный каталог темных туманностей—ბნელი ნისლეულების წინასწარი კატალოგი

№№	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$l_{1900}$	$b_{1900}$	$\sigma$	$\varphi$	$\rho$	Примечания შენიშვნები
1	0 <sup>h</sup> 05 <sup>m</sup>	+61 <sup>o</sup> .4	85 <sup>o</sup> .8	- 0 <sup>o</sup> .3	1.71		5	
2	07	+70.7	87.3	+ 8.8	4.42	57 <sup>o</sup>	13	
3	10	+63.6	86.6	+ 1.8				
4	16	+65.0	87.5	+ 3.1			59	
5	29	+60.6	88.6	- 1.4	3.96		12	
6	32	+69.1	89.3	+ 7.1	2.96	2	12	
7	32	+65.3	89.2	+ 3.3	2.04	11	8	
8	33	+58.3	89.3	- 4.0			0.25	Волокно
9	33	+59.1	89.1	- 3.0	5.82	45	12	
10	35	+54.6	89.2	- 7.4	0.79		2	
11	39	+61.6	89.9	- 0.4	2.19	73	9	
12	40	+52.0	90.0	-10.0	0.21		1	
13	45	+61.9	90.5	0.0	8.05		24	
14	49	+61.3	91.1	- 0.7	2.13		9	
15	53	+72.3	90.9	+10.3	3.41	19	14	
16	1 00	+60.7	92.4	- 1.2	1.34	79	4	
17	02	+58.3	92.8	- 3.6	1.40	87	4	
18	02	+58.7	92.9	- 3.2				
19	05	+76.2	91.5	+14.3	5.42	31	16	
20	09	+69.8	92.6	+ 7.9	0.79	20	2	
21	09	+66.3	93.1	+ 4.5	7.16		36	
22	11	+63.0	93.5	+ 1.2	6.06	16	24	
23	13	+59.2	94.2	- 2.6	1.34	40	3	
24	14	+57.9	94.5	- 3.6	1.10		1	
25	14	+60.7	94.1	- 1.0	1.16	68	5	
26	17	+51.3	96.0	-10.3	9.05		36	
27	21	+54.3	96.1	- 7.2	2.35	51	7	
28	28	+56.6	96.5	- 4.8	2.47		7	
29	39	+58.5	97.7	- 2.6	6.40	9	19	
30	44	+65.9	96.5	+ 4.7	6.58	23	33	
31	47	+62.1	97.8	+ 1.1	3.54	2	14	
32	55	+60.2	99.1	- 0.4	4.30	0	17	
33	55	+76.8	94.4	+15.4	12.68		10	
34	2 03	+56.2	101.4	- 4.0	0.61	37	1	Волокно
35	16	+60.6	101.6	+ 0.7	6.04	6	24	
36	27	+58.8	103.5	- 0.8	2.32		9	
37	31	+62.2	102.6	+ 2.9	0.37		1	
38	34	+61.0	103.4	+ 2.0	0.24		0.73	
39	3 21	+32.8	124.9	-18.2	23.13	51	46	
40	37	+54.4	114.0	+ 0.8	8.02		32	
41	39	+31.9	128.6	-16.5	8.60		26	
42	49	+49.1	118.7	- 2.1	6.92		21	
43	55	+39.5	125.9	- 8.7	30.48	17	152	
44	4 00	+54.7	116.3	+ 3.2	4.21		13	
45	02	+30.5	133.1	-14.3	2.96	13	12	
46	03	+24.6	137.8	-18.3	0.70	55	1	
47	03	+25.8	136.9	-17.4	0.76	12	2	
48	06	+28.2	135.1	-15.9	4.85	26	24	
49	09	+53.7	117.9	+ 3.4	1.58		6	
50	10	+42.1	126.1	- 4.9	4.30	79	17	
51	10	+54.9	117.0	+ 4.3	0.88	32	4	
52	11	+17.7	144.5	-21.5			15	
53	12	+37.8	129.5	- 7.6	7.86	21	31	
54	12	+25.0	139.0	-16.4	0.70	47	5	Волокно
55	14	+26.9	137.9	-14.9	1.19	21	6	
56	17	+45.3	124.8	- 1.7	1.43	82	6	
57	21	+47.7	123.5	+ 0.5	3.38		10	
58	21	+30.7	136.1	-11.1	1.07	26	11	
59	22	+54.1	119.1	+ 5.0	0.61	54	3	
60	24	+51.1	121.4	+ 3.2	1.52		3	
61	24	+35.5	133.0	- 7.5	10.79	20	43	
62	24	+46.3	125.0	- 0.1	0.21	35	1	

№№	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$l_{1900}$	$b_{1900}$	$\sigma$	$\varphi$	$\rho$	Примечания შენიშვნები
63	4 <sup>h</sup> 24 <sup>m</sup>	+18 <sup>o</sup> .2	146 <sup>o</sup> .3	-18 <sup>o</sup> .8	0.94	14 <sup>o</sup>	5	
64	24	+23.1	142.3	-15.6	2.38	26	10	
65	24	+28.7	138.0	-12.0	4.97	2	12	
66	25	+24.1	141.8	-14.8	0.76	36	9	
67	25	+53.1	120.0	+ 4.7	0.82	88	2	
68	26	+29.3	137.9	-11.3	3.02	77	15	В 219
69	26	+24.7	141.4	-14.3			0.25	Глобула
70	26	+26.4	140.1	-13.2	2.01	16	10	
71	26	+31.7	135.9	- 9.7	6.70	4	27	
72	27	+55.1	118.7	+ 6.2	0.46	39	1	Глобула
73	30	+24.6	142.1	-13.7			0.25	
74	31	+22.8	143.7	-14.6	1.71		9	
75	32	+45.3	126.6	+ 0.3	4.97	19	15	
76	33	+48.8	124.1	+ 2.7	0.58	19	2	
77	33	+38.5	131.9	- 4.1	6.19	18	25	
78	33	+15.4	150.0	-18.9			20	
79	34	+25.6	141.9	-12.3	2.22	3	11	
80	35	+32.3	136.8	- 7.8	2.83	21	9	
81	36	+43.9	128.2	- 0.2	2.50	27	5	
82	38	+22.5	145.0	-14.2	0.46	18	1	
83	39	+54.1	120.7	+ 6.9	0.67	50	1	
84	40	+52.9	121.5	+ 6.2	0.03		0.15	
85	40	+25.0	143.3	-11.6	3.29		3	
86	42	+30.4	139.3	- 8.5	3.32	20	13	
87	43	+32.4	137.9	- 5.9	1.04	28	4	
88	44	+22.7	145.6	-12.4			15	
89	45	+51.8	123.1	+ 6.1	1.46	24	4	
90	45	+45.7	127.7	+ 2.2	0.12		0.61	
91	45	+44.8	128.5	+ 1.7	4.05	27	8	
92	45	+37.6	134.0	- 2.8	3.84	15	12	
93	46	+27.9	141.8	- 8.9	2.96	59	9	
94	48	+31.2	139.4	- 6.4	0.27	62	1	
95	49	+32.2	138.8	- 5.6	3.11		6	
96	49	+35.1	136.5	- 3.8	1.58		5	
97	49	+53.7	121.9	+ 7.7	0.55	51	0.55	
98	54	+25.7	144.6	- 8.8	5.42	12	16	
99	55	+44.5	129.8	+ 3.0	4.36	3	13	
100	55	+35.6	136.9	- 2.5	0.37		1	
101	55	+33.6	138.5	- 3.8	2.16	17	4	
102	56	+28.2	142.9	- 6.8	1.13	39	2	
103	57	+32.5	139.6	- 4.1	0.06		0.30	
104	5 00	+38.0	135.6	- 0.3	3.41	25	10	
105	02	+31.2	141.2	- 4.1	0.64		2	
106	04	+33.9	139.2	- 2.1	3.54	51	7	
107	05	+19.6	151.2	-10.2			17	
108	06	+10.8	158.9	-14.9	0.58		3	
109	12	+23.7	148.7	- 6.6	2.01		6	
110	12	+26.3	146.6	- 5.0	3.08		15	
111	15	+22.1	150.4	- 7.0	3.47		10	
112	15	+ 7.9	162.6	-14.7	6.55	10	26	
113	18	+31.6	142.9	- 1.0	3.66	35	7	
114	20	+36.4	139.2	+ 2.0	1.68	28	5	
115	20	+38.0	137.9	+ 2.9	3.87	25	12	
116	21	+57.0	121.8	+13.3	1.40	57	7	
117	21	+62.1	117.2	+15.9	3.41	27	10	
118	22	+10.0	161.6	-12.1	0.79	30	0.79	
119	23	+25.0	140.7	-14.6	12.31	11	49	
120	25	+15.3	157.5	- 8.6	6.04	42	18	
121	25	+12.8	159.6	- 9.9	3.90	80	16	
122	26	+31.4	144.0	+ 0.6	5.82	15	12	
123	26	+28.9	138.2	-11.5	1.43	40	7	
124	26	+ 9.7	162.4	-11.4	0.70		0.70	
125	26	- 5.4	176.0	-18.9	1.01	37	1	
126	29	+30.4	145.2	+ 0.3	16.79	51	67	
127	31	+ 8.6	164.1	-10.9	3.66		4	



№№	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$l_{1900}$	$b_{1900}$	$\sigma$	$\varphi$	P	Примечания შენიშვნები
128	5 <sup>h</sup> 33 <sup>m</sup>	+52 <sup>o</sup> .1	127 <sup>o</sup> .0	+12 <sup>o</sup> .3	1.16	39 <sup>o</sup>	5	
129	35	+11.2	162.3	-8.7	0.82	44	3	
130	35	-8.0	179.6	-18.0	3.93	65.12	20	
131	36	+32.5	144.3	+2.7	0.15		0.76	B 34
132	36	+14.2	159.8	-6.9	3.50		11	
133	36	+9.9	163.5	-9.0	2.65	34	3	
134	38	-5.4	177.5	-16.2	4.66	12	19	
135	39	+6.2	167.2	-10.4	1.37	8	6	
136	40	+10.6	164.0	-7.1	1.10	38	5	
137	40	+9.2	164.7	-8.7	0.12		0.49	
138	42	-1.2	174.1	-13.4	14.90	40	75	
139	42	-4.0	176.7	-14.7	3.47	6	14	
140	43	+12.6	162.1	-6.3	3.57	12	11	
141	44	-7.2	180.0	-15.7	1.40	46	4	
142	46	+6.1	168.1	-8.9	0.85	84	3	
143	47	+8.3	166.4	-7.6	1.13	72.27	6	B 36 Волокно
144	48	+10.3	164.7	-6.4	3.66	10	15	
145	48	+4.7	169.6	-9.2	3.11	83	9	
146	49	+3.0	171.2	-9.8	3.66	59	11	
147	50	+1.9	172.3	-10.2	0.03		0.15	
148	52	+0.7	173.7	-10.3	4.85	1	15	
149	54	-4.6	178.6	-12.3	4.97	76	15	
150	55	+5.3	170.0	-7.4	0.55	47	2	
151	59	+16.0	161.1	-1.2	8.75	20	26	
152	6 00	+4.4	171.3	-6.7	1.37	28	5	
153	01	+4.1	171.7	-6.4	1.19	21	5	
154	03	+13.1	164.1	-1.9	5.12	83	10	
155	03	+19.1	158.9	+1.1	1.71		7	
156	04	+2.7	173.4	-6.7	1.92	28	10	
157	06	+14.2	163.5	-0.7	3.14		9	
158	06	+17.5	160.6	+0.2	11.34		34	
159	07	+12.4	165.3	-1.3	0.21		0.85	
160	07	+3.3	173.2	-5.9	5.40	86	27	
161	08	-4.7	180.4	-9.2	9.24		37	
162	08	+17.4	160.9	+1.3	11.19	8	34	
163	09	+7.5	169.7	-3.3	2.56	40	3	
164	11	+13.9	164.4	+0.2	1.49		1	
165	12	+3.8	173.4	-4.4	5.64	47	17	
166	19	+12.4	160.6	+1.2	1.28	34	3	
167	25	+12.8	167.0	+2.7	2.07	48	8	
168	26	+15.0	165.1	+4.0	2.47	20	7	
169	26	+10.4	169.1	+1.8	2.50	88	12	
170	27	+15.3	165.0	+4.4	0.91		2	
171	28	+16.8	163.8	+5.2	2.44	20	7	Волокно
172	29	+4.0	175.2	-0.6	12.47	23	37	
173	30	+7.8	171.9	+1.4	0.18		0.55	
174	33	+7.6	172.5	+2.0	0.18		0.55	
175	34	+11.4	169.2	+4.0	1.43	19	4	
176	35	+7.9	172.5	+2.6	0.15		0.46	
177	36	+9.1	171.5	+3.4	1.04	10	4	
178	38	+8.3	172.4	+3.4	1.01	28	4	
179	38	+4.0	176.2	+1.4	2.87	49	6	
180	39	+9.5	171.5	+4.2	0.30	72	0.92	
181	45	-4.3	184.4	+1.0	3.02	6	6	
182	47	+4.6	176.8	+3.7	0.37	62	1	
183	51	-4.2	185.0	+0.5	0.37	67	1	
184	53	+2.4	179.5	+4.0	1.43	62	3	
185	54	-5.5	185.4	+0.5	1.16	62.1	5	
186	57	-4.7	186.1	+1.5	1.01	13	4	
187	58	0.0	182.1	+4.0	13.81	78	41	
188	59	-10.2	191.3	-0.6	4.45	24	18	
189	7 00	-3.5	185.4	+2.8	0.24		0.73	
190	05	-4.6	187.0	+3.3	0.64	13	2	
191	05	-6.4	188.6	+2.4	3.20	17	10	
192	07	-10.7	192.6	+0.8	9.14	8	46	

№№	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$l_{1900}$	$b_{1900}$	$\sigma$	$\varphi$	P	Примечания შენიშვნები
193	7 <sup>h</sup> 08 <sup>m</sup>	-31 <sup>o</sup> .2	210 <sup>o</sup> .8	-8 <sup>o</sup> .7	0.27	33 <sup>o</sup>	0.82	
194	08	-25.5	205.7	-6.0	10.33	3	52	
195	08	-21.2	202.0	-4.0	2.25	42	11	
196	08	-16.2	197.6	-1.6	2.68	33	11	
197	09	-4.5	187.3	+4.3	0.06		0.24	
198	10	-19.4	200.6	-2.7	7.41		22	
199	15	-31.1	211.4	-7.3	0.15		0.30	
200	16	-21.8	203.3	-2.6	3.05	13	12	
201	16	-16.7	198.9	+0.1	2.47		10	
202	16	-6.3	189.5	+4.9	1.62		2	
203	18	-14.0	196.8	+1.6	2.80	19	8	
204	20	-0.9	185.5	+8.4	0.37	83	1	
205	22	-12.5	195.9	+3.2	3.54	34	11	
206	22	-16.3	199.2	+1.3	5.03	25	20	
207	24	-24.7	206.8	-2.3	7.10	5	36	
208	24	-6.3	190.8	+6.7	1.46		1	
209	25	-8.3	192.7	+5.9	2.13		2	
210	26	-22.8	205.3	-1.1	4.51	14	23	
211	28	-3.8	189.0	+8.7	5.58	45	11	
212	28	-31.9	213.5	-5.2	0.24		0.73	
213	29	-16.5	200.2	+2.7	1.28	9	4	
214	30	-14.1	198.3	+4.1	1.92	26	4	
215	34	-14.4	199.1	+4.7	1.46	34	4	
216	34	-29.8	212.3	-3.1	3.08	40	6	
217	34	-9.8	195.0	+7.0	7.22	46	7	
218	36	-26.1	209.4	-0.8	0.49		2	
219	37	-27.7	210.8	-1.4	1.04		3	
220	38	-6.5	192.6	+9.6	0.67	72	1	
221	42	-22.2	206.7	+2.4	11.46	1	35	
222	42	-27.3	211.1	-0.3	2.62		5	
223	43	-19.7	204.8	+4.5	0.40	40	2	
224	44	-29.2	213.0	-0.9	1.52	4	5	
225	44	-26.7	210.8	+0.4	0.85	20	3	
226	47	-30.2	214.2	-0.9	3.99	1	16	
227	48	-32.7	216.4	-2.0	11.86		47	
228	8 00	-29.0	214.7	+2.1	1.86	50	2	
229	03	-24.7	211.5	+5.2	2.96	90	3	
230	05	-26.7	213.4	+4.7	10.27	75	21	
231	15 29	-35.9	304.3	+14.7	5.19		10	
232	32	-34.6	305.6	+15.3	0.79	12	2	
233	40	-34.3	307.1	+14.6	2.99	82	9	
234	47	-34.2	308.3	+13.7	0.91	39	2	
235	50	-37.8	306.3	+10.6	0.72	56	1	
236	16 10	-24.4	319.1	+17.2	0.15	48	0.15	
237	11	-37.5	309.6	+8.0	10.11		30	
238	12	-26.1	318.1	+15.7	0.83	48	0.83	
239	13	-35.1	311.7	+9.3	1.55	70	55	
240	14	-23.4	320.5	+17.2	2.88	24	6	
241	15	-37.4	310.2	+7.5	4.96	49	15	
242	16	-28.2	317.2	+13.7	0.34	75	0.34	
243	16	-32.5	314.0	+10.7	6.36		13	
244	18	-25.0	319.3	+15.5	0.91	89	2	
245	19	-34.4	313.0	+9.0	1.48		4	
246	20	-16.7	326.9	+20.5	1.52		6	
247	20	-20.7	323.6	+17.9	2.22		11	
248	22	-35.9	312.4	+7.5	2.08	70	6	
249	22	-24.3	321.1	+15.3	0.30	47	0.91	
250	24	-29.1	317.7	+11.7	0.23	89	0.23	
251	24	-33.3	314.6	+8.9	0.98		4	
252	24	-28.0	318.6	+12.4	0.26	8	0.27	
253	26	-36.4	312.5	+6.5	0.34	90	0.68	
254	26	-22.0	323.5	+16.1	0.57	9	1	



№№	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$l_{1900}$	$b_{1900}$	$\sigma$	$\varphi$	$\rho$	Примечания ՅընՅընջըն
255	16 <sup>h</sup> 27 <sup>m</sup>	-19°3	325°9	+17°4	1.13	14°	6	
256	27	-23.7	322.4	+14.8	0.57	19	2	
257	29	-12.1	332.2	+21.6	2.35	76	7	
258	29	-22.2	323.9	+15.4	0.57	20	1	
259	31	-21.7	324.8	+15.4	0.23		0.45	
260	31	-32.5	316.1	+8.4	2.54	30	5	
261	31	-20.6	325.4	+16.0	0.34	24	0.68	
262	32	-37.5	312.5	+4.9	0.95		3	
263	34	-20.0	326.4	+15.9	1.13	89	3	
264	34	-24.0	323.2	+13.4	5.04	33	15	B 44
265	35	-32.8	316.4	+7.6	0.23		0.91	
266	35	-21.0	325.7	+15.0	0.42	1	0.83	
267	38	-27.3	321.2	+10.6	0.53		0.53	
268	38	-32.3	317.2	+7.4	1.74	20	5	
269	38	-36.2	314.2	+4.9	0.68	59	2	
270	38	-36.9	313.7	+4.4	0.87	19	3	
271	38	-35.1	315.0	+5.5	2.00	49	8	
272	39	-33.6	317.1	+7.0	0.19		0.76	
273	40	-21.0	326.5	+14.1	1.89	13	6	B 45
274	40	-30.1	319.2	+8.4	0.15	2	0.63	
275	41	-38.1	313.1	+3.1	1.82	23	4	
276	41	-33.1	317.0	+6.3	0.49	18	2	
277	42	-12.2	332.1	+19.0	2.07	14	6	
278	43	-13.8	332.9	+18.0	0.79	51	2	
279	43	-19.1	328.4	+14.7	1.31		4	
280	44	-17.7	329.8	+15.4	0.73		2	
281	44	-31.4	318.8	+7.0	1.90	77	8	
282	44	-23.5	325.0	+11.9	0.53	34	3	
283	45	-35.2	315.9	+4.3	1.21	83	5	
284	46	-15.2	332.1	+16.5	1.34	14	5	
285	47	-37.4	314.5	+2.8	0.57	76	1	
286	48	-32.9	318.1	+5.4	0.42	51	2	
287	49	-16.4	331.7	+15.2	0.64	15	2	
288	49	-33.6	317.8	+4.7	0.61	27	2	
289	50	-23.1	326.2	+11.0	0.30	13	2	
290	50	-24.4	325.2	+10.3	0.83	20	0.8	
291	50	-21.9	327.2	+11.8	2.84		6	
292	51	-27.6	322.7	+8.1	1.21	4	1	
293	51	-22.5	326.8	+11.2	0.08		0.3	B 46
294	51	-36.7	315.5	+2.7	2.27	82	7	
295	52	-34.6	317.3	+3.6	0.42	87	2	
296	53	-14.2	334.0	+15.7	7.50	12	22	
297	53	-35.2	316.9	+3.1	0.72	81	3	
298	54	-33.4	318.5	+4.1	0.64	40	3	B 240
299	54	-32.1	319.5	+4.8	1.59		1	B 242
300	55	-23.0	327.0	+10.2	0.30	75	2	
301	56	-28.4	322.8	+7.8	0.61	1	0.61	
302	56	-36.2	316.5	+2.0	0.95	0	4	
303	56	-34.3	318.1	+3.2	0.23	73	1	B 50
304	57	-21.1	328.3	+10.5	0.08		0.2	
305	58	-35.6	317.2	+2.0	0.45		0.45	
306	59	-22.4	328.0	+10.2	0.26	20	1	
307	59	-22.0	328.4	+10.0	0.49	22	2	B 51
308	59	-33.4	319.2	+2.7	0.68	8	3	
309	59	+1.5	348.9	+4.2	0.79	90	2	
310	58	-25.9	325.0	+7.9	0.34	5	0.6	
311	58	-17.0	332.4	+13.1	5.79	19	12	
312	17 <sup>h</sup> 01	-35.9	317.4	+1.5	1.29		1	
313	02	-21.2	329.4	+9.9	0.38	49	1	
314	02	-25.4	326.0	+7.5	0.83	5	2	
315	02	-7.2	341.4	+17.7	21.94	63	110	
316	03	-29.4	322.9	+5.2	0.26	31	0.81	B 243
317	03	-24.0	327.2	+8.1	2.23	23	4	
318	04	-22.4	328.7	+9.8	0.38	19	2	B 57,60
319	04	-11.6	337.9	+14.4	14.48		43	

№№	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$l_{1900}$	$b_{1900}$	$\sigma$	$\varphi$	$\rho$	Примечания ՅընՅընջըն
320	17 <sup>h</sup> 04 <sup>m</sup>	-35°2	318°3	+1°3	1.63	51°	3	
321	05	-29.0	323.4	+4.8	0.15	32	0.15	
322	05	-20.8	330.3	+9.5	0.15	50	0.3	
323	05	-27.3	324.9	+5.7	0.76	32	4	B 59
324	06	-22.5	328.9	+8.5	0.11		0.6	B 246
325	06	-21.6	329.6	+8.8	0.30	19	0.3	
326	07	-19.3	331.7	+10.0	1.36		1	
327	07	-28.9	323.8	+4.5	0.08		0.16	B 248
328	07	-28.3	324.3	+4.8	0.8		0.23	B 250
329	07	-33.7	319.9	+1.7	0.30		0.91	
330	08	-25.8	326.5	+6.1	0.38		0.8	
331	09	-22.4	329.4	+7.9	1.55	81	6	
332	09	-36.7	317.6	-0.4	0.54		1	
333	10	-27.2	325.5	+5.0	0.64	36	3	
334	10	-24.0	328.2	+6.8	1.21	22	2	
335	10	-20.8	330.8	+8.5	0.08		0.4	B 62
336	11	-21.3	330.6	+8.1	0.76	31	4	B 64
337	12	-18.5	333.1	+9.5	0.49		0.23	
338	12	-28.6	324.7	+3.7	0.11		1	
339	13	-25.0	327.8	+5.6	0.53	34	1	
340	14	-31.7	322.3	+1.7	0.53	7	2	
341	14	-1.8	347.9	+18.0	17.68	63	71	
342	15	-30.1	323.8	+2.7	0.64	43	3	B 254
343	15	-27.0	326.4	+4.2	0.15	51	0.5	
344	15	-29.7	326.6	+4.4	0.08		0.4	B 65, 66, 67
345	15	-25.7	327.4	+4.9	0.23	16	0.4	
346	16	-28.6	325.2	+3.0	1.89	36	6	B 256
347	16	-9.6	341.2	+13.5	10.27	37	51	
348	16	-34.6	320.3	-0.4	0.98		4	B 258
349	16	-36.0	319.1	-1.1	0.64	30	2	B 257
350	16	-22.0	330.6	+6.8	0.23	39	1	
351	17	-6.7	343.9	+14.9	4.45	90	13	
352	18	-23.6	329.5	+5.4			1	B 72 Волокно глобулы
353	19	-12.4	330.7	+6.0	0.19		1	B 262 Волокно
354	19	-29.2	325.0	+2.2	0.57		2	
355	19	-19.0	333.6	+7.8	2.61	32	10	B 259
356	20	-23.0	330.3	+5.4	0.11		0.5	B 261
357	20	-38.4	317.6	-3.1	1.14	15	1	
358	20	-21.2	328.8	+6.4	0.61	16	3	
359	21	-31.9	323.0	+0.3	1.17	66	5	
360	21	-26.8	327.3	+3.1	0.72	61	4	
361	22	-24.0	329.7	+4.5		75	14.2	B 77
362	22	-14.1	338.2	+9.9	7.41	46	22	
363	23	-22.5	331.2	+5.1			15.7	B 269
364	24	-34.8	321.0	-1.0	3.86		12	
365	26	-26.0	328.5	+2.7	5.68	17	28	
366	26	-18.4	334.9	+6.8	1.70	32	7	
367	26	-20.5	333.2	+5.7	2.58	38	13	B 268
368	26	-11.7	340.7	+10.3	8.78		26	
369	26	-15.5	337.4	+8.3	6.13	4	12	
370	28	-31.6	324.1	-0.8	0.53	35	2	
371	28	+3.0	354.1	+17.3	15.88		32	
372	29	-1.1	350.4	+15.1	0.79	44	0.79	
373	30	-1.7	340.0	+14.6	0.67		1	
374	30	-22.9	331.7	+3.6	0.61	9	2	B 274
375	30	-16.9	336.7	+6.6	0.40	75	0.79	
376	31	-27.8	327.6	+0.7	0.95	15	4	
377	32	-25.7	329.5	+1.7			5	
378	32	-23.3	331.6	+3.0	0.38		2	B 272
379	33	-5.5	347.1	+12.1	10.03		40	
380	33	-16.5	337.5	+6.4	0.43	71	0.43	B 276
381	33	-19.8	334.7	+4.6	3.22	23	16	B 83
382	33	-24.1	331.0	+2.3	0.04		0.1	
383	33	-30.6	325.5	-1.2	0.95	27	4	
384	34	-28.9	327.1	-0.3	1.17	5	4	



№№	a <sub>1000</sub>	b <sub>1000</sub>	l <sub>1000</sub>	b <sub>1000</sub>	σ	φ	ρ	Примечания შენიშვნები
385	17 <sup>34</sup> 34 <sup>m</sup>	-36 <sup>0</sup> .6	320 <sup>0</sup> .5	-4 <sup>0</sup> .5	4.81	5 <sup>0</sup>	5	В 277
386	35	-22.8	332.4	+2.6	0.30		1	
387	36	-30.0	326.4	-1.4	1.48	27	6	
388	36	-27.0	326.5	+4.0	1.25	19	4	
389	36	-23.8	331.7	+1.9	0.30	5	0.6	
390	36	-17.3	337.2	+5.3	0.21	75	0.43	
391	37	-34.7	322.5	-4.0	0.95		4	
392	39	-10.0	343.1	+8.4	1.62	6	6	
393	39	-22.4	332.9	+0.4	1.44	7	7	
394	39	-38.0	319.9	-6.0	0.38	3	1	
395	40	-16.4	338.6	+5.1	1.25	4	4	
396	41	-25.1	331.1	+0.3	3.29	71	10	
397	42	-10.1	336.3	+3.2	1.16	61	5	
398	42	-18.4	336.9	+3.5	2.01	53	6	
399	42	-14.0	340.3	+5.8	2.35	0	9	
400	42	-6.1	347.6	+9.8	0.94		2	
401	42	+2.6	355.4	+14.0	18.01	36	36	
402	43	-4.4	349.3	+10.4	0.98	47	4	
403	44	-10.4	344.1	+7.2	1.86	13	7	
404	44	-3.2	350.4	+10.8	2.32	28	5	
405	44	-20.6	335.4	+2.0		56	5	
406	44	-37.4	320.9	-6.6	0.72	3	2	
407	44	-21.8	334.5	+1.0	1.70	22	8	
408	45	-29.2	328.0	-2.6	0.45		1	
409	46	-33.8	321.5	-7.6	1.21		6	
410	47	-16.8	339.0	+3.2	2.68	52	11	
411	48	-26.8	330.7	-0.9	4.35	27	17	
412	48	-32.2	325.8	-4.7	0.46		2	
413	48	-14.9	340.8	+4.1	3.75	17	11	
414	48	-13.0	341.9	+4.7	1.43	32	4	
415	48	-5.7	348.8	+8.7	1.80	42	5	
416	48	-7.2	347.4	+7.9	2.19	30	7	
417	48	-10.5	344.6	+6.4	2.07	0	8	
418	49	-28.2	329.3	-2.9	0.64	30	3	
419	49	-35.1	323.4	-6.3	0.76		3	
420	49	-36.2	322.4	-6.9	0.61	5	3	
421	50	-30.6	327.4	-4.3	1.32	30	5	
422	50	-29.0	328.8	-3.4	0.11	20	0.6	
423	50	-18.7	337.7	+1.8	2.38		7	
424	51	-8.5	346.7	+6.7	2.53	40	10	
425	51	-4.0	350.6	+8.8	2.38	55	7	
426	51	-22.6	334.5	-0.4	1.04		3	
427	51	-27.7	330.1	-2.9	0.40	68	2	
428	51	-29.7	328.0	-3.9	0.19	9	0.8	
429	52	-31.9	326.5	-5.2	0.30	7	1	
430	52	-17.6	338.9	+1.9	0.09	38	0.46	
431	53	-21.6	335.6	-0.3	1.37	88	4	
432	53	-17.4	339.1	+1.8	0.21		0.85	
433	54	-15.1	341.2	+2.8	1.04	2	2	
434	54	-17.9	338.8	+1.4	0.06		0.18	
435	54	-20.6	356.3	0.0		4	4	
436	55	-33.3	325.6	-6.6	1.89		10	
437	55	-29.4	329.1	-4.6	0.34		1	
438	55	-18.0	338.1	+1.1	0.09	56	1	
439	56	-19.0	338.2	+0.4	4.45	5	0.27	
440	56	-34.0	325.1	-7.1	0.57		3	
441	56	-31.0	328.6	-5.1	0.64	38	2	
442	57	-13.4	343.1	+3.0	3.84		15	
443	57	+0.2	355.1	+9.6	3.99	51	4	
444	58	-4.8	350.8	+7.0	3.90	17	12	
445	59	-3.6	328.4	+5.9	3.05		9	
446	00	-28.6	330.3	-5.2	0.49		1	
447	00	-17.5	340.0	+0.2	3.50	33	14	
448	01	-29.4	329.6	-5.8	1.01	54	3	
449	01	-11.3	345.4	+3.2	4.57	35	14	

№№	a <sub>1000</sub>	b <sub>1000</sub>	l <sub>1000</sub>	b <sub>1000</sub>	σ	φ	ρ	Примечания შენიშვნები
450	18 <sup>02</sup> 34 <sup>m</sup>	-27 <sup>0</sup> .8	331 <sup>0</sup> .2	-5 <sup>0</sup> .2	0.49		1	В 90
451	02	-16.5	341.0	+0.4	3.87	45 <sup>0</sup>	15	
452	03	-2.8	353.2	+6.8	8.02		32	
453	04	-24.3	334.4	-3.9	9.49	7	47	
454	04	-28.4	330.8	-5.8	0.18		0.73	
455	04	-26.9	332.2	-5.1	0.61		2	
456	04	-20.4	337.8	-1.6	4.36		13	
457	07	-13.1	344.6	+1.0	6.46	6	26	
458	07	-31.9	377.8	-7.7	2.22	41	9	
459	08	-2.6	353.9	+5.8	7.07	2	35	
460	08	-18.6	339.9	-1.9	0.30	13	0.91	
461	10	-28.9	331.0	-7.2	0.40		0.40	
462	10	-21.3	337.7	-3.6	0.85		1	
463	11	-17.4	341.3	-2.0	2.29		9	
464	11	-18.2	340.6	-2.3	0.03		0.15	
465	12	-22.4	337.0	-4.6	1.08		4	
466	12	-31.5	329.0	-8.8	0.12		0.24	
467	13	-3.6	336.1	-5.3	0.27		0.54	
468	13	-26.5	333.5	-6.7	0.24		0.49	
469	14	-24.5	335.4	-5.9	0.10	71	0.61	
470	14	-27.4	332.7	-7.3	0.58		1	
471	14	-32.1	328.6	-9.5	0.18	58	0.55	
472	14	-31.3	329.3	-9.1	0.06		0.06	
473	15	-4.7	352.9	+3.3	4.42	17	18	
474	15	-20.7	338.9	-4.3	3.29		16	
475	15	-28.4	332.1	-8.0	0.91		2	
476	15	+0.9	357.9	+5.9	8.11		45	
477	15	-24.9	335.1	-6.3	0.30	56	0.61	
478	16	-7.9	350.2	+1.6	3.84	12	19	
479	16	-15.2	343.8	-1.9	4.18		17	
480	16	-27.7	332.8	-7.8	0.40	24	0.98	
481	17	-18.9	340.6	-3.9	1.58		8	
482	17	-12.5	346.3	-0.8	1.58	15	6	
483	17	-25.7	334.6	-7.1	1.34	2	4	
484	19	-16.6	343.0	-3.3	1.74		7	
485	19	-24.0	336.4	-6.7	1.34	80	5	
486	19	-13.5	345.7	-1.7	1.62	13	6	
487	20	-8.0	350.6	+0.6	7.47		30	
488	21	-30.4	330.8	-10.1	1.98		4	
489	21	-21.6	338.7	-6.0	0.55	3	2	
490	21	-24.7	336.0	-7.4			1	
491	22	-28.3	332.8	-9.3	2.13	15	6	
492	22	-3.8	354.5	+2.8	19.20	28	96	
493	23	-20.2	340.1	-5.8				
494	23	-10.0	349.2	-0.9	1.83		9	
495	23	+14.9	311.3	+10.6		29	3	
496	23	-26.3	334.7	-8.6	0.43	52	1	
497	23	-18.0	341.5	-4.8	1.22	4	4	
498	23	-25.6	335.4	-7.2	0.34	10	1	
499	23	-13.7	346.0	-2.7	0.88	8	3	
500	23	-22.9	337.9	-7.0	0.58	78	2	
501	24	-24.3	336.6	-7.5	1.52		5	
502	25	+12.9	9.7	+9.3	0.76	8	2	
503	25	-21.2	339.5	-6.7	0.30		1	
504	25	-22.3	338.5	-7.2	0.67	5	1	
505	26	-29.2	332.4	-10.5	0.37	7	0.74	
506	26	-26.2	335.1	-9.1	0.24	0	1	
507	26	-15.7	344.5	-4.3	1.49	83	4	
508	27	-27.6	334.0	-10.0	0.85	0	3	
509	27	-18.7	342.0	-5.9	1.43	9	4	
510	27	+0.9	359.3	+3.3	22.71	89	114	
511	27	-14.1	346.0	-3.7	0.03		0.03	
512	27	-8.2	351.2	-1.0	0.73	20	2	
513	27	+12.4	9.6	+8.6	1.68	2	2	
514	28	+4.1	2.2	+4.5	7.38	48	30	



№№	$a_{1000}$	$b_{1000}$	$l_{1000}$	$b_{1000}$	$\sigma$	$\varphi$	$p$	Примечания ВббВббдо
515	18h29m	-13.4	346.8	-3.9	0.24		0.24	
516	29	-19.7	341.3	-6.8	1.58	26°	6	
517	29	-10.6	349.4	-2.5	2.90		14	В 314
518	29	-14.4	345.9	-4.3	0.94	4	0.94	
519	30	-23.5	338.0	-8.7	0.52		1	
520	31	-13.4	347.1	-4.3	0.03		0.09	
521	31	-8.8	351.2	-2.2	0.61	20	2	
522	31	-24.7	337.0	-9.5	0.55		2	
523	31	-10.0	350.1	-2.7	1.43	39	6	
524	32	-25.9	336.0	-10.2	2.38		10	
525	32	-22.2	339.3	-8.6	0.85	80	3	
526	32	-19.2	342.0	-7.2	0.34		1	
527	32	-12.3	348.2	-4.0	1.68	52	7	
528	32	-6.0	352.8	-1.4	0.70	17	3	В 103
529	33	-15.3	345.6	-5.8	0.88	5	1	
530	33	-27.5	334.7	-11.5	0.85	14	3	
531	34	-17.2	344.0	-6.7	2.86		6	
532	34	-6.2	353.8	-1.6	0.70	64	3	
533	34	-11.4	349.2	-4.0	0.73	36	3	
534	35	-21.7	340.1	-8.9	1.04		3	
535	35	-20.7	340.9	-8.5	0.76		2	
536	36	-24.1	338.0	-10.2	0.27		0.27	
537	37	-24.7	337.6	-10.7	0.34	35	0.34	
538	38	-18.2	343.6	-8.0	0.64	5	1	
539	38	-10.6	350.4	-4.5	0.37	7	1	
540	39	-19.7	342.4	-8.9	0.12	48	0.25	
541	39	-12.2	349.1	-5.5	2.32	54	9	
542	41	-21.4	341.0	-10.0	1.13	43	5	
543	41	-15.0	346.8	-7.2	1.43	34	4	
544	41	-8.2	352.8	-4.1	0.94		3	
545	41	-7.2	353.7	-3.6	1.22	8	1	
546	42	-13.4	348.3	-6.6	1.28	45	5	
547	42	-9.3	352.0	-4.8	0.30		1	
548	42	-23.7	339.0	-11.3	6.55	47	33	
549	44	-20.4	342.2	-10.3	1.83	19	5	
550	44	-14.8	348.7	-7.7	1.43	48	4	
551	45	-4.9	356.2	-3.3	4.14	30	21	В 111 Группа глобул и темных туманностей: В 110, 106, 107, 113, 117a, 320, 322
552	45	-3.0	357.9	-2.5	3.84	26	19	В 112
553	46	-6.7	354.3	-3.6	0.15	79	0.68	
554	46	-10.7	351.2	-6.3	1.86	9	4	
555	46	-7.2	354.3	-4.5	0.46	9	0.91	
556	48	-7.3	354.4	-5.2	1.13	42	1	
557	49	-1.3	359.9	-2.5	0.24	34	0.98	
558	49	-5.2	356.4	-4.4	0.52		3	В 119a
559	50	+4.4	5.1	-0.1	53.6	10	215	
560	50	-8.4	353.8	-6.1	0.55	40	0.55	
561	51	-11.8	350.8	-7.9	2.53	47	10	
562	51	-18.9	344.4	-11.1	0.21	30	6	
563	51	-15.0	347.7	-8.9	1.86		6	
564	51	-9.6	352.8	-6.8	0.27	10	0.55	
565	53	-17.3	346.0	-10.7	4.02		12	
566	53	-13.4	349.5	-9.0	5.88		18	
567	53	-0.7	0.9	-3.1	0.21	25	0.64	
568	53	+17.8	17.3	+5.5	0.43	39	2	
569	54	-7.3	355.1	-5.5	0.88	14	2	
570	54	-3.7	358.4	-4.8	1.68	32	7	В 325, 4, 3
571	54	-5.2	357.0	-5.5		33	3	В 128, 132
572	54	+10.9	11.2	+2.0	2.56	32	12.80	
573	54	+12.2	19.7	-10.1	0.98	25	5	
574	55	+18.6	18.3	+5.4	1.95	13	8	
575	55	+15.6	15.5	+4.1	0.70	69	2	
576	55	-16.6	346.9	-10.6	0.27	11	0.55	

№№	$a_{1000}$	$b_{1000}$	$l_{1000}$	$b_{1000}$	$\sigma$	$\varphi$	$p$	Примечания ВббВббдо
577	18h56m	-15.3	348.1	-10.2	1.25	4°	2	
578	56	-9.7	353.3	-8.0	1.52	14	2	
579	56	-1.4	0.6	-4.2	0.3	60	1	
580	56	-0.4	1.5	-3.7	0.58	61	2	
581	58	+3.7	5.6	-2.2	0.27		1	
582	59	-8.2	354.9	-8.0	1.16	5	3	
583	59	-7.8	355.3	-8.0	0.94	8	0.94	
584	19 00	-6.5	356.6	-7.4	0.98		3	
585	00	+21.2	21.0	+5.6	0.30	3	0.92	
586	01	-12.3	351.4	-10.3	1.46	13	4	
587	02	-4.0	359.0	-6.7	0.98	63	4	В 135, 136
588	03	+18.4	18.9	+4.0	0.43	3	0.85	
589	03	+22.3	22.3	+5.5	0.40	2	1	
590	03	+20.0	20.3	+4.4	0.79		2	
591	04	-6.2	357.3	-8.2	1.25	25	4	
592	05	+16.7	17.6	+2.4	0.88		3	
593	06	+23.8	24.0	-5.4	0.15		0.30	
594	06	+17.8	18.7	+2.6	0.98	16	4	
595	07	+15.2	16.6	+1.4	1.22		4	
596	08	-4.9	358.9	-8.4				Глобула
597	09	+17.4	18.7	+2.0	0.12	17	0.61	
598	10	+25.4	25.9	+5.6	0.18	2	0.55	
599	11	-1.0	2.8	-7.3	0.24	80	0.98	В 137
600	11	+20.5	21.6	+3.0	2.71		11	
601	11	+16.6	18.2	+1.1	0.64		3	
602	11	+15.0	17.0	+0.4	0.12		0.37	
603	12	+22.8	23.8	+3.2	0.27		0.55	
604	12	+14.6	16.6	0.0	0.15		0.46	
605	12	+10.9	13.4	-1.9	47.85		239	
606	13	-1.6	2.4	-7.8	0.03		0.15	В 139
607	13	+0.8	4.6	-6.9	1.25	22	5	В 138
608	14	+26.4	27.2	+5.3	0.23	31	1	
609	14	+7.5	10.6	-3.9	0.43	26	2	
610	14	+7.4	10.5	-4.0			2	В 330
611	15	-2.0	2.4	-8.7	1.16	10	5	
612	15	+1.7	5.7	-6.9	0.37		2	В 141
613	15	+5.0	8.6	-5.4	10.33	26	41	
614	15	+23.2	24.5	+3.5	0.18		0.55	
615	16	+20.7	22.4	+2.1	4.97		25	
616	18	+17.7	19.8	+0.2	6.25		31	
617	18	+27.4	28.5	+5.0	0.06		0.06	
618	21	+0.72	5.3	-8.3	2.44	25	10	
619	23	+23.9	25.9	+2.6	0.06		0.24	
620	25	+9.2	13.5	-5.4	2.68	6	11	
621	25	+23.5	25.8	+1.6	0.15	87	0.61	
622	25	+26.2	28.2	+3.0	1.28	26	3	
623	26	+23.9	26.7	+1.6	3.50	27	18	
624	26	+25.0	27.3	+2.2	0.52		0.52	
625	27	+21.4	24.3	+0.2	7.38	87	37	
626	27	+25.2	27.6	+2.1	0.46	50	1	
627	28	+29.4	31.3	+4.0	0.06		0.06	
628	28	+16.1	19.8	-2.7	8.93		45	
629	29	+12.0	16.4	-4.9				В 334 Волокно
630	29	+24.3	27.0	+1.3	1.04		2	
631	31	+12.1	16.7	-5.3	0.06		0.24	В 337
632	31	+12.0	16.6	-5.4				В 336 Глобула
633	31	+21.7	25.1	-0.5	12.25		61	
634	32	+30.4	32.6	+3.8	0.06		0.06	
635	32	+9.7	14.7	-6.7	2.22		9	
636	32	+7.3	12.6	-7.9			0.10	В 335
637	33	+25.3	28.3	+1.0	0.43	33	2	
638	33	+1.1	7.3	-11.2	14.45		43	
639	33	+4.5	10.3	-9.5	3.38	10	10	
640	34	+8.1	13.6	-7.9			3	



№№	$a_{1900}$	$b_{1900}$	$l_{1900}$	$b_{1900}$	$\sigma$	$\varphi$	$\rho$	Примечания ВбббВбббдо
641	19 <sup>h</sup> 35 <sup>m</sup>	+17 <sup>o</sup> .3	21 <sup>o</sup> .7	-3 <sup>o</sup> .5	0.40		1	
642	35	+26.5	29.6	+1.2	0.15		0.61	
643	35	+27.5	30.6	+1.7	0.79	19 <sup>o</sup>	3	
644	36	+10.2	15.7	-7.3			1	В 141 Кольцеобразная
645	36	+10.8	16.21	-7.0	0.70		4	В 143 Кольцеобразная совместно с N 644
646	37	+27.2	30.4	+1.2	2.06		10	
647	38	+7.2	13.3	-9.2			0.15	В 338
648	38	+31.9	34.5	+3.4	0.12		0.12	
649	38	+29.4	32.4	+2.1	0.06		0.16	
650	39	+28.8	32.0	-1.9	0.15		0.61	
651	39	+26.9	30.4	+0.6	0.54	18	3	
652	39	+18.8	23.5	-3.6	0.82		2	
653	39	+8.3	14.4	-8.9		11	7	В 339
654	39	+31.9	34.6	+3.2	0.09		0.09	
655	40	+17.5	22.5	-4.4	0.30		0.30	
656	40	+32.2	35.1	+3.3	0.21	0	0.64	
657	41	+27.6	31.2	+0.7	0.09		0.36	
658	41	+32.2	35.2	+3.1	0.18		0.37	
659	42	+30.7	34.0	+2.1		76	20	
660	42	+6.9	13.6	-10.15		46	2	
661	43	+31.7	34.9	+2.7	0.30		23	
662	44	+27.6	31.6	+0.1	0.46		23	
663	44	+30.2	33.8	+1.5	0.18		0.36	
664	46	+22.0	27.0	-3.2	2.13	62	9	
665	46	+29.1	33.1	+0.6	0.88	39	4	
666	47	+30.2	34.1	+1.2	0.30	81	0.92	
667	50	+39.2	42.1	+5.0	0.43		0.43	
668	51	+30.7	35.1	+0.4	0.79		3	
669	52	+33.8	37.7	+2.0	0.91	8	4	
670	54	+31.8	36.2	+0.6	2.29	5	9	
671	55	+34.8	39.0	+2.1	2.44	3	10	В 144
672	56	+24.6	30.5	-3.8		4	60	
673	57	-2.4	7.1	-18.1	14.02		56	
674	58	+39.0	42.8	+3.8	2.04		1	
675	59	+37.5	41.7	+2.8	0.12		0.49	В 145 Треугольник
676	20 01	+36.4	40.1	+1.8	0.76	4	2	В 146
677	04	+31.8	37.4	-1.2	5.52	23	22	
678	04	+34.8	39.9	+0.5	0.30		0.92	
679	06	+35.4	40.6	+0.5	1.18		0.36	
680	06	+40.2	44.6	+3.2	0.55	68	1	В 343
681	08	+38.7	43.6	+2.0	4.72		9	
682	09	+42.6	46.9	+4.1	3.41	36	10	
683	11	+48.1	51.7	+7.0	1.10		0.12	
684	12	+44.6	48.9	+4.3	0.82	11	2	
685	16	+40.1	45.7	+1.6	2.35	9	7	
686	16	+36.8	43.0	-0.3	13.93	29	56	
687	23	+39.7	46.1	+0.3	0.49	31	2	
688	24	+45.8	51.1	+3.9	0.18	25	0.55	
689	32	+65.1	67.4	+14.6	0.09	11	0.36	
690	32	+63.2	65.8	+13.4	0.24	10	0.98	
691	33	+39.0	46.7	-1.7	18.50		25	
692	34	+31.7	41.2	-6.4	10.97	42	44	
693	35	+56.7	60.8	+9.1	2.22	38	9	
694	35	+42.8	50.0	+0.5	11.92		61	
695	42	+67.3	69.9	+15.0	0.30	8	2	
696	42	+48.2	54.9	+3.0	0.76		0.76	
697	44	+38.3	47.6	-3.8	2.38	23	10	
698	47	+59.7	64.2	+9.9	0.21	7	1	Волокно
699	50	+55.1	61.0	+6.6	2.26	74	9	
700	52	+43.5	52.5	-1.4	3.50	72	18	
701	52	+41.2	50.8	-3.1	4.72		23	
702	54	+45.7	54.4	-0.2	0.12		0.61	В 352
703	56	+46.5	55.2	0.0	0.27		1	
704	56	+57.7	63.5	+7.6	0.67		3	

№№	$a_{1900}$	$b_{1900}$	$l_{1900}$	$b_{1900}$	$\sigma$	$\varphi$	$\rho$	Примечания ВбббВбббдо
705	20 <sup>h</sup> 57 <sup>m</sup>	+47 <sup>o</sup> .7	56 <sup>o</sup> .2	+0 <sup>o</sup> .7	2.62	39 <sup>o</sup>	10	
706	57	+55.0	61.5	+5.7	0.30		2	
707	57	+77.1	73.9	+16.3	1.43		4	
708	59	+45.6	54.9	-1.0	0.73		2	
709	59	+37.7	49.2	-6.3	2.41	31	5	
710	21 00	+55.5	62.2	+6.5	0.98		4	
711	01	+46.4	55.7	-0.6	0.18		0.36	
712	01	+67.3	71.0	+13.7	0.64	65	3	
713	02	+44.0	54.2	-2.4	2.13	2	11	
714	02	+43.0	53.3	-3.2	0.06		0.24	В 358
715	02	+52.2	60.0	+3.6	21.03		105	
716	03	+64.2	68.8	+11.4	4.88		15	
717	07	+41.1	52.7	-5.1	4.50		21	
718	07	+42.5	52.6	-4.2		26	0.25	Волокно
719	08	+45.8	56.2	-1.9	0.12		0.37	В 361
720	09	+47.2	57.2	-1.1	0.30		1	
721	09	+39.4	51.8	-6.6	2.32	16	5	
722	10	+43.3	54.6	-3.9	0.18	2	0.18	
723	10	+61.1	67.6	+8.8	0.21	5	0.85	
724	11	+46.4	57.0	-1.9	0.21	12	0.64	
725	12	+47.9	58.1	-0.9	0.12		0.25	
726	14	+42.9	54.8	-4.7	0.46	1	2	
727	16	+47.0	60.4	-2.0	4.54	51	18	
728	16	+52.4	61.7	+1.9	0.34		2	
729	19	+50.6	60.8	+0.2	0.06		0.18	
730	20	+57.8	65.8	+5.4		15	17	Кольцеобразная
731	21	+49.8	60.5	-0.6	0.03		0.15	В 362
732	22	+48.7	59.8	-1.5	0.12		0.49	В 363
733	22	+62.6	69.3	+8.8	0.52		2	
734	23	+50.4	61.1	-0.3	1.10	64	4	
735	23	+49.3	60.4	-1.3	0.21	63	0.64	
736	28	+44.7	57.9	-5.1	0.46	47	1	
737	30	+47.5	60.6	-3.7	1.62	47	5	
738	30	+57.0	66.3	+4.0			0.24	
739	30	+62.7	70.0	+8.2	0.73	4	3	
740	31	+53.9	64.3	+2.1	1.07	4	4	В 364
741	32	+56.2	65.9	+3.2	0.03		0.15	Волокно
742	33	+57.0	66.6	+3.7	0.06		0.24	Волокно
743	34	+57.3	66.9	+3.8	0.06		0.24	Волокно
744	35	+43.1	57.9	-6.6	1.49	56	5	
745	35	+55.7	65.9	+2.5	0.21		0.85	В 160
746	37	+59.3	68.5	+5.1	0.79		2	
747	38	+43.9	58.8	-6.9	0.09	72	0.46	
748	38	+57.4	67.3	+3.6	0.09		0.36	В 161 Волокно
749	38	+49.2	62.1	-2.8	0.52	51	1	Волокно
750	38	+46.8	60.7	-4.7	1.68	38	7	
751	39	+56.3	66.7	+2.8	0.03		0.12	В 163 Волокно
752	41	+53.3	65.2	+0.1	0.76		2	
753	42	+51.2	64.0	-1.6	1.07	14	4	В 164
754	43	+48.9	62.6	-2.8			0.25	Кольцеобразная
755	44	+57.5	68.0	+3.1	0.15	36	0.46	
756	44	+59.2	69.1	+4.5			0.25	Кольцеобразное волокно
757	45	+47.1	61.8	-5.2	0.55	44	2	Волокно. В конце воло- кна маленькая диффузная туманность
758	45	+59.9	69.6	+4.9		59	0.25	Кольцеобразная
759	48	+59.6	69.8	+4.5	0.15		0.61	Волокно
760	51	+56.2	68.0	+1.5	5.97	76	18	
761	55	+45.3	62.1	-7.8			0.25	В 353 Кольцеобразная
762	56	+58.1	69.7	+2.7	0.43		2	Кольцеобразная В 169, 170, 171
763	59	+52.4	66.8	-2.3	0.82	44	2	



№№	$\alpha_{1900}$	$\delta_{1900}$	$l_{1900}$	$b_{1900}$	$\sigma$	$\varphi$	$\rho$	Примечания ᠮᠣᠨᠠᠮᠤᠨᠢᠰᠢ
764	22 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	+76 <sup>o</sup> .8	81 <sup>o</sup> .2	+17 <sup>o</sup> .6	3.54		14	
765	04	+44.8	63.1	-9.0	11.00		33	
766	04	+58.8	71.0	+2.8	0.12	39 <sup>o</sup>	0.49	Волокно, глобулы В 174
767	11	+53.2	68.7	-2.5	1.52	25	3	
768	16	+63.1	74.5	+5.5	2.22	89	11	
769	17	+62.1	74.1	+4.6	0.55		2	
770	23	+60.5	73.8	+2.8	1.43	2	6	
771	24	+59.2	73.4	+1.7	9.30		37	
772	27	+62.3	75.2	+4.1	3.57		11	
773	30	+59.2	74.5	+1.1	1.77		7	
774	30	+63.8	76.2	+5.3	4.39	57	9	
775	33	+56.5	73.1	-1.4	0.18	89	0.37	
776	35	+74.6	81.8	+14.6	0.58	6	2	
777	42	+60.6	76.0	+1.8	8.38	71	42	
778	43	+52.2	72.5	-5.8	1.19		4	
779	44	+56.9	74.7	-1.5	0.30	39	0.61	
780	52	+62.0	77.1	+1.6				
781	53	+61.0	76.9	+0.6				
782	55	+69.0	80.7	+9.0	3.23	9	13	
783	59	+65.2	79.6	+5.2	5.58		6	
784	23 06	+46.1	73.5	-12.9	0.06		0.24	
785	08	+49.9	75.2	-0.3	0.27		0.82	
786	16	+66.9	81.8	+6.2	6.92	61	35	
787	17	+73.5	84.1	+12.4	0.15	7	0.61	
788	17	+70.4	81.1	+9.6	0.67		3	
789	26	+58.5	80.4	-2.1	13.10		52	
790	33	+71.3	84.7	+10.0	3.32	42	13	
791	35	+63.2	82.7	+2.1			38	
792	42	+54.9	81.7	-7.2	0.73		1	
793	51	+58.0	83.5	-3.4	0.37		1	
794	52	+57.9	83.7	-3.5			0.25	Глобула
795	52	+59.1	83.8	-2.3	0.27		1	
796	52	+61.3	84.2	-0.2	1.22		4	
797	55	+68.7	85.6	+7.1	6.40	13	26	

### III. Структурные особенности темных туманностей

#### § 1. Вводные замечания

Рассматривая фотографии Млечного Пути в атласе Россса, трудно отделаться от впечатления, что, с одной стороны, темные туманности создают клочковатую структуру Млечного Пути, как будто лишенную какой либо цельности, а с другой стороны,—на фоне кажущегося хаотического распределения темных туманностей, в отдельных областях неба выступают некоторые особенности и вполне определенные закономерности в их видимом распределении. То же самое можно сказать относительно структурных и морфологических особенностей отдельных темных туманностей. Среди множества всевозможных форм, в этом структурном разнообразии, можно выделить ряд характерных деталей и произвести некоторую группировку объектов по общим признакам.

Выявление вида и характера деталей, а также закономерностей в распределении и ориентации темных туманностей в отдельных областях неба, представляется интересным даже с точки зрения изучения динамики темных облаков. Эти структурные особенности отражают, по всей вероятности, динамические процессы в темных облаках и являются единственным до настоящего времени наблюдаемым фактом, доставляющим нам хотя бы скудные сведения о движении и развитии этих объектов.

Нам уже известны, с достаточно хорошим приближением, значения многих характеристик темных туманностей: средних размеров, масс, плотностей, размеров и физических свойств составляющих их частиц и т. д. Так что можно себе представить в самой общей форме те возможные динамические процессы и пути развития темных облаков, которые могут встретиться в условиях межзвездной среды.

Все силы, влияющие на состояние темных облаков, можно условно (по результату их действия) разделить на две группы. К первой группе относятся силы, способствующие конденсации и уплотнению материи в темных облаках, уменьшению размеров последних и приданию им более или менее правильной сферической формы. Ко второй группе относятся силы, которые деформируют, разрушают и делят темные облака на отдельные части.

В числе сил первой группы можно назвать гравитационные силы самого темного облака. Собственный потенциал должен увеличивать плотность темного облака за счет уменьшения его размеров. Этот процесс должен сопровождаться увеличением размеров пылевых частиц, образованием метеорных тел.

В этом же направлении действует световое давление внешних звезд. Если темное облако со всех сторон будет окружено звездами высокой светимости, то давлением своего излучения последние могут уплотнять темное облако, так как размеры частиц и плотность туманности создают благоприятствующую этому процессу почву.

Среди сил, относящихся ко второй группе, прежде всего следует назвать дифференциальное действие гравитационного потенциала всей Галактики. В отношении темных туманностей оно должно быть эффективным, так как их размеры значительны, а плотности сравнительно ничтожны. Из формулы, которая выводится из известного выражения Оорта

$$\ln \frac{R_1}{R_2} = A (t_1 - t_2) \sin 2(l - l_0),$$

где  $R$  радиус темной туманности, следует, что увеличение размеров в два раза в направлении плоскости Галактики происходит приблизительно за период в  $10^7$  лет [41]. Таким образом, растягивание темных туманностей вдоль плоскости Галактики, происходящее вследствие дифференциального галактического вращения, должно быть ощутимым.

При наблюдении сложных вихревых и волокнистых форм деталей темных туманностей напрашивается мысль о турбулентном характере движения материи в темных облаках. Так как благоприятствующие условия для перехода ламинарного движения пылевой среды в турбулентное должны создаваться в межзвездном пространстве (прохождение звезды сквозь облака, столкновение облаков между собой, давление радиации близкой звезды, торможение межзвездной средой и т. п.) и, кроме того, грубая оценка числа Рейнольдса для пыли дает примерно  $10^9$  [42], то допущение турбулентности движения делается более правдоподобным. Однако, если в случае светлых диффузных туманностей, все же представляется возможным делать некоторые выводы с помощью оценок флюктуаций в поверхностных яркостях туманностей,—при изучении вопроса турбулентности движения в темных туманностях встречаются серьезные затруднения. Здесь невозможно оценить плотность, а также определить скорость отдельных деталей темных туманностей.

Таким образом, на пылевое облако влияют силы различной природы и разного происхождения, в одних случаях—способствующие уплотнению и уменьшению размеров, в других—деформации, разрушению, дроблению.



Исходя из общих соображений, очень трудно представить картину суммарного, результирующего эффекта этих сил. Здесь не приходится на помощь критерий гравитационной устойчивости, так как в нем не учитывается световое давление и такие случайные факторы, как прохождение звезды сквозь облако, столкновение облаков, торможение и т. д. Наш материал и метод не позволяют углубиться в вопросы кинематики деталей темных туманностей, однако, по статистике данных об ориентации вытянутостей и деталей темных туманностей можно строить суждение о доминирующих факторах, влияющих на структуру темных туманностей.

Изучение структурных особенностей темных туманностей интересно для осуществления некоторой группировки, если не с целью классификации, ограждающей в себе путь эволюции темных облаков, то во всяком случае—для облегчения изучения и выявления характерных черт.

Нам представляется, что лучшим из известных нам методов определения форм и выявления деталей темных туманностей является изучение этих объектов на фотографиях непосредственно визуально. Несмотря на известную субъективность этого способа, он все-же может дать материал, в некоторых отношениях удовлетворяющий требованиям. Метод Вольфа, как мы уже указали, для этих целей менее эффективен, так как при пользовании им, благодаря многим неизбежным осреднениям, теряются тонкости контуров темных туманностей.

## § 2. Различные формы темных туманностей

а) Среди структурно интересных темных туманностей прежде всего следует упомянуть маленькие, круглые, очень темные образования — так называемые глобулы. Они наблюдаются в подавляющем большинстве случаев на фоне светлых диффузных туманностей и ярких звездных облаков, где их легко обнаружить, благодаря правильной форме и сильному почернению.

Впервые на них обратили внимание Бок и Рейли в 1947 г. [13] на фоне Мессье 8, звездных облаков Офиуха, Стрельца и др. Впоследствии в исследованиях Г. А. Шайна и В. Ф. Газе [27], В. Г. Фесенкова и Д. А. Рожковского [44] подчеркивалось, что характерной особенностью диффузных туманностей является частое присутствие глобул на их фоне. Средний видимый размер глобул оценивался около  $4'$ , а истинные радиусы по данным Бока и Рейли содержатся между 0,03 и 0,4 парсека. Е. Л. Рускол [36] дает для среднего радиуса значение 0,12 парсека; В. Г. Фесенков и Д. А. Рожковский—0,15 пс.

В. Г. Фесенков и Д. А. Рожковский, исследуя увеличенные негативы, констатировали наличие множества глобул на фоне некоторых светлых диффузных туманностей и, анализируя их расположение между собой и по отношению ко включениям темной материи, пришли к выводу, что глобулы физически связаны с диффузными туманностями, являясь составной частью последних. Но, с другой стороны, не исключено, что глобулы просто проектируются на фоне диффузных туманностей, имея с ними физической связи.

Е. Л. Рускол, исходя из того положения, что на глобулы не проектируется ни одна звезда, определила максимальное расстояние глобул от наблюдателя. Оно равно 230 пс. Таким образом, пространство, в котором можно обнаружить глобулы не на фоне диффузных туманностей, оказывается весьма небольшим.

Мы не ставили себе целью выделить глобулы в нашем Каталоге и изучить их отдельно. Это, во-первых, потому, что, как нам кажется, пока нет строгого определения понятия «глобула», так как часто встречаются темные туманности, которые отличаются от описанных выше глобул только немного большими размерами, а этого недостаточно для заключения о физическом различии между ними. С другой стороны, встречаются очень темные, черные «точки» некруглой формы и, вообще, симметричность глобул является до некоторой степени условной. Встречаются глобулы более или менее размытые, эллиптические и неправильной формы, а, кроме того, фотографии некоторых глобул на 100-дюймовом рефлекторе указывают на волокнистое строение последних [45]. Во-вторых, масштаб атласа Россия нельзя считать вполне подходящим для этой цели.

Глобулы почти непрозрачны, что наводит на мысль, что наблюдается феномен конденсации межзвездной материи высокой степени. А этот факт был оценен, как имеющий интерес, скорее с точки зрения космогонии. По идее, высказанной Уипплом [47] и Спитцером [46], глобулы можно рассценивать, как стадию, предшествующую образованию звезд путем конденсации межзвездной материи. Темное облако, под действием светового давления со всех сторон, а также собственной силы тяготения, должно конденсироваться, уменьшаться до малых размеров, что и наблюдается в виде глобул. Изложенный эволюционный путь, если он представляется более или менее непрерывным, требует, чтобы в природе наблюдалось большое число глобул и, вообще, должны преобладать темные туманности малых размеров, если не хотим допустить разрыва между эволюциями звездной и диффузной составляющих. Высказанное положение подтверждается некоторыми результатами настоящего исследования (см. главу IV).

б) Другим структурно интересным видом темных туманностей являются отдельные темные волокна, которые наблюдаются преимущественно на фоне ярких звездных облаков. В качестве примера можно привести темные туманности из нашего списка под №№ 54, 719, 757, 760 и др. Для наиболее типичных мы даем фото № 1, не требующее пояснений.

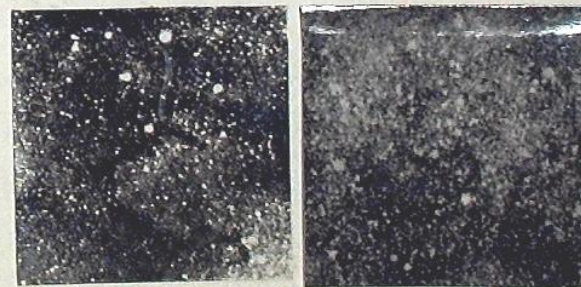


фото 1 глобула

Обнаружить такие темные волокна не на фоне ярких звездных облаков очень трудно, так как иногда ширина волокна меньше среднего расстояния между звездами и существует опасность принять кажущуюся темную линию за волокно.

Как нам известно из литературы, темные волокна специально не исследованы и поэтому привести некоторые сведения о них, хотя и довольно скудные, нам кажется, все-же целесообразно.



Темные волокна наблюдаются иногда отдельно, а в некоторых случаях они проектируются на более сероватую темную туманность. Они чаще имеют зигзагообразную форму и редко наблюдаются в виде прямой линии. Ширина таких волокон равна в среднем  $7''$ , а длина заключается от  $0^{\circ}.5$  до  $2^{\circ}.5$ . Ясно, что темные волокна должны находиться на сравнительно близких расстояниях от нас, либо быть молодыми образованиями. Можно грубо оценить расстояние до темных волокон, исходя из соображений, аналогичных тому, что мы имели в случае глобул [30]. Можно определить, на какое расстояние следует удалить волокно средних видимых размеров, чтобы на его поверхности не проектировалась ни одна звезда. Максимальное расстояние, по нашему грубому определению, получается 250 пс.

Ввиду крайней малочисленности известных нам темных волокон, мы не могли обнаружить каких-либо закономерностей в формах и распределении таких объектов. Не обнаружены также черты, указывающие на связь с ближайшими темными или светлыми туманностями или со звездным фоном. Темные волокна особенно четко вырисовываются на фоне светлых диффузных туманностей и, поэтому, представляется многообещающим изучение в этом аспекте фотографий из атласа диффузных туманностей Г. А. Шайна и В. Ф. Газе [48].

Некоторые темные туманности позволяют сделать выводы, правда, несколько дискуссионные, о связи глобул с темными волокнами.

Рис. 6 воспроизведен из атласа Барнарда. Здесь замечаются отдельные центры конденсации. На photographиях они являются весьма темными. Это явление, т. е. расщепление темного волокна на отдельные

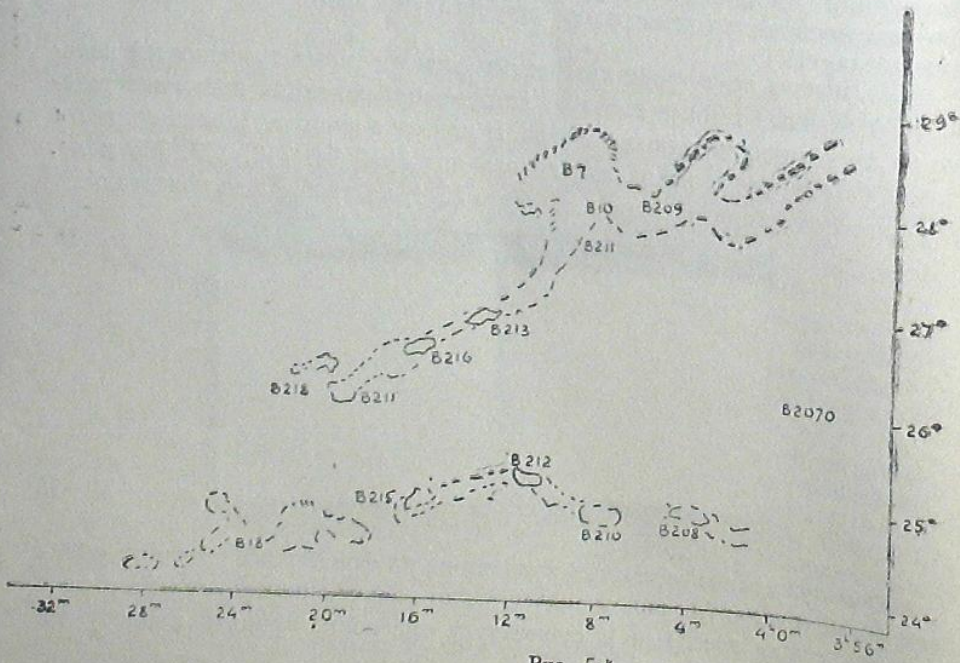


Рис. 6.б.

глобулы, особенно легко можно заметить на примере темной туманности № 352. На фото 2 явно замечаются отдельные центры конденсации в темном волокне. Здесь равные по величине и почернению глобулы, чис-

лом пять, расположенные почти на одинаковом расстоянии друг от друга, соединяются между собой тонкими черными штрихами, без сомнения реальными. По близости от этого волокна находятся несколько глобул, похожих на первые по размерам и почернению. Можно указать еще на некоторые темные туманности, в которых это явление замечается в большей или меньшей степени: №№ 553, 560, 763, 766 и др. Найдены также группы глобул, расположенных не беспорядочно, где соединяющие линии, впрочем, уже исчезли.

в) Несомненно, интересными с структурной точки зрения являются темные туманности, которые можно условно назвать кольцеобразными. Типичной в этом отношении является туманность № 755, изображение которой представлено на фото 3.

Тонкое темное кольцо, видимый радиус которого равен  $33'.5$ , окружает звезду  $81\pi^3$  Cygni ( $\alpha=21^{\text{h}}43^{\text{m}}6$ ;  $\delta=48^{\circ}51'$ ) 4.26 видимой звездной величины и спектрального класса В3. Звезда находится в центре этого кольца, что трудно считать случайным. Картина по внешнему виду напоминает «темную планетарную туманность». Если принять звезду и туманность за одну систему, то истинный радиус этого кольца будет равен 2.5 пс. Ее отделяет от нас расстояние в 250 пс.



Фото 2 ԳԼԵԼ

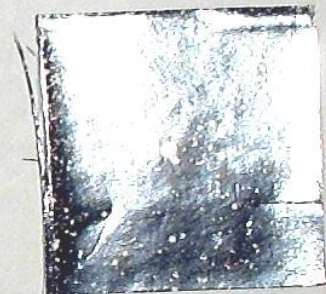


Фото 3 ԳԼԵԼ

Можно указать еще на несколько других темных туманностей, которые более или менее похожи на описанную выше. У них не найдены в центре яркие звезды, и, вместе с тем, они являются более неправильными.

На существование темных кольцеобразных туманностей было указано Морхаусом еще в 1927 г. [40]. В северо-западной части туманности «Америка» им было замечено темное кольцо, похожее на «Птичье гнездо». Аналогичные туманности указаны в области Лиры и около  $\alpha$  Лебеда. Морхаус лишь констатировал существование кольцеобразной темной туманности, но не приводил никаких заключений о происхождении и природе такого образования.

г) При изучении особенностей форм темных туманностей, мы должны учесть то положение, что на видимую форму темных пятен сильно влияет звездный фон, который сам является неравномерным. Мы разделили темные туманности на несколько групп по морфологическим очертаниям, но отнюдь не с целью классификации. В таблице II дано это разделение, а также указано число темных туманностей, принадлежащих той или иной группе, в процентах.

Большинство из правильных темных туманностей имеет форму эллипса. Эта эллиптичность выражается в большинстве случаев достаточно хорошо, но имеются случаи, когда она получается после сглаживания.



Таблица II ცხრილი

Типы темн. туман. ბნელ ხისლუვლთა ტიპები	Число темн. ту- ман. в % ბნელ ხისლუვლთა რაიციბი %-ში	Примечания შეზღვევები
1. Неправильные	56.0	В группе объединены темные туманности как неопределенной сложной формы, так и трехугольные, многогранные и волокнистые.
2. Эллиптические	26.9	Кроме эллиптических, в группу входят и темные туманности круглых форм.
3. Волокна	9.4	Сюда входят как отдельные темные волокна, так и узкие деревянные темные туманности, а также темные каналы больших размеров.
4. Глобулообразные	7.3	Эти туманности по размерам немного больше, чем глобулы, но похожи на глобулы своим большим почернением.

Самым крайним видом вытянутых туманностей, с точки зрения их формы, являются темные волокна, а также длинные черные каналы. Следует заключить, что вытянутости замечаются в большинстве у туманностей средних и малых размеров.

Мы выделили отдельно темные туманности волокнистой структуры. Здесь, конечно, нельзя говорить с такой уверенностью, как в случае диффузных туманностей, так как волокнистость выражена очень слабо.

### § 3. Некоторые структурно интересные области Млечного Пути

Некоторые области Млечного Пути обнаруживают ряд структурно интересных особенностей в смысле распределения в них темных туманностей. Характеристика этих областей нам представляется уместной. Первым делом, следует указать на два противоположных направления  $l=340^\circ-350^\circ$  и  $l=130^\circ-140^\circ$ , которые примерно совпадают с направлениями на центр и антицентр Галактики.

Во-первых, здесь замечается значительная концентрация темных туманностей (особенно, в направлении  $340^\circ-350^\circ$ ), что подтверждается наличием в этих направлениях сильного поглощения света, которое начинается со сравнительно близкого расстояния от Солнца [53].

Во-вторых, замечается асимметрия в видимом распределении темных туманностей относительно галактического экватора. В направлении  $l=340^\circ-350^\circ$  темные туманности сконцентрированы преимущественно на северной стороне от галактического экватора, а в направлении  $l=130^\circ-140^\circ$  — на южной.

Рассматривая внимательно фотографию № 30 атласа Росса, можно заметить следующую особенность. Сероватая, узкая, длинная линия соединяет между собой темные туманности №№ 69, 73, 85, 105, 106. Эта, немного согнутая, линия начинается около  $\alpha=4^h 26^m$ ,  $\delta=24^\circ 7'$ , является продолжением более темного длинного волокна под №№ 46,

54 и тянется к северо-западу. Эта темная линия, длиной примерно в  $15''$ , в реальности которой трудно сомневаться, так как она повторяется частично и на фотографии № 31, схематически представлена на рис. 7. Она должна находиться на очень близком расстоянии от нас или быть относительно молодым образованием, ибо невозможно надолго сохранить такую вытянутую форму. Скорее всего, можно ожидать, что она является следом (остатком), отражающим в себе какой-то процесс, в котором участвовали указанные выше темные туманности. Аналогичные явления можно заметить и в темных туманностях №№ 264, 273 на фотографии Росса № 3.

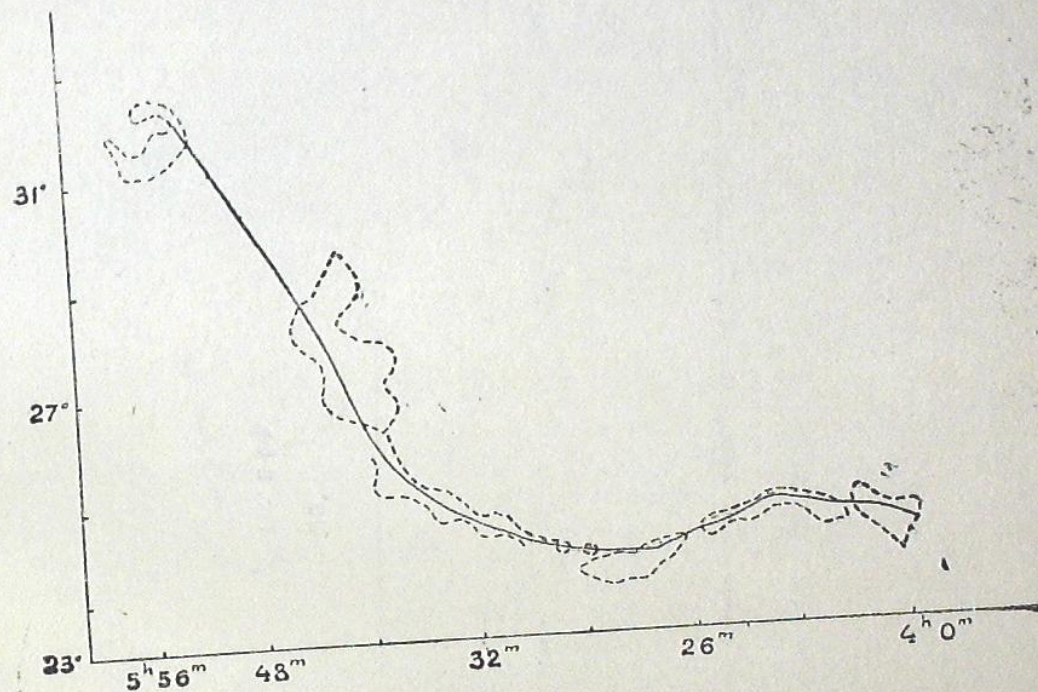


Рис. 7 б5б.

Следует упомянуть также ряд, образованный темными туманностями в созвездиях Стрела, Лисичка. Темные туманности под №№ 574, 585, 589, 298, 617, 627, 634, 648, 654, 656, 658, мало отличающиеся между собой по величине и почернению, расположены в ряд на линии, почти параллельной галактическому экватору, и создают впечатление длинной темной полосы, разделенной на отдельные темные туманности. Это явление схематически представлено на рис. 8.

В некоторых областях Млечного Пути замечается определенная закономерность в расположении и ориентации темных туманностей. Можно указать, например, на область к северо-западу от  $\rho$  Офиуха. Расположенные к северу-западу от звезд  $\rho$  Офиуха,  $22$ ,  $\alpha$ ,  $\delta$ ,  $\gamma$  Скорпиона, HD 148579 и др. темные туманности образуют группу, конфигурация которой, а также ориентация вытянутостей, обращают на себя внимание. Начиная от  $22$  Скорпиона, темная полоса № 264 тянется на  $5^\circ$  и после делится на определенные темные туманности малых размеров, большинство из которых ориентированы почти параллельно указанной полосе. Севернее от темной туманности № 264, около звезды BD—24°12684,



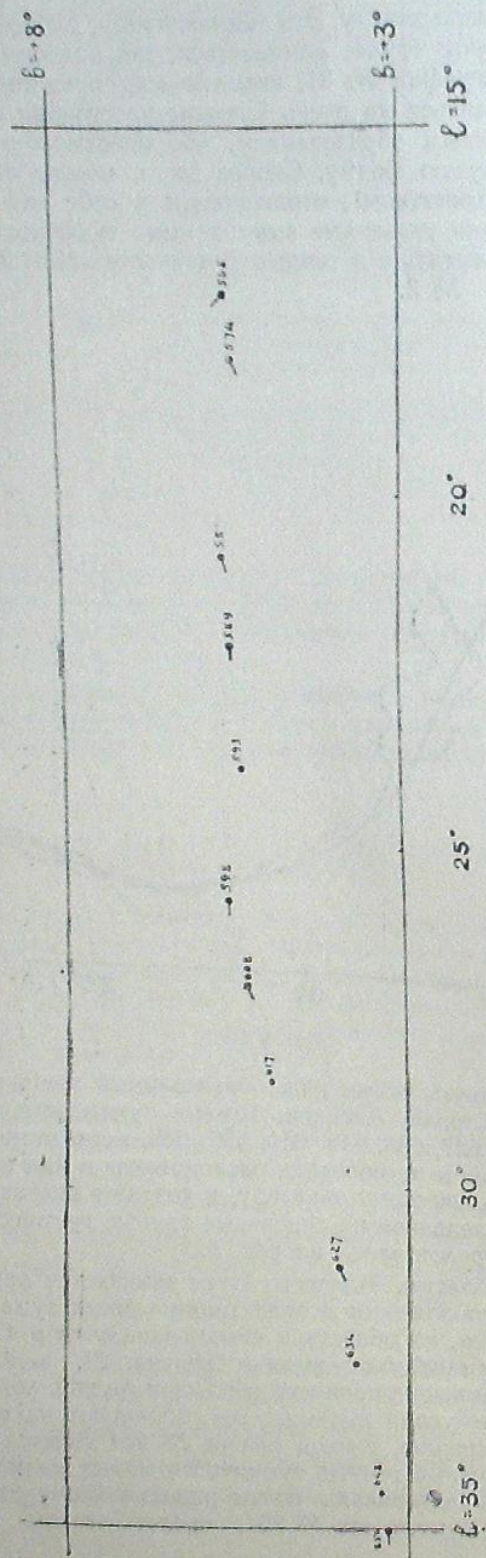


Рис. 8 ббб.

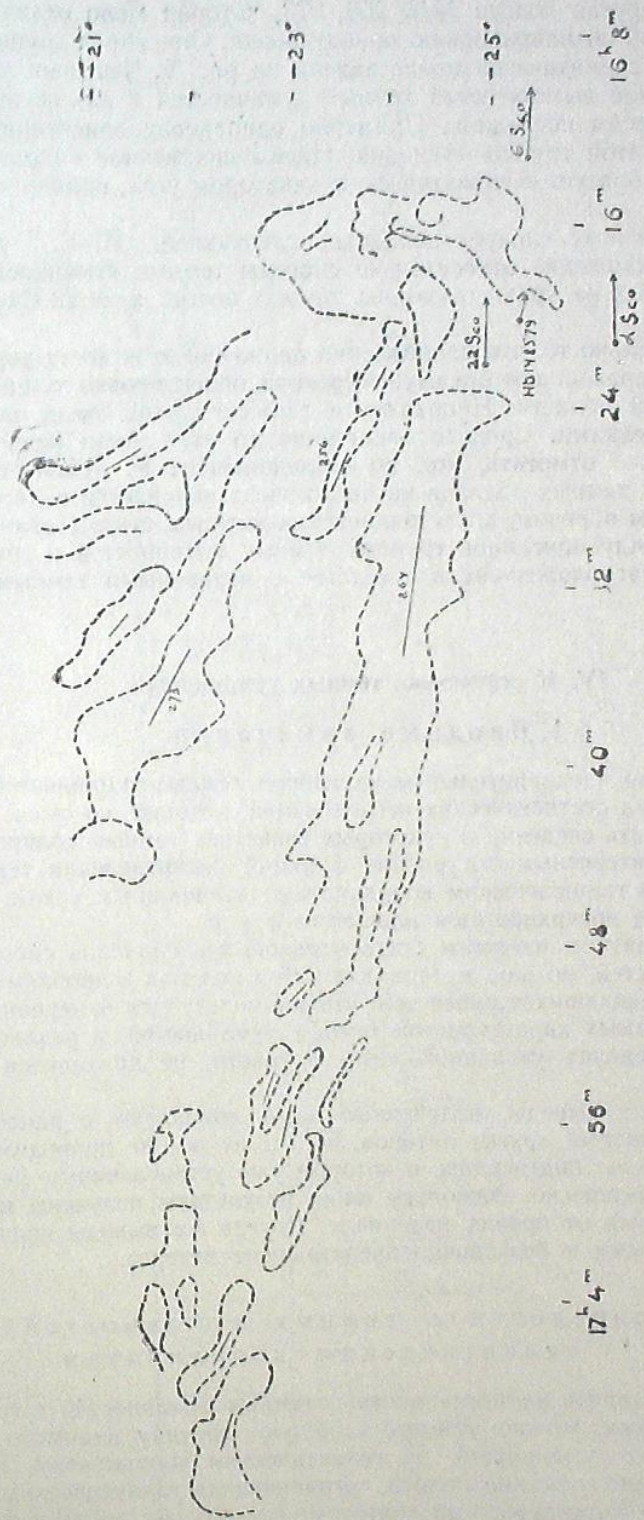


Рис. 9 ббб.



начинается другая полоса №№ 256, 273, которая мало отличается (на  $12^\circ$ ) от первой по направлению ориентировки. Описанная группа темных туманностей схематически представлена на рис. 9. Черточки указывают на направление вытянутостей темных туманностей и длины их пропорциональны весам последних. Примерно одинаковая ориентация темных туманностей этой группы очевидна. Преимущественное направление их ориентации образует с галактическим экватором угол, примерно, равный  $35^\circ$ .

К сказанному следует добавить следующее. Н. Е. Гулд [49] определила движение относительно системы темных туманностей звезд, расположенных на краю указанных темных полос:  $\alpha$ ,  $\sigma$ , 22 Скорпиона и HD 148579.

Замечательно то, что направления движения этих звезд хорошо совпадают с направлением преимущественной ориентировки темных туманностей в этой области. Направления движений этих звезд на чертеже указаны стрелками. Среднее расстояние до этих звезд равно 100 пс. Следует также отметить, что, по исследованиям Р. Мюллера [50], влияние этих темных облаков на число звезд начинается с расстояния в 100 пс. Таким образом, представляется вероятным существование какой-то связи между описанной группой темных туманностей и группой ярких звезд, расположенных в соседстве с названными темными туманностями.

#### IV. К статистике темных туманностей

##### § 1. Вводные замечания

Располагая предварительным каталогом темных туманностей, можно выполнить ряд статистических исследований, которые, со своей стороны, могут доставить сведения о некоторых свойствах темных облаков. Представляется интересным построение функций распределения темных туманностей по галактическим координатам, позиционным углам ориентации, видимым поверхностным площадям и т. п.

Из литературы известны статистические исследования системы темных туманностей, но наш материал и метод подхода к проблеме отличаются от применявшихся ранее тем, что мы пользуемся измеренными значениями видимых характеристик темных туманностей, в реальности которых, в пределах указанной выше точности, не приходится сомневаться.

Некоторые выводы, полученные нами, совпадают с ранее известными результатами других авторов, но мы их все-же приводим, считая уместным тут же подтвердить некоторые уже установленные факты, что вовсе не безинтересно, поскольку наши результаты получены на новом и отличающемся от прочих материале. Другие же выводы являются по существу новыми и безусловно представляют интерес.

##### § 2. Распределение темных туманностей по галактическим координатам

Если расставить на карте центры темных туманностей с соответствующими весами, можно усмотреть общую картину видимого распределения темных туманностей по галактическим координатам. Рассмотренная нами галактическая полоса, ограниченная галактическими широтами  $l = \pm 25^\circ$  и галактическими долготами от  $l = 0^\circ$  до  $l = 220^\circ$  и от  $l = 310^\circ$

	$+30^\circ$	$-20^\circ$	$+10^\circ$	$-0^\circ$	$-10^\circ$	$-20^\circ$	
		27		1			
		28		2		29	
		30		3		31	
		32		4		33	
		34		5		35	
		36		6		37	
		38		7		39	
			8				
			9				
				10			
				11		40	
		41		12			
		42		13			
		43		14		44	
			15				
				16			
		45		17			
			18				46
				19		48	
				20		49	
				21			
				22		50	
				23		51	
	47			24			
		25					
				26		52	
				27			
				28			
				29			
				30			
				31			
				32			
				33			
				34			
				35			
				36			
				37			
				38			
				39			
				40			
				41			
				42			
				43			
				44			
				45			
				46			
				47			
				48			
				49			
				50			
				51			
				52			
				53			

Рис. 10 ббб.



до  $l=360^\circ$ , была разбита на 53 площадки, расположение которых представлено на рис. 10.

Площадки №№ 1—26 выбраны строго в галактической полосе, будучи расположены вдоль экватора и ограничены галактическими широтами  $b=\pm 5^\circ$ . При этом каждая из них охватывает площадь на небе  $10^\circ \times 10^\circ$ .

Остальные площадки расположены с северной и южной сторон от галактического экватора. Их размеры неодинаковы и они не симметричны относительно галактического экватора, что вызвано видимым неравномерным распределением темных туманностей. Ясно, что способ разделения изучаемой полосы на отдельные площадки не имеет никакого значения для статистических вычислений, подобных нашим.

Для темных туманностей, входящих в какую-либо определенную площадку, были вычислены средние для площадки взвешенные значения прямого восхождения и склонения по формулам:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum p\alpha}{\sum p}, \quad \bar{\delta} = \frac{\sum p\delta}{\sum p} \quad (1)$$

С целью контроля, вычисления велись параллельно по экваториальным и галактическим координатам. Средним значениям приписывались веса  $P$ , являющиеся суммами весов для всех темных туманностей, входящих в данную площадку:

$$\sum p_i = P \quad (2)$$

В таблице III для каждой площадки даются значения следующих характеристик: номера площадок, числа темных туманностей, суммарные веса  $P$ , средние взвешенные экваториальные координаты  $\alpha$ ,  $\delta$ , а также средние взвешенные галактические координаты  $l$ ,  $b$ .

Представляет определенный интерес исследование распределения суммарного веса  $P$  по галактическим долготам  $l$  и сопоставление его с распределением коэффициента поглощения  $a_0$  по долготе  $l$ .

Этот ход представлен на рис. 11 (сплошная кривая).

$P$  — отвлеченная величина, и наша кривая носит относительный характер. Кривая построена по данным таблицы III. Сглаживание производилось по трем точкам путем осреднения, т. е. для каждой точки кривой бралось среднее значение из двух соседних и данной.

Заметны два максимума, больший из которых совпадает с направлением  $l=340^\circ-350^\circ$ , т. е. с направлением на центр Галактики, а малый — на антицентр:  $l=130^\circ-140^\circ$ . В остальных направлениях ход кривой равномерен. Правда, имеются некоторые отклонения, но они носят случайный характер и не могут быть приписаны особенностям микроструктуры распределения.

Прерывистая кривая, которая обозначает ход коэффициента поглощения  $a_0$  по галактическим долготам  $l$ , заимствована из работы Б. Е. Кукаркина [19], а пунктирная кривая построена нами по данным карты П. П. Паренаго [22], путем выделения на этой карте наших областей и вычисления средних значений  $a_0$  для различных значений  $l$ .

Совпадение этих кривых удовлетворительное, чего следовало ожидать из тех соображений, что, где больше межзвездного вещества, там больше и поглощение. Однако, это совпадение говорит и в пользу того, что величина  $P$  достаточно надежно характеризует количество межзвездной материи на близких от нас расстояниях.

Таблица III (продолжение)

№№	$\bar{\alpha}_{1900}$	$\bar{\delta}_{1900}$	$l$	$b$	$n$	$P$
1	16 <sup>h</sup> 51 <sup>m</sup> .82	-15° 43'	316° 62'	+ 3° 15'	22	58.41
2	17 28.80	-29.02	326.12	+ 0.72	30	136.0
3	17 54.07	-21.54	335.75	- 0.50	31	232.40
4	18 10.88	-13.99	344.26	- 0.26	27	191.57
5	18 26.21	- 3.23	355.48	+ 1.57	21	337.57
6	18 47.47	+ 4.29	4.62	+ 0.47	6	245.64
7	19 13.94	+12.42	14.94	+ 1.48	13	345.19
8	19 26.42	+21.80	24.56	+ 0.55	22	181.44
9	19 53.76	+28.17	33.22	+ 1.41	26	134.70
10	20 27.17	+38.26	45.48	- 1.25	17	235.28
11	20 59.69	+48.74	57.31	+ 1.15	20	177.70
12	21 36.32	+51.48	63.41	- 0.87	28	76.99
13	22 36.09	+60.26	75.20	+ 1.84	8	72.86
14	23 57.81	+61.99	85.07	+ 0.40	11	201.50
15	1 18.07	+62.86	94.33	+ 1.21	13	183.00
16	2 19.19	+60.08	102.10	+ 0.34	5	45.73
17	3 49.78	+53.24	116.27	+ 0.96	6	79.0
18	4 29.85	+44.97	126.61	- 0.24	11	80.61
19	4 53.01	+37.20	135.36	- 1.88	10	81.30
20	5 27.26	+29.64	145.56	- 0.42	7	118.76
21	5 56.48	+22.35	155.59	+ 1.21	3	50.0
22	6 9.87	+15.30	163.01	+ 0.74	14	153.85
23	6 28.11	+ 4.55	174.59	- 0.50	11	74.48
24	6 56.90	- 2.30	184.09	+ 3.09	10	71.97
25	7 12.18	-12.96	195.22	+ 0.90	9	132.0
26	7 25.21	-22.24	204.81	- 1.01	9	147.0
27	16 25.23	-33.76	314.39	+ 8.40	23	81.77
28	16 42.49	-22.24	325.84	+12.90	44	144.92
29	17 55.98	-32.85	326.01	- 6.70	15	52.85
30	17 9.12	-15.61	335.09	+11.66	27	195.85
31	18 29.04	-25.20	336.32	- 9.30	35	101.71
32	17 18.57	- 6.88	349.93	+14.40	16	371.00
33	18 43.56	-16.28	345.91	- 8.30	22	107.80
34	17 54.79	- 0.33	354.33	+ 9.80	10	195.79
35	18 56.01	- 8.21	354.66	- 7.57	15	49.04
36	18 24.83	+13.61	10.38	+ 9.61	3	7.00
37	19 34.39	+ 0.74	7.14	-11.63	10	163.13
38	18 57.80	+19.94	19.69	+ 5.46	8	13.95
39	19 28.85	+ 8.53	13.33	- 6.63	11	52.25
40	21 43.88	+43.51	59.43	- 7.90	6	84.00
41	21 02.53	+59.28	65.21	+ 8.09	15	71.21
42	22 11.24	+65.75	75.49	+ 7.98	5	33.00
43	23 52.30	+70.96	85.93	+ 9.32	14	173.61
44	1 13.00	+51.98	95.15	- 9.67	5	47.00
45	5 13.90	+56.94	121.33	+12.53	8	28.70
46	3 54.61	+36.80	127.72	-10.70	6	310.00
47	7 29.48	- 6.04	191.23	+ 7.98	6	23.00
48	4 38.45	+27.05	141.30	-10.62	29	287.50
49	5 50.05	+17.39	153.04	-11.47	10	121.00
50	5 35.49	+ 8.70	164.55	- 9.84	15	94.98
51	5 50.62	- 1.87	175.81	-11.77	15	258.15
52	7 08.31	-25.70	305.94	- 6.05	4	53.85
53	7 50.08	-30.07	214.39	- 0.13	10	111.00

При построении обеих кривых, для данной  $l$  брались значения  $P$  во всей полосе  $b=\pm 30^\circ$ , так что эти кривые характеризуют широкую галактическую полосу с широтами  $b=\pm 30^\circ$ .

Представляется интересным построить аналогичную кривую для узкой галактической полосы с широтами  $b=\pm 5^\circ$ . Она представлена на



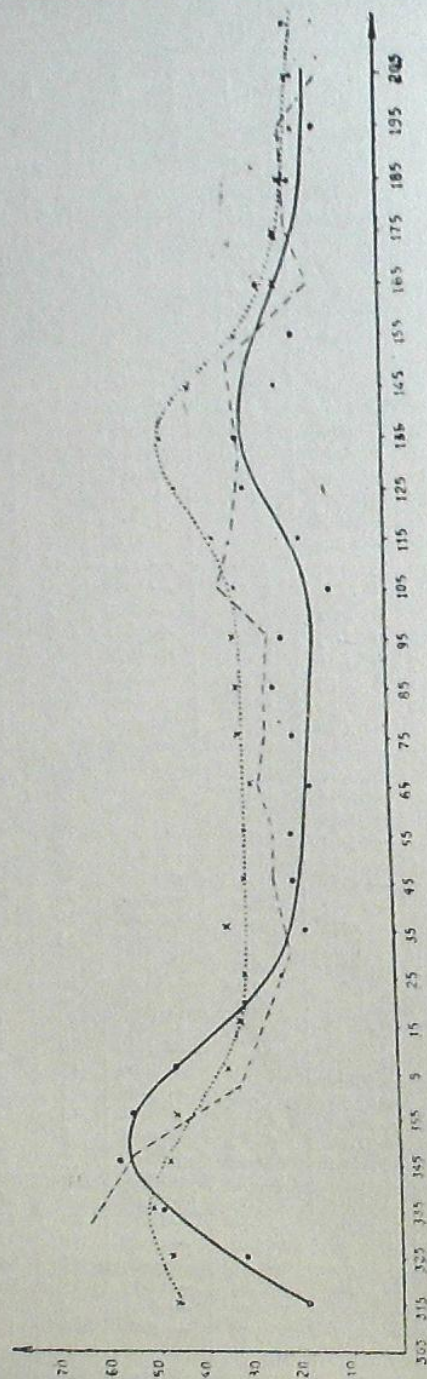


Рис. 11 ббб.

рис. 12 (сплошная кривая). На ней уже не выделяется второй максимум в направлении на антицентр Галактики, т. е. создается впечатление, что суммарный вес темной материи максимально сконцентрирован в направлении на центр Галактики и падает в обоих направлениях по  $l$ , достигая минимума где-то около антицентра.

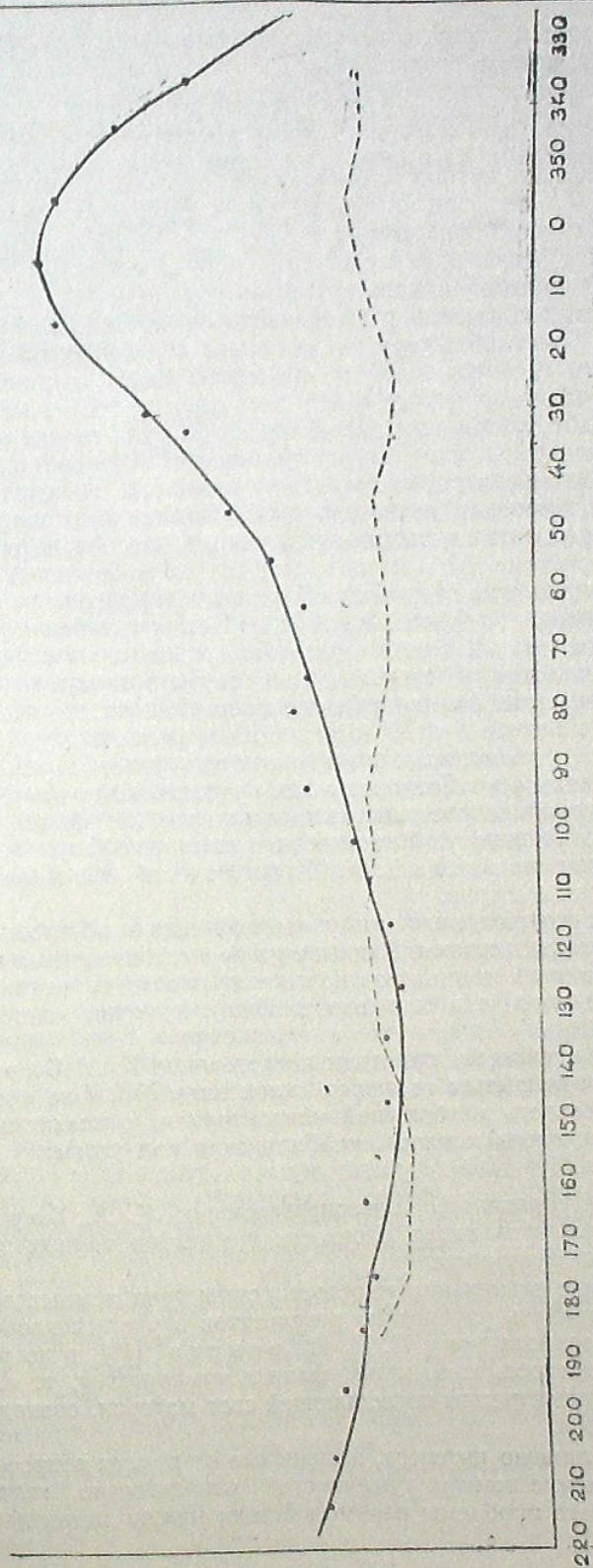


Рис. 12 ббб.



Таким образом, распределение по  $l$  суммарного веса темных туманностей, расположенных в узкой галактической полосе, носит правильный характер, т. е. хорошо согласуется с представлением о том, что пространственная плотность темных туманностей падает от центра Галактики вдоль ее радиуса.

Что касается темных туманностей, находящихся вне узкой полосы  $b = \pm 5^\circ$ , то они должны быть причиной появления второго максимума в направлении на антицентр Галактики. Дальше мы увидим, что между этими двумя группами темных туманностей существует более существенная разница.

Прерывистая кривая на рис. 12 построена по данным М. А. В а ш а к и д з е [32]. Она изображает ход величины поглощения света по галактической долготе, выведенный по избыткам цвета долгопериодических цефеид. Несовпадение между собой этих кривых объясняется тем, что видимые темные туманности находятся на близких от нас расстояниях.

Предварительный каталог темных туманностей позволяет определить положение плоскости симметрии темных туманностей. В исследовании Е. К. Х а р а д з е [7] имеется указание на существование некоторой асимметрии пылевой материи относительно галактического экватора, выражающейся в покраснении света звезд. Анализируя Каталог показателей цвета 14000 звезд в 43 площадках Каптейна, Х а р а д з е приходит к заключению, что поглощение света больше на северной стороне от галактического экватора, чем на южной. Причем, указанная асимметрия возрастает с увеличением галактической широты, т. е. в узкой галактической полосе  $b = \pm 7.5^\circ$  асимметрия почти отсутствует; она становится заметной в полосе  $b = \pm 13^\circ$ , а в полосе  $b = \pm 18^\circ$  выражается определенной. Автор отмечает также важную роль близких к нам поглощающих облаков в появлении указанной асимметрии. Следовательно, представляется интересным определение положения в пространстве плоскости симметрии темных облаков. В случае несовпадения этой плоскости с экватором Галактики, мы получим подтверждение вывода Е. К. Х а р а д з е об асимметрии в распределении темной материи.

С другой стороны, важность указанной задачи обуславливается следующими обстоятельствами. Видимое распределение темных туманностей не может не влиять на видимое положение плоскости симметрии других небесных объектов, так как оно вносит искажение систематического характера.

В качестве примера, приведем исследование К. А. Бархатовой, относящееся к открытым звездным скоплениям [51]. Она пришла к выводу, что плоскость наибольшей концентрации рассеянных звездных скоплений наклонена к плоскости Галактики под углом:

$$i = -2.7'. \quad (3)$$

Это было правильно интерпретировано К. А. Бархатовой, как следствие несовпадения плоскости симметрии темных туманностей с галактическим экватором.

Определение положения плоскости симметрии темных туманностей может содействовать улучшению результатов в учете поглощения света по методу, разработанному П. П. Паренаго [16], в котором допущается, что плоскость симметрии темных туманностей, т. е. плоскость наибольшей концентрации поглощающей свет материи, совпадает с экватором Галактики.

Также не лишено интереса, независимо от других вопросов, само по себе распределение темных туманностей относительно галактического экватора. В свете проблемы взаимодействия между звездной и диффуз-

ной составляющими нашей Галактики, оно может послужить материалом для изучения некоторых вопросов, относящихся к динамическим и кинематическим проблемам нашей Галактики, конечно, с учетом того обстоятельства, что мы имеем все-же ограниченные данные о темных туманностях, находящихся лишь на сравнительно близких расстояниях от Солнца.

Определение положения полюса плоскости симметрии темных туманностей производилось нами по методу Ньюкомба [52]. Вычисления велись с четырьмя знаками с учетом весов  $P$  для  $\bar{\alpha}$ ,  $\bar{\delta}$ . Координаты полюса плоскости симметрии темных туманностей, вычисленные нами, оказались следующими:

$$\left. \begin{aligned} A_0 &= 186^\circ.5, \\ D_0 &= +30^\circ.6, \\ i &= 4^\circ. \end{aligned} \right\} \quad (4)$$

Как видно, эти плоскости наклонены одна к другой, правда, под небольшим углом, но несовпадение—налицо и имеет величину, которой нельзя пренебрегать при изучении некоторых вопросов звездной астрономии.

Рис. 13 представляет галактическую полосу, на которой нанесены средние взвешенные координаты  $l$  и  $b$ . Величины квадратов соответствуют суммарным весам  $P$ . Как видно, система темных туманностей является плоской, с хорошо выраженной концентрацией в плоскости Галактики. 65% всех темных туманностей расположены в узкой полосе с галактическими широтами  $\pm 5^\circ$ .

Внимательное рассмотрение расположения точек на рис. 13 наводит на мысль, что видимое распределение темных туманностей представляет собой совокупность двух плоских систем, одна из которых лежит строго в галактической плоскости, а вторая наклонена к первой под определенным углом и, проектируясь на небо, создает синусоидальную кривую.

Действительно, сгруппируем в одну—I—группу те темные туманности, плоскость симметрии которых совпадает с плоскостью Галактики. Темные туманности, входящие в эту группу I, расположились в узкой галактической полосе, заключенной в пределах  $\pm 5^\circ$  по галактической широте. Как исключение, в направлении галактического центра от  $l = 320^\circ$  до  $l = 350^\circ$  мы имели возможность расширить эту полосу до  $b = \pm 10^\circ$ . Увеличение ширины больше, чем на  $\pm 10^\circ$ , уже выводит плоскость симметрии группы I из положения, совпадающего с плоскостью Галактики. Все остальные темные туманности сгруппированы в другую—II—группу.

На рис. 14 представлено распределение темных туманностей II группы. Кружки на чертеже обозначают средние галактические широты звезд спектрального класса B ярче 5.25 звездной величины, вероятно принадлежащих Местной системе. Эта картина распределения заимствована из работы Шепли [34]. Совпадение распределения туманностей с этими звездами очевидное, что нельзя не рассматривать, как факт, утверждающий наличие связи между темными туманностями II группы и звездами спектрального класса B, принадлежащими Местной системе.

Для I группы, методом П. П. Паренаго [54], вычислены поправки к координатам полюса Галактики. Они оказались незначительными и почти не изменили положение полюса.

Для  $\Delta\Omega$  и  $\Delta i$  мы получили следующие значения:

$$\Delta\Omega = 0^\circ.06; \Delta i = 0^\circ.05 \quad (6)$$



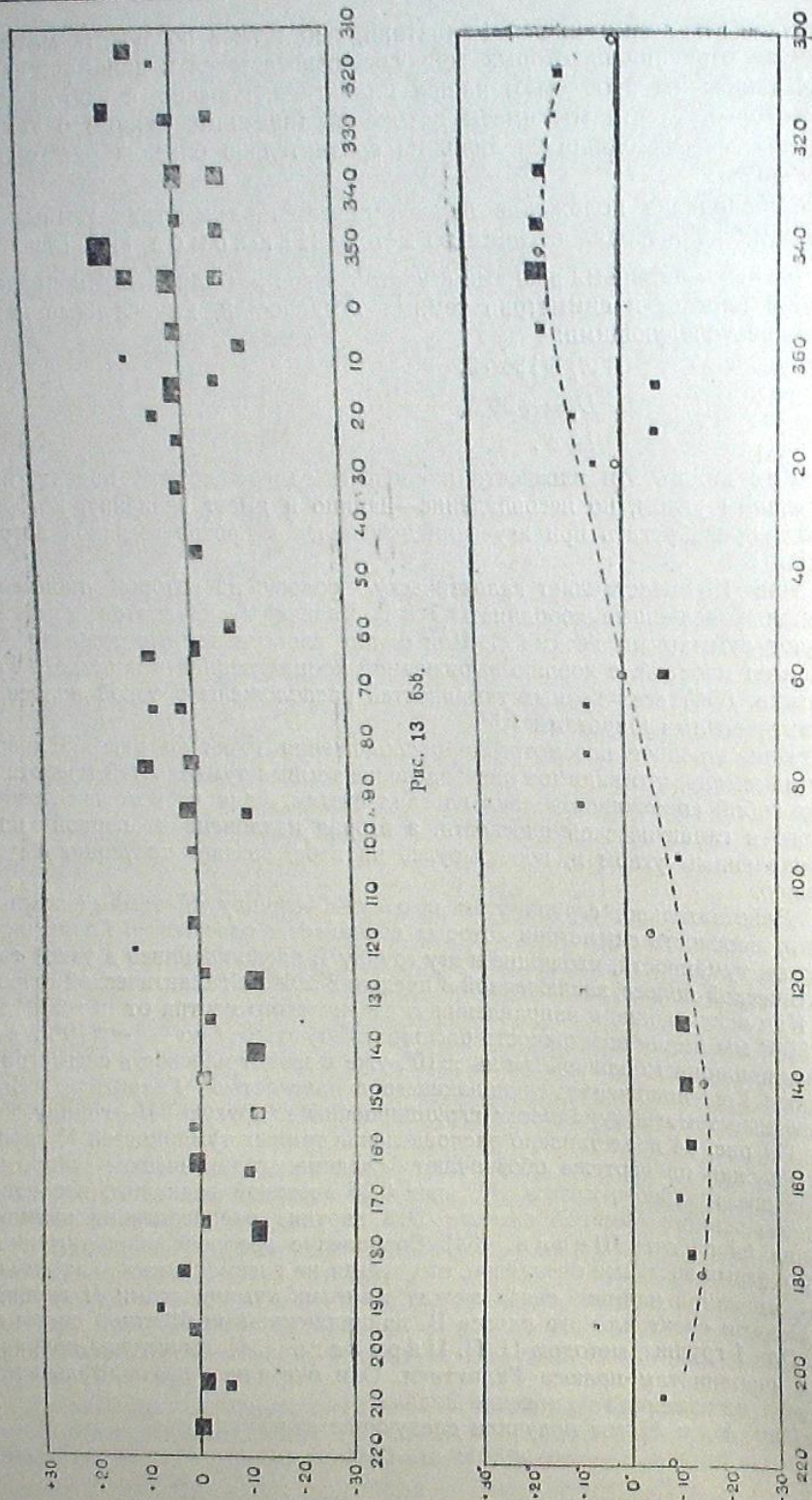


Рис. 13 бsb.

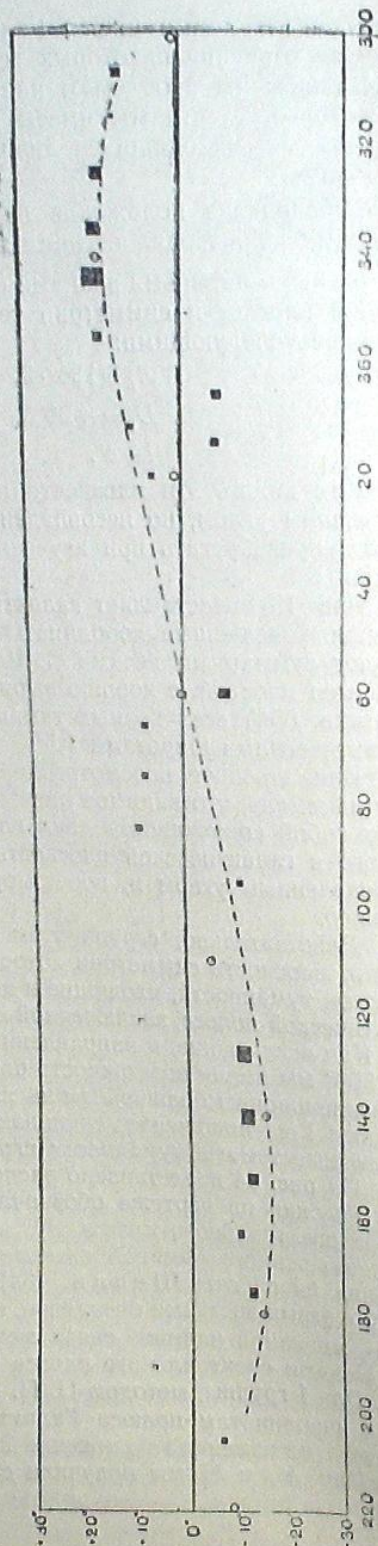


Рис. 14 бsb.

Таким образом, не подлежит никакому сомнению, что темные туманности группы I расположены симметрично относительно галактического экватора.

Что касается темных туманностей II группы, то здесь наблюдается иная картина. Определение положения полюса плоскости симметрии для этой группы произведено также методом Ньюкомба. Вычисленные нами координаты полюса оказались следующими:

$$\begin{aligned} A_0 &= 178^\circ 42', \\ D_0 &= +32^\circ 19', \\ i &= 10^\circ 34'. \end{aligned} \quad (7)$$

Если (7) сравнить с координатами полюса пояса Гулда, то совпадение надо считать удовлетворительным, учитывая то обстоятельство, что имеется значительное расхождение в установлении координат полюса пояса Гулда.

Таким образом, наш материал подтверждает существование асимметрии в распределении темной материи. Нам представляется, что ответственными за это явление должны быть близкие к нам темные туманности, которые в окрестностях Солнца создают определенную группу. Можно утверждать, что наблюдаемые темные туманности делятся на две группы, отличающиеся одна от другой расположением в Галактике. Первая группа тесно связана с остальными членами Галактики, обнаруживая известную концентрацию в плоскости Галактики. Вторая группа темных туманностей не является строго плоской, и плоскость симметрии ее наклонена к плоскости симметрии Галактики под углом  $10^\circ 34'$ .

Следовательно, видимое распределение темных туманностей второй группы хорошо совпадает с распределением звезд Местной системы, из чего следует, что, во-первых, концентрацию ярких звезд вдоль полюса Гулда нельзя считать следствием сравнительно большой прозрачности межзвездного пространства вдоль этого пояса, так как именно там и сконцентрированы темные туманности. К такому выводу пришли в Абастуманской обсерватории Е. К. Харадзе [30] и М. А. В а ш а к и д з е [20], исследовав поглощение света в областях Местной системы и симметричной с ней. Во-вторых, не лишено основания полагать, что темные туманности второй группы имеют физическую связь с Местной системой. С этими выводами согласуется указанный выше факт, заключающийся в том, что темные туманности второй группы вносят в распределение суммарного веса по галактической долготе некоторую иррегулярность, выражающуюся в появлении второго максимума в направлении на антицентр Галактики.

Аналогичную картину, т. е. разделение системы темных туманностей на две группы, можно усмотреть на карте темных туманностей К. Л у н д м а р к а [34].

Все вопросы, связанные с распределением темных туманностей по галактическим координатам, мы изучали до сих пор с учетом введенных нами же статистических весов, т. е. мы попытались учесть индивидуальность различных направлений на небе, в смысле количественных различий в них межзвездной материи. При определении плоскости симметрии, каждой площадке приписывался вес  $P$ , представляющий собою сумму весов  $p$  отдельных туманностей, входящих в данную площадку.

Однако, как говорилось в главе II, § 3, при выводе формулы  $\bar{M} = k\bar{p}$ , которая является указанием на пропорциональность средней массы среднему статистическому весу, сделано допущение, что в изучаемом пространстве среднее расстояние до туманностей одинаково для всех направлений в плоскости Галактики. Это означает, что мы допусти-



ли отсутствие резких структурных разнообразий в пространственном распределении темных туманностей в сравнительно малом цилиндре с радиусом основания 700 пс. Если отказаться от грубо статистической постановки вопроса, это допущение может показаться недостаточно строгим.

С другой стороны, при определении  $\rho$  индивидуальных темных туманностей, мы оценивали величины  $\Delta N(m)$  глазомерно, так что величины  $\rho$  отягощены ошибками, присущими глазомерным методам.

В связи с этим, оказалось целесообразным повторить вычисления координат полюсов плоскостей симметрии темных туманностей без учета статистических весов  $\rho$ .

Таблица IV является аналогичной таблице III. В ней даются средние координаты для всех 53 площадок без учета весов  $\rho$ . Первый столбец содержит номера площадок, второй и третий—средние значения  $\bar{\alpha}$  и  $\bar{\delta}$ , вычисленные по формулам:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum \alpha}{n}, \quad \bar{\delta} = \frac{\sum \delta}{n}.$$

Таблица IV ცხრილი

№	$\bar{\alpha}$	$\bar{\delta}$	$\bar{\Gamma}$	$\bar{b}$	n
1	16 <sup>h</sup> 54 <sup>m</sup> .55	-35 <sup>o</sup> .56	316 <sup>o</sup> .9	+ 2 <sup>o</sup> .2	22
2	17 24.37	-29.37	326.0	+ 0.4	30
3	17 49.94	-21.10	335.6	+ 0.6	31
4	18 12.67	-14.45	344.1	- 0.9	27
5	18 35.24	- 6.40	354.6	- 2.0	21
6	18 50.17	+ 1.62	2.3	- 1.4	6
7	19 08.8	+14.91	16.5	+ 0.8	13
8	19 25.55	+22.71	25.0	+ 1.1	22
9	19 43.86	+30.52	34.0	+ 1.6	24
10	20 17.08	+38.81	44.7	+ 0.4	17
11	21 0.68	+45.38	55.0	- 1.3	19
12	21 37.21	+53.69	64.9	+ 0.8	28
13	22 27.40	+59.02	73.6	+ 1.3	8
14	0 7.31	+60.72	85.9	- 1.0	13
15	1 17.86	+60.90	94.5	- 0.8	14
16	2 9.60	+60.66	100.7	+ 0.4	5
17	4 1.17	+53.48	117.2	+ 2.4	6
18	4 31.09	+45.96	125.7	- 0.1	11
19	4 57.80	+35.92	136.9	- 1.8	10
20	5 23.72	+30.04	145.0	- 0.8	7
21	5 58.00	+20.57	157.0	+ 0.8	3
22	6 14.71	+13.52	165.1	+ 0.9	14
23	6 35.45	+ 6.27	173.9	+ 1.9	11
24	7 0.0	- 4.40	186.3	+ 2.3	10
25	7 17.33	-13.90	196.6	+ 1.5	9
26	7 26.00	-21.60	204.3	- 0.5	9
27	16 27.35	-31.94	315.9	+ 9.3	23
28	16 49.52	-23.00	326.2	+11.1	44
29	17 48.60	-33.66	324.6	- 5.6	15
30	17 11.67	-17.01	334.3	+10.3	27
31	18 21.03	-25.71	335.8	- 7.5	35
32	17 32.00	-07.48	345.2	+11.2	16
33	18 40.47	-17.32	344.7	- 7.4	23
34	17 51.50	+ 1.18	353.2	+10.0	10
35	18 56.00	- 7.98	354.8	- 7.3	15
36	18 25.10	+13.40	10.2	+ 9.5	3
37	19 16.96	+ 0.58	4.8	- 7.9	8
38	19 04.00	+22.21	22.4	+ 5.2	8

№	$\bar{\alpha}$	$\bar{\delta}$	$\bar{\Gamma}$	$\bar{b}$	n
39	19 <sup>h</sup> 30 <sup>m</sup> .90	+ 8 <sup>o</sup> .58	13 <sup>o</sup> .7	- 7 <sup>o</sup> .0	11
40	21 31.42	+43.36	57.5	- 6.5	6
41	20 59.51	+60.23	65.6	+ 8.9	15
42	22 3.40	+67.30	75.7	+ 9.6	5
43	23 54.14	+71.86	86.5	+ 9.8	14
44	1 43.00	+53.42	90.04	- 8.6	5
45	4 53.43	+53.81	122.3	+ 8.8	7
46	3 45.50	+39.21	124.7	-10.1	6
47	7 28.16	- 5.63	190.7	+ 7.9	6
48	4 33.17	+26.56	140.7	-11.6	29
49	5 4.50	+23.93	147.5	- 8.0	10
50	5 34.93	+ 8.15	164.9	-10.3	15
51	5 50.10	- 1.34	172.8	-10.3	15
52	7 14.75	-29.92	210.4	- 6.8	4
53	7 48.40	-28.40	212.7	+ 0.1	10

Четвертый и пятый столбцы дают средние галактические координаты  $\bar{l}$ ,  $\bar{b}$  и, наконец, шестой—число туманностей  $n$ .

На основе этой таблицы были вычислены положения полюсов плоскостей симметрии для каждой группы темных туманностей. Принцип разделения туманностей на две группы такой же, как и в предыдущем случае, при учете статистических весов.

Определение положений полюсов плоскостей симметрии производилось методом Ньюкомба. Для контроля, вычисления велись параллельно как в экваториальных, так и в галактических координатах. Полученные результаты собраны в таблице V.

Таблица V ცხრილი

	$\Lambda$	D	i	$\Omega$
1. Вся система темных туманностей с применением статист. весов . . . . .	186 <sup>o</sup> .5	+30 <sup>o</sup> .6	4 <sup>o</sup>	276 <sup>o</sup> .5
без применения статист. весов . . . . .	187.5	+29.8	2.5	277.5
2. I группа темных туманностей с применением статист. весов . . . . .	190.0	+28.0	0	280.0
без применения статист. весов . . . . .	190.1	+28.2	0	280.1
3. II группа темных туманностей с применением статист. весов . . . . .	178.6	+32.3	10.6	268.6
без применения статист. весов . . . . .	177.6	+29.0	11.0	267.6

Как видно из таблицы V, координаты полюсов плоскостей симметрии темных туманностей каждой группы как с применением, так и без применения статистических весов, получаются практически равными. Так что все выводы, сделанные в данном параграфе относительно распределения темных туманностей по галактическим координатам, остаются в силе.



### § 3. Распределение темных туманностей по позиционным углам ориентировки

Предварительный Каталог темных туманностей позволяет изучить распределение темных туманностей по величинам позиционных углов ориентировки  $\varphi$ . Мы задались целью установить, существует ли какое-нибудь преимущественное направление в видимой ориентировке темных туманностей или они ориентированы хаотично, не подчиняясь каким-либо обнаруживаемым общим закономерностям. Актуальность этого вопроса подтверждается высказываниями акад. Г. А. Шайна [55] в связи с изучением аналогичной ориентировки, правда, существенно отличных объектов, — светлых газовых волокон в диффузных туманностях.

Построение функции распределения темных туманностей по  $\varphi$ , т. е. функции  $f_1(\varphi)$ , интересно с точки зрения выявления природы сил, действующих на темные облака. Мы уже говорили в третьей главе о возможной природе сил, которые могут создавать вытянутости темных туманностей, и подчеркнули, что более вероятно, что в разных случаях могут действовать силы разной природы. Но, если трудно решить точно вопрос о природе сил, интересно все-таки выяснить, по крайней мере, общий средний эффект этих сил.

Распределение темных туманностей по углам ориентировки исследовано Е. Л. Рускол [36] на небольшом материале (68 объектов), взятом из каталога Барнарда. Результаты Рускол находятся в хорошем согласии с нашими, несмотря на малочисленность исследованных ею объектов.

При выборе материала для проведения статистики углов ориентации  $\varphi$ , мы должны учесть следующее обстоятельство. Для таких объектов, как — эллиптические, темные волокна, грушеобразные и треугольные, можно с большой уверенностью провести линии направлений вытянутостей. Это возможно нередко и для неправильных темных туманностей. Для большей надежности выводов мы старались увеличить число туманностей, вовлекаемых в статистическую обработку. Поэтому, все туманности, обнаруживающие явную вытянутость (включая и неправильные), составили материал для изучения распределения углов.

Однако, против включения в статистику неправильных туманностей можно выдвинуть следующее соображение. Вытянутость неправильной туманности может быть иллюзорна, будучи вызвана наложением одной туманности на другую и это может привести к тому, что на эффект вытягивания отдельных туманностей вдоль галактической плоскости накладывается эффект общей концентрации поглощающей материи к плоскости Галактики.

Таким образом, следует изучить влияние эффекта наложения туманностей на характер распределения по  $\varphi$ .

Для определения степени концентрации темных туманностей к экватору Галактики, построим график распределения туманностей по галактическим широтам  $b$ . Он представлен на рис. 15.

Кривую можно приближенно выразить линейной функцией:

$$n = n_0 - \gamma b, \quad (8)$$

где  $n_0$  — число туманностей на галактическом экваторе, а величина  $\gamma$  — угловой коэффициент.

Изменение плотностей по долготе  $l$  для данной задачи не имеет значения, и поэтому мы им пренебрегаем.

Вероятность того, что туманность будет иметь координаты  $(l, b)$ , т. е.  $P(l, b)$  — есть величина, пропорциональная плотности в точке  $(l, b)$ , и, следовательно, выражается через:

$$P(l, b) dl db = k(n_0 - \gamma b) dl db;$$

при этом,

$$P(l + \Delta l, b) = P(l, b)$$

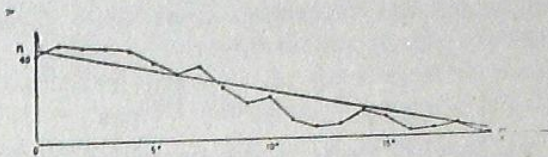


Рис. 15 б.б.

Допустим, туманность имеет положение  $l, b$ , (рис. 16). Наложение одной туманности на другую осуществится, когда их координаты  $(l_1, b_1)$  и  $(l_2, b_2)$  будут отличаться между собой не больше, чем на средний диаметр  $\Delta l = \Delta b = d$ , т. е.

$$|l_1 - l_2| < \Delta l, \\ |b_1 - b_2| < \Delta b.$$

Выберем четыре варианта наложения туманностей. Два из них создают ориентацию, параллельную экватору Галактики, а два варианта —

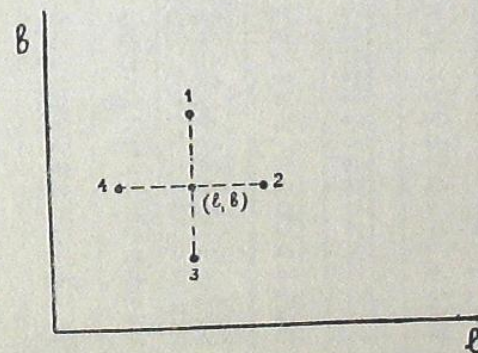


Рис. 16 б.б.

перпендикулярную. Задача заключается в том, чтобы определить — насколько вероятнее варианты, создающие параллельную ориентацию, по сравнению с вариантами, создающими перпендикулярную ориентацию. Она решается просто.

Вероятность осуществления первого варианта (см. рис. 16) равна:

$$P_1 = P(l, b) P(l, b + \Delta b).$$

Аналогично напишем для остальных вариантов:

$$P_2 = P(l, b) P(l + \Delta l, b),$$

$$P_3 = P(l, b) P(l, b - \Delta b),$$

$$P_4 = P(l, b) P(l - \Delta l, b).$$

Поставленную задачу решает соотношение:

$$\frac{P_1 + P_3}{P_2 + P_4} = \frac{P(l, b + \Delta b) + P(l, b - \Delta b)}{2P(l, b)}.$$



В силу (8), т. е. линейности функции  $P(l, b)$ , числитель соотношения равен  $2P(l, b)$ , т. е. получается, что

$$\frac{P_1 + P_3}{P_2 + P_4} = 1.$$

Таким образом, все ориентации, создаваемые наложением, одинаково вероятны.

В том случае, когда туманность лежит на галактическом экваторе, получается формула:

$$\frac{P_1 + P_3}{P_2 + P_4} = 1 - \frac{\Delta b}{20} = 0.92,$$

при допущении, что средний диаметр туманности равен  $1^{\circ}6$ .

Таким образом, эффект наложения туманностей не может существенно изменить характер распределения туманностей по  $\varphi$ .

Однако, для большей строгости мы выбрали в каталоге только эллиптические туманности и темные волокна, относительно которых не может быть никакого сомнения в смысле реальности их формы. Список этих туманностей дается в таблице VI.

Таблица VI

№	$\varphi$	№	$\varphi$	№	$\varphi$	№	$\varphi$	№	$\varphi$	№	$\varphi$
15	19°	228	50°	318	19°	439	5°	554	9°	677	23°
19	31	229	90	322	50	444	17	555	9	680	68
23	40	230	75	325	19	447	33	556	42	682	36
30	23	232	12	334	22	453	7	557	34	686	29
32	0	234	39	336	31	459	2	560	40	687	31
45	13	239	70	339	34	469	71	561	47	688	25
50	79	241	49	340	7	477	56	564	10	689	11
58	26	244	89	343	51	480	24	567	25	690	10
59	54	249	47	345	16	482	15	568	39	692	42
77	18	254	9	347	37	486	13	569	14	695	8
80	21	256	19	350	39	489	3	571	33	697	23
87	28	258	20	358	16	491	15	573	25	700	72
102	39	260	30	359	66	495	29	574	13	709	31
112	10	264	33	362	46	499	8	578	14	712	65
118	30	269	59	365	17	500	78	579	60	713	2
128	39	270	19	367	38	502	8	580	61	718	26
133	34	271	49	370	35	504	5	582	5	722	2
138	40	273	13	376	15	505	7	585	3	723	5
142	84	274	2	374	5	507	83	586	13	724	12
149	76	275	23	387	27	508	0	589	2	727	51
156	28	276	18	389	5	509	9	591	25	734	64
163	40	277	14	393	7	513	2	594	16	735	63
183	67	278	51	396	71	516	26	597	17	737	47
184	62	282	34	399	0	518	4	607	22	739	4
188	24	283	83	402	47	521	20	609	26	747	72
190	13	284	14	406	3	537	35	611	10	749	51
191	17	288	27	407	22	538	5	613	26	757	44
194	3	289	13	410	52	539	7	620	6	763	44
195	42	290	20	415	42	540	48	625	87	766	39
196	33	294	82	418	30	541	54	637	33	775	89
200	13	295	87	422	20	542	43	656	0	779	39
203	19	297	81	424	40	543	34	661	23	782	9
206	25	301	1	427	68	548	47	662	23	787	7
214	26	306	20	429	7	549	19	666	81	790	42
220	72	307	22	430	38	553	79	669	8	797	13
226	1	313	49	431	88						

Для этих туманностей статистика проведена отдельно и на диаграммах 17 и 19 (которые в основном построены для правильных и неправильных туманностей, взятых вместе) им соответствуют заштрихованные части. Как видим, характер распределения как правильных, так и неправильных туманностей почти одинаков.

На рис. 17 представлена диаграмма, указывающая число темных туманностей, имеющих разные видимые углы ориентации от  $0^{\circ}$  до  $90^{\circ}$ . Как видно из диаграммы, большинство темных туманностей ориентировано в направлении, мало отличающемся от направления, лежащего в галактическом экваторе в картинной плоскости. Но более интересным является тот факт, что минимум числа темных туманностей совпадает не со значением для  $\varphi = 90^{\circ}$ , а лежит около  $\varphi = 65^{\circ}$ . На аналогичной диаграмме Рускол минимум тоже лежит около  $\varphi = 65^{\circ}$ .

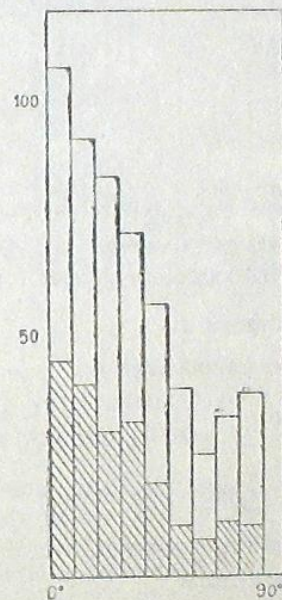


Рис. 17 бб.

Как становится известным из новейших исследований академика Г. А. Ша й н а, наличие магнитных полей в Галактике может быть ответственным за преимущественную ориентацию темных туманностей параллельно экватору Галактики.

В пространстве темные туманности могут ориентироваться своими вытянутостями по-разному, и представляется интересным вопрос—какова эта ориентация по отношению к плоскости Галактики. Наименьший угол между направлением вытянутости и плоскостью Галактики обозначим буквой  $\psi$  (рис. 18), а угол, составленный этим же направлением с картинной плоскостью,—буквой  $\theta$ . Для перехода от  $f_1(\varphi)$  к  $f_2(\psi)$ —функции распределения по истинным углам наклона вытянутостей темных



туманностей к плоскости Галактики—мы используем примененный Рускол метод, который более справедлив для нашего случая. (Допущение  $f_3(\theta) = \text{const}$ , которым пользовалась Рускол, требует, чтобы статистика проводилась по всему кругу галактической полосы, — условие, которое значительно лучше соблюдается в нашем исследовании).

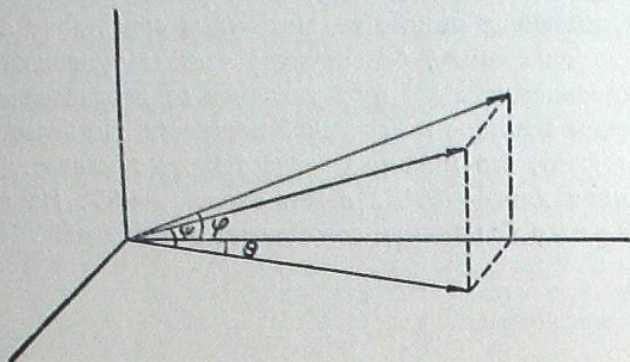


Рис. 18 бsb.

Задача изучения закона пространственной ориентации темных туманностей сводится к следующему: имеем три случайные величины  $\varphi$ ,  $\psi$ ,  $\theta$ , которые связаны между собой соотношением (см. рис. 18):

$$\operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg} \varphi \cos \theta, \quad (9)$$

и требуется найти функцию распределения  $f_2(\psi)$ , когда известны функции распределения  $f_1(\varphi)$  и  $f_3(\theta)$ . Функция  $f_1(\varphi)$  известна из наблюдения, а относительно функции  $f_3(\theta)$  можно сделать то или иное допущение, например:

$$f_3(\theta) = \text{const}. \quad (10)$$

Как известно из теории вероятностей, эта задача сводится к решению интегрального уравнения типа:

$$f_2(\psi) d\psi = \frac{\text{const} d\psi}{\cos^2 \psi} \int_{-\infty}^{+\infty} \frac{f_1(\varphi) d \operatorname{tg} \varphi}{(1 + \operatorname{tg}^2 \varphi) \sqrt{\operatorname{tg}^2 \varphi - \operatorname{tg}^2 \psi}}. \quad (11)$$

Для решения этого уравнения можно применить здесь и графический метод, который вполне приемлем для нашего случая. Он заключается в оценке вероятностей для каждого значения  $\psi$  соответственно значениям  $\varphi$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$ , путем измерения на графике соотношения площадей, заключенных между прямыми  $\varphi$  и семейством кривых  $\operatorname{tg} \psi = \operatorname{tg} \varphi \cos \theta$ . Так составлена таблица, с помощью которой от функции  $f_1(\varphi)$  можно перейти к  $f_2(\psi)$ . После пересчета функции  $f_2(\psi)$  приняла вид, представленный на рис. 19.

Как видно, вытянутости темных туманностей преимущественно ориентированы параллельно плоскости Галактики.

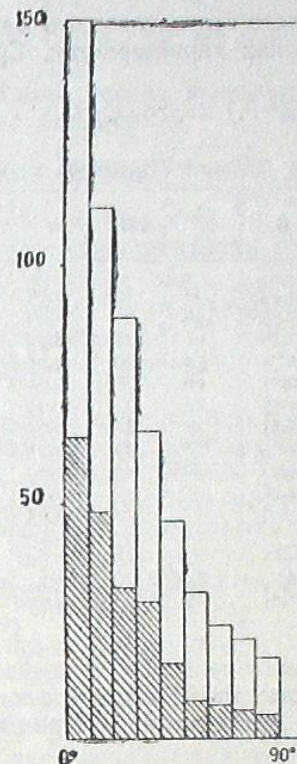


Рис. 19 бsb.

#### § 4. Распределение темных туманностей по поверхностным площадям

Как уже было отмечено, видимая поверхностная площадь есть телесный угол, под которым видно наибольшее сечение темного облака с картинной плоскостью. Она находится в простой зависимости от истинного значения этого сечения, выраженной посредством расстояния  $r$  до темного облака:

$$\Sigma = \sigma r^2. \quad (12)$$

Сумма всех  $\sigma$  составляет 1900 квадратных градусов, т. е. все темные туманности на небе покрывают площадь, равную 1900 квадратным градусам, что примерно составляет 40—50% поверхности Млечного Пути. По Бекеру [6], она составляет 30—40%, что нам кажется немного преуменьшенным.

Распределение темных туманностей по видимым поверхностным площадям представлено таблицей VII. В ней даются значения числа темных туманностей  $n$  (частоты) для каждой  $\sigma$ , меняющейся через 0.5 кв. град. Из таблицы видно, что чаще всего встречаются темные туманности малых размеров и число их уменьшается с увеличением  $\sigma$ . Мы не могли определить видимую площадь для тех темных туманностей,  $\sigma$  которых меньше 0.1 кв. град. Поэтому, таблица начинается от  $\sigma = 0.1$  кв. градуса. Мы не включили в таблицу значения  $\sigma$ , превосходящие 15 кв. градусов, так как таких случаев всего лишь несколько.



Для совокупности нашего статистического материала, мы вычислили значения ряда статистических характеристик. Средняя арифметическая оказалась равной

$$\bar{\sigma} = 2.1 \text{ кв. град.}$$

Таблица VII

№№	$\sigma$	n	№№	$\sigma$	n
1	0.25	252	16	7.75	4
2	0.75	136	17	8.25	5
3	1.25	92	18	8.75	1
4	1.75	51	19	9.25	6
5	2.25	60	20	9.75	1
6	2.75	27	21	10.25	7
7	3.25	27	22	10.75	2
8	3.75	31	23	11.25	4
9	4.25	18	24	11.75	2
10	4.75	14	25	12.25	2
11	5.25	17	26	12.75	1
12	5.75	19	27	13.25	1
13	6.25	9	28	13.75	2
14	6.75	5	29	14.25	1
15	7.25	10	30	14.75	1

Но темные туманности такой видимой площади не встречаются чаще других, так как коэффициент асимметрии имеет значение больше нуля:

$$S_k = 2.21,$$

так что налицо крайняя левая асимметрия.

Для среднего квадратического отклонения  $\alpha$  мы получили

$$\alpha = 2.7 \text{ кв. град.}$$

откуда следует, что  $\sigma$  для 89% рассмотренных темных туманностей заключается в интервале  $0.1 < \sigma < 8.0$  кв. град.

По Крейкену, среднее расстояние до темных туманностей, характеризующих большими поглощениями, равно 150 пс. Тогда, так как средний видимый радиус по нашим данным равен  $0^{\circ}.81$ , средний истинный радиус темных туманностей получается

$$\bar{R} = 2.1 \text{ пс.}$$

При построении кривой распределения темных туманностей по  $\sigma$ , мы должны учесть то обстоятельство, что в интервале  $0 < \sigma < 0.1$  кв. град. у нас отсутствуют данные. Это вызвано тем, что на нашем материале невозможно фиксировать темные туманности,  $\sigma$  которых меньше 0.1 кв. град. Однако, этот интервал имеет важное значение, так как он может заполнить оставшуюся часть и этим предоставить нам возможность дискутировать вопросы, касающиеся темных туманностей со всевозможными значениями  $\sigma$  от 0 до  $\infty$ .

Таким образом, экстраполяция кривой распределения в сторону малых  $\sigma$  как-бы расширяет пространство, внутри которого возможно изучение темных туманностей.

Поясним этот вопрос подробнее. Мы не можем фиксировать те темные туманности, для которых  $0 < \sigma \leq 0.1$  кв. град. Это значит, что мы не замечаем тех туманностей, истинная площадь  $\Sigma$  которых меньше

предельной  $\Sigma_{min}$ , которая создает видимую  $\sigma = \frac{\Sigma_{min}}{r^2} \cong 0.1$  кв. град. С дру-

гой стороны, и что важнее, мы не замечаем также такую туманность, которая удалена от нас дальше, чем  $r_{max}$ , т. е. на расстояние, при котором туманность создает видимую  $\sigma = \frac{\Sigma}{r_{max}^2} \cong 0.1$  кв. град. Таким обра-

зом, наше распределение по  $\sigma$  доставляет нам сведения о тех темных туманностях, которые расположены внутри сферы, радиус которой можно оценить следующим образом. Средний истинный радиус  $\bar{R}$  по оценке П. П. Паренато равен 2.3 пс. Такая туманность создает видимую площадь  $\sigma = 0.1$  на расстоянии 700 пс. Так что наша кривая распределения  $f(\sigma)$  характеризует туманности, удаленные от нас не больше, чем на 700 пс.

Когда мы производим экстраполяцию кривой в сторону малых  $\sigma$ , этим мы допускаем, что для нас становятся видимыми туманности с очень малыми  $\sigma$ , т. е. удаленные от нас больше, чем на 700 пс. Иначе говоря, мы этим расширяем изучаемое пространство. И чем дальше будет экстраполяция кривой в сторону малых  $\sigma$ , тем больше будет радиус изучаемого пространства. Туманности, имеющие  $\sigma = 0.01$  кв. град., будут удалены от нас в среднем на 2000 пс, а туманности  $\sigma = 0.001$  кв. град.—на 7000 пс.

Таким образом, экстраполяция кривой  $f(\sigma)$  имеет существенное значение и поэтому требует более осторожного подхода к ней.

Поставим вопрос—какой вид должна иметь кривая  $f(\sigma)$  в интервале  $0 < \sigma \leq 0.1$  кв. градуса? Возможны всего два варианта.

1. Кривая продолжает подниматься вверх, приближаясь асимптотически или пересекая ось ординат. 2. Кривая достигает максимума где-то около точки  $\sigma = 0.1$ , и, опускается вниз и в точке  $\sigma = 0$  пересекает начало координат. Мы должны выяснить—какой из этих двух крайних вариантов более близок к истине.

Мы уже указывали выше, что нами не преследовалась цель выделить и особо изучить глобулы и, кроме того, мы не включали в каталог множества глобул, находящихся на фоне светлых диффузных туманностей. Видимая поверхностная площадь глобул как раз и заключается в интервале  $0 < \sigma \leq 0.1$  кв. град. К этому интервалу следует причислить и отдельные волокна. Так что, ежели мы приняли бы во внимание огромное количество глобул и темных волокон, кривая  $f(\sigma)$  в интервале  $0 < \sigma \leq 0.1$  поднялась бы довольно высоко.

Выявление характера функции  $f(\sigma)$  возможно из следующих общих соображений. Возьмем какую-нибудь физическую модель системы темных туманностей. Допустим, что все темные туманности имеют одинаковые истинные размеры и, что в пространстве они распределены равномерно, т. е.

$$\Sigma = const, \quad D(r) = const.$$

В таком случае, как это увидим дальше, функция распределения  $f(\sigma)$  будет иметь вид:

$$f(\sigma) = \frac{const}{\sigma^{3/2}}. \quad (13)$$

Таким образом, это предположение о характере  $D(r)$  и  $\Sigma$  дает функцию  $f(\sigma)$ , которая для малых  $\sigma$  быстро возрастает (быстрее, чем дают наблюдения) и асимптотически приближается к оси ординат.



Можно сделать еще более общие предположения. Допуская  $D(r) = \text{const}$  и принимая для распределения туманностей по истинным площадям  $\Sigma$ , т. е. для  $\varphi(\Sigma)$  вид:

$$\varphi(\Sigma) d\Sigma = \frac{4h^2}{V\pi} \Sigma^2 e^{-h^2 \Sigma} d\Sigma,$$

аналогичный распределению модулей случайных величин, распределенных нормально,  $f(\sigma)$  должна принять следующий вид (доказательство будет дано ниже):

$$f(\sigma) = \frac{\omega D_0 \Gamma\left(\frac{9}{4}\right)}{V\pi h^2} \sigma^{-3/2}. \quad (14)$$

Таким образом, и в этом случае получается  $f(\sigma)$  убывающей во всем интервале  $0 < \sigma < \infty$ .

Все вышесказанное соображения и примеры говорят в пользу первого варианта, и поэтому нам кажется более правильным допущение, что кривая  $f(\sigma)$  поднимается вверх в интервале  $0 < \sigma \leq 0.1$ . Следует подчеркнуть, что выведенные выше формулы (13) и (14) не имеют физического смысла в точке  $\sigma = 0$ . Эту точку мы должны исключить из рассмотрения, так как само понятие «туманность с нулевой площадью» лишено физического смысла, а для всех остальных конечных значений  $\sigma$  число туманностей получается конечным. Неизбежно примирение с тем недостатком, что при  $\sigma = 0$   $f(\sigma) = \infty$ . С аналогичными неизбежностями мы нередко встречаемся в астрономии. Вспомним, например, функцию звездной плотности Зеелигера  $D(r) = \gamma r^{-\lambda}$  или  $\lg D(r) = a - b(\lg r - c)^2$ , которые также не имеют смысла в точке  $r = 0$ .

Для большей ясности мы рассмотрим, как некоторый пример, выражение нашего распределения, экстраполированное по второму варианту. Такое распределение, когда кривая начинается от начала координат, поднимается до максимума, а затем опускается, очень часто успешно выражается посредством функции:

$$f(\sigma) d\sigma = \frac{4h^{2n+1}}{V\pi} \sigma^{2n} e^{-h^2 \sigma} d\sigma. \quad (15)$$

Эта функция достигает максимума в точке:

$$\sigma = \frac{Vn}{h}. \quad (16)$$

Легко убедиться, что функция (15) не может изобразить наблюдаемое распределение. Действительно, наша наблюдаемая кривая  $f(\sigma)$ , если она выражена функцией (15), должна достигнуть максимума где-то в интервале  $0 < \sigma \leq 0.1$ . Тогда, на основе равенства (16), можно заключить, что

$$h \geq 10.$$

А при таком значении  $h \geq 10$  функция (15) в точке  $\sigma = 1$  принимает значение порядка  $10^{-20}$ . Это значит, что мы не должны видеть ни одной туманности,  $\sigma$  которой больше одного квадратного градуса, что никак нельзя примирить с наблюдаемым фактом. Таким образом, наблюдаемое распределение никак нельзя выразить функцией вида (15).

На рис. 20 нанесены точки, указывающие частоты туманностей для каждой  $\sigma$ , меняющейся через 0.1 кв. град. Положение точек можно изобразить равнобочной гиперболой, параметр  $C^2$  которой можно определить, как среднее от произведения  $n\sigma$ , так что наше распределение можно выравнить выражением:

$$f(\sigma) = \frac{73.00}{2\sigma}. \quad (17)$$

Эта кривая изображена на рис. 20 (сплошная кривая). Из рисунка очевидно, что функция (17) достаточно хорошо выравнивает распределение по  $\sigma$ .

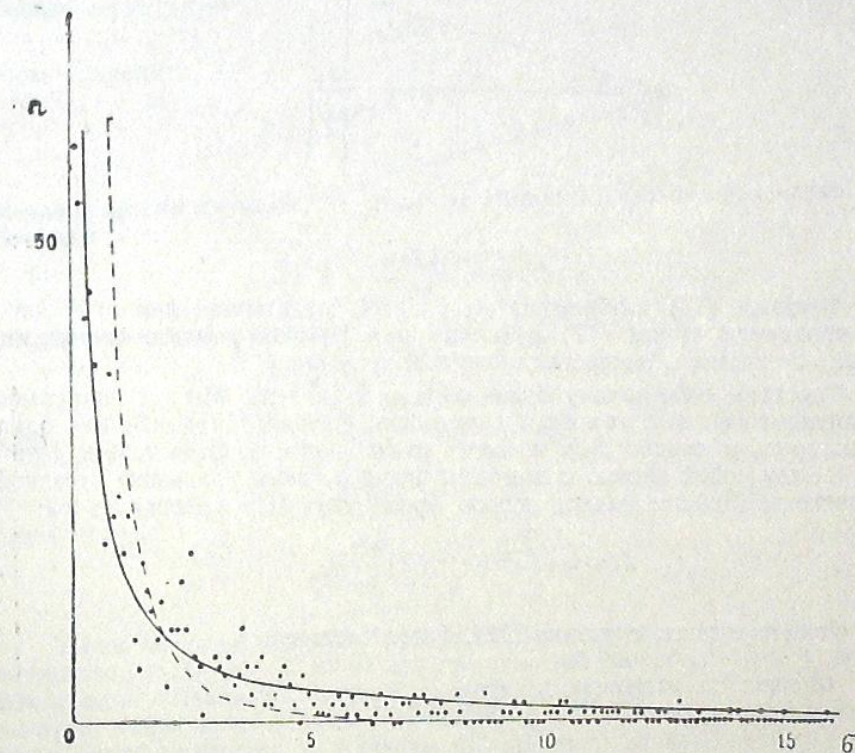


Рис. 20 б.б.

Вид функции  $f(\sigma)$  зависит от аналитических выражений следующих двух функций: функции пространственной плотности темных туманностей  $D(r)$  и функции распределения темных туманностей по истинным сечениям  $\Sigma$ , т. е.  $\varphi(\Sigma)$ . Относительно этих функций сделаем сперва самое тривиальное допущение:

$$D(r) = \text{const}, \quad \Sigma = \text{const}, \quad (18)$$

т. е. допустим, что темные туманности распределены в пространстве равномерно и имеют одинаковые размеры. В таком случае нетрудно убедиться, что функция распределения будет иметь вид (13).

Действительно, в этом случае  $\sigma$  будет зависеть от расстояния  $r$ . Представим себе конус с телесным углом  $\omega$ , ось которого направлена по лучу зрения (рис. 21). Число темных туманностей в элементарном объеме будет:

$$\omega r^2 D(r) dr. \quad (19)$$



Оно и есть число темных туманностей, имеющих видимую поверхность площадь  $\sigma = \frac{\Sigma}{r^2}$ .

Заменяя в (19)

$$r^2 = \Sigma \sigma^{-1}, \quad dr = -\frac{1}{2} \Sigma^{\frac{1}{2}} \sigma^{-\frac{3}{2}} d\sigma,$$

получим для функции  $f(\sigma)$  выражение (13).

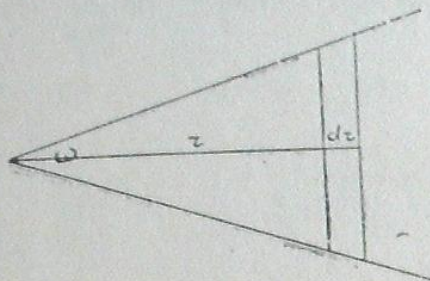


Рис. 21 ббб.

Функция (13) изображена на рис. 20 (пунктирная линия) и явно не совпадает с видом (17) функции  $f(\sigma)$ . Причина этого несовпадения лежит, очевидно, в несправедливости допущения (18).

Поставим себе задачу более общего характера. Мы интересуемся аналитическими выражениями следующих функций:  $D(r)$ ,  $\varphi(\Sigma)$ ,  $f(\sigma)$ , одна из которых, а именно  $f(\sigma)$ , известна из наблюдений. Связать эти функции между собой можно с помощью интегрального уравнения звездной статистики. Действительно, первое уравнение Шварцшильда:

$$A(x) = \omega \int_0^{\infty} r^2 D(r) \varphi(X) \frac{\partial X}{\partial x} dr,$$

для нашего случая, с учетом (12), будет иметь вид:

$$f(\sigma) = \omega \int_0^{\infty} r^4 D(r) \varphi(r^2 \sigma) dr. \quad (20)$$

Сделав какое-нибудь предположение относительно  $D(r)$ , можно из этого уравнения определить  $\varphi(\Sigma)$ , считая левую сторону уравнения известной.

Сперва ограничимся той частью кривой  $f(\sigma)$ , которую дает непосредственно наблюдение, т. е. не будем делать никаких допущений относительно характера экстраполяции кривой в интервале  $0 < \sigma < 0.1$ . Следовательно, имеем:

$$f(\sigma) = \frac{C^2}{2\sigma},$$

где

$$0.1 \leq \sigma \leq 15.$$

Это означает, что мы изучаем пространство внутри цилиндра с радиусом основания  $H=700$  пс. В таком случае интегрирование мы должны вести по  $r$  от нуля до  $H$  и, кроме того, в таком небольшом простран-

стве вполне свободно можно принять плотность туманностей одинаковой, т. е.  $D(r) = D_0 = \text{const}$ . После сказанного, уравнение (20) примет вид:

$$\frac{C^2}{2\sigma} = \omega D_0 \int_0^H r^4 \varphi(\sigma r^2) dr \quad (21)$$

Из этого уравнения определим функцию  $\varphi(\Sigma)$ .

После обозначения  $\sigma r^2 = x$ , уравнение (21) переписется так:

$$\sigma^{\frac{3}{2}} H = \frac{\omega D_0}{C^2} \int_0^{\sigma H^2} x^{\frac{3}{2}} \varphi(x) dx.$$

Введем переменную

$$\sigma H^2 = t.$$

Тогда получим:

$$t^{\frac{3}{2}} H = \frac{\omega D_0 H^3}{C^2} \int_0^t x^{\frac{3}{2}} \varphi(x) dx.$$

Возьмем производную по  $t$  от обеих сторон последнего уравнения. Получим:

$$\frac{3}{2} t^{\frac{1}{2}} H = \frac{\omega D_0 H^3}{C^2} t^{\frac{1}{2}} \varphi(t),$$

откуда определим функцию

$$\varphi(t) = \frac{3C^2}{2\omega D_0 H^3} \frac{1}{t}$$

или

$$\varphi(\Sigma) = \frac{\Sigma_0'}{\Sigma}, \quad (22)$$

где

$$\Sigma_0' = \frac{3C^2}{2\omega D_0 H^3}.$$

Таким образом, функция распределения темных туманностей по истинным площадям  $\Sigma$  имеет вид равнобочной гиперболы. Эта функция имеет один недостаток, который становится заметным с первого же взгляда: точка  $\Sigma=0$  является ее особой точкой. Поэтому, общее число туманностей—интеграл от функции (22) от нуля до бесконечности—получается бесконечным и, кроме того, функция (22) не имеет среднего значения. Однако, все эти недостатки отпадают, если исключим точку  $\Sigma=0$  и условимся определить нижнюю границу площади туманностей  $\Sigma_{\min}$  по физическим соображениям. Будем рассматривать функцию (22) в ограниченном интервале  $(\Sigma_{\min}, \Sigma_{\max})$ , тогда общее число туманностей получится конечным и среднее значение тоже определится.

Когда мы говорим о годности выражения (22) для представления функции распределения, мы должны подчеркнуть одно важное обстоятельство. Выражение (22), как функция распределения, имеет вполне реальный и определенный смысл, так как оно является XI типом кривых распределения Пирсона, т. е. в основе такого распределения лежит определенная стохастическая схема.



Мы уже говорили о том, что экстраполяция кривой  $f(\sigma)$  расширяет изучаемое пространство. Постараемся изучить характер функций  $D(r)$ ,  $\varphi(\Sigma)$  и  $f(\sigma)$  в пространстве от 0 до  $\infty$ , как это делается при рассмотрении уравнений звездной статистики относительно звездных функций.

Сперва докажем, что при предположении относительно функций  $D$  и  $\varphi(\Sigma)$ :

$$D(r) = \text{const} \quad \text{и} \quad \varphi(\Sigma) d\Sigma = \frac{4h^3}{V\pi} \Sigma^2 e^{-h^2 \Sigma^2} d\Sigma, \quad (23)$$

$f(\sigma)$  должна иметь вид, несовпадающий с видом функции  $f(\sigma)$ , полученным из наблюдений. При допущении (23), уравнение Шварцшильда примет вид:

$$f(\sigma) = \omega \frac{4h^3 D_0}{V\pi} \sigma^2 \int_0^\infty r^2 e^{-h^2 r^2} dr.$$

После подстановки:  $r\sqrt{h} V\sigma = t$ , получим:

$$f(\sigma) = \frac{4\omega D_0}{V\pi h^{3/2}} \frac{1}{\sigma^2 h} \int_0^\infty t^2 e^{-t^2} dt = \frac{\omega D_0 \Gamma\left(\frac{9}{4}\right)}{V\pi h^{3/2}} \frac{1}{\sigma^{3/2}},$$

т. е.

$$f(\sigma) = \frac{C'}{\sigma^{3/2}},$$

где

$$C' = \frac{\omega D_0 \Gamma\left(\frac{9}{4}\right)}{V\pi h^{3/2}}$$

постоянная величина.

Имея одно уравнение (20) с двумя неизвестными функциями  $D(r)$ ,  $\varphi(\Sigma)$ , невозможно однозначно определить обе функции, однако все-же можно получить некоторые выводы общего характера.

Действительно, уравнение

$$f(\sigma) = \omega \int_0^\infty r^4 D(r) \varphi(\sigma r^2) dr$$

уже говорит о том, что при допущении

$$\varphi(\Sigma) = \text{const},$$

оно не может дать функцию  $f(\sigma)$ , сходную с наблюдаемой, так как тогда мы получили бы

$$f(\sigma) = \text{const} \int_0^\infty r^4 D(r) dr = \text{const}.$$

Из последнего интеграла также вытекает, что  $D(r)$  не может быть возрастающей функцией во всем интервале  $(0, \infty)$ , что и естественно из физических соображений.

Аналогичное можно показать и относительно функции  $D(r)$ . Допущение  $D(r) = \text{const}$ , после подстановки  $\sigma r^2 = u$ , приводит уравнение (20) к следующему виду:

$$f(\sigma) = \text{const} \sigma^{-3/2} \int_0^\infty u^{3/2} \varphi(u) du = \text{const} \sigma^{-3/2},$$

Функция  $\varphi(\Sigma)$  тоже не может быть возрастающей функцией во всем интервале  $(0, \infty)$ .

Таким образом, когда мы изучаем большое пространство, функцию плотности  $D(r)$  уже нельзя считать постоянной. К этому заключению можно было прийти также из физических соображений.

Для пространственной плотности темных туманностей П. П. Паренаго допустил справедливым экспоненциальный закон:

$$D(r) = D_0 e^{-\frac{r \sin b}{\beta}}, \quad (24)$$

который, как увидим дальше, не противоречит наблюдаемым данным.

Возьмем для функций  $f(\sigma)$  и  $D(r)$  виды, соответственно, (17) и (24) и определим функцию  $\varphi(\Sigma)$  из уравнения (20).

Будем иметь:

$$\frac{C^2}{2\sigma} = \omega D_0 \int_0^\infty r^4 e^{-\frac{r \sin b}{\beta}} \varphi(r^2 \sigma) dr$$

Введем обозначения

$$r^2 \sigma = u^2, \quad \frac{\sin b}{\beta} = \gamma;$$

тогда

$$\frac{C^2}{2\sigma} = \omega D_0 \sigma^{-5/2} \int_0^\infty u^4 e^{-\frac{\gamma u}{V\sigma}} \varphi(u^2) du. \quad (25)$$

Обозначим:

$$\frac{\gamma}{V\sigma} = x, \quad u^2 \varphi(u^2) = S(u^2), \quad \frac{C^2 \gamma^3}{2D_0 \omega} = A_0.$$

После этого (25) примет вид:

$$\int_0^\infty u^2 S(u^2) e^{-xu} du = \frac{A_0}{x^3}. \quad (26)$$

Легко убедиться, что уравнение (26) удовлетворяется при

$$S(u^2) = \frac{1}{2} A_0.$$

Таким образом,

$$u^2 \varphi(u^2) = A_0,$$

из чего следует, что

$$\varphi(\Sigma) = \frac{\Sigma_0}{\Sigma},$$

где

$$\Sigma_0 = \frac{C^2 \gamma^3}{4\omega D_0}.$$

Таким образом, для функции распределения темных туманностей по истинным поверхностным площадям  $\Sigma$ , т. е. для  $\varphi(\Sigma)$ , мы получили последнее выражение; при этом мы исходили из вида (17) функции  $f(\sigma)$ , полученного по данным наблюдениям, и из вида (24) для функции  $D(r)$ , предложенного П. П. Паренаго и наиболее обоснованного из известных нам выражений пространственной плотности темных туманностей.



### § 5. Распределение темных туманностей по статистическим весам

При определении во второй главе настоящего исследования понятия «статистические веса темных туманностей» мы указали, что вес  $p$  связан с массой туманности равенством

$$M = k p r^2.$$

Очевидно, что функция распределения темных туманностей по статистическим весам  $p$  представляет определенный интерес.

Таблица VIII

№№	P	n	n'	N	N'	Δ	№№	P	n	n'	N	N'	Δ
1	0.25	107	125	107	125	18	19	9.25	13	13	607	612	5
2	0.75	84	69	191	194	3	20	9.75	13	12	620	625	4
3	1.25	40	52	231	246	15	21	10.25	14	11	634	635	1
4	1.75	41	43	272	289	17	22	10.75	14	11	648	646	2
5	2.25	43	37	315	226	11	23	11.25	9	10	657	656	1
6	2.75	40	33	355	359	4	24	11.75	10	9	667	665	2
7	3.25	31	29	386	388	2	25	12.25	8	9	675	674	1
8	3.75	31	27	417	415	2	26	12.75	8	8	683	682	1
9	4.25	30	24	447	439	8	27	13.25	7	8	690	690	0
10	4.75	31	23	478	462	16	28	13.75	7	7	697	697	0
11	5.25	20	21	498	483	15	29	14.25	4	6	701	703	2
12	5.75	20	20	518	503	15	30	14.75	4	6	705	709	4
13	6.25	18	19	536	522	14	31	15.25	7	5	712	714	2
14	6.75	18	18	554	540	14	32	15.75	6	5	718	719	1
15	7.25	14	16	568	566	12	33	16.25	3	4	721	723	2
16	7.75	14	15	582	571	11	34	16.75	3	3	724	726	2
17	8.25	6	15	588	586	2	35	17.25	4	2	728	728	0
18	8.75	6	14	594	600	6	36	17.75	3	1	731	729	2

Таблицей VIII представлено распределение темных туманностей по статистическим весам  $p$ . В первом столбце даются значения  $p$ , меняющиеся через каждые 0.5 величины от 0.25 до 17.75, а во втором столбце — соответствующие числа темных туманностей  $n$ . В таблицу не включены темные туманности, веса  $p$  которых больше 18.0, так как такие туманности встречаются крайне редко. Как видно из таблицы, чаще всего встречаются темные туманности с малыми значениями  $p$  и число их быстро уменьшается с увеличением  $p$ .

Для нахождения математического выражения функции распределения темных туманностей по весам  $p$ , т. е.  $F(p)$ , был использован метод моментов [57]. Центральные моменты нашего распределения имеют значения:

$$\mu_2 = 19.822, \quad \mu_3 = 94.921, \quad \mu_4 = 1271.282.$$

Для критерия Пирсона получено значение:

$$x = \frac{\beta_1(\beta_2 + 3)^2}{4(4\beta_1 - 3\beta_2)(2\beta_2 - 3\beta_1 - 6)} = -0.29,$$

где

$$\beta_1 = \frac{\mu_2^2}{\mu_1^2} = 1.157, \quad \beta_2 = \frac{\mu_4}{\mu_2^2} = 3.236.$$

Таким образом, из тринадцати возможных типов кривых Пирсона подходящим для нашего случая оказывается тип 1. Однако так как имеем выражение:

$$5\beta_2 - 6\beta_1 - 9 = 0.238,$$

что можно считать равным нулю, — данное распределение можно выравнять кривой Пирсона типа XII, который является частным случаем типа 1. Так что для  $F(p)$  получается выражение:

$$F(p) = p_0 \left( \frac{a+p}{b-p} \right)^m \quad (27)$$

Параметры кривой определяются по формулам [59]:

$$a = \sqrt{\mu_2} (\sqrt{3 + \beta_1} + \sqrt{\beta_1}) = 13.9$$

$$b = \sqrt{\mu_2} (\sqrt{3 + \beta_1} - \sqrt{\beta_1}) = 4.3$$

$$m = \sqrt{\frac{\beta_1}{3 + \beta_1}} = -0.527$$

$$p_0 = \frac{N}{2\sqrt{\mu_2} (3 + \beta_1) \Gamma(m+1) \Gamma(1-m)} = 13.3$$

Для  $m$  взят знак минус, так как  $\mu_2 > 0$ . Функция (27) простирается от  $-a$  до  $b$  и для того, чтобы она изображала наше распределение, мы должны переместить начало координат на величину  $a$  вдоль оси абсцисс. Следовательно, для функции  $F(p)$ , приравнявая  $m = 0.527 \approx 0.5$ , получим:

$$F(p) = p_0 \sqrt{\frac{a-p}{p}}, \quad (28)$$

где

$$a = a + b.$$

Насколько хорошо выравнивает выражение (28) частоты нашего распределения, можно убедиться вычислением критерия согласия Колмогорова-Смирнова. В таблице VIII третий столбец дает значения частот  $n'$ , вычисленных по формуле (28). Для критерия согласия Колмогорова-Смирнова получено значение

$$\lambda = 0.66,$$

что свидетельствует о том, что выражение (28) достаточно хорошо изображает функцию распределения темных туманностей по статистическим весам  $p$ . В этом убеждает нас и рис. 22, на котором точки нанесены по таблице VIII, а кривая проведена согласно выражению (28).

Таким образом, кривая  $F(p)$  меняется в интервале  $0.1 \leq p \leq 18$  и характеризует распределение темных туманностей, расположенных ближе, чем 700 пс. Для этих туманностей мы можем построить функцию распределения по массам  $S(M)$ . Функции  $F(p)$  и  $S(M)$  связаны уравнением Шварцшильда

$$p_0 \sqrt{\frac{a-p}{p}} = \omega k D_0 \int_0^M r^4 S(k p r^2) dr, \quad (29)$$

где сделано допущение, что в изучаемом пространстве плотность туманностей постоянна, т. е.

$$D(r) = D_0 = const,$$

и для функции  $F(p)$  взят вид (28).



Обозначим

$$\frac{r_0}{\omega k D_0} = a, \quad kpr^2 = x;$$

тогда уравнение (29) переписывается так:

$$2 k^2 a p^2 \sqrt{a - p} = \int_0^{kH^2 p} x^2 S(x) dx,$$

что после подстановок:

$$kH^2 p = t, \quad \alpha kH^2 = b,$$

примет вид:

$$\frac{2a}{H^3} t^2 \sqrt{b - t} = \int_0^t x^2 S(x) dx.$$

Беря производную по  $t$  от обеих сторон последнего уравнения, получим:

$$S(t) = \frac{a}{H^3} \frac{4b - 5t}{\sqrt{bt - t^2}}.$$

Таким образом, функция распределения темных туманностей по массам  $M$  имеет вид:

$$S(M) = \frac{a}{5H^3} \frac{0.8b - M}{\sqrt{bM - M^2}}. \quad (30)$$

Величина  $M$  меняется в интервале:  $M_{\min} \leq M \leq M_{\max} = 0.8b$ .

Численные значения  $M_{\min}$  и  $M_{\max}$  невозможно определить из-за незнания значения коэффициента пропорциональности  $k$  в равенстве  $M = kpr^2$ .

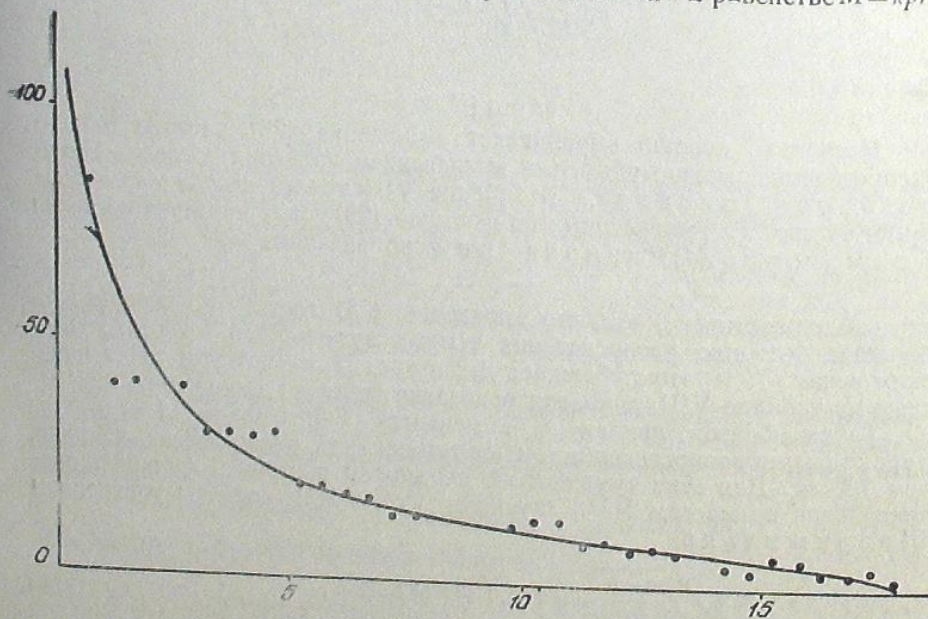


Рис. 22 бб.

Функция (30) является убывающей, т. е. чаще других встречаются темные туманности с малыми массами  $M$  и число их убывает с увеличением  $M$ . Если в формуле (30) число 0.8 округлить до 1.0, тогда  $S(M) = f(p)$  будут иметь один и тот же вид.

В заключение настоящей главы, мы хотели бы подчеркнуть следующее обстоятельство. Все функции распределения  $f(r)$ ,  $\varphi(\Sigma)$ ,  $f(p)$  и  $S(M)$  построены нами по данным наблюдений или получены решением уравнения звездной статистики. Эти функции мало отличаются друг от друга. Мы были вынуждены сделать некоторые допущения, упрощающие задачу вскрытия зависимостей между различными характеристиками темных туманностей. Например, мы пренебрегли дисперсией в абсолютных звездных величинах, допустили пропорциональность  $\sqrt[3]{V} = \sqrt{\Sigma}$ , считали  $A(m)$  одинаковой для всех фотографий атласа Росса и др. Поэтому, наши функции распределения отображают действительность с некоторым приближением. Однако, сделанные допущения не могут изменить характер функций распределения, т. е. не должно быть сомнения в том, что все они являются убывающими функциями.

### Основные результаты исследования

1. В галактической полосе, представленной атласом Росса и Кальверт, нами зафиксированы почти все темные туманности. Соответственно фотографиям атласа, составлены карты, на которых нанесены контуры темных туманностей, центры, направление вытянутости и номер. На них же проведена вся измерительная работа. На основе этого материала составлен предварительный каталог темных туманностей, который в ближайшем времени будет дополнен и расширен нами. Возможно, что нам удастся опубликовать также и карты с контурами туманностей. В настоящем же виде каталог содержит экваториальные координаты  $\alpha$  и  $\delta$ , галактические координаты  $l$  и  $b$ , видимую поверхностную площадь  $\sigma$ , позиционный угол  $\varphi$  и статистический вес  $p$ . В примечании даются номера из каталога Барнарда, а также отмечены некоторые структурные особенности туманностей.

2. а) Изучены видимые формы темных туманностей и произведена их группировка по морфологическим признакам. Большинство из правильных темных туманностей имеют форму более или менее правильного эллипса разной вытянутости. При этом, большое значение вытянутости наблюдается в большинстве случаев у темных туманностей малых размеров. Кроме того, встречаются темные туманности самых разнообразных форм: круглые, треугольные, многогранные, бесформенные, волокнистые и др.

б) Выделены темные туманности, представляющие структурно интересные виды: глобулы, отдельные темные волокна, кольцеобразные темные туманности и др. Констатированы факты, свидетельствующие о связи между темными волокнами и глобулами и наводящие на мысль о расщеплении темных волокон на отдельные глобулы.

в) Указаны некоторые области Млечного Пути, как например, направления на созвездия Офюкс, Орion, Лебедь, Лисичка и др., где наблюдаются явления, свидетельствующие о существовании связи как между темными туманностями, образующими отдельные характерные группы, так и между темными туманностями и близлежащими яркими звездами, — выражающейся в совпадении направлений ориентировки туманностей с направлениями движений групп звезд.

3. Распределение суммарного веса всех наблюдаемых темных туманностей по галактической долготе  $l$  характеризуется существованием двух максимумов в направлениях на центр и антицентр Галактики. Оно находится в хорошем согласии с ходом коэффициента поглощения по галактической долготе по Б. В. Кукаркину. Ответственными за появление второго, малого максимума в направлении на антицентр Галактики, должны быть туманности, расположенные вне узкой галакти-



ческой полосы  $b = \pm 5^\circ$ . Темные туманности, находящиеся внутри этой полосы, имеют только один максимум в направлении на центр Галактики.

4. Определено положение плоскости симметрии системы темных туманностей. Координаты полюса этой плоскости суть:

$$A_0 = 186^\circ.5,$$

$$D_0 = +30^\circ.6,$$

и эта плоскость наклонена к плоскости Галактики под углом  $i = 4^\circ$ .

Этот факт подтверждает указанную Е. К. Харадзе асимметрию в распределении поглощающей свет материи по отношению к галактическому экватору.

5. Все темные туманности разделены на две группы по признаку их расположения по галактической широте  $b$ . Темные туманности, принадлежащие I группе, расположены в узкой галактической полосе с широтами  $-5^\circ \leq b \leq +5^\circ$ , а все остальные туманности, находящиеся вне этой полосы, принадлежат ко II группе. Тогда как темные туманности I группы ничем не выделяются из общей видимой структуры Галактики и их плоскость симметрии совпадает с плоскостью Галактики, темные туманности II группы образуют отдельную систему и их плоскость симметрии наклонена к плоскости Галактики под углом  $10^\circ.6$ . Темные туманности I и II групп различаются между собой и распределением их суммарного веса по галактической долготе.

Положение полюса плоскости симметрии темных туманностей II группы:

$$A_0 = 178^\circ.42',$$

$$D_0 = +32^\circ.19'$$

достаточно близко к полюсу пояса Гулда. Следовательно, во-первых, подтверждается реальность Местной системы и, во-вторых, представляется вероятным существование физической связи между темными туманностями II группы и Местной системой.

6. Изучено распределение темных туманностей по углам ориентации  $\varphi$  и установлено, что большинство темных туманностей своими вытянутостями ориентированы параллельно плоскости Галактики, что свидетельствует о том, что из всевозможных факторов, влияющих на форму и ориентацию темных туманностей, доминирующим является действие магнитного поля всей Галактики.

7. Исследованы функции распределения темных туманностей по видимым  $\sigma$  и истинным  $\Sigma$  поверхностным площадям  $f(\sigma)$  и  $\varphi(\Sigma)$ , а также функция пространственной плотности  $D(r)$ .

а) Функция  $f(\sigma)$  дается непосредственными измерениями. Наш материал дает возможность произвести измерения в интервале  $0.1 < \sigma < \infty$  кв. град. Подсчеты показали, что число темных туманностей возрастает с уменьшением  $(f)\sigma$ . Если произвести экстраполяцию для оставшегося интервала  $0 < \sigma < 0.1$  кв. гр., можно считать, что кривая  $f(\sigma)$  хорошо представляется равнобочной гиперболой, т. е.

$$f(\sigma) = \frac{C^2}{2\sigma}.$$

б) Относительно пространственной плотности  $D(r)$  установлено, что невозможно считать пространственное распределение темных туман-

ностей равномерным, т. е. допущение  $D(r) = const$  противоречит наблюдаемым фактам. Также не может быть функция  $D(r)$  монотонно возрастающей функцией. Предложенный П. П. Паренаго экспоненциальный закон для пространственной плотности темных туманностей, т. е.

$$D(r) = D_0 e^{-\frac{r \sin b}{\beta}},$$

не противоречит данным, полученным из нашего материала.

в) Функция распределения темных туманностей по истинным поверхностным площадям  $\Sigma$ , т. е.  $\varphi(\Sigma)$ , не может иметь вид  $\varphi(\Sigma) = const$ , а также несправедливо  $\Sigma = const$ . Наконец, она также не может быть возрастающей функцией. Принимая для названных функций вид  $f(\sigma) = \frac{C^2}{2\sigma}$  и  $D(r) = D_0 e^{-\frac{r \sin b}{\beta}}$ , можно определить функцию  $\varphi(\Sigma)$ . Она должна иметь вид:

$$\varphi(\Sigma) = \frac{\Sigma_0}{\Sigma}.$$

Следовательно, темные туманности встречаются в Галактике чаще всего малых размеров.

8. Построена функция распределения темных туманностей по статистическим весам  $p$ . Она имеет вид:

$$F(p) = p_0 \sqrt{\frac{\alpha - p}{p}}.$$

9. Относительно функции распределения темных туманностей по массам  $M$ , т. е.  $S(M)$ , установлено, что она имеет вид:

$$S(M) = \frac{a}{5H^2} \frac{0.8b - M}{\sqrt{bM - M^2}}.$$

Август, 1954 г.

#### ЛИТЕРАТУРА—ლიტერატურა

1. Воронцов-Вельяминов Б. А.—Газовые туманности и новые звезды, 1948.
2. Лебединский А. И.—Гравитационная конденсация звездного газа и образование звездных облаков. ДАН СССР, 84, № 1, 1952.
3. Fabry C. Interstellar space, MN 93, 68, 1938.
4. Паренаго П. П.—Строение Галактики. Усп. астр. наук, 4, 69, 1948.
5. Воронцов-Вельяминов Б. А.—Диффузная газовая материя, Усп. астр. наук, 4, 208, 1948.
6. Becker.—Materie im interstellaren Raume, 1938.
7. Харадзе Е. К.—Каталог показателей цвета 14000 звезд и исследование поглощения света в Галактике на основе цветовых избытков звезд. Бюлл. Абаст. астрофиз. обс. № 12, 1952.
8. Wolf M.—Über den dunklen Nebel NGC 6960. AN 219, 109, 1923.
9. Dyson F. W., Melotte P. J.—The region of the Sky between  $3^h$  and  $5^h 30^m$  and north declination  $20^\circ$  to  $35^\circ$ , MN 80, 3, 1919.
10. Pannkoek, A.—The distance of the dark nebulae in Taurus. Proc. kon. ak. Wetensch., Amst., 23, № 5, 1, 1920.
11. Амбарцумян В. А.—Флюктуации в числе внегалактических туманностей и галактическое поглощение. Бюлл. Абаст. астрофиз. обс. № 4, 17, 1940.



12. Маркрян Б. Е.—Флюктуации в видимом распределении звезд и космическое поглощение. Сообщ. Бюрак. астрофиз. обс. вып. 1, 1, 1946.
13. Wolf M.—Die Sternleeren beim Americannebel. AN 223, 89, 1924.
14. Огородников К. Ф.—Теоретический анализ звездных подсчетов в темных областях. Изв. ГАО в Пулкове, 16, № 3 (123), 1—40, 1939.
15. Огородников К. Ф. и Добровольский О. В.—Влияние дисперсии светимостей на результаты звездных подсчетов в темных туманностях. Пулк. Цирк. № 28, 19, 1940.
16. Паренаго П. П.—О темных туманностях и о поглощении света в Галактике. АЖ 17, № 4, 1, 1940.
17. Мельников О. А.—Покраснение ранних с-звезд и закон космического поглощения. Пулк. Цирк. № 21, 3, 1937.
18. Kreiken E. A.—On the general aspect of the Milky Way.—Zf Aph. 17, 170, 1939.
19. Кукаркин Б. В.—О природе поглощения света в плоскости Галактики. АЖ 17, № 1, 19, 1940.
20. Вашавидзе М. А.—Селективное поглощение света в Местной системе. Бюлл. Абаст. обс. № 4, 27, 1940.
21. Кукаркин Б. В.—Оптическая толщина селективного поглощения элементарной темной туманности. ДАН СССР, 42, № 6, 251, 1944.
22. Паренаго П. П.—О межзвездном поглощении света, АЖ 22, 3, 129, 1945.
23. Struve, O.—La constitution des nébuleuses par réflexion.—Ann. d'Aph. 1, 143, 1938.
24. Russell H. M.—Dark nebulae. Proc. Nat. Ac. Sc. № 8, 115, 1922.
25. Левин Б. Ю.—Теория Ми и ее астрономические применения. АЖ 20, 3, 14, 1943.
26. Амбарцумян В. А. и Горделадзе Ш. Г.—Проблема диффузных туманностей и космическое поглощение. Бюлл. Абаст. астрофиз. обс. № 2, 37, 1938.
27. Шайн Г. А. и Газе В. Ф.—Некоторые результаты исследования светлых галактических туманностей. Изв. Крым. астрофиз. обс. 6, 3, 1951.
28. Паренаго П. П.—Распределение плотности и численность различных галактических субсистем. АЖ 25, № 2, 123, 1948.
29. Фесенков В. Г.—К вопросу об общей массе поглощающей материи в галактической системе. ДАН СССР, 28, № 7, 593, 1940.
30. Харадзе Е. К.—К изучению пространственного поглощения света звезд в Местной системе. Бюлл. Абаст. астроф. обс. № 4, 39, 1940.
31. Kreiken E. A.—Some remarks on the apparent surface brightness of the Milky Way. Zf Aph. 12, 340, 1926.
32. Вашавидзе М. А.—Изучение галактического поглощения света по избыткам цвета внегалактических туманностей и долгопериодических цефеид и другими методами. Бюлл. Абаст. астрофиз. обс. № 13, 1, 1953.
33. Шайн Г. А.—Пространственное покраснение и распределение яркости в Млечном Пути. АЖ 24, № 4, 293, 1950.
34. Паренаго П. П.—Курс звездной астрономии. II изд. 1946.
35. Лавдовский В. В.—Исследование темных туманностей в созвездиях Близнецов и Ориона по звездным подсчетам. Изв. Пулк. Обс. 16, (4), № 133, 1, 1941.
36. Рускол Е. А.—О форме и пространственной ориентировке темных туманностей. АЖ 27, № 6, 341, 1950.
37. Ross F. E.—Calvert Mary. Atlas of the Northern Milky Way. Chicago, 1934—6.
38. Barnard E. E.—Atlas of selected regions of the Milky Way Publ. Carneg. Inst. № 207, 1927.
39. Рускол Е. Л.—О форме и пространственной ориентировке темных туманов на небе. Сообщ. Бюрак. астрофиз. обс. вып. VI, 1951.
40. Morehouse D. W.—A Ring Nebula (dark) in Cygnus. Pop. Astr. 35, № 1, 67, 1927.

41. Шайн Г. А. и Газе В. Ф.—Структура и масса диффузных газовых туманностей NGC 6523, 6618 и 2237. Изв. Крым. астрофиз. обс. 8, 80, 1952.
42. Greenstein I. L.—Interstellar matter. Astrophysics. A topical symposium p. 526, 1951.
43. Bok B., Reilly E. E.—Small dark nebulae. Aph. J. 103, 1947.
44. Фесенков В. Г. и Рожковский Д. А.—Структура газовой пылевой туманности и их связь со звездами, АЖ 29, № 4, 381, 1952.
45. Bok B. J.—Dimensions and masses of dark nebulae—Harv. obs. mon. № 7, 53, 1948.
46. Spitzer L.—The dynamics of the interstellar medium II—Aph. J. 94, 232, 1941.
47. Whipple F. L.—Concentration of the interstellar medium—Aph. J. 104, 1, 1946.
48. Шайн Г. А. и Газе В. Ф.—Атлас диффузных газовых туманностей, 1952.
49. Gould N. E.—The dark lanes near  $\rho$  Ophiuchi, PASP, 63, № 374, 1951.
50. Müller R.—Dunkelnebel um  $\rho$  Ophiuchi Zf Aph. 3, 368, 1931.
51. Бархатова К. А.—Пространственное распределение рассеянных звездных скоплений, АЖ 26, 6, 336, 1949.
52. Полак И. Ф.—Введение в звездную астрономию, 1935.
53. Stebbins, J., Huffer C. M., Whitford A. E.—Selective absorption in space near the Sun.—Aph. J. 94, 215, 1941.
54. Паренаго П. П.—Новый метод определения положения галактического полюса, АЖ 13, 4, 1937.
55. Шайн Г. А. и Газе В. Ф.—О пространственной ориентации волокон и других структурных деталей в газовых туманностях. Изв. Крым. астрофиз. обс. 8, 3, 1952.
56. Воронцов-Вельяминов Б. А.—Спиральная структура Галактики, АЖ 30, 1, 37, 1953.
57. Романовский В. И.—Математическая статистика, 1938.
58. « » —Применение математической статистики в опытном деле, 1947.
59. Эдлертон В. П.—Кривые распределения численности и корреляция, 1924.
60. Greenstein J. L.—Theory of interstellar absorption. H. C. № 422, 1938.
61. " " " —A determination of selective absorption based on the spectrophotometry of reddened B stars. Aph. J. 87, 151, 1938.
62. Stebbins J., Huffer C. M., Whitford A. E.—Space reddening in the Galaxy. Aph. J. 90, 209, 1939.
63. Rudnick I.—On reddening in B—type stars. Aph. J. 83, 394, 1936.
64. Шаров А. С.—Обобщенные формулы поглощения света в межзвездном пространстве, АЖ 29, № 1, 83, 1952.
65. Velghe A.—Contribution theorique et l'étude des nebuleuses obscures.—Ann. astr. obs. Uppsala 3, № 7, 1952.
66. Pannekoek A.—Further remarks on the dark nebulae in Taurus. Proc. Kon. Ak. Wetensch. Amst. 23, № 5, 14, 1920.
67. Pahlen E. Ueber Sternabzählungen im Gebiete des Kohlensacks. AN 238, 269, 1930.
68. Miller F. D.—The analysis of general star-counts in obscured region. AJ. 46, 165, 1937.
69. Bok B. J.—The analysis of star counts HC № 37, 1931.
70. " " —The distribution of stars in space. 1937.
71. Malmquist, K. G.—A contribution to the absorption problem. Stoekh. obs. ann. 13, № 4, 1939.
72. " " " —On the determination of distance, absorbing power and radial extension of a dark nebula—Ann. astr. obs. Uppsala, 1, № 7, 1943.
73. " " " —Some problems concerning dark nebulae. Ann. astr. obs. Uppsala 1, № 8, 1944.
74. Lyttkens E.—Problems of dark nebulae, treated by the method of moments. Ann. astr. obs. Uppsala, № 9, 1951.



## ბნელი ნისლეულების სტატისტიკური შესწავლისათვის\*

ჯ. ხავთასი

(რეზუმე)

წინამდებარე ნაშრომი მიძღვნილია ბნელი ნისლეულების სტატისტიკური შესწავლისა და მათში ზოგიერთ კანონზომიერებათა გამოვლინებისადმი. შრომის საფუძველს წარმოადგენს ჩვენ მიერ შედგენილი ბნელი ნისლეულების წინასწარი კატალოგი.

მასალად გამოყენებულია როსისა და კალვერტის ირმის ნახტომის ფოტოგრაფიული ატლასი, რომელიც მთელი გალაქტიკური სარტყლის თითქმის სამ მეოთხედს ფარავს. კატალოგში მოცემულია ბნელი ნისლეულების შესახებ შემდეგი ცნობები: ეკვატორული და გალაქტიკური კოორდინატები, ხილული ზედაპირული ფართი, ორიენტაციის პოზიციური კუთხე და სტატისტიკური წონები.

შესწავლილია ბნელი ნისლეულების სტრუქტურული თავისებურებანი და მოხდენილია მათი დაჯგუფება ხილული ფორმების მიხედვით. განხილულია გლობულების, ბნელი ბოკოების, რგოლისებური ნისლეულებისა და სხვათა ზოგიერთი დამახასიათებელი თვისებანი. გამოყოფილია ირმის ნახტომის ზოგიერთი უბნები, რომლებშიაც ბნელი ნისლეულები ჰქმნიან სტრუქტურულად საინტერესო ჯგუფებს.

შესწავლილია ბნელი ნისლეულების ხილული განაწილება ცის თალზე. განსაზღვრულია ბნელი ნისლეულების სიმეტრიის სიბრტყის პოლუსის მდებარეობა. აგებულია ბნელი ნისლეულების განაწილების ფუნქციები ხილული და კუმულირებული ფართების მიხედვით, მასებისა და სტატისტიკური წონების მიხედვით. დადგენილია რომ ყველა ეს ფუნქციები კლებადი ფუნქციებია.

ავისტო, 1954 წ.

\* ნაშრომი წარმოადგენს ავტორის საკანდიდატო დისერტაციის საფუძველს.

## ИЗУЧЕНИЕ ГАЛАКТИЧЕСКИХ ОРБИТ И НЕКОТОРЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ В ДВИЖЕНИЯХ ЗВЕЗД\*

Р. М. ДЗИГВАШВИЛИ

Введение

Предмет и цели настоящей работы заключаются в изучении некоторых особенностей движения звезд разных галактических подсистем в той мере, в какой это возможно путем построения галактических орбит звезд на основе известных выражений галактического потенциала. Наряду с этой главной задачей, в работе предпринято предварительное исследование относительных орбит звезд, выброшенных из скоплений в результате диссипации последних.

Следовательно, работа относится, в общем, к проблеме галактических орбит звезд. Эта важная проблема относительно нова и ее постановка и первые попытки решения подготовлены ходом развития современной звездной астрономии.

Хорошо известно, что центр тяжести интересов и исследований в деле изучения закономерностей движения небесных объектов лежал до нынешнего столетия в области таких тел, движениями которых управляет сила притяжения Солнца. Классическими трудами астрономов и математиков XVIII и XIX столетий были предельно полно и точно разработаны методы определения орбит, главным образом, тел солнечной системы. Однако, проблема звездных орбит долго не возникала, а возникнув, она в первое время находила выражение лишь в задаче определения орбит двойных звезд, решаемой, в общем, в свете и методами уже решенной к тому времени проблемы двух тел.

Еще тогда, когда двойные и кратные звездные системы стали изучать в отношении движения и орбит составляющих звезд, очень мало было известно об общих характеристиках динамики и кинематики галактической звездной системы в целом.

Пионерские исследования В. Гершеля в Англии, В. Я. Струве в Пулковской обсерватории и других дали весьма многое в смысле подготовки почвы для развития современной звездной астрономии. Это нашло выражение и в том, что в самом конце прошлого, XIX столетия Зеелигер сумел составить интегральные уравнения звездной статистики и дать их решением закон пространственной плотности звезд. Хотя последний был искажен упрощенным исходным представлением о характере функции светимости и незнанием факта существования межзвездной материи и ее влияния на видимое распределение звезд, тем не менее, закон давал удовлетворительную по началу картину формы Галактики и особенностей распределения звезд в ней [1].

Уже в наш век было открыто вращение Галактики и был доказан факт межзвездного поглощения.

\* Статья представляет собой основу кандидатской диссертации автора.