

УДК 524.6; 524.5

Вклад академика Григория Абрамовича Шайна в развитие идей о звездообразовании из межзвездной материи

И.И. Проник, Л.М. Шарипова

Крымская Астрофизическая Обсерватория, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 2 июня 2003 г.

Аннотация. Статья написана к 110 летию со дня рождения первого директора Крымской астрофизической обсерватории академика Григория Абрамовича Шайна. Наблюдательные данные, свидетельствующие о генетической связи молодых звезд, диффузных и пылевых туманностей, обнаруженные в работах Шайна и Газе, дополнены по данным работ, выполненных по Плану Шайна по исследованию структуры Галактики. Все результаты, полученные Шайном и под его руководством, более чем на десять лет опередили скачок в понимании наблюдательных основ проблем звездообразования из межзвездной среды, который произошел в 1970е годы и был обусловлен открытием массивных холодных молекулярных облаков.

INTERSTELLAR MATTER AND STARFORMATION. (TO THE 110 YEARS OF ACADEMICIAN GRIGORY ABRAMOVICH SHAIN, *by I.I. Pronik and L.M. Sharipova*. Paper is related to the 110 years of the first director of Crimean Astrophysical Observatory academician Gregory Abramovich Shain. Observational data in favor of genetic connection of young stars, diffuse and dust nebulae were expanded using data of the papers, fulfilled in the framework of Galaxy structure Shain Plan. All results obtained by Shain and under his leadership leaved behind more than by 10 years the jump in the understanding of the observational evidences of starformation from interstellar medium which has taken place in the 1970th and was caused by discovering of massive cold molecular clouds.

Ключевые слова: межзвездная материя, звездообразование, структура Галактики

1 Введение

Первый директор Крымской астрофизической обсерватории академик Григорий Абрамович Шайн родился 19 апреля 1892 года. Он стал директором в 1945 году, когда Крымская обсерватория приобрела статус самостоятельного научного учреждения Академии Наук СССР в результате отделения от Пулковской обсерватории. Юбилейные даты Григория Абрамовича не раз отмечались локальными и международными совещаниями. Кроме того, к датам его рождения сотрудники лаборатории звезд и галактик КраО получают памятки по email от заведующего лабораторией Роальда Евгеньевича Гершберга. Некоторые выдержки из этих юбилейных сообщений очень кратки, информативны и представляют интерес для широкой аудитории:

“19 апреля исполняется со дня рождения основателя Крымской астрофизической обсерватории академика Григория Абрамовича Шайна. В сплошной лихорадке наших научных буден мы все реже обращаемся к удивительно глубоким и оригинальным исследованиям Григория Абрамовиса

Шайна. Все меньше остается счастливых, которые могут поделиться личными воспоминаниями об этом выдающемся человеке. Но каждую ясную ночь в крымском поселке Научном работает ЗТШ – действующий памятник Г.А. Шайну, несущий это светлое имя следующим поколениям исследователей Вселенной.”

В своих воспоминаниях Р.Е. Гершберг (2001) пишет: “В 1957 году в III томе Историко-астрономических исследований Соломон Борисович Пикельнер опубликовал развернутое жизнеописание Григория Абрамовича с полной библиографией научных работ.”

“В 1966 году в Научном состоялась конференция, посвященная памяти Г.А. Шайна в связи с 10-летием со дня его кончины. На конференции уже не было близких коллег Г.А. Шайна. Академик Г.С. Ландсберг, который на открытии Обсерватории читал стихотворное приветствие, заканчивающееся словами:

“И только Шайн nicht scheint,
Uber ist. Вот мой отчет.
Ваш друг спектроскопист”,

скончался через несколько месяцев после Г.А. В конференции приняли участие бывшие сотрудники и ученики Шайна из Москвы, Ленинграда, Киева, Горького, Алма-Аты, Риги, Абастумани, Бюракана, Львова, Харькова.”

“В конце 20 годов он вместе с Отто Струве открыл вращение звезд. Конечно, это открытие ожидалось 3 века после открытия вращения Солнца. Но одно дело ожидание из общих соображений и совсем другое – действующий алгоритм исследований и реальные списки измеренных скоростей, которые привели к обнаружению кардинального различия во вращении горячих и холодных звезд. Лишь во второй половине XX века стала ясна фундаментальная роль вращения звезд в их эволюции, роль звездного вращения как конечного резервуара энергии всего разнообразия активности звезд средних и малых масс, как источника магнетизма звезд с конвективными оболочками.

Во время солнечного затмения 1936 года в Омске Г.А. Шайн обнаружил в спектре нижней короны линии H и K CaII и высказал предположение, что тому причиной рассеяние на очень быстрых электронах в горячей короне. Это было одно из первых указаний на высокотемпературную корону, когда до отождествления корональных линий оставалось 6 лет.

Г.А. Шайн открыл аномальное отношение изотопов ^{12}C и ^{13}C в атмосферах холодных углеродных звезд – это было одним из первых экспериментальных свидетельств химической эволюции вещества во Вселенной.

Г.А. Шайн первым рассмотрел динамику отдельных структур межзвездной среды, взаимодействие светлых и темных туманностей с магнитными полями Галактики и открыл регулярный характер магнитного поля в спиральных рукавах.

За каждое из перечисленных открытий Г.А. Шайн заслуживает быть причисленным к самым выдающимся астрофизикам своего времени.”

В 1999 году Российская Академия Наук праздновала свой 275 летний юбилей. В связи с этим событием академиками Боярчуком и Келдышем (1999) в Вестнике Российской Академии Наук была опубликована статья о достижениях физики и астрономии. Был отмечен и вклад Шайна в достижения российской астрономии. Было упомянуто о работах Шайна и Струве по первому определению вращения звезд и о том, что Г.А. Шайн обнаружил огромный избыток изотопа углерода ^{13}C в атмосферах углеродных звезд по сравнению с Солнцем. Отмечалось также, что Шайн в послевоенные годы открыл большое число диффузных туманностей.

В 90 томе Известий Крымской астрофизической обсерватории приведены материалы международной Мемориальной конференции, посвященной столетию со дня рождения академика Г.А. Шайна. На конференции была сделана серия докладов по основным направлениям астрономии, в которых он работал: вращению звезд (И.М. Копылов), изучению малых планет в Крыму (Н.С. Черных), от площадок Шайна и Плана Паренаго до современных комплексных программ исследования Галактики (И.Г. Колесник), магнитному полю Галактики (Н.Г. Бочкарев), исследованию долгопериодических переменных (В.Г. Горбачкий), углеродным звездам (А.К. Алкснис), диффузным туманностям в нашей и других галактиках (В.И. Проник), о современных проблемах планетных колец (Н.Н. Горькавый, Т.А. Тайдакова), о двойственности астероидов (В.В. Прокофьева). О зеркальном

телескопе имени академика Шайна и работах, которые на нем ведутся, рассказал Р.Е. Гершберг. Во всех докладах было уделено много внимания развитию науки после кончины Шайна по проблемам, которыми он занимался.

* * *

К 110 летию со дня рождения Г.А. Шайна нами было проведено специальное исследование по работам, выполненным по Плану Шайна по структуре Галактики. По этой теме уже делались доклады на конференции, посвященной 100 летию со дня рождения Г.А. Шайна, И.Г. Колесником (1995) и на конференции, посвященной 50 летию Крымской астрофизической обсерватории И.И. Проник (1998).

Однако существует мнение, что и на конференциях и в литературе акцент в изложении результатов, полученных по Плану Шайна, делался односторонне и не совсем правильно. Частично это произошло потому, что о Плане Шайна самим Шайном не было развернутых сообщений в печати и поэтому нет четкого представления об этом Плане. О нем было вкратце упомянуто только в отчете МАС в 1955 году (Шайн, 1955а), хотя первые две работы по этому Плану вышли из печати уже в 1953 г. (Бродская, 1953; Копылов, 1953). Г.А. Шайн – президент подкомиссии “Каталоги диффузных эмиссионных туманностей” в отчете МАС за 1952 – 1955 гг. сообщал, что обнаружена 301 новая газовая туманность. Было кратко отмечено, что частично для целей исследования этих туманностей и поиска возбуждающих их звезд в Симеизе поставлена задача по наблюдению спектров звезд до $12^m 2$ на 400 мм телескопе с объективной призмой с углом $6^\circ 9'$, а также звездных величин и избытков цвета звезд, расположенных главным образом в области эмиссионных туманностей.

Более подробно о некоторых деталях Плана Шайна можно было узнать из статьи Шайна и Газе (1951), в которой освещался план широкого фронта работ по фотографированию и исследованию эмиссионных газовых туманностей, начатый в 1949 году в Симеизе, а также из рассказов первой исполнительницы этого Плана Эммы Семеновны Бродской. Программа выходила за рамки непосредственно проблем газовых туманностей. В частности отмечалось, что План содержал не только элементы по исследованию структуры и эволюции Галактики в целом, но также затрагивал и вопросы звездообразования:

“Очень возможно, что роль межзвездной материи окажется очень значительной и в только еще намечающейся гипотезе о так называемых протозвездах ” (Шайн, Газе, 1951).

В результате исследований по Плану Шайна должны были быть выявлены не только более слабые, чем располагали по литературным данным Шайн и Газе, звезды ранних спектральных классов, способные возбуждать диффузные туманности. Важной была задача по выявлению связи межзвездного поглощения и ранних звезд для подтверждения роли межзвездной пыли в гипотезе о звездообразовании. Две первые работы, выполненные по плану Шайна, которые опубликованы Бродской (1953) и Копыловым (1953), были посвящены изучению распределения именно звезд O – В5 и пылевых облаков в картинной плоскости неба. В этих работах сообщалось, что предполагается определение также и пространственного распределения звезд В и поглощающей материи в исследуемых областях.

В своих воспоминаниях о первых годах работы по Плану Шайна Эмма Семеновна Бродская не раз подчеркивала особое внимание Григория Абрамовича к случаям высокого межзвездного поглощения в областях скоплений молодых звезд. Об этом было упомянуто также в докладе Бродской (1956а) на международном совещании, посвященном открытию Крымской обсерватории в сентябре 1955 г. Она рассказала о работах по четырем площадкам Млечного Пути, которые тогда велись. В этом докладе она обратила внимание на повышенное поглощение в области ассоциации горячих звезд III Сер, а также на то, что закон межзвездного поглощения в этой области отличается от того, который получается для соседней области. После доклада Александр Игнатьевич Лебединский сделал ей замечание, что она мало уделила внимания вопросу интерпретации аномального поглощения в области ассоциации молодых звезд по сравнению с поглощением в окружающей ассоциацию области Галактики. Тогда наблюдательных фактов по отличию поглощения в областях скоплений молодых звезд от среднего поглощения в звездных полях практически не было, а интерпретации этого факта – тем более.

* * *

В работе по Плану Шайна были заняты 12 человек, из них 7 были сотрудники КраО: Э.С. Бродская, Р.Н. Ихсанов, И.М. Копылов, Л.П. Метик, И.И. Проник, П.Ф. Шайн и Г.Н. Шарапова, и 5 сотрудников разных институтов Советского Союза: А.К. Алкснис из Латвии, Н.Б. Григорьева из ГАИШа (Москва), А.Б. Нумерова из Ленинграда, Р.М. Разник из Ульяновска и В.Л. Страйжис из Литвы.

Работы были закончены для 13 площадок, сведения о которых приведены в колонках Таблицы 1: 1 – номер площадки; 2, 3 – экваториальные координаты на эпоху 1950 г; 4, 5 – галактические координаты в старой системе координат; 6 – размер площадки, 7 – число измеренных звезд, 8 – число ранних звезд и интервал их спектральных подклассов; 9 – ссылки на выполненные работы.

Таблица 1. Характеристики площадок Млечного Пути, исследованных по Плану Шайна

No	α	δ			разм.	N	n	ссылки
	1950	1950	l'	b'				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$0^h 00^m$	$+66^\circ 5'$	86°	$+5^\circ$	15кв.град	605	44	Разник(1963,1964,1965,1967) O–B5
2	0 30	$+62^\circ$	89	0	45	2816	500	Бродская и Григорьева(1964); O–B5 Григорьева(1964,1965,1967)
3	1 30	$+61^\circ 00'$	95	+0.5	85	3206	731	Копылов(1953); O–B5 Бродская(1960,1961 а,б)
4	2 30	$+58^\circ 00'$	104	-1.0	48	3340	835	Бродская и Шайн(1958); O–B5 Бродская(1961а,б)
5	5 32	$+22^\circ 00'$	153	-3.6	4	86	6	Бродская(1963) O–B5
6	5 32	$-5^\circ 5'$	177	$-17^\circ 6'$	56	1572	57	Копылов,Страйжис(1963); O–B6 Страйжис(1963)
7	18 10	$-15^\circ 00'$	343	-0.6	68	3914	276	Проник(1958, 1959, 1960б,в; O–B3 1961а, 1962,1963)
8	18 54	$+5^\circ 00'$	6.1	-0.7	36	1492	79	Проник(1960а,1961б,в); O–B3 Григорьева и др.(1971), Проник и Шарапова(1971)
9	20 05	$+36^\circ$	41.0	+1.1	36	5000	120	Нумерова(1958,1961) V0–B5
10	20 16	$+42^\circ 30'$	47.6	+3.0	30	952	952	Исханов(1959а,б;1960а,б,в) O–A
11	20 44	$+45^\circ 00'$	53	+0.6	42	3404	60	Метик(1960,1961,1962,1963) O–B2
12	21 24	$+58^\circ 5'$	67	+5.6	25	2060	67	Алкснис(1958а,б,в,1961) O–B5
13	23 25	$+61^\circ 30'$	81	+0.8	64	5752	400	Бродская(1953,1955,1956б) O–B5

О распределении исследованных площадок вдоль Млечного Пути можно судить по рис. 1, где их положение отмечено жирными горизонтальными линиями и соответствующими таблице 1 номерами в нижней части рисунка.

На рис. 2 приведена схема спиральных рукавов в окрестностях Солнца, полученная Газе (1954) по ранним звездам, возбуждающим эмиссионные туманности.

Рисунки 1 и 2 позволяют представить, исследованию каких конкретно спиральных ветвей посвящена каждая площадка.

Были получены данные о спектрах, звездных величинах и показателях цвета 35 000 звезд и

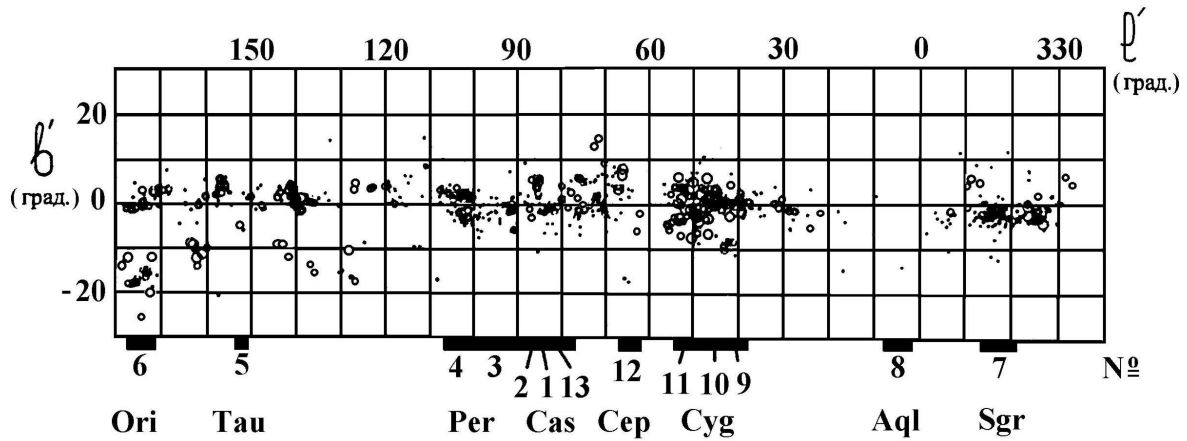


Рис. 1. Распределение звезд W-R, O, B0, B1 (точки) и туманностей (кружки) в Млечном Пути согласно работе Шайна и Газе (1953) (в старых галактических координатах). Жирные горизонтальные линии и номера в нижней части рисунка показывают места расположения площадок согласно Таблице 1

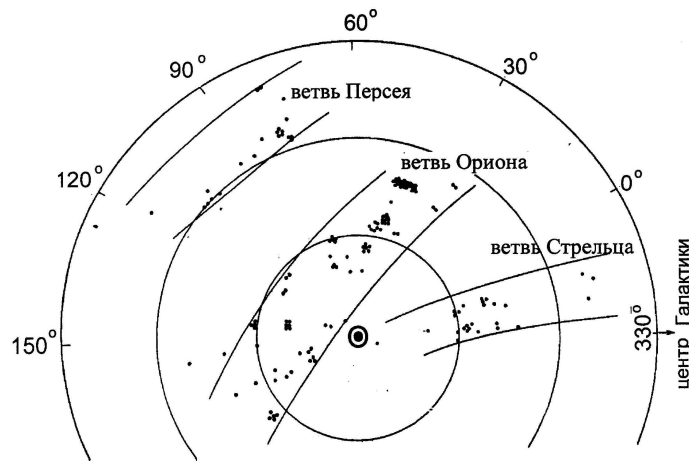


Рис. 2. Схема спиральных ветвей Галактики (рис. 1 по Газе, 1954). Солнце находится в точке ☉. Окружности проведены для расстояний в 1000, 2000 и 3000 парсеков. Направление на галактический центр указано стрелкой

обнаружено более 4000 ранее неизвестных O – B5 звезд.

Сопоставление наблюдаемых показателей цвета с нормальными показателями цвета, которые известны для каждого спектрального подкласса, позволило определить величину поглощения для каждой звезды, а затем и распределение поглощающей материи вдоль луча зрения в разных участках Галактики. В процессе работы исследования были стихийно направлены на изучение структуры Галактики в более широком плане, чем это предполагалось в начале 1950-х годов. Был уточнен состав звездных скоплений и ассоциаций и их размеры, а также распределение звезд различных

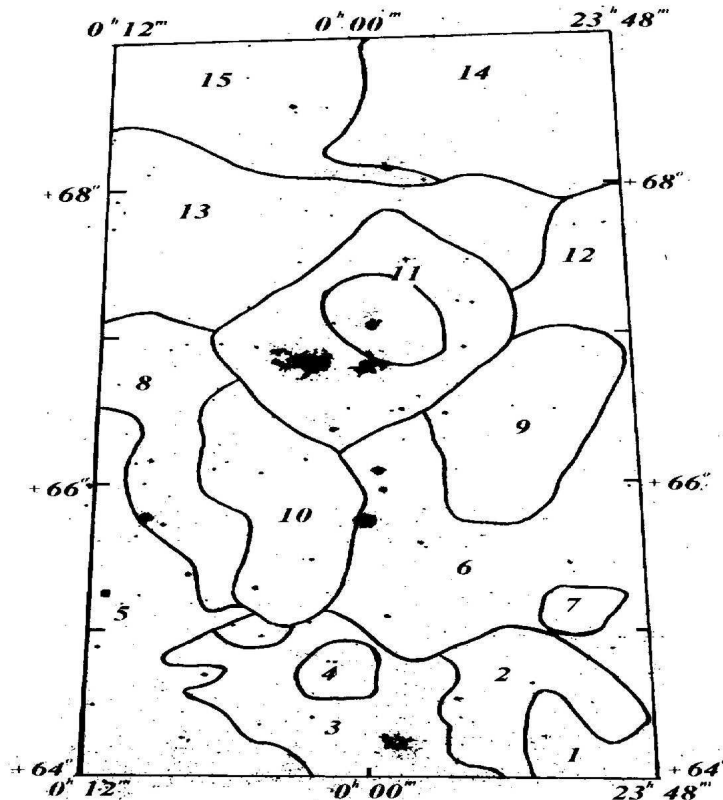


Рис. 3. Карта области 1. Выделены участки одинакового межзвездного поглощения по данным рис. 3 статьи Разник (1964). Внутри участка № 11 выделено ядро O – В ассоциации

спектральных классов в спиральных ветвях Ориона, Персея и Стрельца до расстояний примерно 5000 пк от Солнца. Таким образом, в процессе работы исследования были стихийно направлены на изучение структуры Галактики в более широком плане, чем это предполагалось в начале 1950-х годов.

Исследования поглощающей среды были проведены тщательно в каждой из площадок. Всего в 13 площадках было выделено 120 областей, отличающихся изменением величины межзвездного поглощения с расстоянием. Размеры областей одинакового поглощения были от 0.5° до нескольких градусов. В каждой из спиральных ветвей были обнаружены очень плотные облака пыли размером 10 – 40 пс, поглощающие $20^m - 30^m$ на 1 кпс (внутри отдельных глобул поглощение в визуальной области $A_v \sim 1^{m0} - 1^{m5}$).

Ниже мы остановимся подробнее на результатах, полученных в процессе выполнения Плана Шайна по связи скоплений молодых ранних звезд с пылевыми облаками. Карты исследованных площадок получены нами по Паломарскому атласу. Границы исследованных областей проведены соответственно границам, указанным авторами оригинальных работ.

2 Связь молодых звезд с пылевыми облаками

Область 1, $\alpha = 0^h 00^m$, $\delta = +66^\circ 5'$; $l' = 86^\circ$, $b' = +5^\circ$ – направление на спиральный рукав в Персее. Карта области размером 15 кв.град. вокруг ядра ассоциации O – В звезд приведена на рис. 3. Исследования проводились Разник (1963, 1964) по данным ее каталога 605 звезд до $12^m 5$, из них

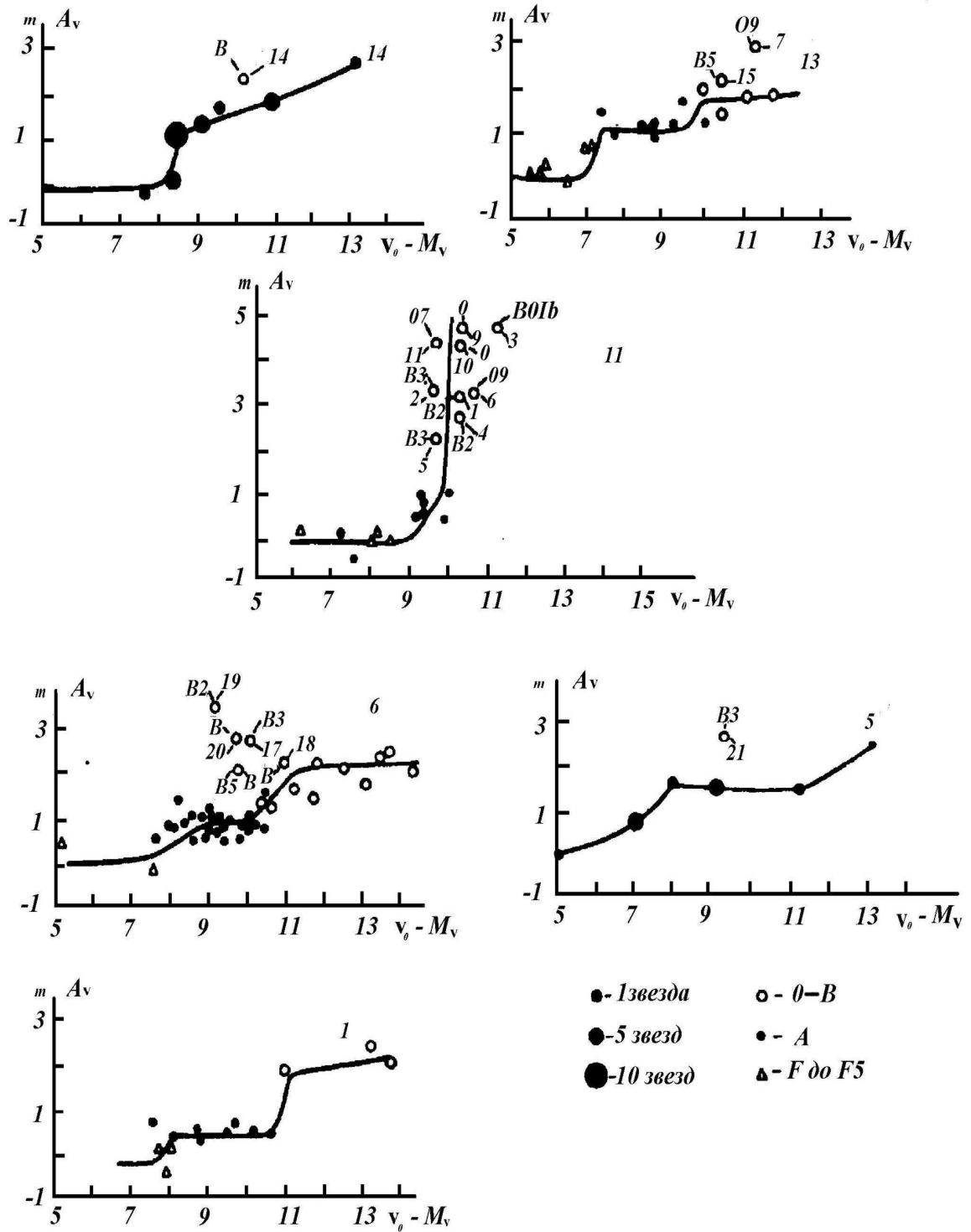


Рис. 4. Зависимость поглощения A_v от модуля расстояния для шести участков, отличающихся высоким поглощением, площадки No 1, показанных на Рис. 3. Данные приведены по рис. 4 из статьи Разник (1964)

44 были звезды O – B5. В ассоциации получены наблюдения 22 звезд O7 – B5. Ядро O-ассоциации окружено восемью эмиссионными туманностями S 274, S 275, S 276, S 277, S 278, S 109, S 110 и NGC 7822 и плотным пылевым облаком сложной структуры. Расстояние до наибольшей концентрации горячих звезд в ядре ассоциации равно ~ 1000 пс.

По распределению поглощения с расстоянием область разделена на 15 участков (см. рис. 3). Ход поглощения с расстоянием для шести участков, отличающихся высоким поглощением, приведен на рис. 4. В области ядра ассоциации (участок No 11) до расстояния 700 пк поглощение практически отсутствует. Далее на протяжении 300 пк оно возрастает до 1^m . Внезапное нарастание поглощения почти на 5^m происходит при значении модуля m-M = 10^m (1000 пк), что соответствует расстоянию до ассоциации. Облако пыли, окружающее ассоциацию, примерно в 4 раза плотнее облаков, не связанных с горячими звездами.

Члены ассоциации с повышенным поглощением наблюдались также и на периферии ассоциации в участках 6, 10 и 13. Примеры приведены в Таблице 2. Из Таблицы следует, что в одном и том же участке более ранним звездам соответствует более сильное поглощение.

Таблица 2. Примеры избыточного поглощения звезд ранних спектральных классов на периферии ассоциации в площадке No 1

участок	Но звезды по Разник, 1963	Sp	A_v
6	18	B2	$3^m 4$
6	8	B5	1.95
13	7	O9	2.88
13	15	B5	2.04

Область 2. $\alpha = 0^h 30^m$, $\delta = +62^\circ$; $l' = 89^\circ$, $b' = 0^\circ$ – направление на рукав Персея. Карта области приведена на рис. 5. Исследование в площадке размером 45 кв.град. проведено по 2816 звездам: 500 звезд O – B5, около 300 звезд B0 – B3, из них 35 сверхгигантов (Бродская, Григорьева, 1964; Григорьева, 1964, 1965, 1967).

Было получено распределение плотности звезд B0 – B2 с расстоянием до 5.5 кпс по выборке 212 звезд. Подавляющее большинство этих звезд расположено на интервале расстояний 1.5 – 3 кпс. А на область 2 – 2.5 кпс от Солнца приходится максимум плотности этих звезд. Персеев рукав здесь проходит на расстоянии 2 – 2.5 кпс и имеет ширину 1.5 кпс.

Для изучения распределения поглощающей материи использовались звезды спектральных классов B0 – F2. В площадке было выделено 3 участка, отличающихся распределением величины поглощения с расстоянием (см. рис. 5). Участок I занимает всего 10% площади всей изученной области. Здесь поглощение равномерно медленно растет с расстоянием (см. рис. 6).

В участке II звезды более ранних спектральных классов выделяются несколько большим поглощением по сравнению с более поздними звездами. До расстояния 0.5 кпс ход поглощения для участков II и III одинаков. Для больших расстояний в участке II поглощение меньше, чем в участке III. На участке II заметен существенный рост поглощения до 2^m на расстоянии 2.5 кпс. Затем до 3.5 кпс поглощение постоянно. Для участка III характерно резкое увеличение поглощения от $1^m 7$ до $3^m 0$ на интервале расстояний 1.5 – 2.5 кпс. Предполагается, что крутой рост поглощения в участках II и III на расстоянии около 2.5 кпс свидетельствует о совпадении областей наибольшей концентрации звезд O – B0 и сверхгигантов с областями повышенной плотности темной материи.

Область 3. $\alpha = 1^h 30^m$, $\delta = +61^\circ$; $l' = 95^\circ$, $b' = 0^\circ 5$ – направление на рукав в Персее. Карта области приведена на рис. 7. Рукав Персея здесь проходит примерно на расстоянии 2.0 – 2.5 кпс от Солнца. В площадке размером 85 кв. град. Копыловым (1953) было проведено исследование по 731 звезде O – B5. Несколько позже Бродская (1960, 1961аб) привела результаты исследования меньшей области (45 кв. град.) с тем же центром по 3206 звездам всех спектральных классов.

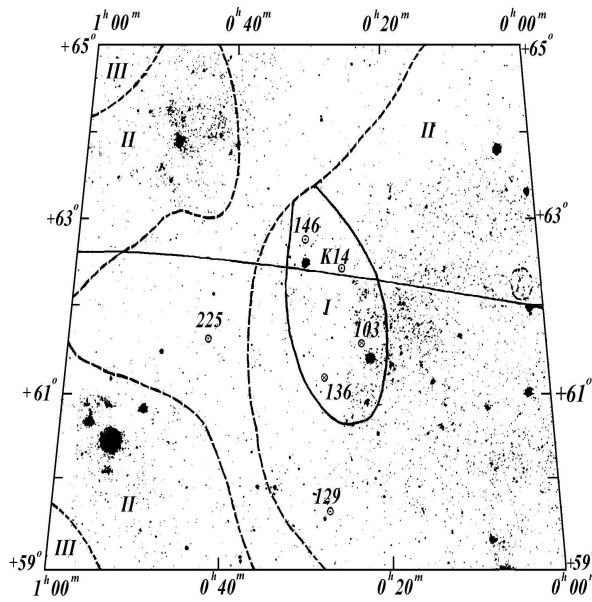


Рис. 5. Карта области No 2. Области одинакового поглощения выделены по рис. 1 работы Григорьевой (1965). Кольцо в правой части области ($\delta \approx 62^\circ$) – дефект Паломарской карты. Горизонтальная линия в центре области показывает положение галактического экватора

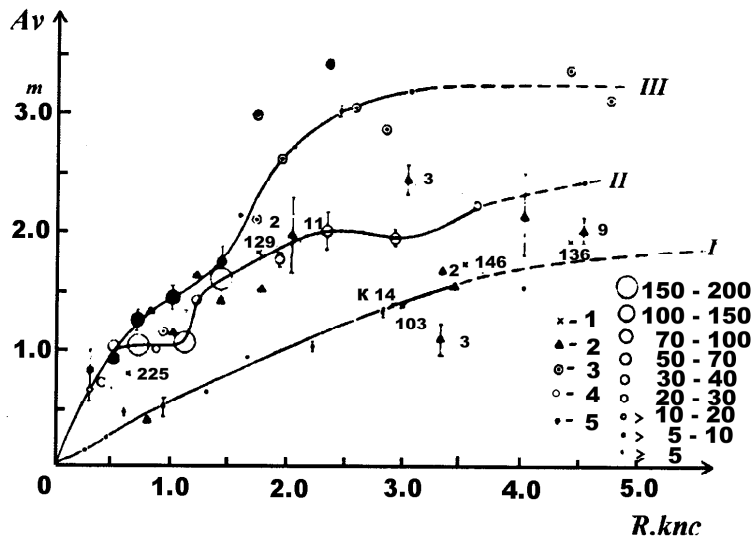


Рис. 6. Зависимость величины поглощения A_v от расстояния для участков области No 2, показанных на рис.5 (по рис. 2 статьи Григорьевой, 1965). 1 – галактические скопления; 2 – гиганты I и II областей; 3 – гиганты III области; 4 – звезды области II; 5 – звезды области III

Звезды O – V0 образуют 3 группировки, внутри каждой из них находится O-скопление: два вблизи галактического экватора – NGC 366 на западе, а Tr 1 на востоке, и NGC 637 на востоке в 2° над галактическим экватором. NGC 366 практически совпадает с O-ассоциацией Cas I.

Выделены две области с разным поглощением (см. рис. 7). Ход поглощения с расстоянием приведен на рис. 8. Вблизи галактического экватора обнаружено 6 сильно поглощенных звезд O с показателями цвета $1^m5 < B - V < 2^m5$. Сделано предположение, что эти звезды окружены плот-

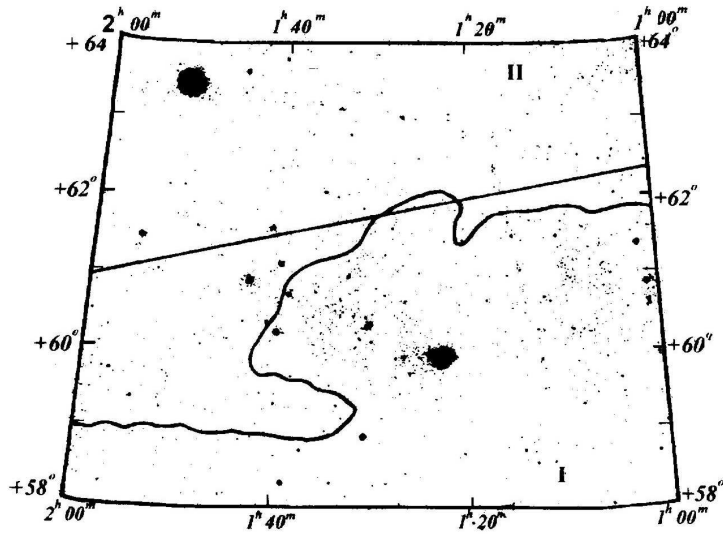


Рис. 7. Карта области No 3. Границы участков одинакового поглощения и положение галактического экватора (прямая линия) приведены по рис. 3 статьи Бродской (1961a)

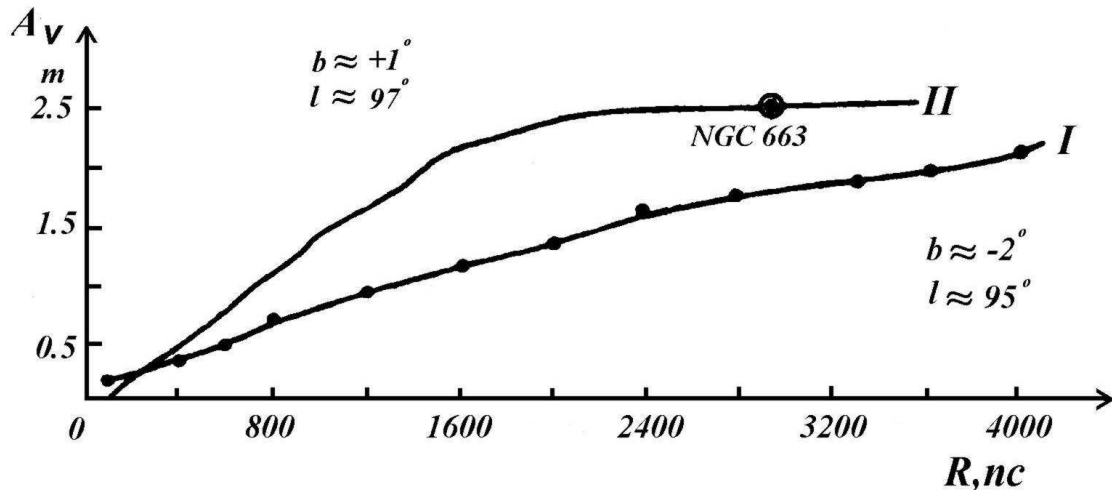


Рис. 8. Изменение поглощения с расстоянием для двух участков области N 3, отмеченных на рис. 7 (рис. 4 из статьи Бродской, 1961a)

ными небольших размеров облаками, либо это яркие сверхгиганты очень удаленной ассоциации молодых звезд.

Если принять нормальные показатели цвета для O звезд $(B - V) = -0^m32$ — то величина межзвездного поглощения для выделенных Бродской O звезд будет в пределах $3^m7 - 6^m3$. При абсолютной величине $M_v = -7^m$ эти звезды расположены в интервале расстояний 1 — 4 кпс. Из рисунка 8 следует, что среднее поглощение для других звезд на этих же расстояниях не превышает 2^m5 . Поэтому мы предполагаем, что Бродская обнаружила O-сверхгиганты в ассоциации Персея рукава, окруженные облаками пыли. Размер области, занимаемой этими сверхгигантами, порядка 6° , что на расстоянии 2000 пс, соответствует примерно 200 пс. По Амбарцумяну это размер обычной

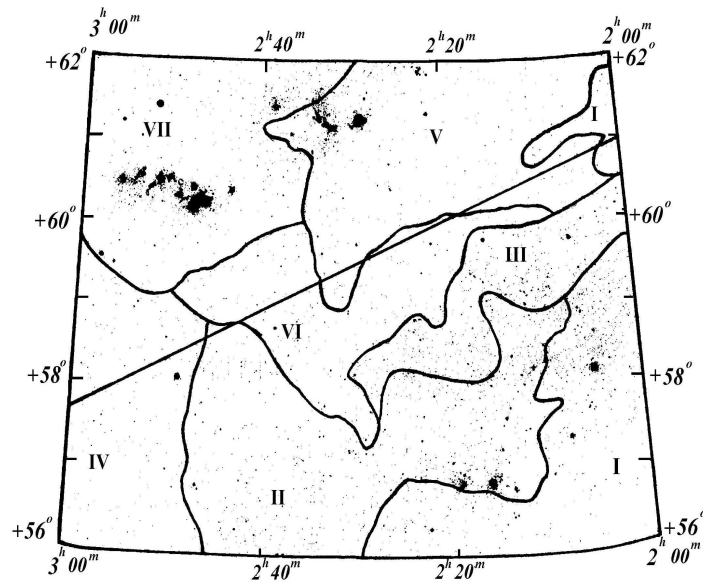


Рис. 9. Карта области No 4. Кривыми линиями показаны границы участков с одинаковым ходом поглощения согласно рис. 1 статьи Бродской (1961a)

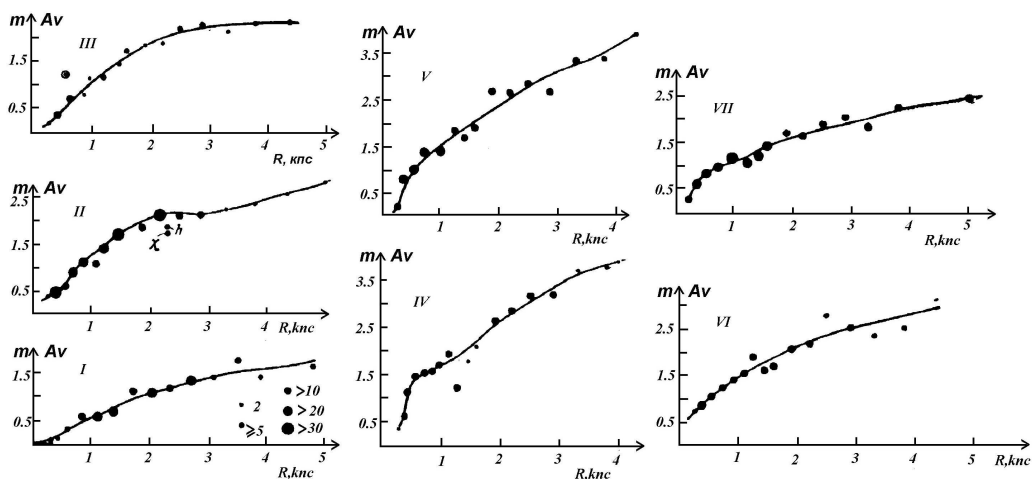


Рис. 10. Ход величины межзвездного поглощения A_v с расстоянием для семи участков области N4, отмеченных на рис. 9. Поглощение приводится согласно рис. 2 статьи Бродской (1961a)

ассоциации ранних звезд.

Область 4. $\alpha = 2^h 30^m$, $\delta = +58^\circ$; $l' = 104^\circ$, $b' = -1^\circ 0$ – направление на рукав Персея. Карта области приведена на рис. 9. Э.С. Бродская и П.Ф. Шайн (1958) в площадке 48 кв. гр. провели исследование по 3340 звездам, из них 835 звезд O – B5 (Бродская, 1961aб). В этой области в центре O-ассоциации находится известное двойное скопление ранних звезд χ и h Персея ($\alpha \approx 2^h 17^m$, $\delta \approx +56^\circ 54'$).

Поглощающая материя исследована по звездам O – F5. Было выделено 7 участков с одинаковым распределением поглощения (см. рис. 9). Ход поглощения с расстоянием показан на рис. 10. Как видно из рис. 9, скопление звезд χ и h Персея находится на границе участков I и II. Бродская отнесла

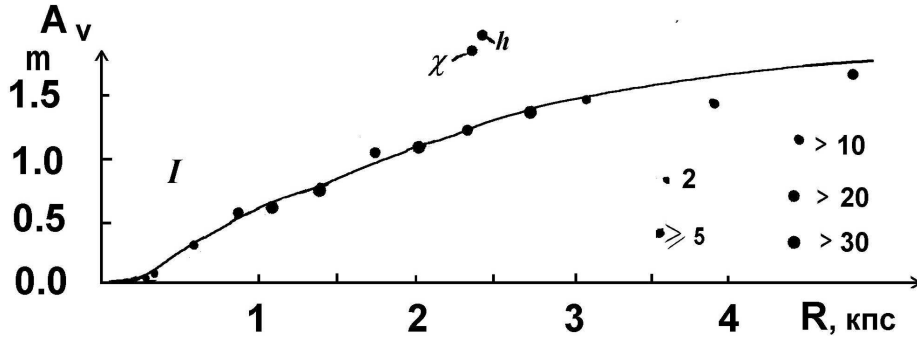


Рис. 11. Сравнение среднего поглощения для скопления χ и h Персея с поглощением звезд участка No I карты, приведенной на рис. 9. Ход поглощения с расстоянием по рис. 10

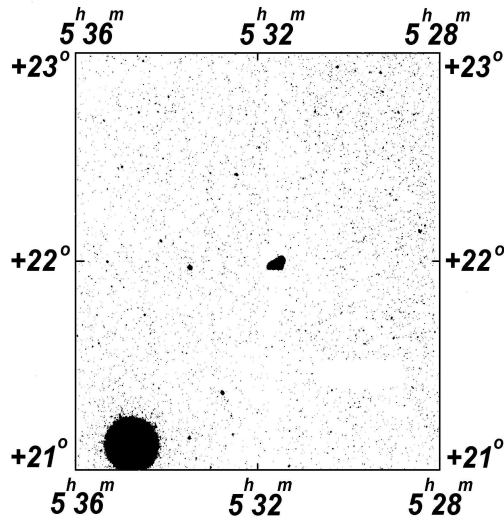


Рис. 12. Карта области No 5 (см. рис. 1 из статьи Бродской, 1963)

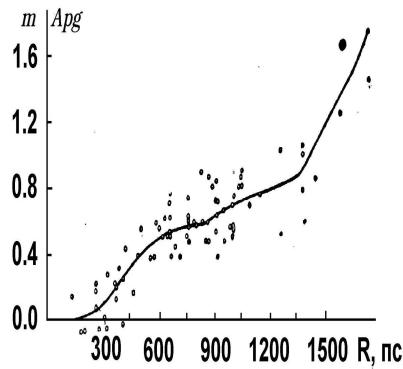


Рис. 13. Ход поглощения с расстоянием в направлении Крабовидной туманности согласно рис. 2 статьи Бродской (1963). Большим кружком отмечена звезда BD + 21° 899 из каталога Хильтнера (1956)

его к участку II, где наблюдается более высокое поглощение, чем в участке I. По кривой нарастающего поглощения участка II на рис. 10 был сделан вывод о том, что в области двойного скопления нет концентрации пыли. Этот вывод был в согласии с тем, что по наблюдениям в радиодиапазоне там не было обнаружено и заметной концентрации нейтрального водорода. Но исследования других авторов показали, что этот вывод не является бесспорным.

Из обзора Артюхиной и Холопова (1959) по межзвездному поглощению в области χ и h Персея следует, что на севере двойного скопления располагается область повышенного поглощения. С севера от плотного пылевого облака тянется канал высокого поглощения на юг и проходит между скоплениями. Полное поглощение ΔA_{pg} возрастает от 1^m8 до 3^m2 с юго-запада на северо-восток. Этот факт позволяет предположить, что если не во всей области двойного скопления, то в его части есть избыточное поглощение $\Delta A_{pg} = 1^m4$ или $\Delta A_v \sim 1^m0$. Этот вывод не противоречит и наблюдениям Бродской, если двойное скопление отнести к участку I. Сравнение среднего поглощения для двойного скопления с поглощением соседних звезд участка I на рис. 11 позволяет сделать вывод, что избыток поглощения ΔA_v в среднем по всему двойному скоплению будет не меньше 0^m5 .

Разник (1965) исследовала аномально высокие избытки цвета звезд спектральных классов O5 – O9 двойного скопления. По ее данным ΔA_v для звезд O5 составляет $\sim 2^m$ по сравнению с остальными звездами скопления.

Область 5. $\alpha = 5^h32^m$, $\delta = +22^\circ00'$; $l' = 153^\circ$, $b' = -3^\circ6$. Карта площадки размером 4 кв.град. с центром около Крабовидной туманности представлена на рис. 12. Изучено 86 звезд, из них 6 звезд O – B5 (Бродская, 1963). На рис. 13 приведен ход поглощения с расстоянием. 4 из 6 звезд O – B5 расположены дальше 1400 пс. На этом расстоянии в интервале 340 пс прослеживается густое облако пыли. Эти результаты были использованы для уточнения распределения энергии в спектре Крабовидной туманности.

Обл. 6. $\alpha = 5^h32^m$, $\delta = -5^\circ05'$; $l' = 177^\circ$, $b' = -17^\circ6$. В центре – Большая туманность Ориона – NGC 1976. Карта области размером 56 кв. град., где Копылов и Страйжис (1963) исследовали 1572 звезды, среди которых 57 звезд O – B6, приведена на рис. 14.

Большая туманность Ориона (NGC 1976) вместе с туманностью NGC 1977 и группой туманностей к югу от звезды ζ Ориона – самые яркие в созвездии Ориона. По характеру звездного поля площадка разбита на 7 участков. Участок, включающий туманность Ориона, содержит 35 из общего числа 57 звезд O – B6 исследованной области.

Для определения межзвездного поглощения использованы звезды O – F0 до 12^m (Страйжис, 1963). По характеру межзвездного поглощения область разделена на 6 участков (см. рис. 14). Участки 2 и 3 включают центральную часть туманности Ориона. Ход поглощения с расстоянием показан на рис. 15.

В участках 1 – 3 величина поглощения заметно растет при модуле 8^m0 (400 пс), т.е. на расстоянии ближней границы туманности Ориона. Наибольшее поглощение наблюдается в участке 2, где на расстоянии 1 кпс оно достигает почти 3^m0 , изменение поглощения с расстоянием 5^m0 /кпс. В остальных участках поглощение 1^m0 /кпс или меньше. Темные и светлые туманности связаны с ассоциацией молодых звезд и являются частью большого газово-звездного комплекса. Таким образом, Копылов и Страйжис показали, что поглощение в области туманности Ориона по крайней мере в 5 раз больше, чем в соседних участках неба.

Область 7. $\alpha = 18^h10^m$, $\delta = -15^\circ00'$; $l' = 343^\circ$, $b' = -0^\circ6$ – Область расположена в направлении на внутренний спиральный рукав Стрельца (см. рис. 1 и 2). В площадке размером 36 кв.град. изучено 3914 звезд, из них 276 звезд O – B3 (И.И. Проник, 1958, 1959, 1960б). Звезды O в рукаве Стрельца расположены дальше 1000 пс от Солнца.

Карта области дана на рис. 16. По распределению поглощения область была разделена на 43 участка (И.И. Проник, 1960б). Было показано, что рукав в Стрельце мы видим сквозь комплекс густых пылевых облаков, связанных с самой темной туманностью на небе в созвездии Змееносца, окаймляющей рукав Ориона с внутренней, ближней к центру Галактики, стороны. На расстоянии нескольких сот парсек от Солнца поглощение A_{pg} иногда достигает 5^m .

Наибольший интерес представляют участки 14, 17 и 21, в которых вокруг больших скоплений молодых звезд расположены эмиссионные туманности NGC 6604, NGC 6611, NGC 6618. Ход погло-

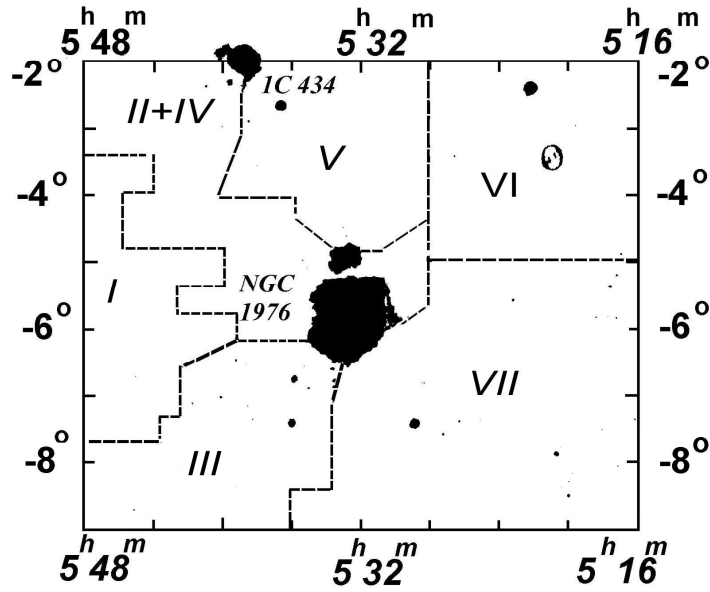


Рис. 14. Карта области No 6. Границы участков с одинаковым поглощением показаны по работе Страйжиса (1963). Кольцо в 6 участке – дефект Паломарской карты

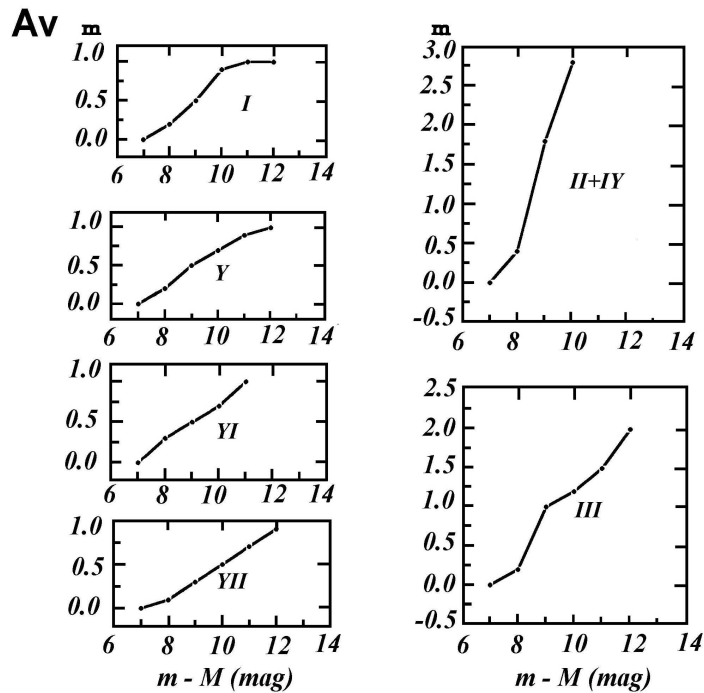


Рис. 15. Зависимость полного межзвездного поглощения от расстояния в области вокруг Большой туманности Ориона по работе Страйжиса (1963)

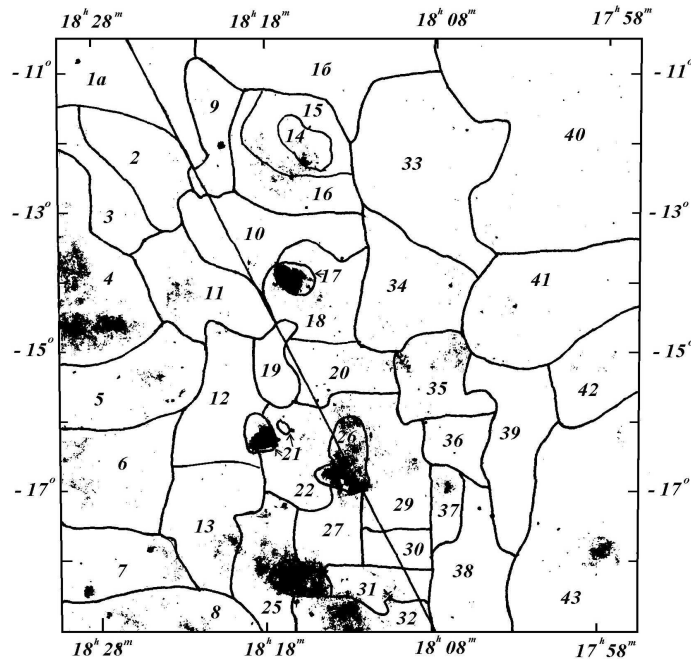


Рис. 16. Карта области No 7. Кривыми линиями ограничены участки одинакового межзвездного поглощения. Прямая линия показывает положение галактического экватора (см. рис. 1 из работы Проник, 19606)

щения с расстоянием для этих участков приведен на рис. 17.

N 14 – NGC 6604. Расстояние до скопления, определенное по 13 звездам O5 – B0, равно 1800 пс (модуль расстояния $m-M = 11^m3$). С точностью до ошибок наблюдений это расстояние соответствует области большого поглощения.

N 17 – NGC 6611 – скопление известно, как ядро T-ассоциации. Расстояние равное 1700 пс ($m-M = 11^m1$), определено по 10 наиболее компактно расположенным O5 – B2 звездам. Из рисунка 17 видно, что на этом расстоянии начинается крутой подъем поглощения.

N 21 – NGC 6618, расстояние определено по 5 звездам O5 – B2 – 1900 пс ($m-M = 11^m4$). На этом расстоянии наблюдается крутой рост поглощения до $A_{pg} = 4^m0$.

Туманности NGC 6611 и NGC 6618 были выделены Шайном (1954) в группу “Стрелец II”. Эти туманности вместе с туманностями NGC 6604, IC 4701, W 35 и слабыми туманностями S 192, S 193, S 194, S 195, W 33, W 34, W 46, U 37, группировками молодых звезд и темных туманностей действительно составляют крупномасштабную деталь ветви Стрельца на расстоянии 1800 пс от Солнца (Проник, 19606). Размер группировки перпендикулярно лучу зрения равен $\sim 5^\circ \sim 160$ пс (Проник, 19606).

Область 8. $\alpha = 18^h54^m$, $\delta = +5^\circ 00'$ $l' = 6^\circ 1$, $b' = -0^\circ 7$ – направление на рукав Стрельца. В области размером 36 кв. град. И. Проник (1961бв) измерила 1492 звезды, из них 79 звезд O – B2. Карта приведена на рис. 18. В более прозрачных местах области звезды O – B2 прослеживаются до расстояния 6000 пс, но ближе 2000 пс они не наблюдаются.

По распределению поглощения область разделена на 7 участков (см. рис. 18). Как видно из рис. 19 область характеризуется необычайно сильным поглощением (Григорьева и др., 1971). Все звезды ослаблены больше, чем на 3^m . Флуктуации в величине поглощения колеблются от 3^m до 6^m5 . Основная часть поглощающей материи сосредоточена до расстояния 2000 пс.

Около экватора в полосе $\pm 1^\circ$ звезды O – B2 практически не наблюдаются. В этой области очень большое поглощение в ближних к Солнцу облаках. Связь O – B звезд и величины поглощения не установлена.

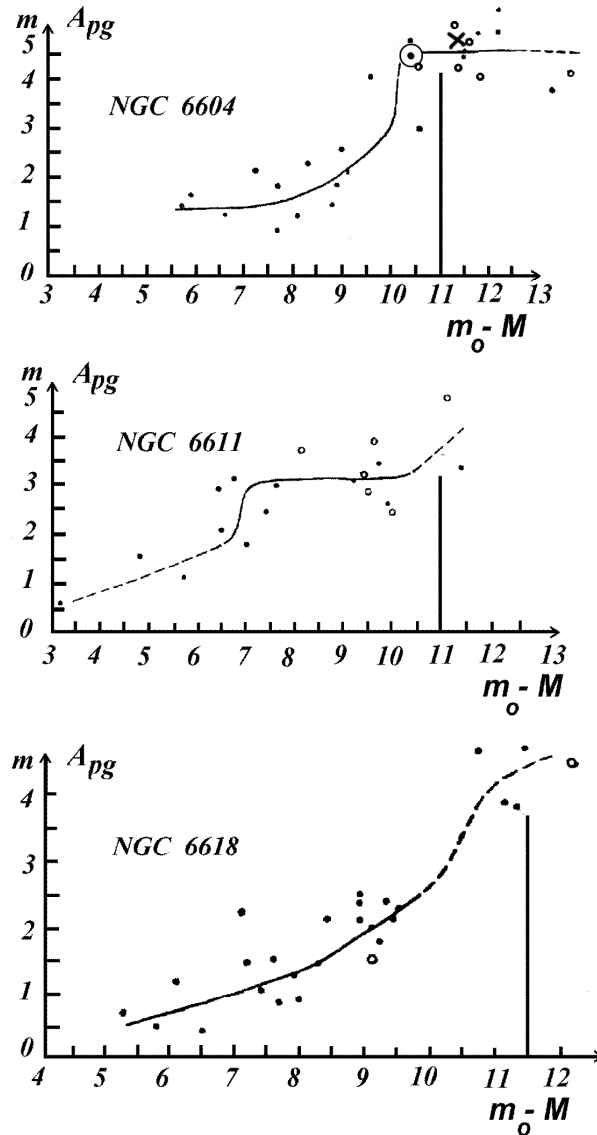


Рис. 17. Зависимость величины межзвездного поглощения A_{pg} от расстояния для участков No 14 (NGC 6604), 17 (NGC 6611) и 21 (NGC 6618) области N 7, выделенных на рис. 16 (согласно рис. 4 и рис. 5 работы Проник, 1960б.) На участке N 14 кружком с точкой обозначена звезда HD 167971, а крестиком – звезда HD 167834. Кружками обозначены данные по Хильтнеру (1956)

Область 9. $\alpha = 20^h 05^m$, $\delta = +36^\circ$; $l' = 41^\circ$, $b' = +1^\circ 1'$ – направление вдоль рукава Ориона. Карта приведена на рис. 20. В исследуемую область размером 36 кв. град. входит почти все яркое облако звезд в созвездии Лебедя. На востоке области находится часть “Большой Расщелины в Лебеде”, где расположены участки наибольшего поглощения.

Нумерова (1958, 1961) изучила 5000 звезд из них 120 B0 – B5. По ее определению, область особенно богата звездами высокой светимости. Часть ранних звезд принадлежит известным галактическим скоплениям: NGC 6871, NGC 6883, IC 4996, B1 и C1, которые связаны с группировками и ассоциациями ранних звезд. В центре области находится большая группа эмиссионных туманностей, открытых Газе и Шайном.

В исследуемой области обнаружено 12 кратных систем типа Тrapeции, состоящих из звезд вы-

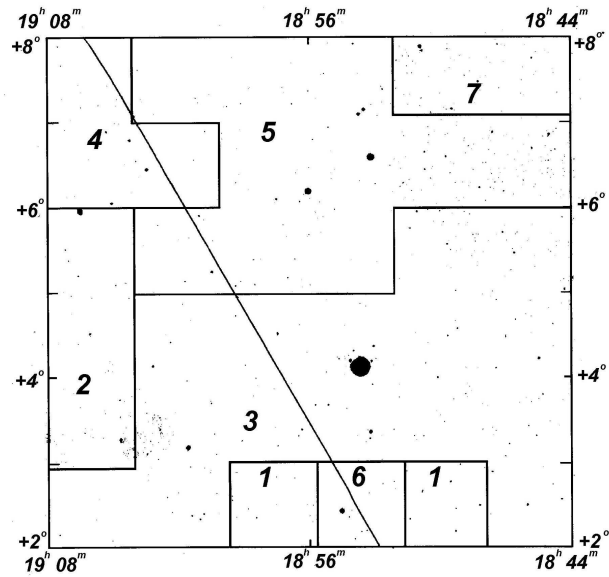


Рис. 18. Карта области No 8. Выделенные участки одинакового поглощения в исследованной области отмечены цифрами согласно рис. 1 работы Григорьевой и др. (1971). Прямая линия показывает положение галактического экватора

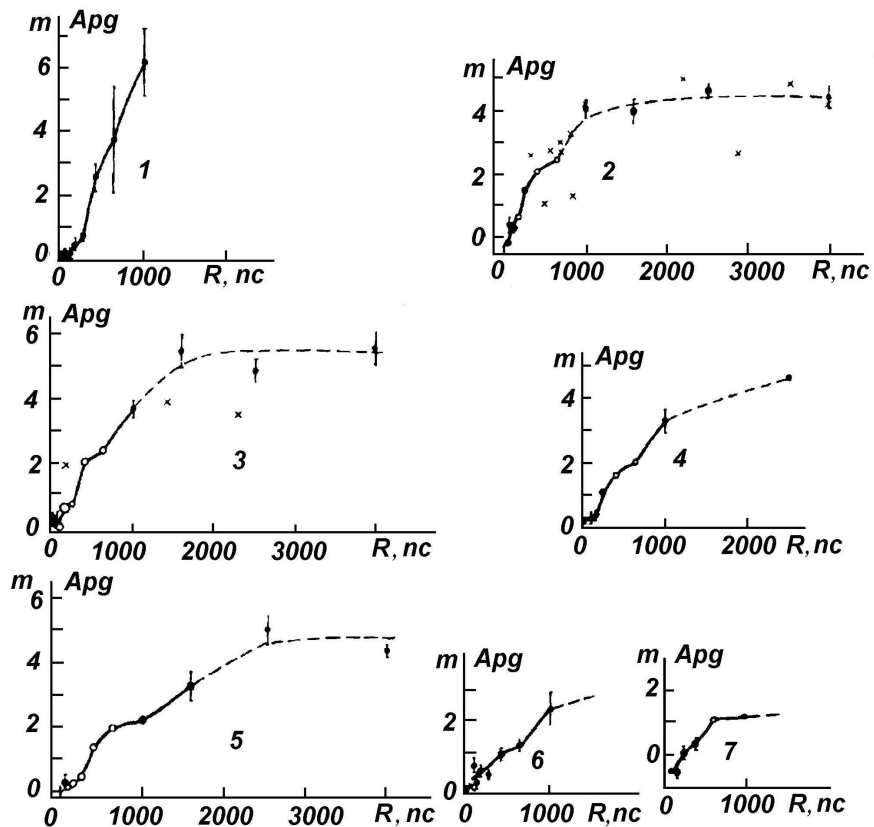


Рис. 19. Изменение межзвездного поглощения с расстоянием в разных участках области N 8. Длина вертикальных черточек соответствует средней квадратичной ошибке (см. рис. 2 из работы Григорьевой и др., 1971). Крестики - поглощение, определенное по данным В, V (см. Хильтнер, 1956; Сандерс, 1966)

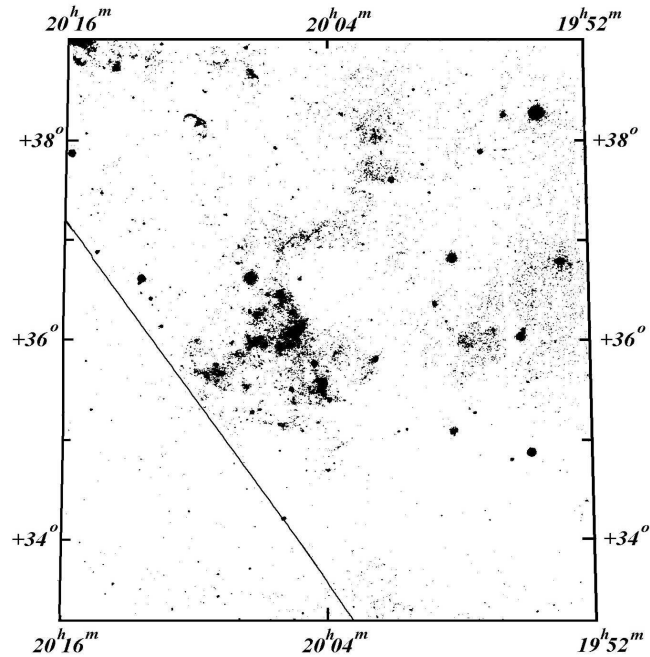


Рис. 20. Карта области No 9. Прямая линия показывает положение галактического экватора (см. рис. 1 из работы Нумеровой, 1961)

Таблица 3. Наиболее высокое поглощение звезд в области No 9

No участка	объект	Sp	расстояние	A_{pg}
1	звезда HD 228779	O9.5 Ib	1300пс	$6^m 3$
2	звезда HD 226858	B0 1b	2200пс	$4^m 5$
2	звезда HD 227607	B2V	1600пс	$2^m 4$
2	3 звезды	B2-B5	(1200-2200)пс	$2^m 4 - 3^m 4$
3	группа C1	I, II, III	2600 ± 300 пс	$3^m - 4^m$

сокой светимости спектральных классов O5f – B2, а также B8 и B9. Больше всего систем типа Трапедии содержат агрегаты Лебедь I и Лебедь II.

Выделено 7 больших групп ранних звезд, включающих 34 более мелких группировки. Дано их распределение в картинной плоскости неба. Наиболее сильное сгущение ранних звезд наблюдается на расстоянии (2900 ± 300) пс.

При определении поглощения использованы данные для 2300 звезд O – F2. В большинстве случаев поглощение начинается на расстоянии 600 пс и составляет $0^m 3 - 0^m 4$, и далее остается примерно постоянным до 2000 пс, не превышая $0^m 5 - 0^m 6$.

В статьях Нумеровой не приведены графики хода величины поглощения с расстоянием. Самое большое поглощение иллюстрируется по данным для отдельных звезд, входящим в группировки. В Таблице 3 представлены несколько примеров большого поглощения. Примеры прокомментированы ниже.

1. Большое поглощение в участке 1, расположенном на юго-востоке области под галактическим

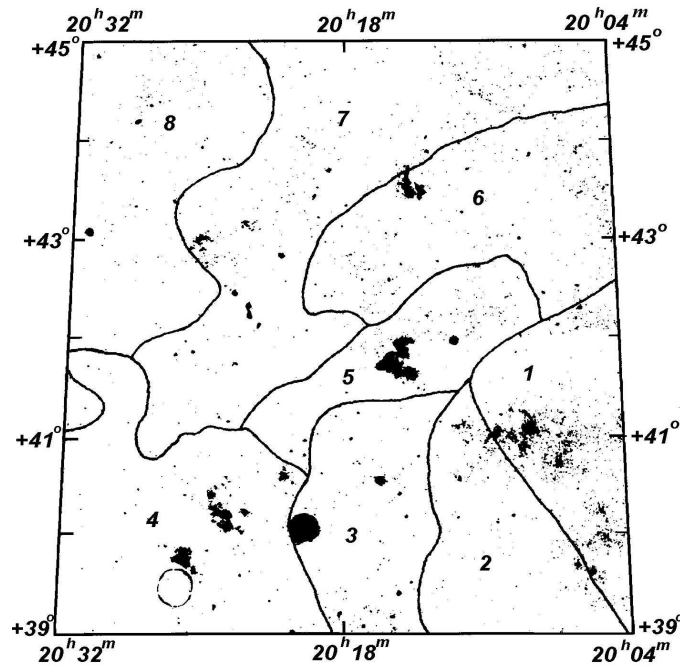


Рис. 21. Карта области No 10. Кривыми линиями обозначены границы участков с одинаковым межзвездным поглощением. (см. рис. 3 из работы Ихсанова 1959б). Кольцо в участке 4 – дефект Паломарской карты

экватором, где находится часть “Большой Расщелины”, начинается на расстоянии 300 – 500 пс и на расстоянии 1000 пс превышает 2^m (4^m /кпс). Поглощение максимально у восточной границы области. В примыкающих областях поглощение меньше 1^m /кпс.

2. Участок No 2 сильного поглощения находится в центре исследуемой области.

3. Участок No 3 представляет поглощение для группы горячих звезд C1, состоящей из сверхгигантов и гигантов.

В диффузной туманности MCD 12 находится много звезд высокой светимости с большим поглощением. Здесь перемешаны пылевые и газовые туманности.

Сделан вывод, что поглощение в исследованной области очень неравномерное, но везде, где находятся звезды O, WR и сверхгиганты класса B, поглощение значительно больше, чем в соседних местах. Темные туманности расположены именно там, где находятся скопления горячих звезд и звезд высокой светимости.

Область 10. $\alpha = 20^h 16^m$, $\delta = +42^\circ 30'$; $l' = 47^\circ 6$, $b' = +3^\circ 0$ – область расположена вдоль спирального рукава в Лебеде. Область размером 30 кв.град. почти целиком расположена севернее галактического экватора около звезды γ Суг. Карта приведена на рис. 21. В области было исследовано 952 звезды O – A (Ихсанов, 1959а).

В области содержится 25 светлых диффузных туманностей и большое число горячих звезд, часть из которых принадлежит ассоциациям Суг II, Суг III, Суг V, Суг VI. Ассоциации распределены вдоль луча зрения в интервале расстояний от 1000 до 3000 пс с концентрациями горячих звезд на расстояниях 1000, 1600 и 2500 пс.

Выделено 8 участков разной величины поглощения (см. рис. 21). Ассоциации Суг II, Суг III и Суг VI расположены в участках 2, 3, 4, соответственно. Как следует из кривых хода поглощения на рис.22 в участках 2, 3 и 4 наблюдается самый крутой рост поглощения с расстоянием (Ихсанов, 1959б). Он начинается на расстоянии 1000 пс – где расположена ближняя концентрация горячих звезд. Для дальней концентрации горячих звезд, расположенной на расстоянии 2500 пс, поглощение равно $A_v \sim 4^m$. Можно сделать вывод, что все концентрации горячих звезд расположены в плотном

облаке пыли с поглощением $A_v = 2^m 5$ /кпс.

Специальное исследование поглощения в небольшом плотном “языке” пыли около γ Суг, связанном с эмиссионными туманностями, показало, что поглощение в нем $A_v \geq 3^m$ (Ихсанов, 1960аб).

В области ассоциации Суг V (участок 6) поглощение меньше – в интервале расстояний от 1000 пс до 4000 пс оно составляет $A_v = 1^m 5$, изменение поглощения – $0^m 5$ /кпс.

Область 11. $\alpha = 20^h 44^m$, $\delta = +45^\circ 00'$; $l' = 53^\circ$, $b' = 0^\circ 6'$ – область расположена вдоль спиральной ветви Ориона. В области размером 42 кв. град., включающей эмиссионные туманности “Северная Америка” (NGC 7000) и “Пеликан” (IC 5070), измерено 3404 звезды, из них 60 звезд O – B2 (Метик, 1960, 1961, 1962). Карта области приведена на рис. 23. В плоскости Галактики есть их группировки на расстояниях 1000, 1800 и 2400 пс. Здесь до расстояния 3500 пс мы смотрим вдоль спирального рукава в Лебеде. Расстояние до возбуждающей звезды туманности “Северная Америка” (HD 199579, O7) равно 660 пс и поглощение $A_v = 1^m 44$ определил Пикельнер (1954). Светлые эмиссионные туманности в области “Северной Америки” и “Пеликана” и другие эмиссионные туманности представляют один общий комплекс размером около 50 пс.

В области “Мексиканского Залива”, который темной полосой разделяет туманности “Северная Америка” и “Пеликан”, Метик обнаружила звезды B0 – B2, расположенные примерно на расстоянии 1000 пс. Во всей области она выделила около 200 звезд O – F8 высокой светимости, две группы которых расположены внутри и вблизи туманности NGC 7000.

По признаку разного поглощения область разделена на 6 участков (см. рис. 23). Распределение поглощения с расстоянием приведено на рис. 24 (Метик, 1961). Рост поглощения во всех участках начинается с расстояния 400 – 600 пс, что с точностью до ошибок определения расстояний совпадает с положением эмиссионных туманностей NGC 7000, IC 5068 и IC 5070. Самый крутой рост поглощения наблюдается в области “Мексиканского Залива” (участок III). Хербиг (1958) показал, что поглощение в наиболее плотных местах темного облака “Залива” больше 6^m .

Метик выдвинула предположение, что светлые эмиссионные туманности “Северная Америка” и “Пеликан” вместе с комплексом O – B звезд, звезд O – F8 высокой светимости и темными облаками, часть из которых составляют “Мексиканский Залив”, генетически связаны.

Область 12. $\alpha = 21^h 24^m$, $\delta = +58^\circ 5'$; $l' = 67^\circ$, $b' = +5^\circ 6'$. Это направление на область, расположенную между рукавами Ориона и Персея. В области размером 25 кв. град. измерено 2060 звезд, из них 67 звезд O – B5 (Алкнис, 1958абв; 1961). Карта области приведена на рис. 25. К области относится часть ассоциации Цефей II. 69% звезд O6 – B3 и 67% звезд B5 имеют галактическую широту меньше 5° .

В области расположены две диффузные туманности: S 86 и IC 1396 со скоплением Tr 37 в центре.

В центре скопления Tr 37 находится звезда O6 – HD 206267, которая входит в четырехкратную систему типа трапеции Ориона. Расстояние до скопления равно (820 ± 70) пс.

Для исследования поглощения использованы звезды B – A8. Было выделено 15 участков одинакового поглощения (см. рис. 25, 26). Часть ассоциации Сер II расположена в участке 5.

Из рис. 25 и 26 можно заключить, что эмиссионная туманность IC 1396 связана с самыми плотными пылевыми облаками. На расстоянии 1 кпс в наиболее прозрачном ее участке (14) наблюдается поглощение $A_v = 1^m 7$ или $2^m 1$ /кпс, а в самых “темных” участках (10, 12, 15) – $A_v = 2^m 6$ или $3^m 2$ /кпс. Часть темных туманностей в участке 15 видны на фоне светлой туманности IC 1396 в виде темных образований и волокон.

Область 13. $\alpha = 23^h 25^m$, $\delta = +61^\circ 30'$; $l' = +81^\circ$, $b' = 0^\circ 8'$ – направление на спиральную ветвь Персея. В области размером 8 кв. град. в Кассиопее Бродская (1953, 1955) измерила 5752 звезды, среди них 400 звезд O – B5, часть из которых принадлежит трем ассоциациям – Cas II, Cas V на галактическом экваторе и Сер III на северо-западе области. Карта области приведена на рис. 27.

В ассоциации Cas II, включающей скопление NGC 7510, содержится 22 звезды O – B0 и 6 звезд B2 – B3. Среднее расстояние равно (3500 ± 350) пс.

Ассоциация Cas V – наиболее многочисленная и компактная. Она включает два скопления ранних звезд – NGC 7788 и NGC 7790. В ней 56 звезд O9 – B3 и одна WR. Среднее расстояние до ассоциации равно 2900 пс.

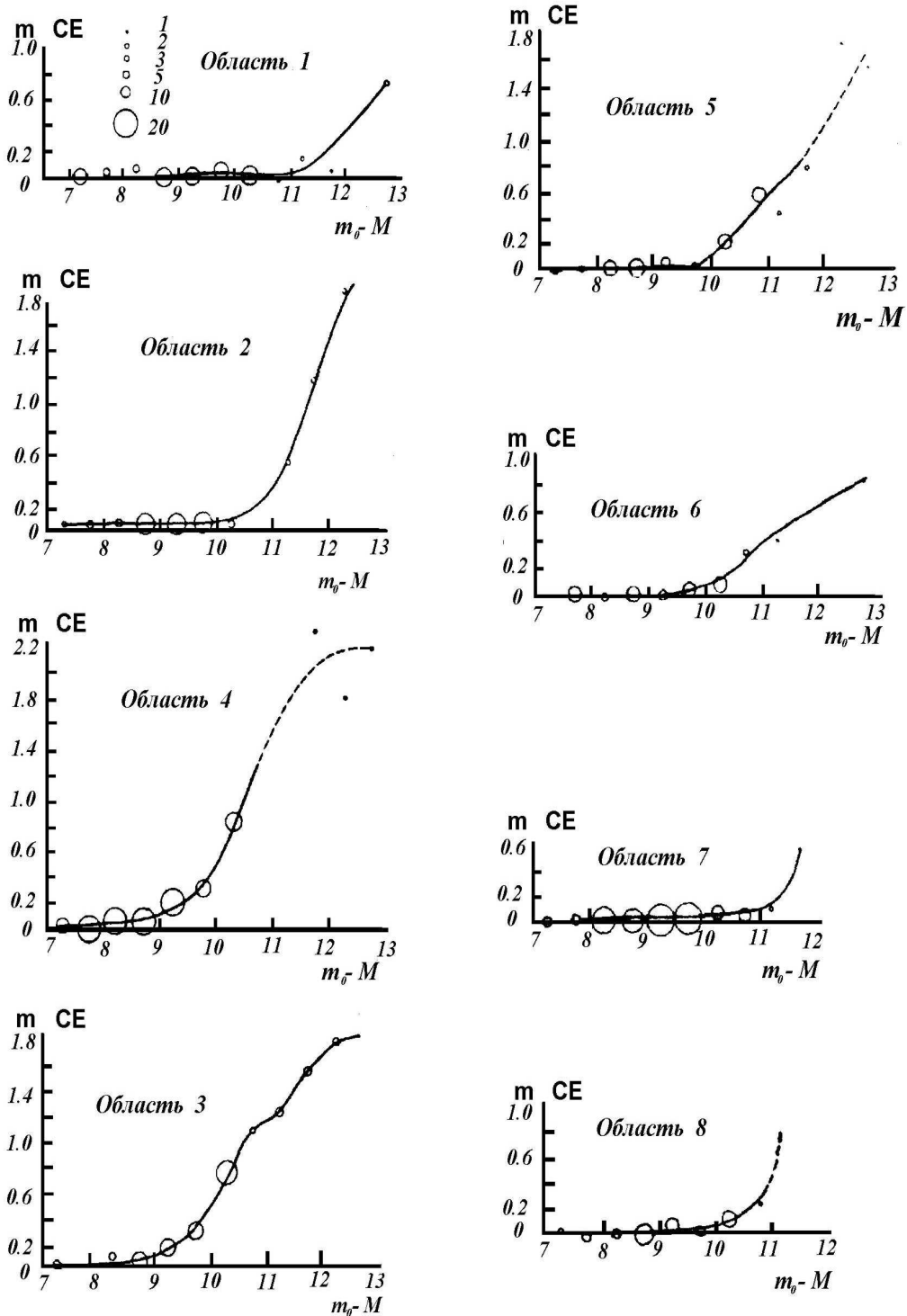


Рис. 22. Изменение величины селективного поглощения (CE) с модулем расстояния для областей 1-8, выделенных на рис. 21 (см. рис. 2 из работы Ихсанова, 1959б)

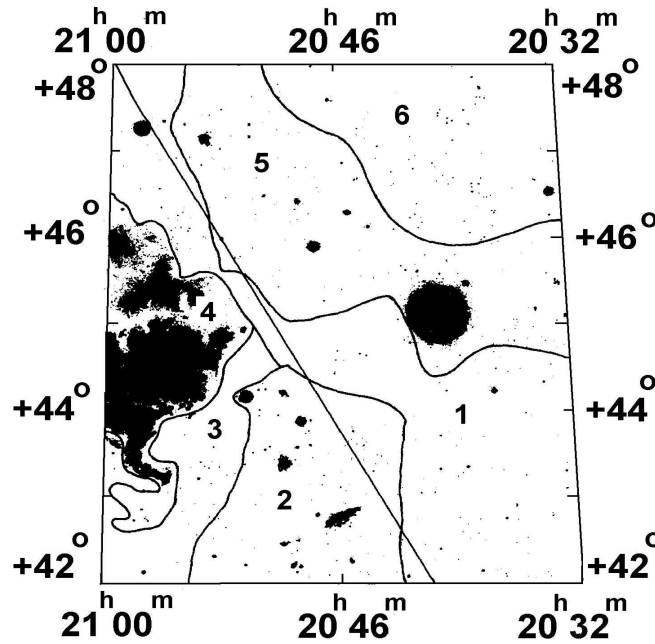


Рис. 23. Карта области No 11. Кривые линии – границы шести участков одинакового поглощения; прямая линия показывает положение галактического экватора (см. рис. 4 из работы Метик, 1961)

Ассоциация Сер III содержит 10 звезд O7 – B2. Расстояние до ассоциации равно (1200 ± 200) пс. Для определения поглощения использовались звезды O – F2 включительно (Бродская, 19566). Вся область была разделена на 4 участка (a, b, c, d) (см. рис. 27, 28).

Кривая “a” относится к светлой области, расположенной в поясе $\pm 2^\circ$ около галактического экватора; кривая “b” – к темной туманности, расположенной южнее галактического экватора ($23^h 08^m \lesssim \alpha \lesssim 23^h 35^m$, $+58^\circ \lesssim \delta \lesssim +61^\circ$), кривая “c” относится к темной области, расположенной в северной части области No 13 ($23^h 04^m \lesssim \alpha \lesssim 00^h 04^m$, $+60^\circ \lesssim \delta \lesssim +65^\circ$) кривая “d” – к области ассоциации III Сер, выделенной прямоугольником (см. рис. 3 из работы Бродской, 19566).

В наиболее темных участках поглощение немногим больше 1^m /кпс. В светлых участках поглощение в 2 раза меньше. Самое низкое поглощение наблюдается в участке (a), где расположены ассоциации Cas II и Cas V на расстояниях 3500 пс и 2900 пс, соответственно. На этих расстояниях рост поглощения плавный, свидетельствующий о том, что пылевое облако здесь разрежено.

В участке (d), где расположена ассоциация III Сер, поглощение начинается с расстояния 200 пс и на расстоянии 1400 пс оно достигает $2^m 6$. На расстоянии 1200 пс, где расположена ассоциация III Сер, наблюдается плотное облако пыли.

3 Заключение

В Предисловии к книге “Рождение звезд” (2001) В.Г. Сурдин пишет: “.....в 1940 – 1950-е годы астрономы усиленно интересовались происхождением звезд,И только обнаружение в конце 1970-х годов гигантских межзвездных облаков разбудило интерес к проблеме рождения звездных скоплений – как древних, **шаровых**, так и современных, **рассеянных**. Эта проблема оказалась очень интересной, связанной и с рождением отдельных звезд, и с формированием галактик.”

План Шайна по исследованию Млечного Пути был выдвинут в конце сороковых годов. Важным пунктом этого плана было проверить гипотезу о протозвездах, формирующихся из межзвездной

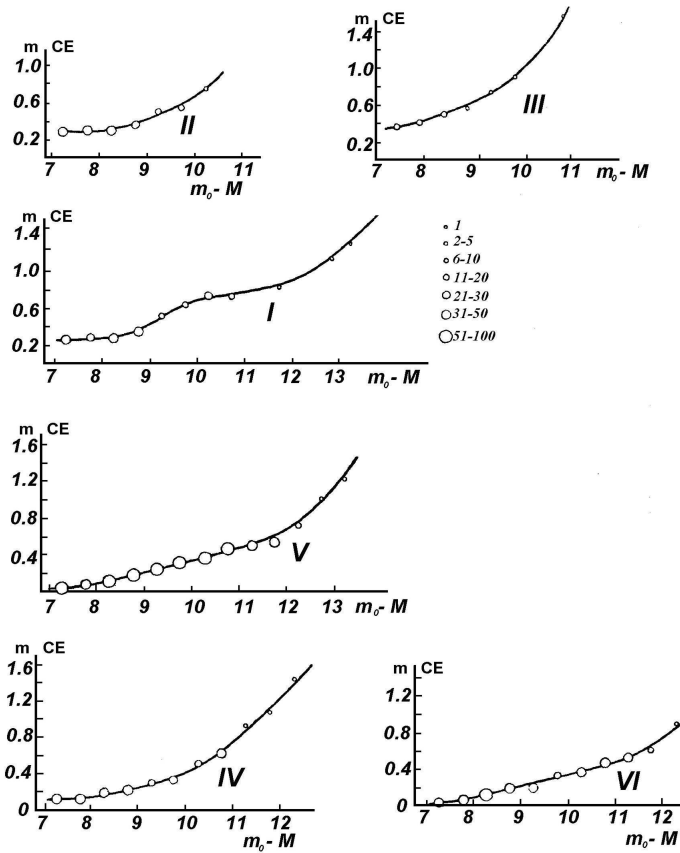


Рис. 24. Графики зависимости величины межзвездного поглощения (CE) от расстояния для шести участков области N 11, выделенных на рис. 23 (см. рис. 3 из работы Метик, 1961)

среды. В то время эта гипотеза только еще пробивала себе право на существование. Дискуссии сторонников гипотезы образования звезд из межзвездной среды, которых было очень мало, обсуждали проблему в разных направлениях: рождаются ли звезды в современную эпоху или они родились одновременно со Вселенной. Если да, то каким образом они рождаются, и можно ли наблюдать протозвезды. Григорий Абрамович опирался на работы Бок и Рейли (1947), Амбарцумяна (1947), Спитцера (1949). Бок и Рейли (1947) отмечали, что несколько авторов обратили внимание на возможность образования звезд из межзвездных конденсаций в межзвездной среде. Эволюционную стадию, предшествующую образованию звезд, могут представлять относительно малые темные объекты, списки которых опубликовал Барнард (1919). Минимальное поглощение в темных объектах было оценено равным $2^m - 5^m$. Амбарцумян (1947) показал, что звездные ассоциации нестационарны, и формирование звезд в них происходит непрерывно “почти на наших глазах”. Спитцер (1949) отмечал, что света и тепла сверхгиганты излучают примерно в 10 000 раз больше, чем Солнце. За 10^8 лет такая звезда должна переработать весь свой водород в гелий. Это значит, что ее возраст в 10 раз меньше возраста Вселенной.

В момент выдвижения Плана Шайна много внимания астрономы уделяли наблюдательным проблемам структуры Галактики, а вопросы образования звезд даже в начале пятидесятых годов затрагивались еще не вполне определенно. Например, Воронцов-Вельяминов (1951) писал, что вещество, из которого образуются молодые горячие сверхгиганты, уже заранее располагается на спиральных

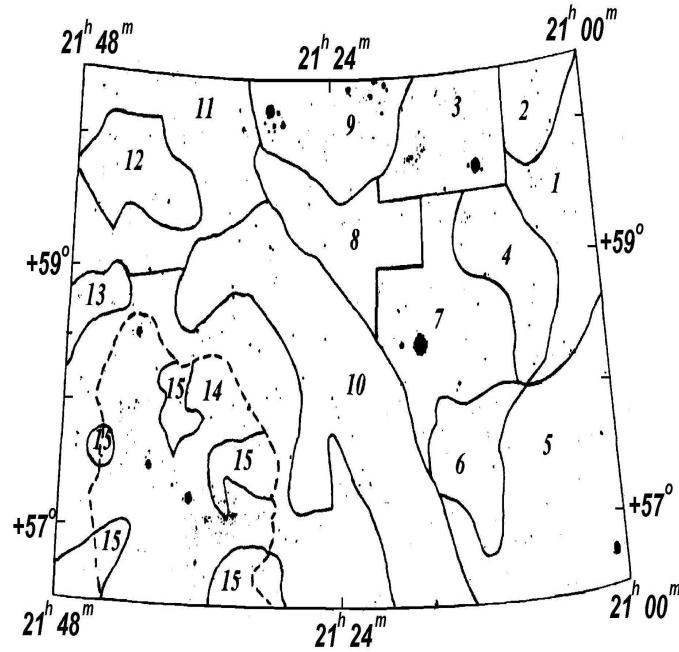


Рис. 25. Карта области No 12. Сплошными кривыми линиями обозначены границы участков с разным межзвездным поглощением, прерывистой линией - граница эмиссионной туманности IC 1369 (см. рис. 1 из работы Алксниса, 19586)

ветвях и есть шансы его обнаружить. В обзоре, опубликованном в “Вопросах космогонии”, Холопов (1952) сомневался, можно ли ставить вопрос об образовании звезд в современную эпоху. Поэтому не удивительно, что современники не “заметили”, что важной особенностью Плана Шайна был вопрос о звездообразовании. В результате План Шайна по структуре Галактики часто ставят рядом с “Планом комплексного изучения избранных областей Млечного Пути” Паренаго (1956), который был в русле актуальных в то время программ. Но в Плане Паренаго поиски наблюдательных свидетельств звездообразования из межзвездной среды не предусматривались (1954). Эта проблема в то время еще не была достаточно актуальной.

По Плану Шайна было опубликовано 49 работ, 47 из них – до 1966 года. Выше были представлены результаты этих работ о связи ранних звезд и темной материи. Как было показано выше, во многих работах, выполненных по Плану Шайна, отмечалось, что комплексы эмиссионных туманностей вместе со скоплениями молодых звезд и звезд высокой светимости склонны группироваться с пылевыми облаками. Ихсанов и Разник посвятили этой проблеме специальные статьи.

В статье Ихсанова (1960в) “Некоторые вопросы взаимодействия звезд и туманностей и их эволюции” были рассмотрены характеристики 22 скоплений молодых звезд, связанных с эмиссионными туманностями, и показано, что одним из важных отличий очень молодых туманностей является присутствие большого количества пыли. Приведен пример туманности Ориона, где поглощение оценено $A_v \sim 9^m - 10^m$.

Разник (1965, 1967) специально исследовала величину избыточного поглощения звезд спектральных типов O5 – B3 в 31 молодом рассеянном скоплении и показала, что для многих из них характерны аномально высокие колор-экспессы.

Как видно из представленного выше обзора, настойчивые поиски наблюдательных свидетельств генетической связи молодых звезд, диффузных и пылевых туманностей, которые проводились в работах Шайна и Газе, также увенчались успехом и в работах, выполненных по Плану Шайна. В результате все работы Шайна и выполненные под его руководством больше чем на десятилетие

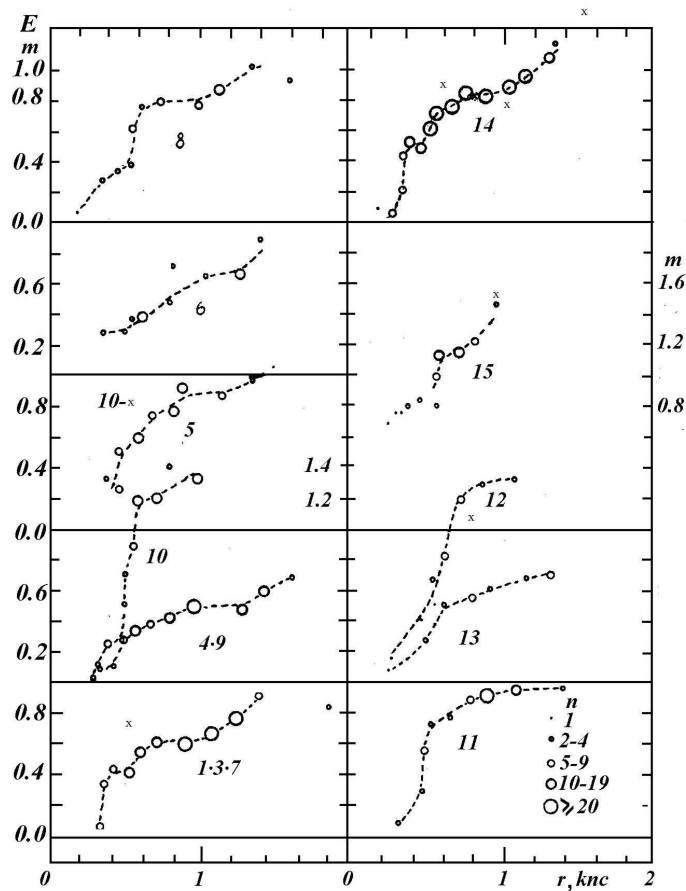


Рис. 26. Селективное поглощение в различных участках области N 12, выделенных на рис. 25. Абсцисса – исправленное расстояние в килопарсеках, ордината – избыток цвета. Размер кружка обозначает число использованных звезд (n); крестики – данные поглощения по фотоэлектрическим измерениям Хильтнера (1956). Поглощение приведено по данным рис. 2 работы Алксниса, (19586)

опередили скачок в понимании проблем звездообразования, который произошел в начале 1970-х годов.

Скачок в понимании проблем звездообразования был связан с открытием в 1963 году радиоизлучения гидроксила на волне 18 см, а затем и в излучении других молекул. Эту радиолинию в поглощении открыли американские астрономы в излучении радиоисточника Кассиопея – А (Вейнреб и др., 1963). До 1970 года были отождествлены линии более 24 молекул. “Только в 1970 г. окончательно выяснилось, что холодный молекулярный газ собран в массивные облака, которые и служат “родильными домами” звезд” (Сурдин, 2001). Все молекулы существуют в связанных с пылью плотных облаках, которые защищают молекулы от межзвездного ультрафиолетового излучения.

Бурное развитие молекулярной астрофизики дало мощные средства для диагностики физических условий, динамики межзвездной среды и условий звездообразования (Каплан, Пикельнер, 1974; Пикельнер и др., 1976). В частности оказалось, что межзвездной среды по массе больше в два раза, чем было известно по оптическим данным. “Основой современных представлений о звездообразовании явился вывод о том, что звезды образуются группами, и процесс этот продолжается и в настоящее время.” (Ефремов, 1989; Колесник, 1990; Сурдин, 2001).

Основные положения современного наблюдательного подхода к проблемам звездообразования

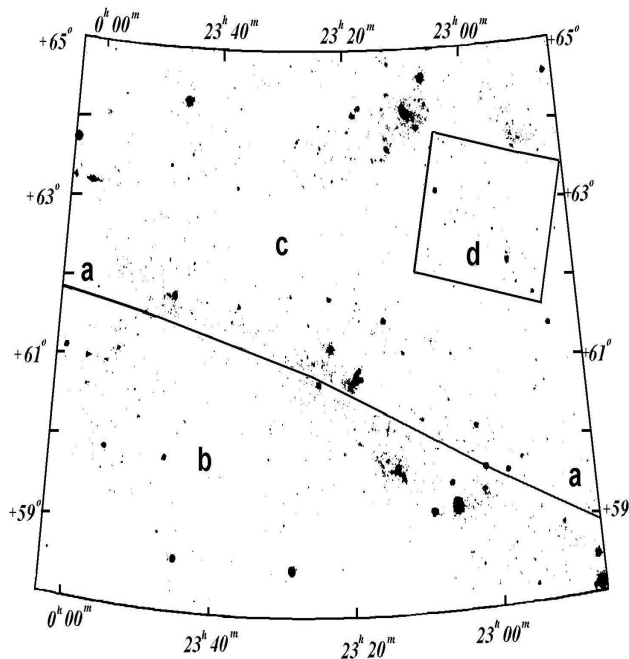


Рис. 27. Карта области No 13. Границы области отмечены по рис. 4, а прямой линией отмечен галактический экватор по рис. 3 из работы Бродской (1953). Прямоугольник соответствует положению области ассоциации III Сер (см. рис. 1 из работы Бродской, (19566)

можно угадать в работах Шайна, Газе и тех, кто выполнял План Шайна.

1. Звезды образуются группами в местах скопления газовых туманностей (Шайн, Газе, 1953).
2. Облака, из которых образуются звезды, намного массивнее не только индивидуальных звезд, но и скоплений звезд (Шайн, Газе, 1952аб, 1953).
3. Для областей звездообразования характерна иерархия размеров (Соломон и др., 1987). Данные таблицы 3 показывают, что размеры в иерархии областей звездообразования, принятые в современных работах, совпадают с размерами, обнаруженными в иерархии газовой-звездных группировок по Шайну (1954).
4. Звезды образуются в коконах очень плотной межзвездной материи. В работах, выполненных по Плану Шайна, было показано, что именно звезды O-B0 в молодых скоплениях звезд часто окружены более плотными пылевыми облаками, чем звезды более поздних спектральных классов.
5. Скопления гигантских облаков, излучающих линию H_{α} , и связанные с ними скопления молодых звезд, располагаются в спиральных рукавах галактик (Шайн, Газе, 1952б, 1953; Шайн, 1954, 1955).

В заключение представляет интерес отметить, что работы Григория Абрамовича Шайна востребованы до настоящего времени. А.В. Терезиш просматривала ссылку на его работы в ADS, опубликованные позже 1922 года. Наибольшей востребованностью пользуются работы Шайна и Струве по вращению звезд (1929) – ссылки непрерывно идут до 2001 года; Шайна и Альбицкого по радиальным скоростям звезд (1932) – ссылки идут до 2002 года; Шайна и Струве по поглощению континуума в голубой области спектров углеродных звезд (1947) – ссылки идут до 2000 года и Газе и Шайна по газовым туманностям (1952) – ссылки имеются до 2002 года.

Результаты, полученные Шайном и под его руководством по наблюдательным свидетельствам генетической связи молодых звезд, светлых диффузных и темных туманностей, больше, чем на десятилетие опередили скачок в понимании наблюдательных основ проблем звездообразования из межзвездной среды, который произошел в начале 1970-х годов и был обусловлен открытием массив-

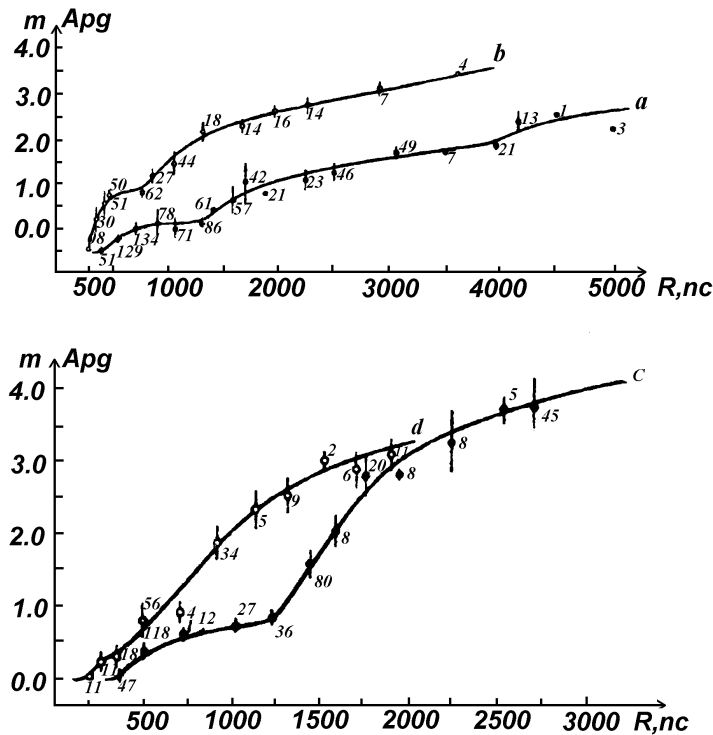


Рис. 28. Зависимость между величиной фотографического поглощения A_{pg} и расстоянием R области N 13 согласно рис.3 из работы Бродской (19566); а, b, c, d – см. текст. Цифры показывают число звезд, по которым определено поглощение

Таблица 4. Иерархия размеров областей звездообразования и комплексов молодых звезд и эмиссионных туманностей

области звездообразования		эмиссионные области по Шайну и Газе	
объект	размер, pc	объект	размер, pc
1	2	3	4
скопления	10–15	отдельные туманности	8–50
ассоциации	30–200	группы туманностей	100
сверхассоциации	500	крупные группы туманностей	до 300
комплексы гнезд звездообразования	1000	деталь регулярного магнитного поля около Солнца	1000

ных холодных молекулярных облаков. Нет сомнений, что эти результаты найдут достойное место в истории развития представлений о рождении звезд и звездных скоплений.

Мы приносим благодарность Р.Е. Гершбергу за постоянное внимание, советы и помощь в работе, Л.П. Метик и В.И. Пронику за полезные дискуссии, А.В. Теребиж за материалы по ADS ссылкам на работы Шайна и М.А. Смирновой за помощь в изготовлении карт и рисунков.

Литература

Алкснис А.К. // Труды Астрофиз. Лаб. АН Латвийской ССР. 1958а. Т. 7. С. 33.

- Алкснис А.К. // Изв. АН Латвийск. ССР. 1958б. N. 9. С. 87.
- Алкснис А.К. // Изв. АН Латвийск. ССР. 1958в. N. 9. С. 97.
- Алкснис А.К. // Труды Астрофиз. Лаб. АН Латвийской ССР. 1961. Т. 8. С. 11.
- Амбарцумян В.А. // Доклады Акад. Наук Армянской ССР. 1947.
- Артюхина Н.М. и Холопов П.Н. // Астрон. журн. 1959. Т. 36. С. 1007.
- Барнард (Barnard E.E.) // Astrophys.J. 1919. Т. 49. С. 1.
- Бок и Рейли (В.Ж. Bok, E.F. Reilly) // Astrophys. J. 1947. Т. 105. С. 255.
- Боярчук А.А., Келдыш Л.В. // Вестник Российской Академии Наук. 1999. Т. 69. N. 6. С. 483.
- Бродская Э.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1953. Т. 10. С. 104.
- Бродская Э.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1955. Т. 14. С. 3.
- Бродская Э.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1956а. Т. 16. С. 219.
- Бродская Э.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1956б. Т. 16. С. 162.
- Бродская Э.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1960. Т. 24. С. 160.
- Бродская Э.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1961а. Т. 26. С. 375.
- Бродская Э.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1961б. Т. 26. С. 382.
- Бродская Э.С. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1963. Т. 30. С. 126.
- Бродская Э.С., Шайн П.Ф. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1958. Т. 20. С. 298.
- Бродская Э.С., Григорьева Н.Б. // Сообщения ГАИШ. 1964. N. 136. С. 162.
- Вайнреб А. и др. (A.S. Weinreb, A. Varrett, M. Meeks, J. Henry) // Nature. 1963. V. 200. P. 828.
- Воронцов-Вельяминов Б.А. // Астрон. журн. 1951. Т. 28. С. 43.
- Газе В.Ф. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1954. Т. 12. С. 88.
- Газе В.Ф., Шайн Г.А. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1952. Т. 9. С. 52.
- Гершберг Р.Е. // “Из истории Крымской астрофизической обсерватории”. Сборник Рассказов. Выпуск 1. / Редактор А.В. Брунс, пос. Научный. 2001. С. 96.
- Григорьева Н.Б. // Астрон. журн. 1964. Т. 41. С. 185.
- Григорьева Н.Б. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1965. Т. 34. С. 238.
- Григорьева Н.Б. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1967. Т. 36. С. 260.
- Григорьева Н.Б., Проник И.И., Шарипова Г.Н. // Сообщения ГАИШ. 1971. N. 168. С. 3.
- Ефремов Ю.Н. // Очаги звездообразования в галактиках. М.: Наука. 1989.
- Ихсанов Р.Н. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1959а. Т. 21. С. 229.
- Ихсанов Р.Н. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1959б. Т. 21. С. 257.
- Ихсанов Р.Н. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1960а. Т. 23. С. 31.
- Ихсанов Р.Н. // Астрон. журн. 1960б. Т. 37. С. 275.
- Ихсанов Р.Н. // Астрон. журн. 1960в. Т. 37. С. 642.
- Каплан С.А., Пикельнер С.Б. (Kaplan S.A., Pikelner S.B.) // Ann. Rev. Astron. Astrophys. 1974. V. 12. P. 112.
- Колесник И.Г. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1995. Т. 90. С. 34.
- Копылов И.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1953. Т. 10. С. 120.
- Копылов И.М., В.Л. Страйжис // Бюл. аст. обс. Вильн. унив. 1963. N. 5. С. 18.
- Метик Л.П. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1960. Т. 23. С. 60.
- Метик Л.П. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1961. Т. 26. С. 386.
- Метик Л.П. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1962. Т. 27. С. 283.
- Метик Л.П. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1963. Т. 29. С. 315.
- Нумерова А.Б. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1958. Т. 19. С. 189.
- Нумерова А.Б. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1961. Т. 25. С. 46.
- Паренаго П.П. // Астрон. журн. 1956. Т. 33. N. 5. С. 749.
- Паренаго П.П. // Труды ГАИШ. 1954. Т. 25.
- Пикельнер С.Б. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1954. Т. 11. С. 8.
- Пикельнер С.Б. // Историко-астрономические исследования. 1057. Т. 3. С. 551.
- Пикельнер С.Б., Каплан С.А., Засов А.В. // “Происхождение и эволюция галактик и звезд”. / ред. С.Б. Пикельнер. 1976. С. 235.
- Проник И.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1958. Т. 20. С. 208.

- Проник И.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1959. Т. 21. С. 268.
Проник И.И. // Астрон. Цирк. 1960а. N. 214.
Проник И.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1960б. Т. 22. С. 152.
Проник И.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1960в. Т. 23. С. 46.
Проник И.И. // Астрон. журн. 1961а. Т. 38. С. 662.
Проник И.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1961б. Т. 25. С. 37.
Проник И.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1961в. Т. 26. С. 351.
Проник И.И. // Астрон. журн. 1962. Т. 39. С. 362.
Проник И.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1963. Т. 30. С. 118.
Проник И.И. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1998. Т. 94. С. 14.
Проник И.И., Шарапова Г.Н. // Сообщения ГАИШ. 1971. N. 168. С. 8.
Разник Р.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1963. Т. 30. С. 131.
Разник Р.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1964. Т. 32. С. 165.
Разник Р.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1965. Т. 34. С. 227.
Разник Р.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1967. Т. 36. С. 264.
Соломон и др. (Solomon P.M., Rivolo A.R., Mooney T.J. et al.) // Starformation in Galaxies, ed. C. Persson. 1987. P. 37.
Сандерс (Sanders W.L.) // Astron. J. 1966. V. 71. P. 719.
Спитцер Л. (Spitzer L.) // Leaflet of Ast.Soc.Pacific. 1949. N. 241.
Сурдин В.Г. // "Рождение звезд". УРСС. Москва. 2001.
Страйжис В.Л. // Бюл. аст. обс. Вильн. унив. 1963. N. 5. С. 35.
Хербиг Ж. (Herbig G.N.) // Astrophys.J. 1958. V. 128. P. 259.
Холопов П.Н. // Вопросы космогонии. 1952. Т. 1. С. 195.
Хильтнер В. А. (Hiltner W.A.) // Astrophys.J.Suppl. Ser. 1956. V. 2. P. 389.
Шайн Г.А. // Астрон. журн. 1954. Т. 31. С. 217.
Шайн Г.А. (Shajn G.A.) // Draft Reports of IAU. 1955а. P. 308.
Шайн Г.А. // Астрон. журн. 1955б. Т. 32. С. 492.
Шайн Г., Альбицкий В. (Shajn G., Albitzky V.) // Mon.Not.R.Astron.Soc. 1932. V. 92. P. 771.
Шайн Г.А., Газе В.Ф. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1951. Т. 6. С. 3.
Шайн Г.А., Газе В.Ф. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1952а. Т. 8. С. 80.
Шайн Г.А., Газе В.Ф. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1952б. Т. 9. С. 13.
Шайн Г.А., Газе В.Ф. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1953. Т. 10. С. 152.
Шайн Г., Струве О. (Shajn G., Struve O.) // Mon.Not.R.Astron.Soc. 1929. V. 89. P. 222.
Шайн Г., Струве О. (Shajn G., Struve O.) // Astrophys.J. 1947. V. 106. P. 86.