

УДК: 524.4+524.5

ИЗУЧЕНИЕ ОБЛАСТИ ЗВЕЗДООБРАЗОВАНИЯ 2 Моп.
ОБЛАСТЬ СКОПЛЕНИЯ NGC 2244

Н. Г. ГУСЕВА

Поступила 15 марта 1984

Принята к печати 11 января 1985

На основании данных нашего каталога B , V -величин и спектров O — B — A звезд [8], а также данных по UBV -фотометрии [5] и собственным движениям [9] получен вывод об отсутствии пылевого вещества в пределах восточной половины кольца максимальной эмиссии Розетки (в диаметре $\sim 45'$). Показано, что если в области эмиссии и существует пылевая оболочка, окружающая ядро скопления, то верхний предел ее оптической толщины не превышает $A_V = 0.3^m$. В западной части на расстоянии $r > 1$ кпс расположены очень плотные пылевые облака, экранирующие свет звезд скопления. Оценка их оптической плотности дает величину $A_V \sim 3^m \div 4^m$.

1. Наличие пыли в областях звездообразования, ее плотность и пространственное расположение имеют важное значение для понимания происходящих в них процессов. Основное количество пыли сосредоточено в гигантских молекулярно-пылевых комплексах, в которых происходит образование звезд. При этом важно выделить и определить содержание пылевого вещества в пределах молодых рассеянных звездных скоплений, ассоциаций, областей $H II$, входящих в состав областей звездообразования.

В данной работе исследуются распределение и плотность пылевого вещества в центральной части (в диаметре $\sim 45'$) области звездообразования 2 Моп, в молодом рассеянном звездном скоплении NGC 2244. Корона скопления совпадает с кольцевой эмиссионной туманностью Розетка, ядро скопления содержит 5 O -звезд и находится в полости эмиссии.

Поскольку считается [1—4], что центральная полость Розетки образована действием на межзвездную среду звездного ветра, который выметает вещество в более плотную газовую оболочку, расширяющуюся со скоростью ~ 20 км/с, представляется закономерным вывод работы [5] о хорошей перемешанности пылевого и газового компонентов в пределах эмиссионного кольца Розетки, с максимальной плотностью газа [1, 6, 7] и пыли на внутренней кромке эмиссионного кольца. Результаты работы [5]

получены на основании B, V -фотометрии 400 звезд в диаметре $\sim 45'$ вокруг центра скопления NGC 2244. Но даже если считать выделение членов скопления $P-Q$ методом [5] достаточно надежным, по результатам только трехцветной фотометрии невозможно заключить, находится ли измеряемое поглощающее вещество до или в самом скоплении. Расчеты в [5] проводились в кольцевых зонах и поэтому не были учтены различия в поглощении переднего фона в разных частях исследуемой области.

В настоящей работе использована спектральная классификация звезд из работы [8], а также собственные движения звезд исследуемой области из работы [9] для уточнения принадлежности звезд, отнесенных $P-Q$ методом [5] к членам скопления. На основании данных работы [8] определено поглощение переднего фона, получены некоторые параметры скопления. Для разных частей эмиссионной туманности учтено неоднородное поглощение переднего фона.

2. Основным материалом для данной работы послужил созданный и исследованный нами каталог B, V -величин и спектральных классов $O-B-A$ звезд до $V = 13.2^m$ [8]. Исследование [10] каталога [8] и сравнение с данными других авторов показало, что точность его достаточна для проведения детальных звездно-статистических работ. Не найдено также систематических различий при сравнения B и V -величин в каталогах [5] и [8]. Для общих в обоих каталогах звезд разность в определении избытков, полученных $P-Q$ методом и методом спектральной калибровки [11], зависит от спектрального класса звезды. Для звезд ранних спектральных классов $O-A_2$ избытки цвета, определенные двумя методами, не имеют систематических различий. Лишь для звезд более поздних, чем A_2 , $\Delta E_{B-V} = 0.3^m$ и больше. По-видимому, это происходит из-за менее точного выделения членов скопления $P-Q$ методом среди слабых звезд более поздних спектральных классов.

3. По наиболее надежно отнесенным к членам скопления $O-B$ -звездам ядра скопления в диаметре $25'$ получен средний избыток цвета для скопления $\langle E_{cl} \rangle = 0.47^m$. По данным каталога [8] звезды № 19, 20, 30 и 33 из списка [12] отнесены нами к переднему фону. Звезды № 41 и 42, по-видимому, являются членами скопления. Полученная величина $\langle E_{cl} \rangle$ хорошо согласуется с определениями многих авторов. Средний избыток цвета скопления по данным разных авторов находится в пределах $0.46^m + 0.49^m$.

Методом спектральных параллаксов расстояние до скопления найдено равным $r_{cl} = 1.7$ кпс (при $R = 3.0$ [5, 13]). Прямое усреднение значений расстояний, полученных разными методами ($(U-B)_0 - M_V$ кали-

бровки, $H_3 - M_V$ калибровки [14], $P - Q$ метода [5], МК-спектральной калибровки [10, 12, 15]) для звезд — членов скопления приводит к немного меньшей величине $r_{cl} = 1.6$ кпс.

В работах [5, 14, 16—18] получены оценки возраста скопления NGC 2244. Среднее значение $\langle t \rangle = (2 \div 5) \cdot 10^6$ лет. Такой возраст предполагает наличие пыли вблизи скопления.

4. Нами построено распределение поверхностной плотности звезд с расстоянием от центра скопления по звездным картам из работы [5] в пределах круга диаметром $44'$ по 7 кольцевым зонам размером $3.05'$ (рис. 1а). Кроме того в пределах туманности Розетка выделено для исследования восемь секторных областей, первая вверху, нумерация по часовой стрелке. На рис. 1 представлено аналогичное распределение поверх-

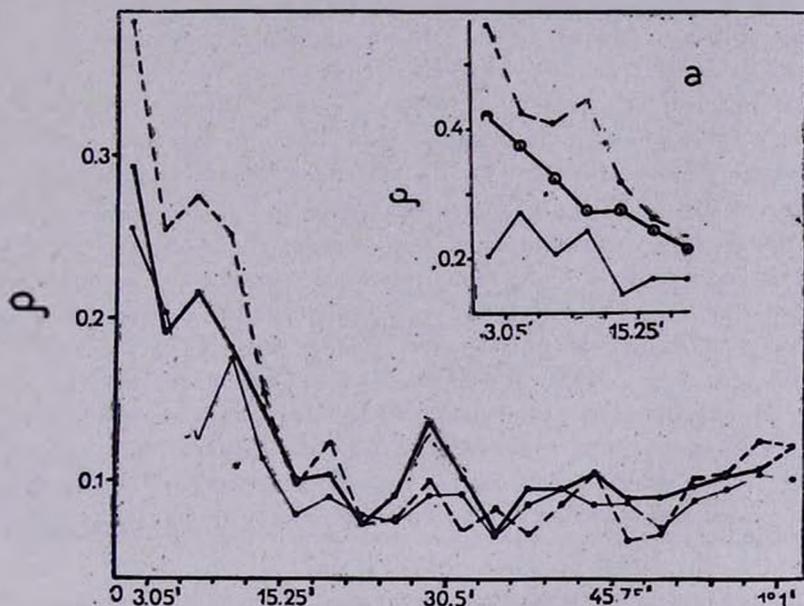


Рис. 1. Распределение поверхностной плотности звезд ρ с расстоянием от центра скопления в широких окрестностях скопления (до 1°) по пластинкам с ДДА АН УССР. Толстой линией нанесен ход плотности в относительных единицах суммарно для всех секторов, тонкой — для IV, V, VI секторов, прерывистой — для IX и X (всего XII секторов, первый — вверху, нумерация по часовой стрелке. а) То же по данным из работы [5]. Всего VIII секторов, толстой линией нанесен ход плотности звезд ρ суммарно для всех секторов, тонкой линией — распределение в секторах II и IV (западная часть Розетки), прерывистой линией — в секторах VI и VII (восточная часть).

ностной плотности звезд в широких окрестностях скопления до 1° от центра. Подсчеты проводились по пластинке, полученной Н. В. Харченко на двойном длиннофокусном астрографе ГАО АН УССР. Как следует из

подсчетов, скопление имеет диаметр не менее $40' \div 45'$ и простирается до края кольца максимальной эмиссии Розетки. Во всех подсчетах поверхностная плотность звезд в западной половине скопления оказалась систематически ниже, чем в восточной.

5. Проведено сопоставление вида поверхностной яркости эмиссии Розетки [19] с поверхностной плотностью звезд ранних спектральных классов O—B—A из каталога [8], а также с плотностью звезд—членов скопления, выделенных по *UBV*-фотометрии [5] и по собственным движениям [9] в окрестности ядра скопления NGC 2244 (рис. 2). Поверхностная плотность звезд, отнесенных к членам скопления разными методами, в восточной части намного больше, чем в западной. Звезды—члены скопления, выделенные по собственным движениям, практически отсутствуют в западной части эмиссионного кольца (см. рис. 6 в работе [9]). Такую картину можно объяснить присутствием пылевых уплотнений, которые проектируются на западную часть скопления и заметно уменьшают наблюдаемую предельную звездную величину. В этом случае: 1) участки меньшей поверхностной плотности звезд должны коррелировать с областями пониженной яркости туманности; 2) в западной части эмиссионного кольца избытки звезд E_{B-V} должны быть больше. Действительно, участки пониженной яркости эмиссионной туманности, обозначенные штриховкой на рис. 2, коррелируют с областями низкой поверхностной плотности звезд (прерывистая линия), отнесенных к членам скопления различными методами. Но в то же время избытки, полученные для членов скопления в работе [5], в западной части эмиссионного кольца меньше, чем в восточной, что не согласуется с предложенным объяснением. Наблюдаемое несоответствие устраняется, если принять, что пылевые облака экранируют свет звезд западной части скопления, а звезды, отнесенные *P—Q* методом к членам скопления и имеющие малые избытки, принадлежат переднему фону.

6. Специально исследованы отдельные участки эмиссионного кольца I—V (рис. 2), с однородной поверхностной яркостью эмиссии и близкими избытками цветов для звезд—членов скопления. На рис. 3 представлена кривая поглощения для IV участка (сплошная линия). Для участков I, II и V нанесены отдельные звезды, так как их количество очень мало для построения средних кривых поглощения. Звезды III участка имеют большой разброс в избытках ($0.14^m \div 0.56^m$). Прерывистой линией нанесена кривая, построенная по всем звездам, расположенным в направлении на центральную часть скопления в диаметре $\sim 25'$. Из рис. 3 следует, что все звезды западной части эмиссионного кольца с измеренными *B*, *V*-величинами и спектрами, имеющие малые избытки ($\langle E \rangle = 0.17^m$), распо-



Рис. 2. Область исследования (рис. 2 из работы [5]). Толстой линией нанесен контур молекулярного облака [22], заштрихованные участки — области пониженной яркости эмиссии Розетки, прерывистой линией очерчены области пониженной плотности звезд — членов скопления, тонкой линией выделены границы «дырки» в эмиссии и контуры участков I—V.

К ст. Н. Г. Гусевой

ложены на $r < 1$ кпс и поэтому относятся к звездам переднего фона. Естественно считать, что звезды из работы [5] в западной части Розетки с малыми избытками цвета, определенными $P-Q$ методом, также принадлежат переднему фону. Звезды с большими избытками на $r > 1$ кпс в направлении на западную часть эмиссионного кольца отсутствуют, поскольку они экранируются пылевыми облаками. Если скопление симметрично, то в западной части скопления должны были бы присутствовать звезды спектрального класса В. Поскольку таких звезд не видно, оптическая плотность экранирующих облаков будет не меньше $A_V \sim 3^m \div 4^m$. Эта величина получена с учетом переднего фона восточной половины Розетки $A_V \sim 0.4^m$ и центральной части $A_V \sim 1.4^m$. Поскольку в западной части скопления во всех исследованиях [5, 8, 9] отсутствуют данные для звезд скопления, дальнейшие выводы будут основаны на данных для восточной половины Розетки — участки IV и V и ядра скопления.

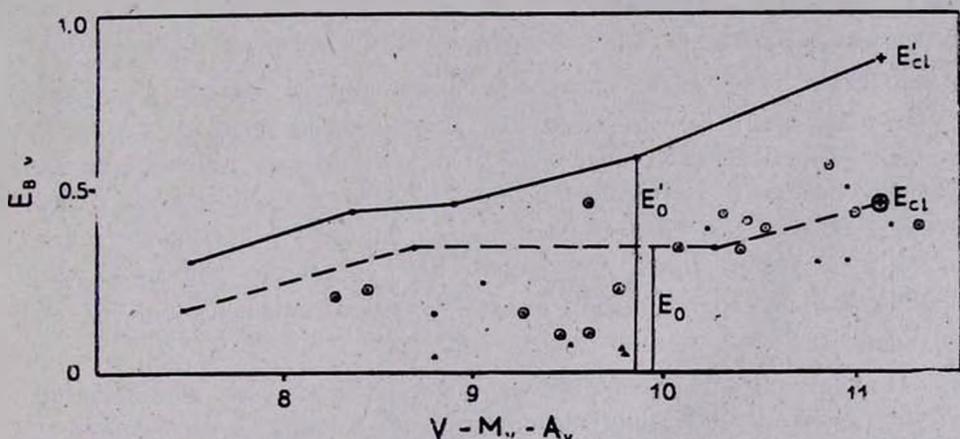


Рис. 3. Кривые поглощения для центральной части скопления — прерывистая линия и IV участка — сплошная линия. Нанесены отдельные звезды из других участков: с использованием B, V -величин ГАО (каталог [8]) (▲ — I уч., ■ — II уч., • — V уч.); с определениями Огюры (треугольник в кружке — I уч., квадрат в кружке — II уч., ⊙ — V уч.); спектры везде из [8]. ⊕ — среднее значение E_{cl} для звезд — членов скопления в центральной области и + — E'_{cl} — аналогичная величина в IV участке.

7. Согласно [9], ряд звезд скопления из каталога [5] имеет большие собственные движения. Часть этих звезд, особенно относящихся к восточной половине Розетки, имеет большие избытки цвета по определению Огюры и Исиды [5]. Направление на скопление NGC 2244 практически совпадает с направлением на апекс Солнца. Поэтому в величине l_y отражено в первую очередь движение Солнца среди звезд (параллактическая часть). Мы попытались проверить, не могут ли эти звезды с большими

собственными движениями действительно быть звездами переднего фона. Это означало бы, что на кривой поглощения на рис. 2 не учтено какое-то количество звезд вблизи 1 кпс с большими избытками. Такие звезды могут не иметь спектральной классификации из-за близости звездных величин к предельно слабым для данного исследования. Поэтому среднее значение избытка цвета для звезд—членов скопления в IV участке (крестик на рис. 3) определено только на основании данных работы [5]. Все остальные точки на кривых построены по данным каталога [8].

Чтобы оценить критерий принадлежности звезд к переднему фону по величине собственного движения, были использованы данные о расстояниях и средних собственных движениях для 35 скоплений из работы [20]. Построены зависимости μ_x'' и μ_y'' от r , из которых следует, что по крайней мере в этой выборке нет скоплений с $r > 1$ кпс, у которых $|\mu_x| > 0.6''$ и $|\mu_y| > 0.9''$ (собственные движения приведены за 100 лет). Были отобраны все звезды из работы [5], собственные движения которых отличаются на $1.0''$ от средних для скопления ($\bar{\mu}_x = -0.073''$, $\bar{\mu}_y = 0.230''$). Таких звезд оказалось 58, из них 23 звезды $P-Q$ методом отнесены к членам скопления. Соотношение звезд гало и диска по данным работы [21] (модель „А“) равно 1:34 при $z = 0.061$ пс для центра скопления NGC 2244 и $r_{cl} = 1.7$ кпс. Действительно, только 9 звезд из всех 287 измеренных имеют большие собственные движения в μ_x и могут быть „бегунами“. Все остальные звезды на диаграмме $\mu_x - \mu_y$ сгруппированы вблизи нулевого значения μ_x , в области больших μ_y .

По принятому в практике исследования звездных скоплений статистическому критерию отделения членов скопления от звезд фона — критерию Эббигхаузена — звезды, расположенные на диаграмме собственных движений вне границ $2\sigma_{\mu}$, не принадлежат скоплению. Все 58 звезд находятся далеко за границей $2\sigma_{\mu}$, даже для звезд с самым низким классом качества I и наибольшим из определенных в работе [9] $\sigma_{\mu} = 0.3/100$ лет. Для этих 23 звезд по нашей просьбе М. Д. Метревели (Абастуманская астрофизическая обсерватория) провела дополнительную спектральную классификацию. Все эти звезды слабые, и среди них не оказалось звезд со спектральным классом более ранним, чем F2. С пределом каталога [8]

$V = 13.2^m$ и $r_{cl} = 1.7$ кпс все они заведомо принадлежат переднему фону. Таким образом, часть звезд в восточной половине эмиссионного кольца Розетки, для которых $P-Q$ методом определены большие избытки, в действительности относятся к переднему фону; это звезды поздних спектральных классов с малыми избытками цвета. С фотоэлектрически точными

определениями B , V -величины, из-за неточности $P-Q$ метода, при отношении к членам скопления NGC 2244 звезд переднего фона их избытки цвета увеличиваются на $0.2^m + 0.6^m$. Все такие звезды исключены нами из анализа.

8. Из рис. 3 видно, что оставшаяся разница в поглощении между центральной и восточной частью скопления в основном определяется различием поглощения переднего фона этих участков уже на внешней границе местного спирального рукава ($r \sim 1$ кпс).

Допустим, что разница в избытках цвета звезд центральной части скопления и их переднего фона $E_1 = E_{cl} - E_0$ (рис. 3) относится к некоторой сферической пылевой оболочке, окружающей ядро скопления, восточная часть которой доступна нашим измерениям. Тогда ее оптическая толщина не превышает $A_V = 3 \cdot E_1 = 3 \cdot (E_{cl} - E_0) = 3 \cdot (0.47^m - 0.34^m) = 3 \cdot 0.13^m$. Если предположить, что пыль в ней распределена равномерно и фотометрией [5] охвачены все звезды, расположенные в ее пределах, то E_1 можно также оценить как $E_1 = 1/2 (E_{max} - E_0) = 0.09^m$, где E_{max} — звезда с максимальным избытком в пределах $3'$ от центра скопления. С учетом разницы в величине переднего фона для звезд центральной полости $E_0 = 0.34^m$ и восточной части эмиссионного кольца $E_0 = 0.58^m$ был рассчитан ход избытков с расстоянием от центра. На рис. 4 толстой линией представлено наблюдаемое

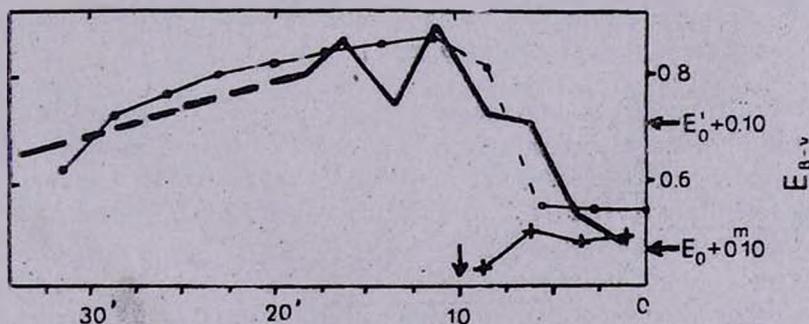


Рис. 4. Распределение средних избытков звезд — членов скопления с расстоянием от центра скопления. Толстой линией представлено наблюдаемое распределение, тонкой — рассчитанное. Стрелкой указана граница «полости» в эмиссии. Крестиками дано распределение для ярких членов центра скопления по данным [12] и [15].

мое распределение, тонкой — рассчитанное. Стрелкой указана граница эмиссии. В области $3' + 9'$ от центра происходит наложение участков с избытками звезд переднего фона, равными E_0 и E_0' (пунктир на 6—327

рис. 4 вблизи края центральной полости эмиссии). Принимая расстояние от центра скопления до внешней границы пылевой оболочки равным $32'$ и поглощение в ней $A_V = 0.3^m$, получаем наилучшее согласие с наблюдательными данными.

9. Представленные результаты получены с использованием всех звезд, измеренных в работе [5]. Найдено резкое увеличение избытков при $B \geq 14.9^m$ в построенном по данным работы [5] распределении избытков звезд — членов скопления от звездных величин B . Увеличение избытков с увеличением звездных величин может быть обусловлено ошибками в определении звездных величин слабых звезд и ошибками в отнесении к членам скопления звезд, не принадлежащих скоплению. Если исключить из рассмотрения слабые звезды каталога [5] с $B > 14.9^m$, то $E'_{cl} = 0.78^m$. Предположим теперь, что величина $E_{cl} - E_0$ набирается в промежутке Местный спиральный рукав — скопление. Если E_0 , определяемое по кривой межзвездного поглощения (рис. 3), вычислить лишь по самым далеким звездам, оно будет равно $E'_0 = 0.62^m + 0.65^m$, и тогда величина $E'_{cl} - E'_0 = 0.78^m - 0.65^m = 0.13^m$ будет такая же, как и $E_{cl} - E_0 = 0.47^m - 0.34^m = 0.13^m$. В таком случае в восточной части эмиссионного кольца пыль полностью отсутствует.

Отметим, что все звезды V участка, расположенного в восточной части Розетки, хорошо ложатся на кривую поглощения, построенную по звездам в пределах центральной полости (рис. 3). По-видимому, поглощение переднего фона для звезд V участка равно поглощению переднего фона для звезд центральной области.

10. Итак, на основании спектральных данных [8] и собственных движений [9] была проведена частичная ревизия членов скопления NGC 2244 из работы [5]. Показано, что часть звезд, отнесенных к членам скопления $P-Q$ методом [5], в действительности принадлежит переднему фону. Найдено, что поглощающее вещество находится не внутри эмиссионной туманности, как считалось раньше [5], а перед нею. В пределах восточной половины кольца максимальной эмиссии Розетки практически отсутствует пыль. Верхний предел поглощения здесь $A_V = 0.3^m$.

В направлении на юго-западную часть Розетки, на расстоянии $r > 1$ кпс расположены очень плотные пылевые облака, экранирующие свет звезд скопления. Оценка их оптической плотности дает величину $A_V \sim 3^m + 4^m$.

Автор выражает благодарность Н. В. Харченко за предоставленный наблюдательный материал для звездных подсчетов и М. Д. Метревели за

проведенную дополнительную спектральную классификацию слабых звезд.

Главная астрономическая
обсерватория АН УССР

THE 2 MON STAR FORMATION REGION. THE CLUSTER REGION NGC 2244

N. G. GUSEVA

On the basis of the catalogue of B , V star magnitudes and spectra of O—B—A stars [8] as well as of the photometric data in U , B , V [5] and the proper motions [9] the dust matter has been concluded to be absent within the cast bound of maximal emission of Rosette (diameter $\sim 45'$). It has been shown that if the dust shell, surrounding the cluster nucleus, exists in the emission region the upper limit of its optical thickness will not exceed $A_V = 0.3^m$. On the western part of Rosette at a distance of $r > 1$ kpc the dust clouds with optical thicknesses $A_V \sim 3^m \div 4^m$, shielding the light should be observed.

ЛИТЕРАТУРА

1. *W. G. Mathews*, Ap. J., 144, 206, 1966.
2. *W. F. Fountain, G. A. Gatty, C. R. O'Dell*, Ap. J., 229, 971, 1979.
3. *M. G. Smith*, Ap. J., 182, 111, 1973.
4. *M. H. Schneps, P. T. P. Ho, A. H. Barrett*, Ap. J., 240, 84, 1980.
5. *K. Ogura, K. Ishida, P. A. S. Japan*, 33, 149, 1981.
6. *T. K. Menon*, Ap. J., 135, 394, 1962.
7. *L. Bottinelli, L. Gougunheim*, Ann. Astrophys., 27, 685, 1964.
8. Каталог B , V -величин и спектров 6000 звезд, Наукова думка, Киев, 1985.
9. *L. A. Marschall, W. F. van Altena, L.—T. G. Chiu*, A. J., 87, 1497, 1982.
10. *Н. Г. Гусева, М. Д. Мегревели*, Бюлл. Абастуманской обс., 1984.
11. *Th. Schmidt-Kaler*, In: "Landolt-Bornstein Zahlenwerte und Funktion aus Naturwissenschaften und Technik", New serie, Gruppe Y1, Astronomie, Astrophysik und Weltraumforschung, B. 1., Astronomie und Actrophysik, Berlin etc, Springer, 1965, S. 284—315.
12. *H. L. Johnson*, Ap. J., 136, 1135, 1962.
13. *D. G. Turner*, Ap. J., 210, 65, 1976.
14. *A. M. Heiser*, A. J., 82, 973, 1977.
15. *W. W. Morgan, W. A. Hiltner, J. S. Neff, R. Garrtson, D. E. Osterbrock*, Ap. J., 142, 974, 1965.
16. *R. M. Hjellming*, Ap. J., 154, 533, 1968.

17. *D. E. Osterbrock, R. E. Stockhausen*, *Ap. J.*, 131, 310, 1960.
18. *H. van Schewick*, *Veroff. Univer. Sternwarte Bonn*, 11, 1, 1958.
19. *Э. Маркс*, *Йенское обозрение*, 1, 4, 1981.
20. *А. А. Латыпов*, *Астрон. ж.*, 56, 515, 1979.
21. *Y. Yoshii*, *P. A. S. Japan*, 34, 365, 1982.
22. *L. Blitz, P. Thaddews*, *Ap. J.*, 241, 676, 1980.