

УДК 524.57+524.54

Структура области звездообразования W3/W4.

III. Межзвездное поглощение и пространственное распределение пылевых облаков в области эмиссионной туманности IC 1795

Л. Н. Колесник

На основании каталога фотометрических и спектральных данных исследовано распределение пылевого вещества в площадке вокруг эмиссионной туманности IC 1795 (W3). Межзвездное поглощение на всем луче зрения от Солнца до области звездообразования W3 составляет от 3.8 до 6.7^m. Поглощение в облаках переднего фона равно примерно 2^m. В пылевых облаках, связанных с молекулярным комплексом W3, межзвездное поглощение изменяется от 2 до 5^m. В восточной и южной (диффузных) частях эмиссионной туманности IC 1795 пылевое вещество практически отсутствует, туманность находится на внешнем крае молекулярно-пылевого облака.

STRUCTURE OF THE W3/W4 STAR FORMATION REGION. III. INTERSTELLAR EXTINCTION AND SPACE DISTRIBUTION OF DUST CLOUDS IN THE REGION OF THE EMISSION NEBULA IC 1795, by Kolesnik L. N.— The catalogue of *B, V* magnitudes and spectral classes of O—B—A stars in the field around the emission nebula IC 1795 was used for the investigation of the distribution of dust clouds along the line of sight by colour excesses of stars. Fig. 3. shows the variation of A_V with distance in the area of CO molecular cloud. The W3 dusty molecular cloud complex is located at the distance $r=2.2\pm 0.2$ kpc. The total visual absorption from the Sun to W3 is between 3.8 ± 0.12^m and 6.7 ± 0.18^m , the extinction in the foreground dust clouds ($r\leq 0.9$ kpc) is 1.9 ± 0.15^m . Therefore, the intrinsic foreground corrected extinction for the region around the emission nebula IC 1795 ranges from 1.9 ± 0.15^m to 4.8 ± 0.18^m . The eastern and southern diffuse parts of the H II region of IC 1795 are almost free from the associated dust matter, the nebula is located at the edge of the W3 molecular cloud.

Введение. Комплекс W3 молекулярных облаков и областей H II, одна из наиболее изученных областей образования звезд высоких светимостей в Галактике, расположен в направлении $\alpha_{1950} \approx 2^h 22^m$, $\delta_{1950} \approx +61^\circ 50'$ ($l \approx 133.7^\circ$, $b \approx +1.2^\circ$). Входящая в него эмиссионная туманность IC 1795, наблюдавшаяся в 1958 г. [32] как источник радиоизлучения W3,— наиболее молодая часть цепочки протяженных областей H II IC 1795/IC 1805/IC 1848, в которых процесс звездообразования распространяется параллельно галактическому экватору с юго-востока на северо-запад [19].

В западной части оптической туманности IC 1795 расположена группа компактных конденсаций H II размерами от 20 до 100'' [26]. Здесь же в области 2'×3' обнаружено скопление источников ИК-излучения, исследованных в близкой [5, 6] и далекой ИК-областях спектра [28, 31, 33]. Большинство из них совпадает с компактными областями H II. Ядро W3 содержит источники мазерного излучения OH и H₂O; в 17' юго-восточнее основного компонента W3 находится источник мазерного излучения W3 OH—одна из наиболее молодых компактных конденсаций H II в Галактике [10, 14, 19]; размер ее 1.6×1.2'' [27].

Все эти объекты погружены в молекулярное облако, наблюдаемое по эмиссии оксида углерода [18]. Комплекс W3 окружает большое облако атомарного водорода [7, 22]. Северо-западнее области W3 находится оболочка остатка вспышки сверхновой SNRHB3, ее возраст — 10⁵ лет [22, 30].

Несмотря на очень большое количество работ, посвященных исследованию молекулярного комплекса W3 в самых различных диапазонах спектра, в литературе нет данных о количестве пылевого вещества, связанного с этой областью звездообразования. В некоторых работах определено суммарное поглощение на всем луче зрения от Солнца до области звездообразования и детально изучено распределение A_V в картинной плоскости, однако в них не отделены пылевые облака переднего фона от пылевого вещества, связанного с комплексом W3 [9, 13, 21]. Между тем в случае W3 это особенно важно, поскольку молекулярный комплекс расположен вблизи галактической плоскости на большом расстоянии от Солнца: фотометрические методы дают расстояние $r \approx 2$ кпк [11, 21, 24], кинематические — около 3 кпк [12, 15, 23, 30].

Вопрос о наличии пылевого вещества в областях Н II обсуждается давно. Некоторые авторы отмечают, что области Н II не должны содержать больших количеств пылевого вещества [17, 25, 29].

Цель настоящей работы — исследовать распределение пылевых облаков вдоль луча зрения в направлении на молекулярный комплекс W3 с тем, чтобы отделить межзвездное поглощение в облаках переднего фона и выяснить, какое количество пылевого вещества связано с областью звездообразования W3.

Межзвездное поглощение. Исследование межзвездного поглощения в направлении на область звездообразования W3 проведено методом избытков цвета на основании

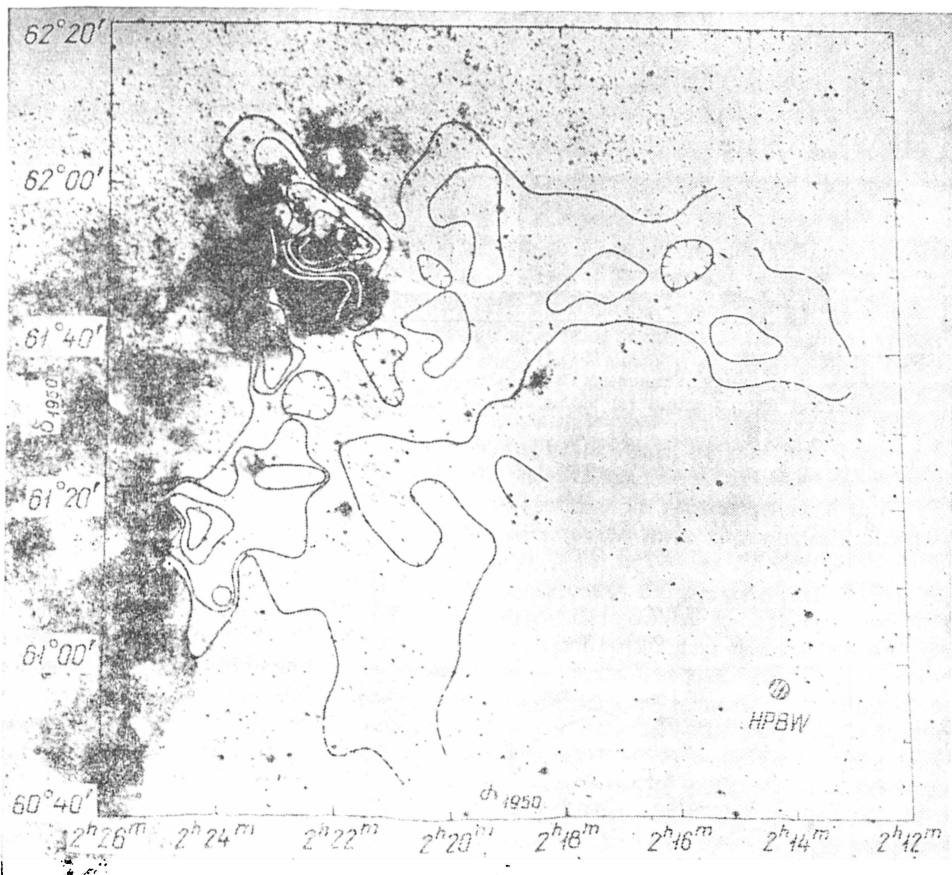


Рис. 1. Область эмиссии CO вокруг W3 (IC 1795), согласно [18, рис. 1]

составленного ранее каталога BV-величин и спектральных классов 1100 звезд O—B—A в площадке диаметром $4^{\circ}50'$ вокруг рассеянного звездного скопления IC 1805 [1, 3]. Кривые избытков цвета и межзвездного поглощения построены для области эмиссии CO (рис. 1), согласно [18, рис. 1].

Методика обработки наблюдательного материала, построения кривой межзвездного поглощения, вычисления расстояний полного охвата звезд различных спектральных классов, а также ошибок средних избытков цвета описаны в [2, 4]. Все вычисления выполнены на ЭВМ ЕС-1022.

Полученные кривые избытков цвета и межзвездного поглощения представлены на рисунках 2 и 3 соответственно. Для каждой точки указано количество звезд, по которым она построена, а также средние квадратичные ошибки определения средних избытков цвета. Способ вычисления средних квадратичных ошибок средних модулей расстояний описан в [16]; они составляют около 0.7^m . На рис. 3 нанесены расстояния полного охвата звезд разных спектральных классов [4, табл. 2]. При этом исходили

из того, что каталог [1] для площадки вокруг IC 1805 является полным до $V=11.6^m$, хотя предельная величина его составляет $V_{lim} \approx 13.0^m$ [1, 2, 4].

Кривая межзвездного поглощения дополнена четырьмя звездами (№ 31, 36, 102 и 109; $V=12.77-14.51^m$) из работы [21]. Они классифицированы по спектрограммам, полученным на 188-см рефлекторе обсерватории Окаяма и представлены в дополнении к [21] (они не использовались в указанной работе). Эти звезды, позволившие уточнить и дополнить дальний конец кривой, обозначены на рис. 2 звездочками. Их поглощения составляют от 5.16^m (№ 36) до 6.96^m (№ 102). Поскольку звезды, принадлежащие области звездообразования, могут быть окутаны пылевыми оболочками и иметь

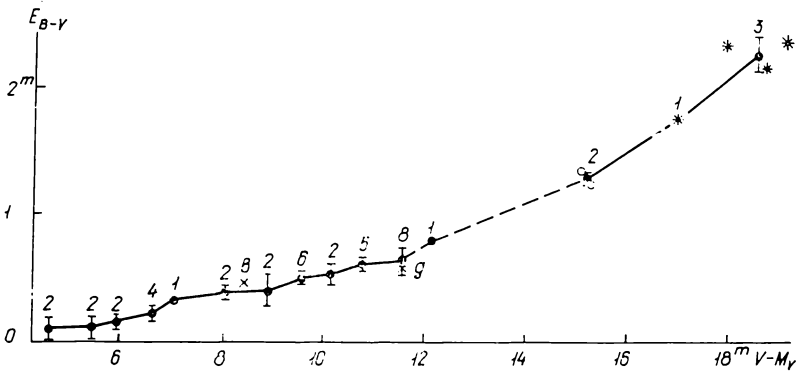


Рис. 2. Кривая зависимости избытков цвета от модулей расстояний звезд в направлении на молекулярное облако CO и область H II W3

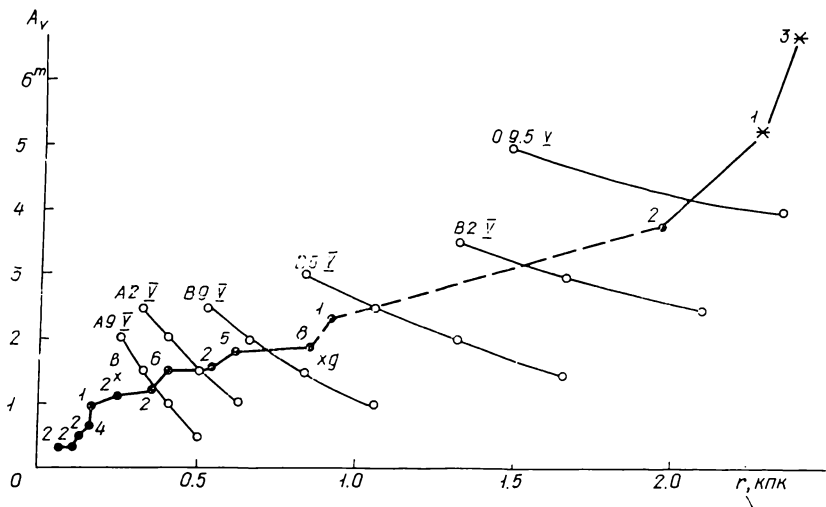


Рис. 3. Кривая межзвездного поглощения A_V в направлении на молекулярный комплекс W3

разные A_V , средние точки на кривой избытков цвета нанесены только до $r \approx 0.9$ кпк, т. е. для пылевых облаков переднего фона, принадлежащих Местной спиральной ветви. На больших расстояниях каждая звезда на рис. 2 нанесена отдельно. Однако дисперсия точек в конце кривой оказалась не больше, чем для отдельных ее частей, поэтому для звезд (на рисунке они обозначены кружками) $+61^\circ 68$ и $62^\circ 72$, а также для звезд № 31, 102 и 109 из каталога [21] построены также и средние точки. Однако необходимо отметить, что при наличии у звезд околозвездных пылевых оболочек различной плотности и толщины построение для них средней кривой межзвездного поглощения вообще теряет смысл.

Сравнение с результатами других исследований. Для 11 звезд в области W3, находящихся вблизи максимумов радиоизлучения (обнаруженных авторами [26]), на 3-м телескопе Ликской обсерватории получены [8] спектрограммы с эффективным раз-

решением около 0.7 м. На кривую зависимости избытков цвета звезд от модулей расстояний (рис. 2) косым крестиком нанесены звезды b и g из работы [8] (в [21] они имеют номера 40 и 41); использовались спектральные классы из [8] и V, B—V из [21], поскольку в [8] нет данных о цветах звезд B—V. В таблице представлены сводные данные о звездах b и g. Эти звезды оказались звездами переднего фона; они отлично укладываются на кривую, представленную на рис. 2, отклонения составляют +0.06 и -0.07^m соответственно.

Фотометрические и спектральные данные о звездах b и g

Звезда	S_p [8]	V		B—V [21]	E_{B-V} (Настоящая работа)	A_V		r , кпк	
		[8]	[21]			[8]	Настоящая работа	[8]	Настоящая работа
b	G0 V	13.06 ^m	13.01 ^m	1.04 ^m	0.46 ^m	0.15 ^m	1.38 ^m	0.5	0.25
g	F2 V	14.66	14.64	0.93	0.58	0.60	1.74	1.6	0.91

Необходимо отметить, что вычисленные нами на основании спектральных классов из [8] и V, B—V из [21] поглощения A_V (таблица) значительно отличаются от A_V из [8], хотя значения V в работах [8] и [21] превосходно совпадают. К сожалению, авторы [8] не объясняют, каким образом они получили значения A_V , отмечают только, что для этого использованы узкополосные показатели цвета в красной области спектра между 540—670 и 600—670 нм, чем, вероятно, и вызвано различие в значениях A_V .

Результаты. Полученная кривая межзвездного поглощения представляет распределение пылевого вещества вдоль луча зрения в направлении на комплекс молекулярных облаков и областей Н II W3 (рис. 3). На рисунке видно, что пылевые облака, принадлежащие к Местной спиральной ветви, расположены на расстоянии $r \leq 0.9$ кпк, где A_V достигает значения примерно 1.9^m. Это и есть межзвездное поглощение в пылевых облаках переднего фона.

Расстояния звезд +61°63 и +62°81, а также звезд из каталога [21] (№ 31, 36, 102 и 109, спектральные классы O7—B2) свидетельствуют об их принадлежности к молекулярному комплексу W3. Их среднее расстояние $r \approx 2.2$ кпк, среднее межзвездное поглощение составляет от 3.8 до 6.7^m. Чтобы отделить пылевое вещество, связанное с молекулярным комплексом W3, необходимо из этих значений вычесть поглощение в облаках переднего фона, равное примерно 2^m, тогда поглощение в пылевых облаках, принадлежащих к области звездообразования W3, заключено в пределах приблизительно от 2 до 5^m. Таким образом, молекулярный комплекс W3 находится на расстоянии $r \approx 2.2$ кпк, т. е. на том же расстоянии, что и эмиссионная туманность IC 1805 (W4) [2]. Диаметр области Н II IC 1795 при $r = 2.2$ кпк — около 8 пк, размеры молекулярного облака — примерно 25×55 пк.

Сато [24] выполнил фотометрические наблюдения звезд ярче 14.7^m в системе UVB в площадке размером 25×30' вокруг IC 1795 и нашел, что расстояние до эмиссионной туманности составляет 2 кпк. На основании UVB-фотометрии звезд до $V = 16^m$ в площадке 30×30' вокруг IC 1795 авторы работы [21] отнесли девять звезд к спектральным классам O—B и получили расстояние $r = 1.8$ кпк.

Попытка определить поглощение в пылевых облаках переднего фона сделана в [5]. Для этого использовано 40 звезд с известными спектральными классами в большой площадке размером 6 кв. град, расположенной на расстоянии 1° юго-западнее W3. Оказалось, что A_V этих звезд составляют от 2 до 4^m, из чего авторы работы [5] заключили, что поглощение переднего фона равно 4^m. Вероятно, из использованных 40 звезд к переднему фону принадлежат звезды с $A_V \leq 2^m$, в то время как звезды с $A_V \approx 4^m$ находятся на больших расстояниях. Это тем более вероятно, что 22 звезды из использованных 40 принадлежат к ранним спектральным классам и находятся поэтому в большинстве случаев на больших расстояниях. Кроме того, большой размер площадки и ее положение к юго-западу от W3 также снижают точность полученного результата.

Из сопоставления оптического и радионизлучения IC 1795 в работе [9] получено детальное распределение поглощения по туманности (с разрешением 9.6"). Оказалось,

что суммарное поглощение от Солнца до большей части туманности составляет 2^m . В западной части туманности, где обнаружена группа компактных областей H II [26], A_V достигает 5^m . Здесь к IC 1795 примыкают пылевые уплотнения с поглощением от 5 до 7^m . Эти результаты совпадают с приведенным в настоящей работе максимальным значением $A_V = 6.75^m$ (рис. 3). Полученные значения нуждаются в поправке за поглощение в пылевых облаках переднего фона $\Delta A_V = -2^m$, после учета которой оказалось, что пылевое вещество в восточной и южной частях эмиссионной туманности IC 1795 практически отсутствует, а наиболее плотные пылевые облака расположены западнее, за пределами области эмиссии, где A_V составляет около $4-5^m$.

В работе [2] нами сделан вывод о практически полном отсутствии межзвездной пыли в области оболочечной эмиссионной туманности IC 1805. Эти результаты показывают, что в туманностях IC 1805 и IC 1795 пыль должна быть рассеяна и разрушена ионизирующим излучением звезд высокой светимости. Ранее на основе наблюдений радиорекомбинационных линий водорода и гелия такой же вывод был сделан в работах [19, 25].

Заключение. Проведенное нами исследование распределения межзвездной пыли в направлении на молекулярный комплекс W3 позволяет сделать следующие выводы: 1. Комплекс W3 молекулярных облаков и областей H II ($l = 133.7^\circ$, $b = +1.2^\circ$) находится на расстоянии примерно 2.2 кпк на внутренней стороне спиральной ветви Персея; 2. Диаметр области H II IC 1795 составляет около 8 пк, размеры молекулярного облака, наблюдаемого по эмиссии CO, приблизительно 25×55 пк; 3. Межзвездное поглощение на всем луче зрения от Солнца до области звездообразования W3 составляет от 3.8 до 6.7^m . Поглощение в облаках переднего фона, принадлежащих к Местной спиральной ветви, — около 2^m . Поглощение в пылевых облаках, связанных с молекулярным комплексом W3, — примерно от 2 до 5^m ; 4. Плотные горячие фрагменты CO, обнаруженные в области молекулярного облака W3 [18], в пределах контура $A_V = 5^m$ имеют размеры 5—10 пк; 5. В восточной и южной (диффузной) частях эмиссионной туманности IC 1795 количество пылевого вещества незначительно (возможно, оно практически отсутствует), туманность находится на внешнем крае молекулярно-пылевого облака.

1. Ворошилов В. И., Гусева Н. Г., Каландадзе Н. Б. и др. Каталог BV-величин и спектральных классов 6000 звезд. — Киев: Наук. думка, 1985. — 138 с.
2. Колесник Л. Н., Метревели М. Д. Пространственное распределение пылевого вещества в направлении на область звездообразования W3/W4. — Киев, 1983. — 38 с. — (Препринт / АН УССР. Ин-т теорет. физики; ИТФ-83-92Р).
3. Колесник Л. Н., Метревели М. Д. Структура области звездообразования W3/W4. I. Исследование каталога BV-величин и спектральных классов 1150 звезд / Астрометрия и астрофизика. — 1984. — Вып. 51. — С. 3—7.
4. Колесник Л. Н., Метревели М. Д. Структура области звездообразования W3/W4. II. Исследование межзвездного поглощения // Кинематика и физика небес. тел. — 1985. — 1, № 3. — С. 53—63.
5. Beetz M., Elsässer H., Poulakos C., Weinberger R. Several H II regions in the near infrared // *Astron. and Astrophys.* — 1976. — 50, N 1. — P. 41—46.
6. Beetz M., Elsässer H., Weinberger R. The H II region W3 in the near infrared // *Ibid.* — 1974. — 34, N 2. — P. 335—337.
7. Braunsfurth E. Neutral hydrogen in the Cas OB 6 association // *Ibid.* — 1983. — 117, N 2. — P. 297—304.
8. Cohen M., Lewis R. R. Optical studies of embedded infrared sources // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.* — 1978. — 184, N 3. — P. 801—806.
9. Dickel H. R., Harten R. H., Gull T. R. A comparison of high resolution optical and radio observations of W3 // *Astron. and Astrophys.* — 1983. — 125, N 2. — P. 320—332.
10. Dreher J. W., Welch W. J. Discovery of shell structure in the ultracompact H II region W3 (OH) // *Astrophys. J.* — 1981. — 245, N 3. — P. 857—865.
11. Georgelin Y. M., Georgelin Y. P. The spiral structure of our Galaxy determined from H II region // *Astron. and Astrophys.* — 1976. — 49, N 1. — P. 57—79.
12. Georgelin Y. M., Georgelin Y. P., Roux S. Observations de nouvelles régions H II galactiques et d'étoiles excitatrices // *Ibid.* — 1973. — 25, N 3. — P. 337—350.
13. Goudis C., White N. J. Heavy obscuration in the direction of W3/W4/W5 // *Ibid.* — 1980. — 83, N 1/2. — P. 79—85.
14. Harten R. H. Aperture synthesis observations of W3 (OH) (G 133.9+1) // *Ibid.* — 1976. — 46, N 1. — P. 109—116.

15. *Hasegawa T., Sato F., Fukui Y.* A fragmentary cold H I cloud near W3 and W4 // *Astron. J.*—1983.—88, N 5.—P. 658—665.
16. *Kolesnik L. N.* Die Entfernungen der hellen Sterne im Sternring 274 // *Astron. and Astrophys.*—1972.—16, N 1.—P. 155—157.
17. *Krügel E., Mezger P. G.* An interpretation of the radio- and IR-spectrum of the compact H II regions W3(A) and W3(OH) // *Ibid.*—1975.—42, N 3.—P. 441—448.
18. *Lada C. J., Elmegreen B. G., Cong H.-J., Thaddeus P.* Molecular clouds in the vicinity of W3, W4 and W5 // *Astrophys. J.*—1978.—226, N 1.—P. L39—L42.
19. *Mezger P. G., Smith L. F.* Radio observations related to star formation // *Star formation* / Eds T. de Jong, A. Maeder.—*IAU, 1977.*—P. 133—177.
20. *Mezger P. G., Smith L. F., Churchwell E.* IR-excess radiation and the absorption characteristics of dust in galactic H II regions // *Astron. and Astrophys.*—1974.—32, N 3.—P. 269—282.
21. *Ogura K., Ishida K.* *UBV* photometry of the stars in the fields of emission nebulae. III. IC 1795 // *Publs Astron. Soc. Jap.*—1976.—28, N 4.—P. 651—664.
22. *Read P. L.* H I aperture synthesis observations towards galactic H II regions. II. W3 // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1981.—194, N 3.—P. 863—878.
23. *Reifenstein III, E. C., Wilson T. L., Burke B. F. et al.* A survey of H 109 α recombination line emission in galactic H II regions of the Northern sky // *Astron. and Astrophys.*—1970.—4, N 3.—P. 357—377.
24. *Sato F.* A study of interstellar matter in the Cassiopeia—Perseus region. III. A search for early type stars and a study of interstellar absorption in the region of emission nebula IC 1795 // *Ann. Tokyo Astron. Observ.*—1970.—12, N 1.—P. 34—50.
25. *Schraml J., Mezger P. G.* Galactic H II regions. VI. 1.95 cm observations with high angular resolution and high positional accuracy // *Astrophys. J.*—1969.—156, N 1.—P. 269—301.
26. *Sullivan III, W. J., Downes D.* Line and continuum synthesis of W3 // *Ibid.*—1973.—29, N 3.—P. 369—375.
27. *Thompson A. R., Clark B. G., Wade C. M., Napier P. J.* The very large array // *Astrophys. J. Suppl. Ser.*—1980.—44, N 2.—P. 151—167.
28. *Thronson H. A., Jr., Campbell M. F., Hoffmann W. F.* The large-scale far-infrared structure of W3 and W4 // *Astrophys. J.*—1980.—239, N 2.—P. 533—539.
29. *Thronson H. A., Jr., Harper D. A.* Compact H II regions in the far-infrared // *Ibid.*—1979.—230, N 1.—P. 133—148.
30. *Wendker H. J., Altenhoff W. J.* A 2695 map of the IC 1795/1805/1848 region // *Astron. and Astrophys.*—1977.—54, N 1.—P. 301—303.
31. *Werner M. W., Becklin E. E., Gatley J. et al.* High angular resolution far-infrared observations of the W3 region // *Astrophys. J.*—1980.—242, N 2.—P. 601—608.
32. *Westerhout G.* A survey of the continuous radiation from the galactic system at a frequency of 1390 Mc/s // *Bull. Astron. Inst. Neth.*—1958.—14, N 488.—P. 215—260.
33. *Wynn-Williams C. G., Becklin E. E., Neugebauer G.* Infra-red sources in the H II region W3 // *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*—1972.—160, N 1.—P. 1—14.

Глав. астроном. обсерватория АН УССР,
Киев

Поступила в редакцию 10.10.86,
после доработки 26.11.86

Окончание. Начало см. на с. 46

7. *Horan D. M., Kreplin R. W., Fritz G. G.* Direct measurements of impulsive extreme ultraviolet and hard X-ray solar flare emission // *Astrophys. J.*—1982.—255, N 2.—P. 797—805.
8. *Horan D. M., Kreplin R. W., Dere K. P.* Direct measurements of the gradual extreme ultraviolet emission from large solar flares // *Solar. Phys.*—1983.—85, N 2.—P. 303—312.
9. *Tomas R. J.* Solar soft X-radiation.—NASA. Michigan Univ. Dep. Astron., 1970.—193 p.
10. *Thomas R. J., Teske R. G.* Solar soft X-rays and solar activity. II. Soft X-ray emission during solar flares // *Solar Phys.*—1971.—16, N 2.—P. 431—453.

Астроном. обсерватория
Киев. ун-та им. Т. Г. Шевченко,
Братиславский ун-т им. Я. А. Коменского, ЧССР

Поступила в редакцию 10.09.86,
после доработки 04.03.87