

Э. Е. Хачикян

О ПОЛЯРИЗАЦИИ ТУМАННОСТИ ОМЕГА (NGC 6618)

Туманность Омега — одна из ярких диффузных туманностей. В ней наблюдается довольно сильное непрерывное излучение в видимой и аномальная эмиссия в инфракрасной областях спектра. Туманность богата разнообразными структурными деталями и является сильным источником радиоизлучения. В последнее время относительно этой туманности получен ряд интересных данных, однако природа ее излучения еще полностью не ясна.

Причины, возбуждающие свечение туманности, пока точно не известны. Некоторые авторы пытаются указать на источники свечения [1—4]. Однако в [2] отмечается, что самая горячая звезда типа O5 в этой области находится в стороне от туманности и не может быть реальным источником возбуждения. В этой же работе обращается внимание на одну интересную звезду с большим показателем цвета, но вряд ли эта звезда может быть источником возбуждения такой яркой и протяженной туманности, как NGC 6618. В [5] показано, что для возбуждения этой туманности необходимо иметь либо шесть звезд типа O5, либо 12 типа O6, либо две звезды типа O5 и восемь — типа O6. Таких звезд в этой области пока не обнаружено. Вопрос же об источниках возбуждения является одним из фундаментальных при объяснении свечения туманностей.

Как отмечалось выше, туманность является источником радиоизлучения. Многочисленные измерения радиоизлучения этой туманности показывают [6—16], что в сантиметровом и дециметровом диапазоне (до 30 см) поток мало зависит от длины волны (порядка $7 \cdot 10^{-24}$ вт/м² гц). Однако начиная

от $\lambda = 30$ см он резко уменьшается и у $\lambda = 3.5$ м становится на два порядка меньше [10].

Здесь следует отметить, что радионизлучение туманности Омега исходит из темной западной области с угловым диаметром в $0^{\circ}.13$. Между тем наиболее яркая часть оптического изображения туманности по площади в 30 раз больше ($0^{\circ}.8 \times 0^{\circ}.7$) [3] и не совпадает с областью радионизлучения. Однако некоторые авторы распространяют выводы, полученные по радионаблюдениям и на эту оптическую область туманности, хотя остается неясным является ли наблюдаемая в западной области „глобула“ темным облаком, проектирующимся на туманность, или составной частью туманности.

Расчеты показывают [17], что отношение яркости в видимой области спектра NGC 6618 к яркости в лучах H_{α} превышает в два раза соответствующее отношение для типичной диффузной туманности NGC 6523, а по [2] это отношение примерно равно единице. Что же касается инфракрасной области, то здесь излучение NGC 6618 на порядок превосходит таковую для NGC 6523. В [2] показано, что это вызвано в основном свечением запрещенных линий [S III].

Значительно различаются оценки массы и электронной плотности туманности Омега, полученные различными авторами (табл. 1).

Таблица 1

Автор	NGC 6618	
	M/M_{\odot}	$N_e \text{ см}^{-3}$
Шайн и Газе [18]	260	110
Гершберг и Метик [19]	1100	
Цинь Жун-Хао [5]	1100	600
Гук [20]	515	
Парийский [12]	350	900
Боггесс [21]	1000	180

Для расстояния туманности также имеются разноречивые определения (от 1000 до 4000 парсек) [4, 12, 22—24].

Все эти, иногда противоречивые данные, а также высокая степень поляризации излучения NGC 6618, обнаруженная В. А. Домбровским [25], говорит о ней, как о необычном и интересном объекте. В некоторых работах делается даже слабая попытка усомниться в обычном для диффузных туманностей тепловом характере излучения этой туманности [8, 10], а в [25] это делается более уверенно.

Все вышесказанное требует детального и всестороннего изучения туманности Омега для выяснения ее физической природы.

В последнее время метод поляриметрических исследований во многих случаях помогал в истолковании многих наблюдательных данных. В частности, не раз показывалось, что не во всех случаях свечение диффузных туманностей можно объяснить тепловым излучением или флуоресценцией.

С этой точки зрения желательно иметь детальную поляризационную картину туманности Омега.

В 1958 году, как было отмечено выше, появилась работа В. А. Домбровского, в которой электрофотометрическим методом была измерена поляризация излучения туманности Омега. Однако использованная в ней диафрагма вырезала на туманности области размером $2''$ — $4''$ в диаметре, что не давало возможности для детального исследования.

Недавно [26] оригинальным фотографическим методом выполнено поляриметрическое исследование туманности Омега. Поляризация измерена в 55 точках туманности с диафрагмой, вырезающей участок туманности поперечником в 27 сек дуги. Результаты этой работы находятся в хорошем согласии с данными [25].

В настоящей заметке приводятся результаты поляриметрического исследования туманности Омега, выполненного фотографическим методом на 21 — $21''$ телескопе системы Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории.

Сведения о наших снимках даны в табл. 2.

В третьем столбце этой таблицы даны позиционные углы плоскости пропускания поляроида. Напомним, что по-

Таблица 2

Дата	Длительность экспозиции в минутах	Положение поляроида	Тип пластинки
17.7.1958	60	0°	Kodak OaO
5.8. "	"	120	"
16.9. "	"	60	"
13.10.1960	75	120	"
14.10. "	"	0	"
15.10. "	"	60	"
16.10. "	"	0	"
17.10. "	"	120	"
18.10. "	"	60	"
15.7.1961	60	0	Eastman Kodak 103 a—O
15.7. "	"	120	"
18.7. "	"	60	"

зиционный угол отсчитывается от направления на север против хода часовой стрелки.

Туманность фотографировалась через поливиниловый поляриод методом двухэтажной кассеты. Методика измерений оставалась той же, что и в предыдущих работах (см., например, [27]). Подсчет степени поляризации — p и позиционного угла плоскости преимущественных колебаний — θ производился способом, описанным в [28], который в несколько раз экономичнее в смысле времени, чем метод В. Г. Фесенкова [29]. Следует отметить, что четверть, в которой должен быть расположен угол θ , в [28] определена неверно. В настоящей работе определение θ производилось по исправленной формуле.

Всего было выполнено четыре серии наблюдений. Исследование охватывает более 900 участков туманности для трех первых серий и около 3000 участков для четвертой серии наблюдений, причем каждый участок имеет размеры $11''.4 \times 11''.4$. Измерение производилось на микрофотометре „Шнелл“ сплошным образом по всей туманности в областях с почернениями, попадающими на прямолинейный участок характеристической кривой. Для ориентировки на пластинке были выбраны опорные звезды вокруг туманности, с помощью которых несколько раз в ходе измерений проверялась установка пластинки.

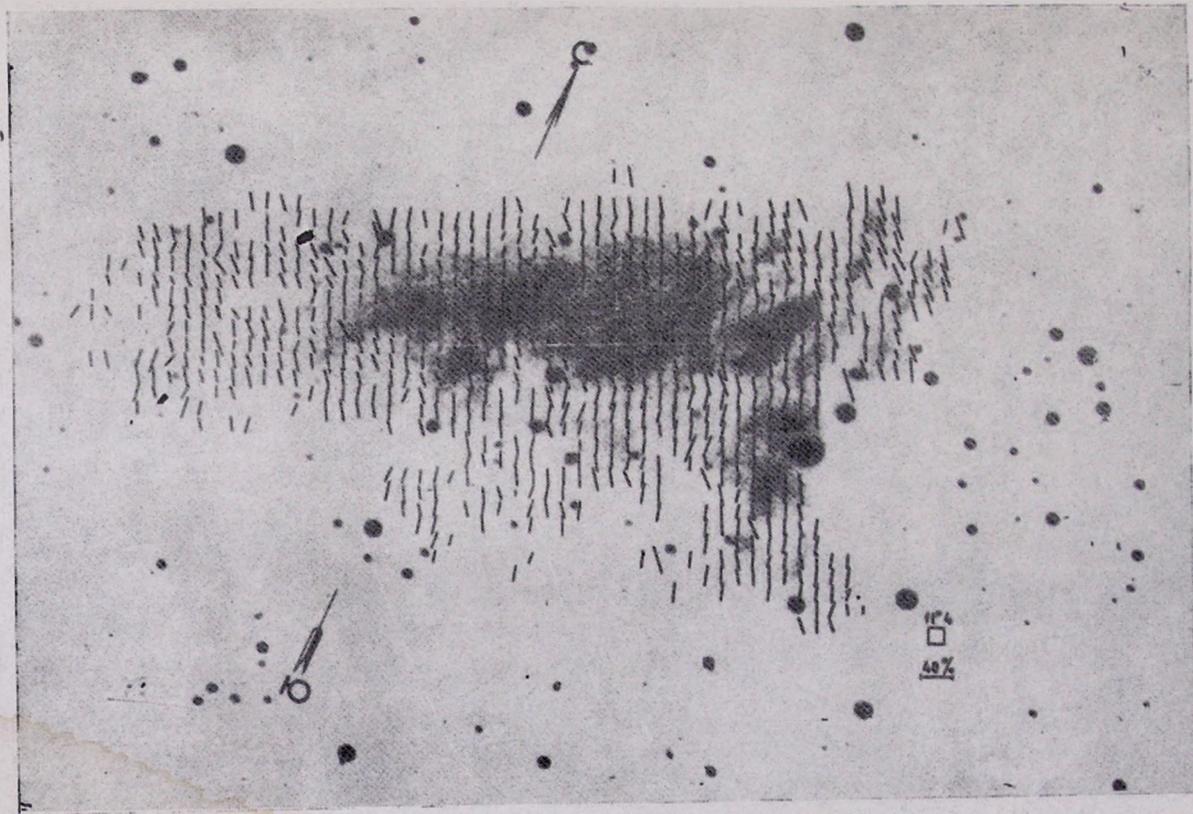


Рис. 1. Поляризационная картина туманности Омега по результатам второй и третьей серии наблюдений.
Նկ. 1. Օմեգա միգամածության քեռոսցման պատկերը ըստ դիտումների 2-րդ և 3-րդ սերիաների:

Как видно из табл. 2, две серии наблюдений 1960 года получены почти одновременно одна за другой в течение шести ночей. Первая же серия* получена на два года раньше. Это заставило нас отказаться от мысли объединить все три серии в одну группу. И действительно, результаты первой серии сильно отличаются (в основном по θ) от остальных. Это различие обусловлено очень слабым изображением туманности Омега при позиционном угле поляроида 60° в первой серии наблюдений, причину которой не удалось выяснить. Как нам казалось, метод двухэтажной кассеты должен был компенсировать этот недостаток, но, как показали последующие измерения, интенсивность туманности при этом положении поляроида оказалась сильно заниженной. Что же касается четвертой серии, кроме того, что она получена на год позже, чем вторая и третья серии, количество измеренных участков в ней в три раза превосходит таковые для трех первых серий. Поэтому эта серия представлена отдельно.

Схематическая картина средней поляризации излучения туманности Омега по результатам второй и третьей серий представлена на рис. 1, а четвертой серии — на рис. 2. Степень поляризации и направление плоскости преимущественных колебаний поляризованного света характеризуются длиной и направлением черточек на этих рисунках.

Как видно из этих рисунков, значения θ при переходе от точки к точке для данной серии меняются в небольших пределах. Это и дает возможность усреднить значения p и θ .

В табл. 3 приведены усредненные значения p и θ по всей туманности.

Как видно из табл. 3, из-за указанного эффекта ре-

Таблица 3

№ серии	$\bar{p} \%$	$\bar{\theta}$
1	30	160
2	22	28
3		
4	15	35

* Результаты этой серии наблюдений были представлены на пленуме Комиссии по физике звезд и туманностей во Львове в 1959 г.

результаты 1-ой серии отличаются от результатов остальных серий. Поэтому они являются менее уверенными и в дальнейшем не будут браться в расчет.

Таким образом, среднее значение поляризации туманности Омега по трем последним сериям составляет 18% , а позиционный угол плоскости преимущественных колебаний — 31° . По данным [25] туманность поляризована в среднем на 4.5% , а в некоторых областях при измерении через оранжевый фильтр степень поляризации доходит до 9% . Среднее же значение θ равно 0° . Однако, ввиду больших размеров диафрагмы электрофотометра, полученные в [24] результаты дают лишь усредненную картину поляризации по большим областям. Усреднение должно привести, очевидно, к уменьшению значения p . Аналогичная поляризационная картина наблюдается и в случае Крабовидной туманности, для которой электрофотометрические наблюдения показали резко заниженное значение для p [30], а фотографические измерения, показавшие высокую степень поляризации для нее [31], впоследствии полностью подтвердились [32—34].

Поэтому искать противоречия между электрофотометрическими и фотографическими измерениями туманности Омега [2], по-видимому, не следует. Средние значения p , полученные этими двумя методами, различаются в 4 раза, как и в случае Крабовидной туманности.

Имея относительные интенсивности каждого отдельного участка для трех положений поляроида, мы можем, суммируя эти интенсивности, определить параметры поляризации для областей туманности любых размеров, в том числе для всей туманности. В качестве примера такие подсчеты произведены для 2-й и 3-ей серий наблюдений. В табл. 4 приведены результаты подсчетов p и θ для семи областей, имеющих размеры порядка 4—6 кв. мин. дуги и отмеченных на рис. 3 римскими цифрами. Средние значения p и θ взятые из табл. 4, также нанесены на этом рисунке.

Как видно из табл. 4, такое усреднение по интенсивности, как и следовало ожидать, приводит к снижению значения p , но оно все еще остается выше, чем электрофотометрические данные [25], как это наблюдалось и в случае

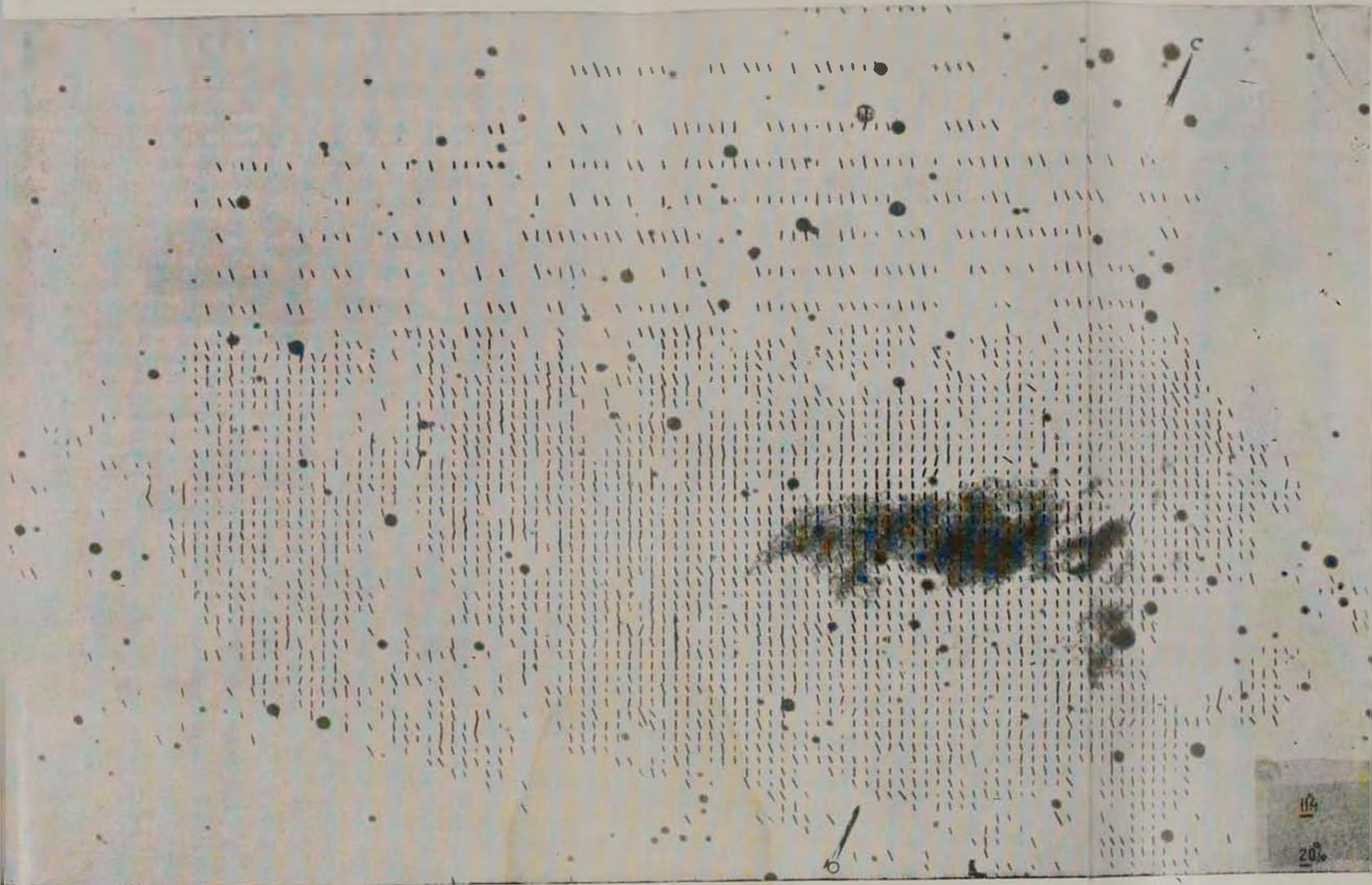
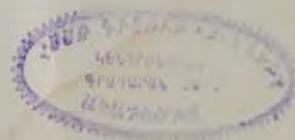


Рис. 2. Поляризациянная картина туманности Омега по результатам четвертой серии наблюдений
 նկ. 2. Օմեգա միգամածութիւնը բնեւաճան պատկերը ըստ զիտումների 4-րդ սերիայի



Крбовидной туманности. Это несоответствие между электрофотометрическими и фотографическими данными, возможно, частично объясняется тем, что при электрофотометрических наблюдениях в диафрагму электрофотометра одновременно с туманностью попадает также значительное количество звезд фона (что очень хорошо заметно на рис. 2 из работы В. А. Домбровского [25]). При фотографических же наблюдениях звезды фона исключаются во время измерения негативов. Однако этот вопрос требует специального обсуждения.

Следует отметить, что, хотя три серии наблюдений для θ дают очень близкие

друг к другу значения (средняя квадратическая ошибка среднего арифметического для $\rho - \sigma_\rho = \pm 4.5\%$, а для $\theta - \sigma_\theta = \pm 10^\circ$) среднее значение θ различается от среднего значения θ в [25] на 30° . Заслуживает внимания тот факт, что среднее значение θ по нашим измерениям примерно совпадает с плоскостью галактического экватора.

Говоря о поляризации излучения туманности, имеют в виду ее непрерывный спектр. Эмиссионные линии обычно не поляризованы. Поэтому они, накладываясь на непрерывный спектр, могут значительно уменьшить реальную величину степени поляризации. Очевидно, чем больше интенсивность эмиссионных линий, тем больше их влияние на фактическую картину поляризации.

Если обозначим наблюдаемую степень поляризации объекта через $\rho_{\text{н}}$ (т. е. без учета влияния эмиссионных линий), а фактическую — через $\rho_{\text{ф}}$, то можно получить, что:

$$\rho_{\text{ф}} = \frac{(1 + k)\rho_{\text{н}}}{1 + k\rho_{\text{н}}}$$

Таблица 4

Область	ρ	θ
I	17	37
II	18	35
III	17	33
IV	20	28
V	20	28
VI	19	20
VII	21	21
По всей туманности	19	30

где k — отношение суммарной интенсивности эмиссионных линий к интенсивности неполяризованной части непрерывного излучения.

Наши наблюдения охватывают интервал спектра приблизительно от 3600 до 5000 Å. В этот интервал попадает ряд эмиссионных линий, которые могут составлять значительную часть непрерывного спектра туманности. По имеющимся данным можно предположить, что для этого участка спектра туманности Омега k грубо порядка единицы. В этом случае, принимая для среднего значения p_n — 18%, получим, что фактическая степень поляризации туманности Омега составляет 30%!

В [25] довольно ясно ставится под сомнение тепловой характер излучения туманности Омега. Выводы в ней основаны на данных радионаблюдений туманности. Однако яркая область туманности, которая исследована в [25] и в настоящей заметке, находится вне области радиоизлучения, и лишь небольшая ее часть находится на краю радионисточника. Поэтому расчеты, основанные на данных радионаблюдений, распространять на всю туманность будет не очень верно и может привести к ошибочным выводам.

Тем не менее полученную в настоящей работе поляризационную картину трудно объяснить обычным тепловым механизмом.

Известно, что свет поляризуется при отражении или при прохождении через среду, состоящую из ориентированных в определенном направлении асимметричных частиц. Для объяснения поляризации излучения туманности Омега вторая возможность мало вероятна, ибо не может обеспечить высокую степень поляризации. В случае же отражения поляризация должна в общем случае иметь радиальный характер относительно источника, свет которого отражается. В туманности же радиальной поляризации не наблюдается. Плоскость преимущественных колебаний от точки к точке меняется незначительно. Для объяснения этого факта с точки зрения отражения можно было бы допустить, что источник, возбуждающий излучение туманности, находится на расстоянии, во много раз превышающем размеры туманности. Однако трудно представить существование источни-

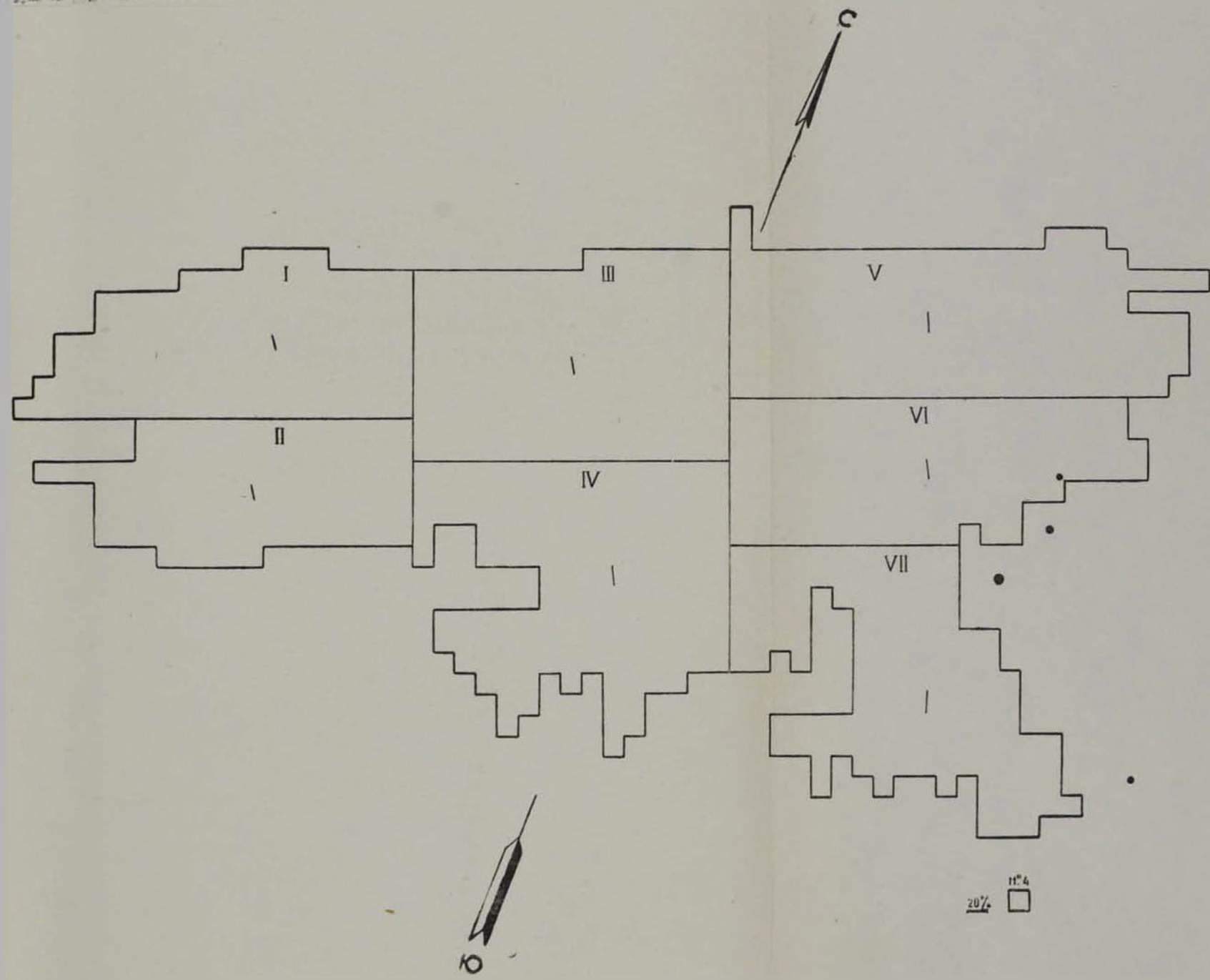


Рис. 3. Усредненная по семи областям поляризационная картина туманности Омега.
 նկ. 3. Օմեգա միգամածության բևեռացման պատկերը՝ միջինացված ըստ 7 տիրույթների

ка или группы источников, которые смогли бы возбудить на большом расстоянии излучение столь яркой и протяженной туманности, какой является туманность Омега.

Таким образом, следует признать, что объяснение наблюдений высокой поляризации вызывает затруднения.

Выражаю глубокую благодарность Н. Л. Каллоглян и Д. А. Эйнатян за большую помощь в вычислениях.

է. Ե. ԽԱԶՐԿՅԱՆ

ՈՍԵՂԱ ԱՐԿԱՄԱՇՈՒԹՅԱՆ (NGC 6618) ԲԵՎԵՌԱՑՄԱՆ
ՎԵՐԱԲԵՐՅԱԼ

Ա մ փ ո փ ու մ

Բյուրականի աստղադիտարանի 21—21" Շմիդտի սիստեմի դիտակի օգնությամբ լուսանկարչական հղանակով կատարված է Օմեգա միգամածության բևեռաչափական հետազոտություն չորս սերիա լուսանկարների հիման վրա (տղլուսակ № 2):

Միգամածության մեջ չափված է ալևրի քան 900-ական տիրույթ (լուրաքանչլուր տիրույթի չափերը հավասար են $11''.4 \times 11''.4$), առաջին երկք և շուրջ 3000 տիրույթ 4-րդ սերիաների համար:

Չափումները ցույց են տալիս, որ ալբ միգամածության լուրսը ուժեղ բևեռացված է: Միջին բևեռացման աստիճանը կազմում է 18% : Տատանումների առավելագույն հարթությունը քիչ է փոփոխում իր ուղղությունը, իսկ նրա պոլիցիտն անկյունի միջինը հավասար է 31° :

Բերվում են տվյալներ, որոնք ցույց են տալիս, որ միգամածության բևեռաչափական պատկերը գծվար է բացատրել անդրադարձման մեխանիզմով, կամ Ֆլուորեսցենցիայով:

Գնահատված է էմիսիոն գծերի հնարավոր ազդեցությունը անընդհատ սպեկտրի բևեռացման աստիճանի վրա:

E. E. KHATCHIKIAN

ON THE POLARIZATION OF OMEGA NEBULA
(NGC 6618)

S u m m a r y

The photographic investigation of the polarization of Omega nebula with 21"—21" Schmidt-type telescope of Byurakan observatory has been made. Four series of photographs have been obtained (Table 2).

About 900 and 3000 regions, each having of $1''.4-11''.4$ size, were measured in each of the first three and in the fourth series of photographs respectively. The measurements show that the nebula is strongly polarized. The mean degree of the polarization is equal to 18%. The plane of vibrations of the electrical vector changes a little across the nebula and the mean value of its position angle is equal to 31° .

It is shown that it is very difficult to explain the observed polarization by scattering mechanism.

The possible influence of emission lines on the polarization of the continuous spectrum is estimated.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В. Ф. Газе, Г. А. Шайн, Известия КраО, 15, 11, 1955.
2. Р. Е. Гершберг, В. Ф. Есипов, В. И. Проник, П. В. Щеглов, Известия КраО, 28, 313, 1961.
3. S. Cederblad, Medd. Lunds astron. observatory, Ser. 11, № 19, 1946.
4. И. И. Проник, Известия КраО, 30, 118, 1963.
5. Цинь Жун-Хао, Астрономический журнал, 38, 1069, 1961.
6. F. T. Haddock, C. H. Mayer, R. M. Sloanaker, Ap. J., 119, 456, 1954.
7. J. P. Haggren, E. F. McClain, Proc. IRE, 42, 1811, 1954.
8. F. T. Haddock, McCullough, A. J., 60, 161, 1955.
9. Н. Л. Кайдановский, Н. С. Кардашев, И. С. Шкловский, ДАН СССР, 104, 517, 1955.
10. B. Y. Mills, A. G. Little, K. V. Sheridan, Austr. J. Physic., 9, 218, 1956.
11. R. M. Sloanaker, J. H. Nichols, A. J., 85, 109, 1960.
12. Ю. Н. Парийский, Известия ГАО, 21, 45, 1960.
13. Ю. Н. Парийский, Астрономический журнал, 33, 483, 1961.

14. *M. J. Large, D. S. Mathewson, C. G. Halsam, M. N.*, 123, 113, 1961.
15. *А. Д. Кузьмин*, *Астрономический журнал*, 39, 22, 1962.
16. *В. Г. Малумян*, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, 31, 11, 1962.
17. *Г. А. Шайн, В. Ф. Газе, С. Б. Пикельнер*, *Известия КраО*, 12, 64, 1954.
18. *Г. А. Шайн, В. Ф. Газе*, *Известия КраО*, 8, 80, 1952.
19. *Р. Е. Гершберг, Л. П. Метик*, *Известия КраО*, 24, 146, 1960.
20. *Д. П. Гук*, *Астрономический журнал*, 28, 253, 1951.
21. *A. Vogges III*, Thesis, Univ. of Michigan, 1954.
22. *Р. Е. Гершберг*, *Известия КраО*, 30, 50, 1963.
23. *И. И. Проник*, *Известия КраО*, 23, 46, 1960.
24. *А. Д. Рожковский, Ю. И. Глушков, К. Г. Джакушева*, *Известия Астрофизического ин-та АН КазССР*, 14, 19, 1962.
25. *В. А. Домбровский*, *Астрономический журнал*, 35, 687, 1958.
26. *А. Д. Рожковский, К. Г. Джакушева*, *Известия Астрономического ин-та АН КазССР*, 14, 34, 1962.
27. *Э. Е. Хачикян*, *Вопросы космогонии*, VII, 333, 1961.
28. *Д. А. Рожковский*, *Астрономический циркуляр*, № 166, 13, 1956.
29. *В. Г. Фесенков*, *Астрономический журнал*, 12, 309, 1935.
30. *В. А. Домбровский*, *Доклады АН СССР*, 94, 1021, 1954.
31. *Э. Е. Хачикян*, *Доклады АН АрмССР*, 21, 63, 1955.
32. *M. T. Martel*, *C—R.*, 242, 1847, 1956.
33. *J. H. Oort, Th. Walraven*, *BAN*, 12, 462, 1956.
34. *С. Б. Пикельнер*, *Астрономический журнал*, 23, 786, 1956.

