Доклады Академии наук СССР
1955. Том 102, № 5

АСТРОНОМИЯ

В. А. ДОМБРОВСКИЙ

ПОЛЯРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ТУМАННОСТЕЙ NGC 1952 И 1976 В СВЯЗИ С ВОПРОСОМ О ПРИРОДЕ ИХ ИЗЛУЧЕНИЯ

(Представлено академиком В. А. Амбарцумяном 28 III 1955)

Предположение, что в туманностях мы можем встретиться с отраженным излучением, послужило основанием для многочисленных поляриметрических исследований их. Эти исследования в подавляющем большинстве случаев были выполнены методом фотографической фотометрии. Стремление сделать работу менее трудоемкой, с одной стороны, и априорные соображения о радиальном характере поляризации, с другой, привели к тому, что во многих работах задача поляриметрического изучения туманностей оказалась суженной — сведенной к определению лишь степени поляризации.

В последние годы Холл (1) и автор (2) сделали успешную попытку применить для поляриметрического изучения туманностей электрофотометрию. При электрофотометрических определениях поляризации без труда выводятся оба параметра поляризации: степень поляризации δ и позиционный угол плоскости преимущественных колебаний θ_0. Это обстоятельство нужно рассматривать как весьма существенное, так как в некоторых случаях поляризация, несомненно, не имеет радиального характера.

Электрофотометрические наблюдения поляризации света туманностей, начатые нами в Бюраканской обсерватории в 1953 г., были продолжены в 1954 г. В настоящей статье сообщаются результаты изучения двух туманностей NGC: 1952 и 1976.

Туманность NGC 1952 — известная Крабовидная туманность. Попытки объяснить излучение туманности механизмом теплового излучения ионизованного газа натолкнулись на большие трудности. В последние годы применительно к этой туманности с успехом обсуждается новый механизм излучения — тормозное излучение релятивистских электронов в магнитном поле; характерной особенностью такого излучения является его поляризация. В 1953 г. мы нашли, что излучение этой туманности действительно поляризовано и притом примерно в одной плоскости в разных областях (2). Эти результаты мы сочли подтверждением того, что в туманности действует механизм тормозного излучения релятивистских электронов. При этом характер поляризации, кажется, свидетельствует о том, что магнитное поле в туманности однородно. Последнее обстоятельство является неожиданным, так как происхождение магнитных полей сейчас обычно связывают с турбулентными движениями, в силу чего ожидаемое поле должно иметь хаотический характер.

В наблюдениях 1953 г. мы вынуждены были ограничиться рассмотрением излучения довольно больших площадок, размером примерно в 3 кв. мин. В 1954 г. мы смогли уменьшить размеры площадок примерно в 4 раза. В табл. 1 содержатся результаты наблюдений за 27 и 31 VIII 1954 г. (в качестве анализатора в поляриметре использовалась призма Франко — Риттера). Поляризация определена для интегрального излучения туман-

ности и излучения трех областей *A*, *B* и *D*, которые по положению примерно соответствуют площадкам с теми же обозначениями на карте в нашей предыдущей работе ([2]), но являются кружочками диаметром 1′. Результаты относятся к излучению туманности, освобожденному от фона неба, который, кстати говоря, был очень интенсивен и поляризован на 8% в плоскости эклиптики.

Таблица 1

Область	δ, %	θ_0, град.
Интегральн. излучение . .	14,0	167
A	16,6	176
B	14,3	163
D	12,0	175

Из табл. 1 видно, что новые результаты находятся в согласии с прежними определениями и вновь указывают на то, что магнитное поле в разных участках туманности одинаково. Однако это поле в каждом участке не может быть сочтено вполне однородным, так как излучение релятивистских электронов в однородном поле должно быть поляризовано более чем на 70% ([3]), но является сильно упорядоченным, с преимущественным направлением силовых линий, составляющим примерно 20° с нормалью к плоскости Галактики.

Важно отметить, из-за возможных попыток приписать поляризацию межзвездной среде, что окрестные с туманностью звезды не показывают поляризации в какой-либо мере, сравнимой с поляризацией туманности *.

Туманность NGC 1976 — большая туманность в Орионе. Эмиссионный спектр этой туманности имеет необычно сильный непрерывный фон, который нельзя объяснить, исходя из чисто газовой модели туманности. Пусть туманность является чисто водородной; тогда мы можем ука-

Таблица 2

Область	Диаметр площадки в мин.	Фильтр	δ, %	θ, град.	Область	Диаметр площадки в мин.	Фильтр	δ, %	θ, град.
a	1	—	3,2	82	*C*	2	—	1,5	171
a	1	—	2,9	81	*C*	2	Оранж.	1,7	171
b	1	—	2,2	75	*D*	2	—	1,6	95
c	1	—	1,5	0	*D*	2	Оранж.	2,9	98
d	1	—	1,9	93	*D*	2	Зелен.	<1	
e	1	—	2,0	18	*E*	2	—	6,1	14
A	2	—	6,6	69	*F*	2	—	1,7	116
B	2	—	5,5	53	*G*	2	—	7,4	44
B	2	Оранж.	7,4	55	*G*	2	—	8,5	45
B	2	Зелен.	2,8	51					

зать следующие процессы, приводящие к образованию непрерывного спектра: 1) свободно-свободные переходы с излучением; 2) свободно-связанные переходы (для спектра в красную сторону от $\lambda = 3647$ Å на 3-й и высшие уровни); 3) переходы из состояния 2 *s* в состояние 1 *s* водорода с испусканием двух квантов. Первые два механизма были рассмотрены Силлье ([5]), третий Киппером ([6]). Используя формулы, приведенные в их работах, можно найти для разных электронных температур характер непрерывного спектра и определить его отношение к линейчатому спектру. Примем для электронной температуры туманности наиболее

* Мы не дискутируем наблюдения М. А. Вашакидзе ([4]), так как точность их, повидимому, невысока и, главное, они не дают указаний о наиболее важной для дискуссии особенности поляризации в этой туманности — положении плоскости поляризации.

вероятное значение 10000°. Тогда отношение интенсивности H_β к непрерывному спектру $E_{H_\beta}/\left(\frac{\partial E_c}{\partial \nu}\right)$ сек$^{-1} = 1{,}24 \times 10^{14}$; относительное распределение энергии в непрерывном спектре дается значениями:

ν	0,825	0,750	0,690	0,620	0,547	$0{,}453 \cdot 10^{15}$
$\left(\frac{\partial E_c}{\partial \nu}\right)$	0,73	0,70	0,80	0,82	0,89	1,00

и скачок $D = 0{,}6$ *.

Полученные значения можно сравнить с наблюдениями. Используем данные об отношении H_β к непрерывному спектру и о распределении энергии в нем из нашей работы (7) и о скачке из работы Гринштейна (8). Пересчитывая отношение $EH_\beta/\left(\frac{\partial E_c}{\partial \nu}\right)$ на интервал $\Delta\nu = 0{,}52 \cdot 10^{14}$, использованный нами в работе (7), находим, что оно по вычислениям в 2,5—14 раз (в зависимости от расстояния до возбуж-

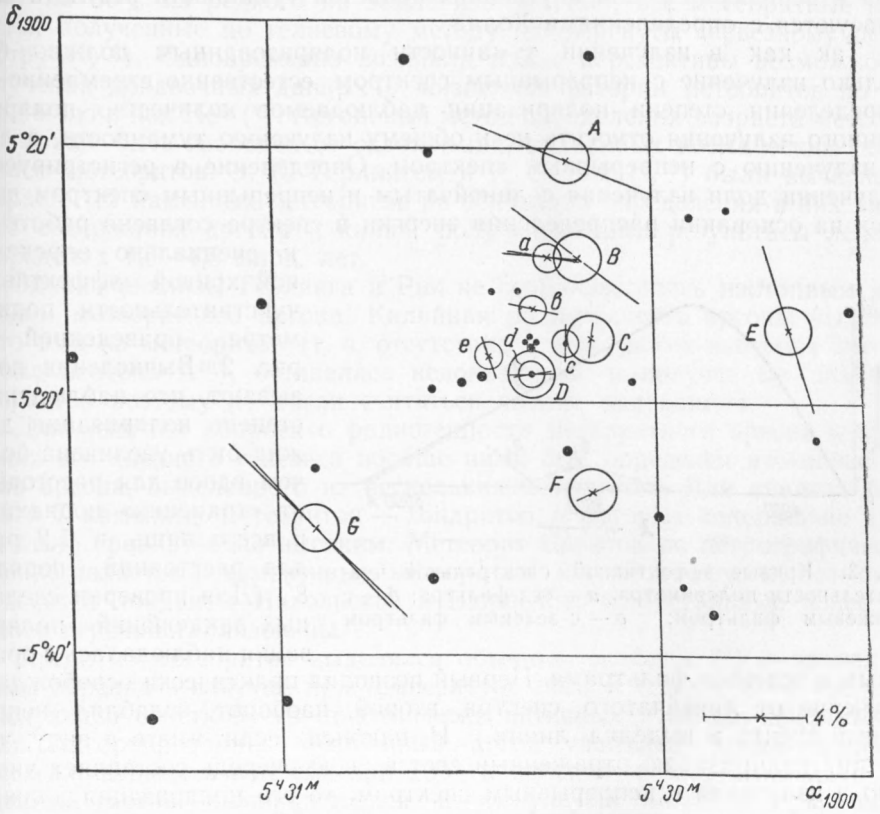


Рис. 1. Область туманности NGC 1976. Кружочки соответствуют площадкам наблюдения. Прямые линии изображают наблюденную поляризацию

дающей звезды) больше наблюденного. Не согласуются также вычисленное и наблюденное распределения энергии в спектре, и, наконец, вычисленный скачок значительно превосходит наблюденный (согласие в скачке наблюдается лишь для самых центральных областей туманности). Изменение электронной температуры не позволяет добиться полного согласия теории и наблюдений. Все это заставляет нас предположить, что

* Вычисления выполнены Ю. И. Витинским.

туманность имеет смешанный газо-пылевой состав. Отраженный свет пылевой компоненты туманности, очевидно, с непрерывным спектром, накладывается на излучение газовой туманности и объясняет отмеченные выше несогласия теории с наблюдениями. Из вычисленного и наблюденных отношений H_β к непрерывному спектру доля пылевой компоненты в непрерывном спектре туманности может быть оценена от 0,5 на расстоянии около 3′ от θ Ориона до более 0,9 на расстоянии порядка 8′. Заключение о наличии пыли в туманности подтверждается наблюдениями Холла ([1]), открывшего в центральной, наиболее яркой области туманности радиальную поляризацию света.

Наше исследование относится главным образом к периферическим областям туманности, где, исходя из приведенных выше рассуждений, мы ожидали найти поляризацию значительно бо́льшую, чем в центральных областях. Наблюдения производились 25—27 IX 1954 г., анализатором служил поляроид. Полученные результаты приведены в табл. 2 и изображены на рис. 1. Мы видим, что поляризация имеет радиальный по отношению к θ Ориона характер, возрастает согласно ожиданию от центра к периферии и для внутренних областей туманности результаты согласуются с определениями Холла.

Так как в излучении туманности поляризованным должно быть только излучение с непрерывным спектром, естественно стремление при определении степени поляризации наблюдаемое количество поляризованного излучения относить не к общему излучению туманности, а лишь к излучению с непрерывным спектром. Определение в регистрируемом излучении доли излучения с линейчатым и непрерывным спектром делалось на основании распределения энергии в спектре согласно работе ([7]) и специально определенной кривой эффективной чувствительности поляриметра, приведенной на рис. 2. Вычисления показывают, что наблюденная степень поляризации должна быть увеличена более чем вдвое для расстояний от «трапеции» порядка 3′ и всего лишь в 1,2 раза для расстояний порядка 8′. (Для проверки сделанных заключений поляризация наблюдалась с оранжевым и зеленым фильтрами. Первый позволял практически освобождать излучение от линейчатого спектра, второй, наоборот, ослаблял непрерывный спектр и выделял линии.) И, наконец, если иметь в виду, что несущий поляризацию отраженный свет в свою очередь составляет лишь долю в излучении с непрерывным спектром, то его поляризация должна быть еще больше и может быть оценена в 10—15%.

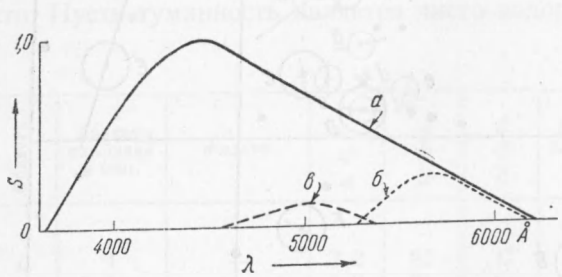


Рис. 2. Кривые эффективной спектральной чувствительности поляриметра. *а* — без фильтра; *б* — с оранжевым фильтром; *в* — с зеленым фильтром

Ленинградский государственный университет
им. А. А. Жданова
Бюраканская астрономическая обсерватория

Поступило
24 III 1955

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

[1] J. Holl, J. Opt. Soc. America, **41**, № 12, 963 (1951). [2] В. А. Домбровский, ДАН, **94**, № 6, 1021 (1954). [3] Г. М. Гарибян, И. И. Гольдман, Изв. АН Арм.ССР (физ.-мат. науки), **7**, № 2, 31 (1954). [4] М. А. Вашакидзе, Астрон. цирк. № 147, 11 (1954). [5] G. Gillié, M. N., **92**, № 8, 820 (1932). [6] А. Я. Киппер, Непрерывный спектр планетарных туманностей. Сборн. О развитии советской науки в Эстонской ССР, 1940—1950 гг., 1950. [7] В. А. Домбровский, Уч. зап. ЛГУ, № 136 (серия мат. наук, в. 92, астрономия), 166 (1950). [8] J. L. Greenstein, L. G. Henyey, Ap. J., **89**, № 5, 647 и 653 (1939).