

АКАДЕМИЯ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР
АСТРОФИЗИКА

ТОМ 1

ДЕКАБРЬ, 1965

ВЫПУСК 4

КОЛОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМЕТАРНОЙ
ТУМАННОСТИ $\Delta\eta\sigma\eta$ $6^h 04^m$

Э. Е. ХАЧИКЯН, Э. С. ПАРСАМЯН

Поступила 20 ноября 1965

Приводятся результаты колориметрического исследования двухверной кометарной туманности $\Delta\eta\sigma\eta$ $6^h 04^m$. Снимки получены на $40''$ телескопе системы Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории в системе близкой к системе U, B, V . Калибровка и стандартизация снимков производились с помощью внефокальных изображений стандартной области NPS.

Приведены карты распределения $B - V$, $U - B$ и B в туманности. Использованная диафрагма вырезала из туманности области размером $94''$. Измерена интегральная яркость туманности в трех лучах. Северная часть туманности оказалась ярче южной на одну звездную величину в лучах U и на гол-звездной величины в лучах B и V . Приведены графики зависимости значений $B - V$ и $U - B$ от B , а также изофоты туманности для трех цветов. Для определения градиента яркости в туманности построены графики зависимости $\ln I$ от расстояния до ядра r . Падение интенсивности удовлетворительно представляется формулой $I = I_0 \cdot e^{-k_\lambda r}$. Оценены значения k_λ в трех областях спектра U, B, V и для обеих частей туманности. Показано, что яркость туманности на три звездные величины превышает ожидаемую яркость по соотношению Хаббла.

Делается заключение, что свечение туманности $\Delta\eta\sigma\eta$ $6^h 04^m$ невозможно объяснить только отражением света центральной звезды.

Среди диффузных туманностей кометарные туманности выделяются своей своеобразной формой. В проекции на небесную сферу это обычно веер, в вершине которого расположена звезда, ответственная за излучение туманности. Однако иногда встречаются туманности с двумя веерами, симметричными относительно ядра, причем относительная яркость обеих частей бывает разной.

В настоящей работе приведены результаты колориметрического исследования кометарной туманности $\Delta\eta\sigma\eta$ $6^h 04^m$ с двумя веерами, ядром которой является звезда LkH. 208 в списке Хербига [1]. На

эту туманность впервые обратил внимание Хаббл [2]. По внешнему виду она напоминает хорошо известную кометарную туманность NGC 2261, однако в отличие от последней оба веера *Apol 6^h 04^m* имеют сравнимые между собой яркости. Хаббл [2], исходя из непрерывного спектра туманности, отнес ее к отражательным. Щелевые спектрограммы туманности, полученные Хербигом в Ликской обсерватории, показывают присутствие сильных линий поглощения водорода В спектре ядра туманности H_{α} находится в эмиссии, а H_{β} — в поглощении. По Хабблу ядро типа В1, а по Хербигу, по-видимому, позднего типа В с оболочкой. Хербиг также считает, что туманность отражательная.

Наблюдательный материал получен на 40" телескопе системы Шмидта Бюраканской астрофизической обсерватории. Использован также один снимок туманности, полученный ранее на 21" телескопе системы Шмидта той же обсерватории.

Туманность фотографировалась в трех цветах в системе близкой к *U, B, V*. Уравнения цвета для 40" телескопа и его оптические характеристики приводятся в работе [3].

Сведения о снимках приведены в табл. 1.

Измерение негативов производилось на микрофотометре „Шнелл“ сплошным образом квадратной диафрагмой, вырезающей из туманности области размером $94 \square''$. Для пластинки, полученной на 21" телескопе, та же диафрагма была равна $130 \square''$. Для калибровки и стандартизации негативов вместе с туманностью снималась стандартная область NPS вне фокуса.

Таблица 1

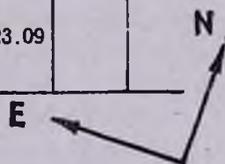
№ пл.	Д а т а	Сорт пластинки	Фильтр	Экспозиция (мин)
25	30 ноября 1964	Agfa Astro-Spezial	UG — 2	60
29	2 декабря 1964	"	"	60
6	9 сентября 1964	"	без фильтра	12
19	1 ноября 1964	"	"	60
18*)	7 декабря 1961	Kodak Oa-O	"	60
18	1 ноября 1964	II a-E Eastman	GG — 11	45
24	30 февраля 1964	"	"	50

* Получена на 21" телескопе.

Ниже приведены карты распределения $B-V$, $U-B$ в туманности. На карте распределения $B-V$ приведены также значения B (вторая строка). Звезда LkH₂ 208 на картах отмечена звездочкой.

 КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ $B-V$ И B

y'' \ x''		48.5	38.8	29.1	19.4	-9.7	0	+9.7	19.4	29.1	38.8
67.9						-0.24 23.10	-0.09 23.11	22.74	23.06		
58.2					+0.05 23.07	22.87	22.66	0.02 22.72	0.14 23.02		
48.5		23.02	0.20 23.14	0.06 22.86		0.01 22.44	-0.22 22.32	-0.19 22.31	-0.13 22.5	-0.42 22.80	
38.8		23.02	22.93	-0.14 22.39	-0.10 22.05	0.05 21.89	-0.03 21.92	-0.05 21.77	-0.04 22.40	-0.07 22.70	23.01
29.1		0.23 23.08		-0.12 22.10	-0.17 21.64	-0.15 21.36			-0.17 22.07	-0.20 22.46	22.82
19.4			0.06 22.90	-0.03 21.83	-0.13 21.42	-0.20 21.03	-0.26 20.79	-0.20 20.84	-0.21 21.95	-0.06 22.53	0.27 23.09
+9.7				-0.04 22.10	-0.02 21.44	-0.22 20.60	-0.17 20.34	-0.26 20.62	-0.13 22.15	0.22 22.72	
0				0.12 22.61	0.11 21.78	0.01 20.27	×	21.16	0.12 22.89	0.26 23.10	
-9.7				0.15 22.90	0.13 22.14	0.22 20.89		0.04 22.06			
19.4				0.26 22.77	0.19 21.69	-0.09 20.95	-0.28 20.96	-0.20 21.66	0.06 22.70		
29.1			23.10	0.27 22.76	0.20 21.89	0.09 21.45	-0.15 21.39	-0.14 21.81	-0.17 22.34	0.12 22.89	0.10 23.06
38.8			22.96	0.27 22.98	0.21 22.35	-0.02 21.89	-0.07 21.80	-0.13 21.93	-0.04 22.34	0.02 22.74	
48.5				23.00	-0.15 22.54	0.04 22.38	-0.07 22.13	-0.08 22.26	0.01 22.50	-0.07 22.70	
58.2					0.10 22.97	-0.04 22.75	0.14 22.55	0.03 22.61	0.03 22.70	23.10	
67.9					23.04	23.15	22.74	22.88	23.09		



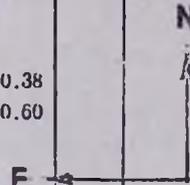
Для более наглядного представления о распределении яркостей в туманности на рис. 1—3 приведены карты изофот для трех спектральных областей U , B , V , построенные в шкале звездных величин с \square'' . В центральных областях у ядра туманности, где из-за недостаточного числа измеренных областей трудно было провести уверенные

изофоты, приведены лишь яркости отдельных областей в звездных величинах с \square° .

Зная яркости отдельных областей туманности, можно определить ее интегральную яркость в целом, а также соответствующие показатели цвета.

КАРТА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ $U - B$

$y^{\circ} \backslash x^{\circ}$	38.8	29.1	19.4	-9.7	0	+9.7	19.4	29.1	38.8
67.9				0.24					
58.2				0.37	0.45	0.30			
48.5		0.30		0.20	0.57	0.34	0.36		
38.8	0.25	0.32	0.31	0.36	0.01		0.31	0.36	0.23
29.1		0.46	0.36	0.17	0.22	0.40	0.32	0.26	0.34
19.4	0.10	0.07	0.34	0.07	0.20	0.24	0.43	0.27	0.13
+9.7		0.27		0.09	0.17	0.24	0.49	0.50	
0		0.61	0.30	0.09	×	0.53	0.53		
-9.7			0.32	0.10		0.52			
19.4		0.31	0.53	0.40	0.60	0.65	0.42		
29.1		0.40	0.59	0.60	0.36	0.47	0.54	0.38	
38.8			0.47	0.38	0.58	0.49	0.54	0.60	
48.5			0.34	0.18	0.59	0.64	0.40		
58.2				0.25	0.23				



При определении интегральных яркостей туманности в трех лучах измерялось неодинаковое количество областей. Поэтому для определения интегральных показателей цвета выбирались общие области в трех цветах. Интегральные яркости этих общих областей обозначены через U^* , B^* , V^* . Эти данные приведены в табл. 2, причем отдельно для северной и южной частей и для всей туманности в целом.

Северная половина туманности, как видно из табл. 2, почти на одну звездную величину ярче в лучах U , чем южная и на пол-звездной величины — в лучах B и V .

Для обеих половин туманности на рис. 4 приведены графики зависимости значений $B - V$ и $U - B$ от B . Рассмотрение этих графиков показывает, что с увеличением яркости B показатель цвета $B - V$ несколько уменьшается. Что же касается значения $U - B$, то оно систематической зависимости от B не показывает. Подобные же графики, построенные для других кометарных туманностей [4, 5],

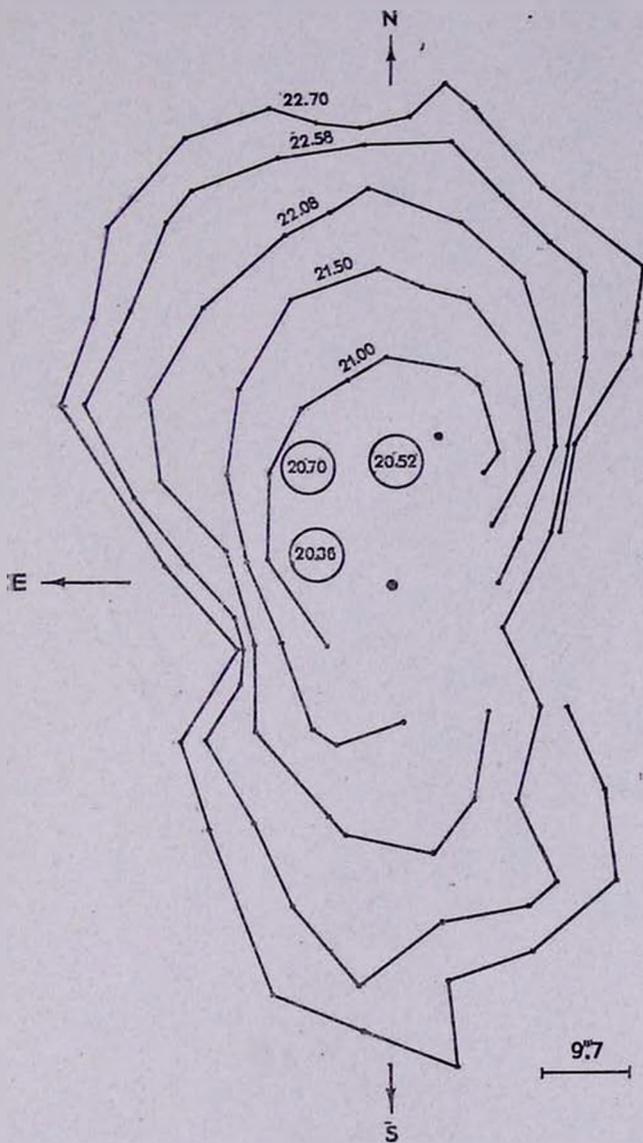


Рис. 1. Изофоты туманности $A_{\text{пол}} 6^{h04^m}$ в лучах U .

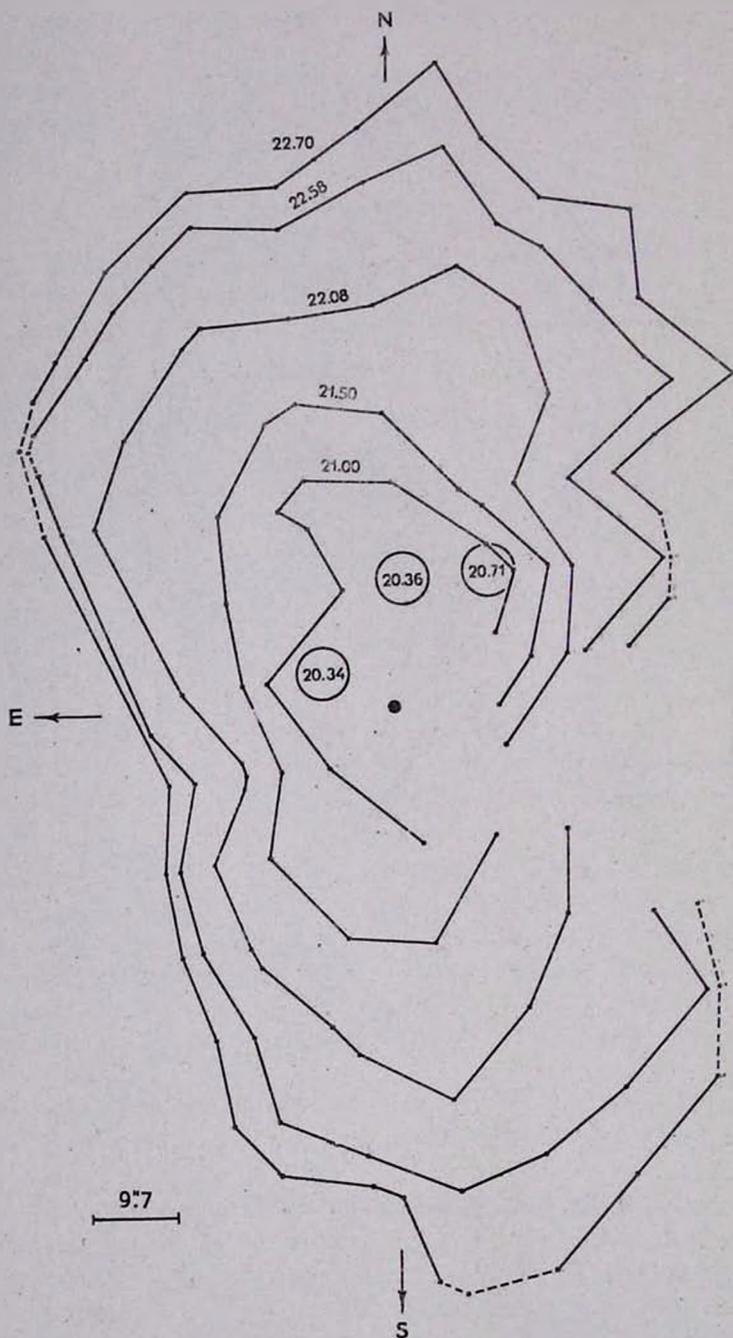


Рис. 2. Изофоты туманности $A\alpha\alpha 6^{h04^m}$ в лучах B_1 .

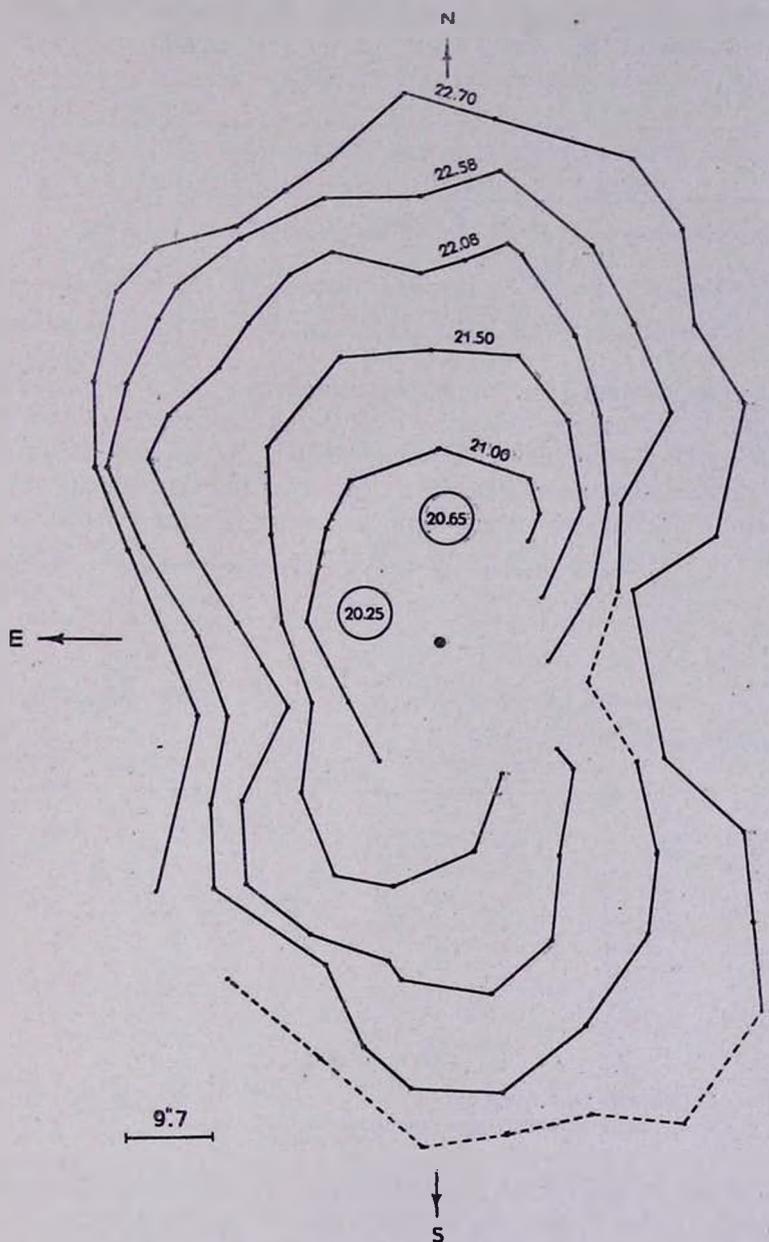


Рис. 3. Изофоты туманности $A_{\text{пол}} 6^{\text{h}} 04^{\text{m}}$ в лучах V.

показывают, что значения $B - V$ и $U - B$ в среднем не изменяются в зависимости от B .

Таблица 2

	U	B	V	$U^* - B^*$	$B^* - V^*$
Туманность в целом	12 ^m 46	12 ^m 08	12 ^m 23	0 ^m 35	-0 ^m 07
Северная часть	12.86	12.61	12.76	0.24	-0.03
Южная часть	13.76	13.15	13.22	0.44	-0.06

К северо-западу от ядра туманности в его непосредственной близости наблюдается область с резко отрицательным показателем цвета $B - V$. Симметрично относительно ядра в слабой части туманности также наблюдается область с отрицательным показателем $B - V$. К границе туманности показатель цвета становится положительным.

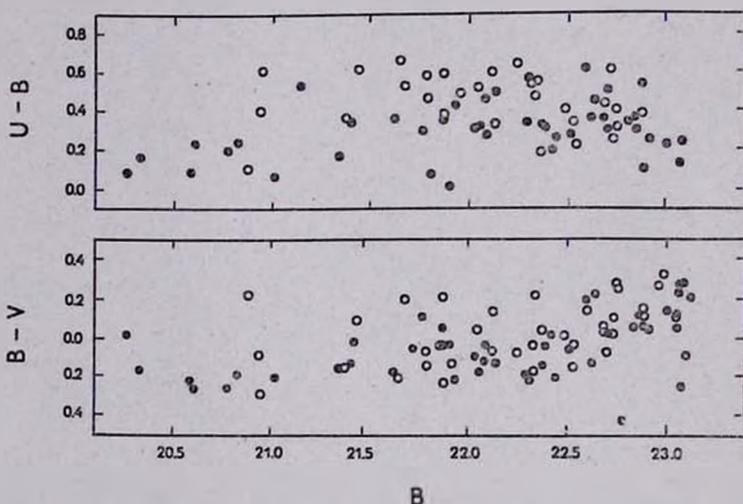


Рис. 4. Графики зависимостей $U - B$ и $B - V$ от B : светлые кружки — для южной части, черные кружки — для северной части.

Интересно отметить, что значение $U - B$ в туманности всюду положительно и также имеет тенденцию увеличиваться к границе туманности. Следует отметить также, что значение $U - B$ в северной яркой части туманности в два раза больше в среднем, чем в южной.

Для определения градиента яркости в туманности построены графики зависимости $\ln I$ от расстояния от ядра r . Для этой цели

взяты значения $\ln I$ для двух направлений от ядра: к северу — для яркой части туманности и к югу — для слабой. Эти графики, построенные для обеих частей туманности и для разных цветов, представлены на рис. 5 и 6.

Как видно из этих рисунков, падение интенсивности для каждого из избранных направлений представляется формулой

$$I = I_0 \cdot e^{-k_\lambda r}. \quad (1)$$

Из уравнения (1) можно определить значение коэффициента k_λ . Значения k_λ для обеих частей туманности и для разных длин волн приведены в табл. 3.

Таблица 3

	k_U	k_B	k_V	$n_{U/B}$	$n_{B/V}$
Северная часть	0.54	0.44	0.40	0.98	0.41
Южная часть	0.44	0.35	0.31	1.04	0.53

Предполагая, что $k_\lambda \sim \lambda^{-n}$, можно оценить значение n из отношений k_U/k_B и k_B/k_V для обеих частей туманности. Полученные таким образом значения n приведены в табл. 3.

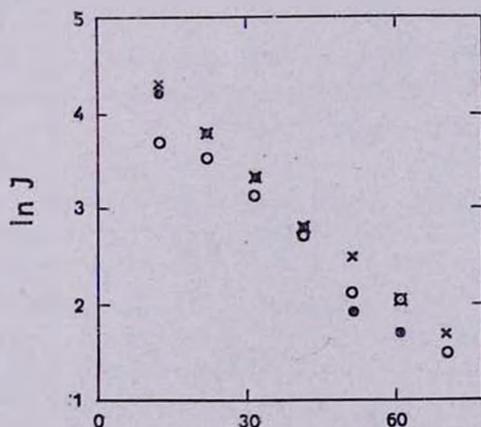


Рис. 5. График зависимости $\ln I$ от r для северной части: светлые кружки — для лучей U , крестики — для лучей B , черные кружки — для лучей V .

По оценке Хаббла звездная величина ядра туманности равна $m_{pg} = 13.2$ и $m_{pv} = 13.5$. По Хербигу ядро тринадцатой величины. Следовательно, соотношение Хаббла

$$m + 5 \lg a = 11 \quad (2)$$

в рассматриваемой туманности нарушается на три звездные величины.

Если считать кометарные туманности отражательными, то можно для них написать неравенство [5]

$$m_T - m_s \geq -5 \lg \sin \frac{\alpha}{4}, \quad (3)$$

где m_T — интегральная яркость туманности, m_s — яркость звезды, α — угол раствора веера туманности. Это соотношение справедливо лишь при пренебрежении влиянием поглощения на наблюдаемую яркость звезды. Такое пренебрежение в данном случае, по-видимому, справедливо, так как нет хвоста (веера), обращенного к нам.

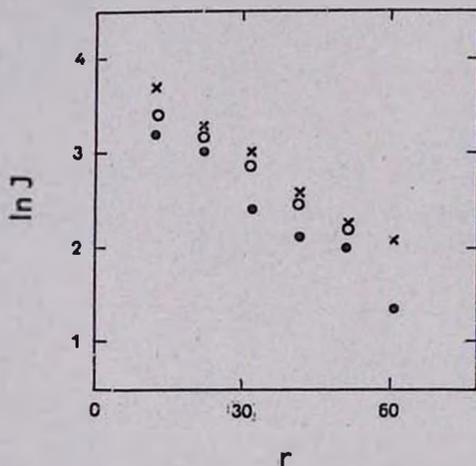


Рис. 6. График зависимости $\ln I$ от r для южной части. Обозначения те же, что и на рис. 5.

В работе [5] было показано, что для кометарных туманностей неравенство (3) не соблюдается. Если принять, что в исследуемой туманности эффект отражения доминирует, то для фотографических лучей неравенство (3) примет вид

$$m_T - m_s \geq 1^m 50$$

(α в нашем случае порядка 120°). Однако, в нашем случае

$$m_T - m_s = -1^m 0,$$

то есть для выполнения неравенства (3) звезда должна быть ярче на 2^m.5.

По аналогии с NGC 2261 Хаббл предположил, что туманность *Anon 6^h04^m* переменная, но наблюдения не подтвердили этого [1]. Сравнение снимков туманности, полученных с интервалом в три года (на 21" телескопе в 1961 г. и на 40" телескопе в 1964 г.), не показало заметного изменения яркости туманности.

Полученные данные приводят к заключению, что в туманности *Anon 6^h04^m*, по-видимому, механизм отражения не является единственной причиной ее свечения.

Авторы выражают глубокую благодарность академику В. А. Амбарцумяну и Л. В. Мирзояну за обсуждение статьи и ценные замечания.

Бюраканская астрофизическая
обсерватория

THE COLORIMETRIC INVESTIGATION OF THE COMETARY NEBULA *Anon 6^h04^m*

E. E. KHACHIKIAN, E. S. PARSAMIAN

The results of colorimetric investigation of two-fan cometary nebula *Anon 6^h04^m* are given. The plates were received with the 40" Schmidt telescope of the Byurakan observatory in a system not differing much from *U*, *B*, *V*. The calibration and standartization of plates has been carried out by means of extrafocal images of stars of North Polar Sequence.

The maps of *B—V*, *U—B* and *B* distribution in nebula are presented. The used diaphragm cut out the region with the size 94" on the nebula. The integral brightnesses of the nebula in *U*, *B*, *V* were measured. The norther part of the nebula in *U* light is on one magnitude brighter, than that of southern and about half magnitude—in *B* and *V* lights. The dependence *B—V* and *U—B* from *B*, as well as *U*, *B*, *V* isophotoes of the nebula are given. In order to determinate the gradient of brightness in nebula the dependence between $\ln I$ and distance from the nuclea *r* are build up. This connection can be satisfactorily represented by formula $I = I_0 \cdot e^{-k_\lambda r}$. The value of k_λ for the three regions of spectra and for both parts of nebula were estimated. It has been shown that the nebula brightness on the three magnitude exceeds the expected brightness according to the Hubble correlation.

The conclusion has been made, that the luminosity of nebula *Анон* 6^h04^m can not be explained only by the reflection of the light of the central star.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. *G. H. Herbig*, *Contr. Lick obs.*, ser. 11, 99, 1960.
2. *E. P. Hubble*, *Ap. J.*, 56, 162, 400, 1922.
3. *Б. Е. Маркарян, Э. Я. Оганесян, С. Н. Аракелян*, *Астрофизика*, 1, 38, 1965.
4. *Э. С. Парсамян*, *Сообщ. Бюр. обс.*, 30, 51, 1962.
5. *Э. С. Парсамян*, *Сообщ. Бюр. обс.*, 32, 3, 1963.