

АСТРОФИЗИКА

Н. А. Амбарцумян, действ. чл. АН Арм. ССР

Подсчеты внегалактических туманностей и галактическое поглощение

(Представлено 18 IV 1947)

Изучение вопроса о характере связи диффузных туманностей с освещающими их звездами привело к гипотезе о клочковатом строении поглощающего слоя в Галактике⁽¹⁾. Возник вопрос о статистическом изучении природы отдельных неосвещенных облаков, составляющих поглощающий слой. Прежде всего желательно установить следующие три статистические характеристики: 1) среднее число поглощающих облаков в единице объема, 2) средняя оптическая толщина облака (ϵ), 3) средние линейные размеры облака.

Еще в 1940 году нами было показано⁽²⁾, что одной из главных причин больших флюктуаций в числах внегалактических туманностей является клочковатая природа поглощающего слоя в нашей Галактике. Более того, оказалось, что данные об этих флюктуациях, получаемые из статистических подсчетов Hubble-а, дают возможность определить среднее значение оптической толщины одного поглощающего облака. Это значение было найдено равным 0^m27 .

Опубликованные Sharpley⁽³⁾ подробные подсчеты внешних галактик для южного полушария представляют с этой точки зрения значительный интерес.

Правда, эти подсчеты простираются только до 18^m0 в и поэтому большей степени подвержены влиянию местных уплотнений и скученности, чем подсчеты Hubble-а. Однако, вместе с тем имеются два обстоятельства, которые делают анализ данных Sharpley весьма целесообразным. Во-первых, эти подсчеты охватывают весьма значительную площадь неба и во-вторых, итоги подсчетов даны в такой форме, что позволяют сравнивать между собой различные площадки на одном и том же снимке. Сравнивая между собой площадки, находящиеся на одном и том же снимке, мы, тем самым устраняем систематические ошибки, которые меняются при переходе от снимка к снимку. Кроме того изучение колебаний чисел галактик при небольших взаимных расстоя-

ниях площадок (порядка 1—3 градусов) тем более интересно для нас, что при анализе подсчетов Hubble-а мы сравнивали площадки, находящиеся на нескольких десятках градусов друг от друга.

В подсчетах Sharpley даются числа галактик на каждый квадратный градус. Нами брались на каждом снимке только центральные девять площадок, для того, чтобы избежать фотометрической ошибки поля. Таким образом, использовались подсчеты, произведенные в пределах центральной части снимка в квадрате $3^{\circ} \times 3^{\circ}$. Для каждого снимка выводилось среднее число галактик N и среднее квадратичное отклонение от вычисленного среднего $(\Delta N)^2$. Отсюда непосредственно вычислялся квадрат дисперсии σ^2 . Из последней величины вычитался квадрат той дисперсии, которая естественно должна существовать по закону Пуассона независимо от клочковатости поглощающего слоя в Галактике и получалась остаточная дисперсия σ_1^2 . Отсюда можно было получить относительное значение квадрата дисперсии

$$\rho = \frac{\sigma_1^2}{N}$$

для каждого снимка.

При подсчетах мы, для получения однородных результатов, ограничились теми снимками, на которых они доведены до галактик слабее $17^m.8$ и анализ производился по отношению к числам всех галактик до указанной яркости включительно.

Всего были таким образом обработаны данные для 59 снимков. Результаты обработки приведены в следующей таблице, где даны: номер пластинки по Sharpley, галактические координаты центра снимка и вычисленное значение ρ .

№	λ	β	ρ	$\ln(1+\rho)$	№	λ	β	ρ	$\ln(1+\rho)$
17219	274°.1	-55°.0	0,14	0,13	14395	261°.0	-40°.9	0,51	0,41
17088	264.2	-54,9	0,13	0,12	17198	268,5	-40,2	0,05	0,05
17121	255,2	-53,0	0,05	0,05	17194	272,8	-40,0	0,13	0,12
14268	255,0	-53,0	-0,05	0,05	14325	285,7	-39,4	0,06	0,06
14232	273,1	-50,3	0,11	0,10	17187	243,0	-38,6	0,08	0,08
17222	264,0	-49,7	0,11	0,10	14293	293,4	-38,6	0,08	0,08
14265	247,7	-49,4	0,12	0,11	14251	280,0	-37,4	0,30	0,26
14329	293,5	-48,9	0,02	0,02	16344	263,1	-36,3	0,08	0,08
17144	256,3	-47,6	0,14	0,13	16976	272,4	-35,0	1,20	0,79
14213	283,8	-47,6	0,07	0,07	16686	254,3	-34,4	0,06	0,06
14219	286,9	-45,9	0,02	0,02	14239	289,0	-34,0	0,14	0,13
17150	257,3	-45,0	0,04	0,04	14229	304,5	-33,5	0,09	0,09
16299	280,0	-43,9	0,02	0,02	16961	277,2	-31,7	0,10	0,10
17155	250,4	-43,8	0,21	0,18	14267	295,4	-31,6	0,05	0,05
17087	299,0	-41,7	-0,04	-0,04	17200	266,3	-31,5	0,08	0,08

№	λ	β	ρ	$\ln(1+\rho)$	№	λ	β	ρ	$\ln(1+\rho)$
18629	283 ^o .9	-31,4	0,29	0,25	17250	246 ^o .8	-20 ^o .2	0,11	0,10
16945	275,2	-29,5	0,14	0,13	17312	241,2	-19,6	0,07	0,07
16315	255,9	-29,4	-0,06	-0,06	16316	261,6	-18,2	0,07	0,07
17473	278,1	-26,3	0,59	0,46	16414	277,5	-17,6	0,32	0,28
16758	244,6	-26,2	0,13	0,12	16011	267,6	-16,0	-0,23	-0,21
17405	271,5	-25,9	-0,09	-0,09	16452	271,3	-15,5	0,41	0,34
14222	300,6	-25,8	0,33	0,29	17391	249,9	-15,3	0,03	0,03
14208	289,2	-25,5	0,27	0,24	17351	244,1	-14,5	0,06	0,06
14256	239,6	-25,3	0,09	0,09	16185	289,0	-14,0	0,22	0,20
14184	283,6	-24,9	0,50	0,41	16195	295,1	-13,4	0,10	0,10
14202	294,6	-23,8	0,61	0,48	16169	280,5	-13,3	0,12	0,11
14862	282,4	-22,7	0,09	0,09	16033	271,6	-10,6	0,05	0,05
17401	274,5	-21,6	0,82	0,60	16167	283,0	-8,9	-0,06	-0,06
17398	258,0	-21,5	0,17	0,16	16439	284,3	-4,3	-0,13	-0,12
16950	267,8	-20,4	0,30	0,26					

Перейдем к некоторым теоретическим расчетам и сравнению полученных значений ρ с результатами теории. Обозначим через ν_0 математическое ожидание числа поглощающих облаков в направлении на галактический полюс. Тогда математическое ожидание числа поглощающих облаков, пересекаемых лучом на галактической широте β будет $\nu = \nu_0 \cos \beta$. Реальное число облаков n в данном направлении β будет случайной величиной, с распределением Пуассона

$$P(n) = e^{-\nu} \frac{\nu^n}{n!} \quad (2)$$

Если обозначить через $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n$ поглощение в звездных величинах, производимое этими облаками, то число галактик на 1 квадратный градус, наблюдаемое нами, будет в этом случае равно

$$N = N_0 \cdot 10^{-0,6(\varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n)}$$

где N_0 — число галактик, которое наблюдалось бы на 1 кв. градус при отсутствии поглощения.

Принимая для всех облаков один и тот же закон распределения $\varphi(\varepsilon)$ значений оптических толщин (ε), мы после некоторых вычислений найдем следующее выражение для среднего значения \bar{N}

$$\bar{N} = N_0 e^{-\nu(1-\theta)} \quad (3)$$

где

$$\theta = \int 10^{-0,6\varepsilon} d\varphi(\varepsilon) \quad (4)$$

представляет собой математическое ожидание величины $10^{-0,6\varepsilon}$.

Точно также можно показать, что

$$\bar{N}^2 = N_0^2 e^{-\nu(1-\theta^2)} \quad (5)$$

Из (2) и (5) для дисперсии величины N , обусловленной клочковатостью поглощающей материи, находим

$$\frac{\sigma_1^2}{N^2} = \frac{\bar{N}^2 - N^2}{N^2} = e^{\nu(1-\theta)^2} - 1 \quad (6)$$

Сравнивая с (1), получим

$$\ln(1+\rho) = \nu(1-\theta)^2 \quad (7)$$

или

$$\nu_0 \operatorname{cosec} \beta \left[\int (1 - 10^{-0,6\varepsilon}) d\varphi(\varepsilon) \right]^2 = \ln(1+\rho) \quad (8)$$

В частном случае, когда ε может принимать лишь одно возможное значение ε_0 , формула (8) приводится к

$$\nu_0 \operatorname{cosec} \beta \left[1 - 10^{-0,6\varepsilon_0} \right]^2 = \ln(1+\rho). \quad (9)$$

С другой стороны произведение $\nu_0 \varepsilon_0$ представляет собой математическое ожидание оптической толщины в направлении галактического полюса и по Hubble-у

$$\nu_0 \varepsilon_0 = 0^m 25 \quad (10)$$

Из двух уравнений (9) и (10) мы можем определить ν_0 и ε_0 .

Заметим, что согласно (9) величина $\ln(1+\rho)$, полученная нами из подсчетов Sharpley и содержащаяся в последнем столбце вышеприведенной таблицы, должна быть пропорциональна $\operatorname{cosec} \beta$. Однако, мы видим, что полученные значения $\ln(1+\rho)$ для данной широты подвержены большим флюктуациям. Для их устранения мы сгруппировали значения $\ln(1+\rho)$ по различным широтным поясам и получили их средние значения. Результат приведен в нижеследующей таблице:

Интервал широт	$\overline{\ln(1+\rho)}$
50° — 56,9	0,07
40 — 49,9	0,10
30 — 39,9	0,16
20 — 29,9	0,21
10 — 19,9	0,10
0 — 9,9	-0,09

Значения $\overline{\ln(1+\rho)}$, вычисленные здесь для зоны избегания, т. е. для последних двух зон, крайне ненадежны и не заслуживают никакого внимания, вследствие малости числа наблюдаемых галактик и вытекающей отсюда невозможности получения статистически ценных данных.

Для остальных же широт $\ln(1+\rho)$ довольно регулярно возрастает с $\cos\epsilon\beta$ и по способу наименьших квадратов легко сосчитать значение коэффициента при $\cos\epsilon\beta$ в левой части формулы (9). Сопоставляя это значение с (10), мы найдем значения γ_0 и ϵ_0 . Оказалось, что для ϵ_0 получается

$$\epsilon_0 = 0^m 23,$$

что несколько меньше значения, полученного нами в прежней работе

При выводе величины ϵ_0 надо, однако, иметь в виду следующий источник ошибки. Дело в том, что значения N , наблюдаемые в двух близких друг от друга участках неба, не могут быть совершенно независимы, так как в этом случае некоторые из облаков, поглощающих свет галактик, могут быть общими для обоих участков. Следовательно, между значениями N для двух участков будет некоторая корреляция, убывающая с возрастанием расстояния между участками. Наши основные формулы (3), (5), (6) могут сравниваться с результатами подсчетов в выбранной совокупности направлений вообще лишь в том случае, когда числа N в этой совокупности направлений независимы между собой. Этому условию вполне удовлетворяет совокупность площадок Hubble-a. В случае же вычисления σ_1 на основании подсчетов в совокупности площадок, находящихся вблизи друг друга на одной пластинке, как это сделано в настоящей работе, вычисленное значение σ_1 может быть меньше, чем в том случае, когда частоты галактик на площадках независимы. Вследствие этого вычисленное значение ϵ_0 может оказаться меньше истинного. Однако, этот вопрос заслуживает отдельного рассмотрения.

Бюраканская Астрофизическая
Обсерватория
Академии Наук Арм. ССР
Ереван, 1947, апрель.

Վ. Ն. ՀԱՄԲԱՐՉՈՒՄՅԱՆ

Արտագաղաթյակաթիկ միդամամուրյունների հասվումները եվ
գալակաթիկ կլանումը

Վերլուծման է ենթարկված գալակտիկ կլանման նյութի անկանոն բաշխման ազդեցությունը արտաքին գալակտիկաների տեսանելի բաշխման վրա: Օգտագործված են Shapley-ի հաշվումները հարավային կիսագնդի վերաբերյալ: Արտաքին գալակտիկաների թվերի ֆունկցիոնալների հիման վրա ստացվում է յուրաքանչյուր կլանող ամպի օգտիկան հաստատուության արժեքը:

$$\epsilon_0 = 0^m 23.$$

The Counts of Extragalactic Nebulae and the Galactic Absorption

Many observational data support the assumption that the galactic absorbing layer consists of a great number of separate absorbing clouds. The influence of such a structure of the absorbing layer on the apparent distribution of external galaxies is studied. Shapley's counts of galaxies in the southern hemisphere were analyzed.

From the fluctuations in the apparent distribution of galaxies brighter than $17^m.8$ we obtain the value $\tau = 0^m.23$ for the mean optical thickness of an absorbing cloud.

ЛИТЕРАТУРА

1. V. Ambarzumian and Sh. Gordeladse. Bull. Abast. Obs. 2, 37, 1938. 2. В. Амбарцумян. Бюлл. Абаст. Обс., 4, 17, 1940. 3. Annals of Harvard Observatory, 105, 137, 1937.