

РАДИОАСТРОНОМИЯ

В. А. Санамян

**Относительные интенсивности дискретных источников
 космического радиоизлучения для длины волны 4,2 м**

(Представлено В. А. Амбарцумяном 5. IV. 1957)

Выполненные до сих пор радиоастрономические наблюдения дискретных источников космического радиоизлучения имели отчасти односторонний характер. В них сравнительно мало внимания обращалось на изучение интенсивности и распределения по спектру радиоизлучения источников.

Приведенные в ряде каталогов результаты измерений абсолютных интенсивностей источников для различных длин волн получены разными исследователями, различными методами и с помощью радиотелескопов с разными разрешающими способностями. Только наиболее интенсивные из источников являются общими для нескольких обзоров. Кроме того, точность измерения интенсивностей мала и не одинакова для разных наблюдений. Достаточно указать, что в ряде случаев значения абсолютной интенсивности данного источника, полученные для одной и той же длины волны разными наблюдателями (а иногда одним и тем же наблюдателем), отличаются друг от друга в два и более раза. При этом такое расхождение наблюдается не только при сравнении интенсивностей слабых источников радиоизлучения, но иногда и для более интенсивных источников.

Разумеется, на основании таких данных часто бывает трудно сделать какие-либо твердые заключения о распределении интенсивности излучения дискретных источников радиоизлучения по спектру.

Между тем интенсивности радиоисточников и особенно характер относительного распределения интенсивности по спектру представляют большой интерес, так как сравнение этих распределений может дать ценные сведения о различиях в природе источников, а также о различиях в механизме возникновения радиоизлучения.

Ниже приводятся результаты произведенных в Бюраканской обсерватории измерений относительных интенсивностей двадцати дискретных источников на волне 4,2 метра и сопоставление полученных данных с имеющимися результатами измерений на других волнах.



Результаты наблюдений. Средние результаты бюраканских измерений относительной интенсивности 20 наиболее интенсивных дискретных источников радиоизлучения приведены в седьмом столбце табл. 1. В качестве источника сравнения брался всегда источник Кассиопея-А. Интенсивность его нами принята за единицу.

Координаты и названия объектов для приведенных источников взяты из „Каталога надежно известных дискретных источников космических шумов“, составленного Поззи⁽¹⁾, и из каталога 2С, составленного Райлом и другими для 1936 дискретных источников⁽²⁾.

Во втором столбце таблицы приведены обозначения источников по системе IAU, в которой первое число показывает число часов в прямом восхождении, буквы N и S показывают полушарие (северное или южное), а последняя цифра показывает число десятков в склонении. В шестом столбце таблицы даны числа независимых наблюдений данного источника. В последнем столбце приведены объекты, с которыми отождествлены источники радиоизлучения или характер источника. Наблюдения, на которых основана табл. 1, произведены в 1953—1956 гг. на интерференционном радиотелескопе методом фазового переключения. Все приведенные источники были измерены также другими наблюдателями на одной или нескольких различных частотах^(2—11). На основе этих измерений были вычислены относительные интенсивности источников для ряда длин волн. В табл. 2 и 3 приведены сопоставления полученных таким образом абсолютных и относительных интенсивностей восьми более мощных источников с нашими данными. В табл. 3 для всех длин волн за единицу принята интенсивность источника Лебедь-А, поскольку он является общим для всех наблюдателей.

Кривые спектрального распределения для надежно измеренных дискретных источников радиоизлучения Кассиопея-А, Лебедь-А, Телец-А, Дева-А, Корма-А и Центавр-А приведены на рис. 1.

Для удобства рассмотрения этого графика значения логарифмов интенсивностей для Кассиопеи-А, Тельца-А были увеличены на 0,2, а для Девы-А, Кормы-А и Центавра-А—уменьшены на 0,2, 0,8 и 1,0 соответственно.

Эти кривые показывают, что за исключением источника Тельца-А, спектральные распределения интенсивностей радиоизлучения остальных источников мало отличаются друг от друга.

Совершенно особое место занимает Крабовидная туманность (Телец-А). Ее интенсивность сильно возрастает при изменении частоты от 38 до 1420 мегагерц.

Об уждеие результатов. При рассмотрении данных табл. 3, представляющих относительные интенсивности радиоизлучения дискретных источников, больше всего бросается в глаза следующий факт. Отношение интенсивностей двух самых мощных дискретных источников, Кассиопеи-А и Лебеда-А, в пределах точности наблюдений остается постоянным по крайней мере в участке спектра от 38 до

Таблица 1

Относительные интенсивности дискретных источников радиоизлучения для длины волны $\lambda = 4,2$ м

№ п/п	Название источников (созвездий)	№ по IAU	Прямое восхождение			Склонение		Число незав. набл.	Относительная интенс.	Несомненное отождествление источников и замечания о их характере
			h	m	s	°	'			
1	Кит	2N 1A	02	04	00	11	40	1	0.009	
2	Печь-А	3S 3A	03	19	30	-37	18	2	0.027	Протяженный источник
3	Персей-А	4N 3A	04	30	00	31	40	4	0.013	
4	2С 434	4S 2A	04	56	02	-21	12	2	0.017	NGC 1716 (?)
5	Живописец-А	5S 4A	05	09	04	-43	30	4	0.035	Протяженный источник
6	Телец-А	5N 2A	05	31	25	22	02	23	0.083	Крабовидная туманность (NGC 1952) M 1
7	Близнецы	6N 2A	06	13	37	22	38	6	0.033	Галактическая туманность IC 443
8	Корма-А	8S 4A	08	20	00	-42	30	5	0.197	Галактическая туманность
9	Гончие псы	12N 4A	12	15	00	47	00	1	0.004	NGC 4235
10	Дева-А	12N 1A	12	28	18	12	44	16	0.069	Галактика NGC 4486 (M 87)
11	Центавр-А	13S 4A	13	22	30	-42	46	3	0.073	NGC 5128
12	Волопас	14N 5A	14	10	00	51	00	3	0.010	NGC 5457
13	Геркулес	16N 0A	16	45	00	60	00	6	0.022	
14	2С 1473	17S 0A	17	18	00	-00	53	2	0.012	Сверхновая Кеплера 1604
15	2С 1525	17S 2A	17	54	15	-21	19	1	0.024	
16	2С 1569	18N 4A	18	28	15	48	36	1	0.011	
17	2С 1007	18N 0A	18	54	00	01	36	5	0.026	Протяженный источник
18	Лебедь-А	19N 4A	19	57	45	40	35	26	0.613	Внегалактическая туманность
19	2С 1843	22N 4A	22	12	01	48	36	1	0.011	
20	Кассиопея-А	23N 5A	23	21	12	58	32	—	1.000	Пекулярно-волокнистая галактическая туманность

Таблица 2

Плотность радионизлучения дискретных источников в единицах $10^{-24} \text{ хвип}^{-2} (\text{с/с})^{-1}$

№ п/п	Частота в мггц Источники	38	60	72,5	81,5	81,5	100	101	160	210	400	500	600	1420
		(³)	(⁴)	Бкр.	(⁵)	(²)	(⁴)	(⁶)	(⁴)	(³)	(⁸)	(³)	(¹⁰)	(¹¹)
1	Кассиопея-А	435	—	275	220	232	—	—	—	121	—	42	—	27
2	Лебедь-А	235	230	170 ¹	135	142	110 ¹	110	35	85	50 ¹	30	37	14,6
3	Телец-А	25,4	18,5	22	12,5	18,5	18,5	19	18,5	—	—	10	—	10,6
4	Дева-А	33,1	25	22 ²	12,7 ²	23 ²	—	—	10	15,9	—	—	3,6	3,0
5	Центавр-А	—	32	20,5	—	—	18,5	16	12	12,5	6	—	13	—
6	Корма-А	—	—	34,0	—	—	35,5	—	—	—	15	—	—	—
7	Близнецы	—	—	5,6	4,2	4,7	—	—	—	—	—	—	2,2	—
8	Геркулес-А	—	—	3,7	3,0	9,0	4,0	4,0	—	—	—	—	1,0	—

¹ Абсолютная интенсивность источника Лебедь-А для частот 72,5; 100 и 400 мггц была вычислена из хорошо установленной спектральной кривой (³).

² Значение интенсивности радионизлучения источника Дева-А для частот 72,5 мггц и 81,5 мггц было увеличено на 16, 22 и 25% соответственно, для учета того обстоятельства, что из-за его больших размеров (⁹) наблюдаемое значение интенсивности получается меньше истинного, в зависимости от базы радиоинтерферометра.

Таблица 3

Относительные интенсивности дискретных источников (интенсивность источника Лебедь-А принята за единицу)

№ п/п	Частота в мгц	38 (³)	60 (⁴)	72,5 Бюр.	81,5 (⁵)	81,5 (²)	100 (⁴)	101 (⁶)	160 (⁴)	200 (⁷)	210 (³)	400 (⁸)	500 (³)	600 (¹⁰)	1420 (¹¹)
	Источники														
1	Кассиопея-А	1.85	—	1.63	0.63	0.65	—	—	—	1.60	1.42	—	1.40	—	1.85
2	Лебедь-А	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
3	Телец-А	0.11	0.08	0.13	0.09	0.13	0.17	0.17	0.53	—	—	—	0.33	—	0.73
4	Дева-А	0.14	0.11	0.18	0.10	0.16	—	—	0.28	—	0.19	—	—	0.10	0.21
5	Центавр-А	—	0.14	0.12	—	—	0.17	0.14	0.34	—	0.15	0.12	—	0.35	—
6	Корма-А	—	—	0.20	—	—	0.32	—	—	—	—	0.30	—	—	—
7	Близнецы	—	—	0.03	0.03	0.03	—	—	—	—	—	—	—	0.06	—
8	Геркулес-А	—	—	0.02	0.02	0.06	0.04	0.04	—	—	—	—	—	0.003	—

1420 мггц. Кривые спектрального распределения почти параллельны. В то же самое время в этом же участке спектра отношение интенсивностей Тельца-А и Кассиопеи-А меняется весьма значительно (рис. 1).

Таким образом, мы имеем дело с парадоксальным фактом, когда спектральная кривая одного из галактических источников Кассиопеи-А на значительном протяжении спектра довольно точно совпадает со спектральной кривой внегалактического источника Лебедя-А, между тем как спектральные кривые двух галактических источников Кас-

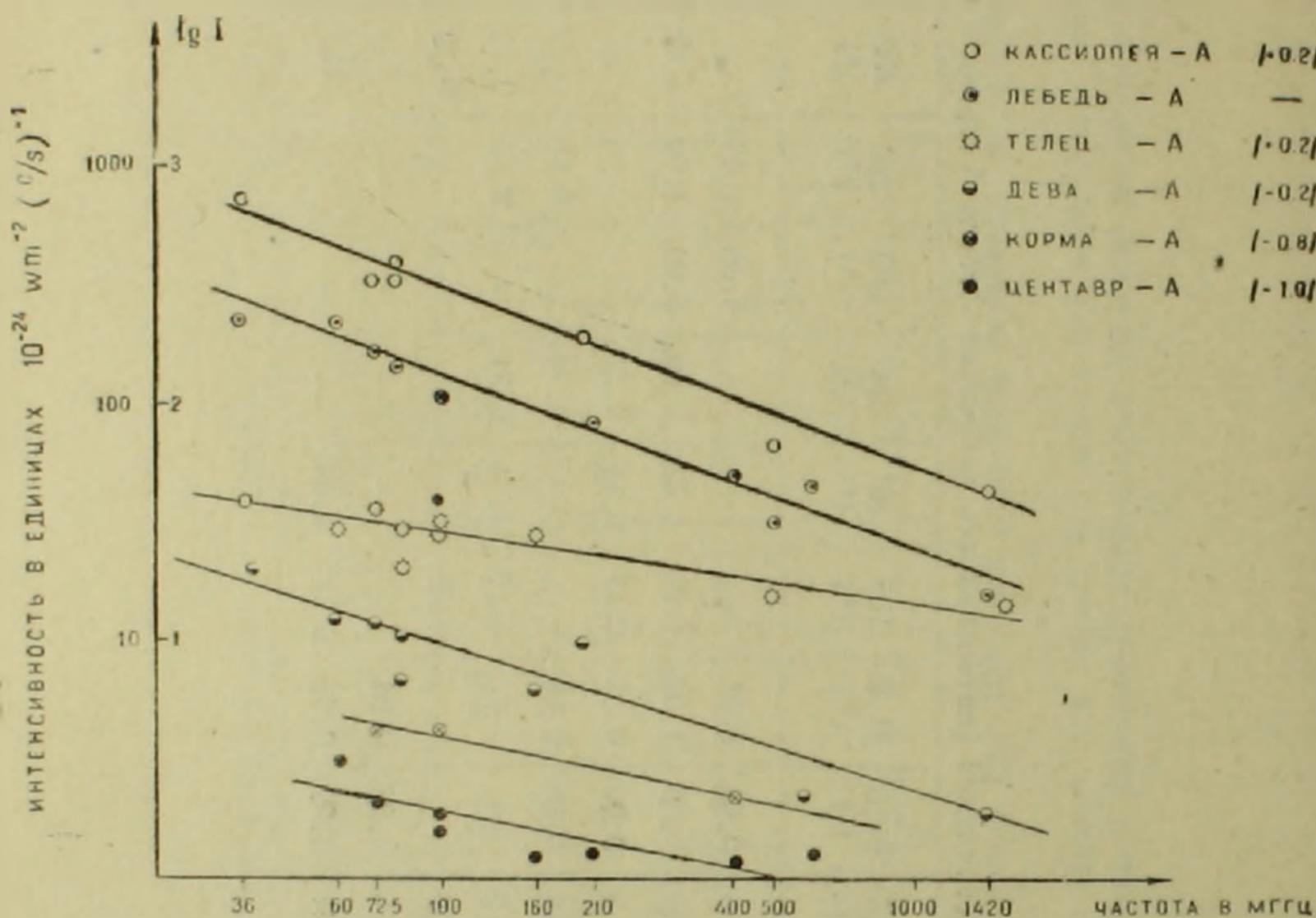


Рис. 1. Спектральное распределение радиоизлучения дискретных источников.

сиопеи-А и Тельца-А совершенно различны. В настоящее время трудно дать полное истолкование этого факта. Однако можно выдвинуть следующее качественное объяснение.

Крабовидная туманность (Телец-А) является относительно молодым источником радиоизлучения, в котором, согласно имеющимся данным, продолжают генерироваться релятивистские электроны высоких энергий—порядка 10^{11} — 10^{12} электрон-вольт.

Наличие таких электронов, согласно И. Шкловскому⁽¹²⁾, объясняет относительное возрастание интенсивности радиоизлучения этого источника с возрастанием частоты и существование непрерывной эмиссии в оптической части спектра.

В источнике Кассиопея-А, по-видимому в связи с более высоким его возрастом и вследствие отсутствия генерации новых частиц большой энергии, уже нет заметного количества электронов столь высоких энергий и поэтому излучение в области высоких радиочастот бо-

лее слабое, а непрерывная эмиссия в визуальной области совершенно отсутствует.

Средний „возраст“ релятивистских электронов во внегалактическом источнике Лебедь-А, очевидно, не может быть столь малым, как в Крабовидной туманности, поэтому в этом источнике средняя энергия этих электронов должна иметь меньшее значение. В результате мы должны иметь известное сходство в спектрах радиоизлучения источников Лебедя-А и Кассиопеи-А*.

Для объекта в Деве мы имеем некоторую тенденцию возрастания относительной интенсивности с частотой. Это можно сопоставить с фактом наличия частично-поляризованного оптического излучения, исходящего из части объема (струи) галактики NGC 4486, отождествленной с Девой-А. Эта поляризация, по-видимому, свидетельствует о том, что в струе находятся электроны очень высоких энергий. Однако вне струи уже нет заметного оптического излучения и имеются электроны лишь таких энергий, которые способны создавать только радиоизлучение. Поэтому возрастание интенсивности у Девы-А выражено гораздо слабее, чем у Тельца-А, где электроны, способные излучать оптические частоты, занимают значительную часть всей Крабовидной туманности.

Имеющиеся данные недостаточны для уверенной оценки характера изменения относительных интенсивностей других источников с изменением частоты. Однако, несмотря на наличие значительной дисперсии данных, спектральное распределение источников Кормы-А и Центавра-А скорее напоминает спектральное распределение источников Лебедя-А и Кассиопеи-А.

Таким образом, результаты радиоастрономических наблюдений показывают существование двух различных классов спектров источников радиоизлучения. Наиболее вероятное истолкование этого факта может быть основано на зависимости энергетического спектра излучающих частиц (электронов) от времени, прошедшего с момента их генерации.

В заключение автор выражает признательность академику В. А. Амбарцумяну за руководство и помощь при выполнении настоящей работы.

Бюраканская астрофизическая обсерватория
Академии наук Армянской ССР

Վ. Ա. ՍԱՆԱՄՅԱՆ

Ռադիոնառազայրման կետային ադրյուրների հարաբերական ինտենսիվությունները 4,2 մետր ալիքում

Բերվում են λ 4,2 մ ալիքի համար 20 համեմատաբար պայծառ ռադիոնառազայրման կետային ադրյուրների հարաբերական ինտենսիվությունների բյուրականի աստղադիտարանում կատարած չափումների արդյունքները: Այդ, ինչպես և ուրիշ դիտողների

* О зависимости энергетического спектра от времени см. (13).

կողմից ստացած տվյալների հիման վրա քննարկվում է սադիճառագայթման կետային աղբյուրների ինտենսիվությունների բաշխվածությունը սադիոսպեկտրում:

Տվյալների վերլուծությունը բերում է հետաքրքիր հետևություն. կասիոպեյա—Ա, Նավախեյ—Ա զալակտիկ, և կարապ—Ա, Կույս—Ա, Կենտավրոս—Ա և այլ արտագալակտիկ սադիոճառագայթման կետային աղբյուրների հարարերական սպեկտրալ կորերը բավականին ճիշտ համընկնում են իրար հետ առնվազն սպեկտրի 38-1400 միլիոն հերց հատվածում: Մինչդեռ Սուլի—Ա կետային աղբյուրի սպեկտրալ կորը բոլորովին տարբերվում է նշված աղբյուրների՝ այդ թվում նաև գալակտիկ աղբյուրների սպեկտրալ կորերից:

Առաջ է քաշվում հետևյալ որակական բացատրությունը.

Խեցգետնանման միզամածությունը (Սուլի—Ա) հանդիսանում է սադիոճառագայթման համեմատաբար երիտասարդ աղբյուր, որում շարունակվում է բարձր էներգիայի ունյատիվի ստացման էլեկտրոնների (10^{11} էլեկտրոն-վոլտ և ավելին) առաջացումը: Նման էլեկտրոնների գոյությունը, համաձայն Շկլովսկու բացատրում է այդ աղբյուրի ինտենսիվության աճը հաճախականության մեծացման հետ և անընդհատ ճառագայթման գոյությունը սպեկտրի տեսանելի մասում:

Կասիոպեյա—Ա և նշված մյուս աղբյուրների դեպքում, ըստ երևույթին, ընդհանուր է հանդիսանում այն, որ էլեկտրոնների միջին «տարիքը» ավելի մեծ է և դրա հետևանքով բարձր էներգիայի էլեկտրոնների հարարերական թիվը շատ փոքր է: Այդ պատճառով ճառագայթումը բարձր հաճախականություններում թույլ է: Որպես արդյունք ստացվում է այդ աղբյուրների սադիոճառագայթման սպեկտրների հայտնի նմանությունը:

Այսպիսով սադիոաստրոֆիզիկական դիտումների նախնական տվյալները դույզ են տալիս սադիոճառագայթման կետային աղբյուրների սպեկտրների երկու տարբեր դասի գոյությունը: Այդ փաստի ամենահավանական մեկնարանությունը հենվում է ճառագայթող մասնիկների (էլեկտրոնների) էներգետիկ սպեկտրի, նրանց գեներացիայի մոմենտից անցած ժամանակից ունեցած կախվածության վրա:

ЛИТЕРАТУРА — ԿՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ Ж. Повзей, Ар. J. 121, 2, 1955. ² Ж. Шейкшафт, М. Райл, Ж. Болдуин, Б. Елсмор, Ж. Томсон, Memoirs of R. A. S., 67, part III, 106, 1955. ³ Р. Аджи, Ф. Смит, Observatory, 76, 183, 1956. ⁴ Г. Стенли, О. Сли, Aust. J. Sci. Res. A3, 234, 1950. ⁵ М. Райл, Ф. Смит, Б. Елсмор, М. N. 110, 508, 1950. ⁶ Б. Милс, Aust. J. Sci. Res. A5, 266, 1952. ⁷ В. Санамян, Труды пятого совещания по вопросам космогонии, М., изд. АН СССР, 417, 1956. ⁸ Р. Мак-Ги, О. Сли, Г. Стенли, Aust. J. Phys., 9, 347, 1955. ⁹ Ж. Болдуин, Ф. Смит, Observatory, 76, 141, 1956. ¹⁰ Ж. Пиддингтон, Г. Трент, Aus. J. Phys., 9, 74, 1956. ¹¹ Ж. Аген, Е. Склайн, Н. Хербурн, Astron. J. 59, 323, 1954. ¹² И. Шкловский, ДАН СССР, 90, 983, 1954. ¹³ В. Гинзбург, Г. Гетманцев, М. Фредкин, Труды третьего совещания по вопросам космогонии, М., изд. АН СССР, 149, 1954.