

В. А. Санамян, А. М. Асланян

ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОТОКА РАДИОИСТОЧНИКА КАССИОПЕЯ-А.

Установлено, что галактическая туманность в Кассиопее, с которой отождествлен самый интенсивный источник радиоизлучения—Кассиопея-А, расширяется с большой скоростью. Согласно ранним вычислениям Бааде и Минковского [1], скорость этого расширения составляет 3000 км/сек , с наличием большой дисперсии скоростей отдельных волокон туманности. По более поздним вычислениям Минковского [2] скорость расширения ответственной за мощное радиоизлучение туманности в Кассиопее доходит до 7500 км/сек .

В процессе такого расширения туманности следует ожидать ослабления напряженности магнитного поля и уменьшения энергии релятивистских частиц туманности.

С другой стороны, твердо установлено, что остатки сверхновых, к числу которых принадлежит источник Кассиопея-А, являются мощными источниками нетеплового радиоизлучения, механизм которого сводится к тормозному излучению релятивистских электронов в магнитных полях туманности [3].

Если это так, то одновременно с расширением туманности естественно ожидать уменьшения потока радиоизлучения источника Кассиопея-А со временем.

На важность экспериментальной проверки этого положения В. А. Амбарцумян обратил внимание еще в 1952 году. В связи с этим в Бюраканской обсерватории была постав-

лена задача следить за ходом изменения отношения интенсивности радиоизлучения двух мощных источников радиоизлучения—Кассиопея-А и Лебедь-А во времени.

С этой целью проведена серия наблюдений летом 1953 г. с помощью интерференционного радиотелескопа на длине волны 4.2 м [4]. Вторая серия наблюдений проводилась летом 1961 года на этом же телескопе, после переустановки его на новой радиоастрономической станции. Расстояние между антеннами радиоинтерферометра, длина волны и основные характеристики приемной аппаратуры остались почти без изменения. Чтобы ошибки измерения свести к минимуму, был предпринят ряд мер. С особой тщательностью с помощью сигнала эталонного шумового генератора проводилась проверка амплитудной характеристики всего приемника от его входа до выходного индикатора. При этом соответствующая кривая была снята в двух масштабах—для малых сигналов (кривая *a* рис. 1) и для больших сигналов (кривая *б* рис. 1). Как видно из кривых, амплитудная характеристика достаточно линейна при выходных сигналах, соответствующих шумовым токам от нуля до 5 мА. Отметим, что для используемых приемных аппаратур эквивалентные шумовые токи, соответствующие потоку радиоизлучения рассматриваемых источников, не превышают 0.5 мА, т. е. рабочий участок находится в самой линейной части характеристики. Следовательно, ошибка, обусловленная нелинейностью амплитудной характеристики приемника, не может играть существенной роли, тем более, что оба эти источника довольно близки по величине потока радиоизлучения.

Вышеуказанные измерения проводились интерференционным методом с базой интерферометра около 65 длин волн. При такой базе ширина лепестка интерференционной кривой получается 50 угловых минут, что во много раз превышает угловые размеры обоих сравниваемых источников. Следовательно ошибка, обусловленная разностью угловых размеров этих источников, пренебрежимо мала.

Измерения потока радиоизлучения Кассиопея-А и Лебедь-А проводились в относительных единицах, т. е. каждый

раз определялось отношение их потоков. Это предотвратило появление ошибок, обусловленных изменением условий распространения в тракте от антенны до входа приемника, а также неидеальным согласованием антенны с кабелем питания и выходом шумового генератора.

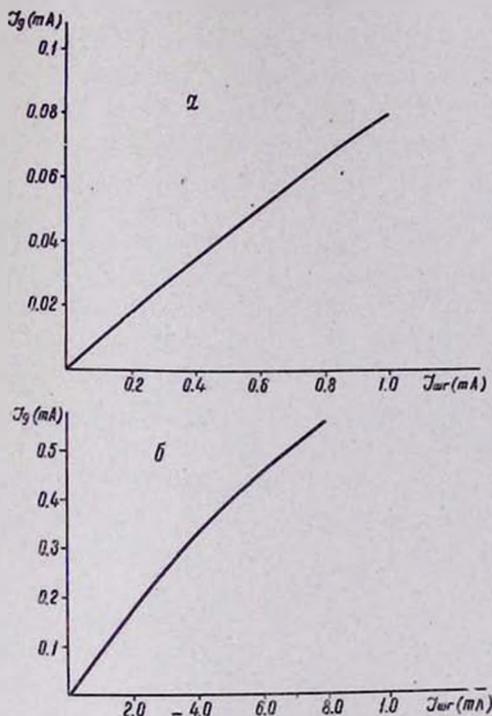


Рис. 1. Амплитудная характеристика приемника. I_g — ток второго детектора, $I_{шг}$ — ток шумового генератора.

Գծ. 1. Ամպլիտուդային առաքիտողային խարակտերիստիկան: I_g — երկրորդ ուղղիչի հոսանքը, $I_{шг}$ — աղմուկի գեներատորի հոսանքը:

Такое относительное измерение вполне надежно, так как эти источники расположены не очень далеко друг от друга на небосводе. Кроме того, обе серии наблюдений проводились в летний период, при ясной сухой погоде, когда для долготы Бюракана оба источника кульминировали в ночное время. Благодаря этому соблюдались оди-

наковые температурные и атмосферные условия наблюдений для промежутка времени, соответствующего кульминации этих источников. Для большей надежности, до и после каждой записи проверялась стабильность работы приемной аппаратуры с помощью сигнала шумового генератора. Изменение величины эталонного сигнала, вызванного нестабильностью коэффициента усиления приемника с другими причинами, не превышало -1.20% , что фактически соответствует точности установки выхода имеющегося эталонного шумового генератора. Кроме того, из многочисленных наблюдений для обработки были выбраны только самые надежные записи.

Наконец, для большей уверенности в надежности полученных результатов, сравнивались не только центральные максимумы интерференционных лепестков, соответствующие прохождению сравниваемых источников через меридиан, но и полные интегральные потоки двух источников в раскрыве всей диаграммы антенны интерферометра.

Результаты двух серий наблюдений, проведенных для определения отношения потоков радионизлучения источников Кассиопея-А и Лебедь-А на длине волны $\lambda = 4.2$ м, приведены в табл. 1 и 2, составленных для периодов 1953 [4, 5] и 1961 годов соответственно.

В этих таблицах приняты обозначения: N — число независимых наблюдений; α_1 и α_2 — отношение интенсивностей Кассиопея-А к интенсивности Лебедь-А для периодов 1953 и 1961 годов соответственно.

Данные таблицы показывают, что за 8 лет отношение α уменьшилось на 0.223, что составляет 13.6% по отношению значения его в 1953 г., т. е. среднее годовое изменение этого отношения составляет 1.7% .

Поскольку возможность быстрого изменения интенсивности радионизлучения внегалактического источника Лебедь-А за такой короткий промежуток времени исключена, то наблюдаемые изменения нужно полностью отнести к уменьшению интенсивности радионизлучения источника Кассиопея-А.

Таблица 1

Дата 1953 г.	N	r_1	Метод наблюдения
Май	4	$1,611 \pm 0,030$	Компенсационный
Июль	4	$1,655 \pm 0,025$	"
Сентябрь	3	$1,642 \pm 0,020$	"
Среднее за 1953 г.	11	$1,637 \pm 0,030$	"

Таблица 2

Дата 1961 г.	N	r_2	Метод наблюдения
Июнь	6	$1,417 \pm 0,025$	Компенсационный
Июль	5	$1,410 \pm 0,020$	Модуляционный
Среднее за 1961 г.	11	$1,414 \pm 0,025$	"

С целью повторной проверки достоверности полученных результатов, в 1961 году проводились аналогичные измерения на близкой длине волны $\lambda = 3.6$ м, с помощью двух антенн большого интерференционного радиотелескопа [6]. Отношение интенсивностей рассматриваемых источников оказалось равным 1.4. Допустим, что к периоду 1953 г. это отношение также было 1.63. Такое предположение вполне возможно, поскольку, как было показано в [7], отношение интенсивностей этих источников практически не меняется с длиной волны для метрового диапазона. Тогда изменение величины потока Кассиопея-А на $\lambda = 3.6$ м за этот период составляет 14.2%, что достаточно близко к результатам, полученным для $\lambda = 4.2$ м.

Некоторые расхождения могут быть обусловлены ошибкой измерения θ , частично, разностью угловых размеров измеряемых источников, так как база интерферометра большая и ширина лепестка интерференционной кривой превышает угловой размер источника Кассиопея-А всего в 5—6 раз.

Полученные результаты были сравнены с результатами, опубликованными недавно кембриджскими радиоастрономами [8]. В их измерениях для длины волны $\lambda = 3.7$ м (81.5 мгц) среднее годовое изменение потока радионизлуче-

ния составляет $(1.06 \pm 0.14\%)$, т. е. оно несколько меньше, чем измеренное нами изменение. Такое расхождение результатов, возможно, вызвано различием методов измерений, аппаратурой и условиями наблюдений, хотя при указанных ими точностях это маловероятно. Отметим, что согласно кембриджским данным общее изменение интенсивности Кассиопея-А за первые 7—8 лет почти такое, как и за последующие 4 года, причем величина среднегодового изменения за последний период хорошо согласуется с нашими данными.

Кроме того, по ранее опубликованным кембриджским данным [9] отношение потоков Кассиопея-А и Лебедь-А для частот 81.5 мГц составляет 1.625, а теперь для этого же отношения дается число 1.751.

Указанные причины позволяют несколько критически отнестись к точности ранних кембриджских данных.

С другой стороны, нельзя пройти мимо того факта, что значения отношения потоков радиоизлучения указанных радиоисточников, полученные в Бюракане и Кембридже при разности эпох меньше одного года, отличаются на величину 0.124, которая далеко выходит из пределов точности измерения. Если изменение за такой короткий промежуток времени окажется реальным, а не следствием ошибок, то мы столкнемся с чрезвычайно интересным явлением, связанным с мощными нестационарными процессами внутри туманности.

Следует отметить, что полученные нами данные достаточно близки к теоретически вычисленным Шкловским значениям [10]; небольшое превышение теоретически вычисленного значения над нашими экспериментальными данными, вероятно, обусловлено тем, что возраст Кассиопея-А, который согласно Минковскому оценивается в 256 лет, несколько уменьшен. Реальным возрастом следует считать возраст порядка 300 лет, что соответствует скорости расширения туманности—6200 км/сек., если согласно [2,10] за исходные данные брать для размеров туманности 2.7 пс (5.5 угловых минут) расстояние 3400 пс и спектральный индекс Кассиопея-А равный 0.8.

Полагая, что расширение туманности происходит равномерно во времени, то примерно через лет 15—20 Кассиопея-А станет уже вторым по интенсивности источником радионизлучения, через 100—150 лет она будет относиться к числу слабых радионисточников.

Авторы выражают благодарность С. К. Геруни за участие при обработке материала.

Институт радиофизики и электроники
АН АрмССР

Վ. Ա. ՍԱՆԱՄԵԱՆ, Ա. Մ ԱՍԼԱՆՅԱՆ

ԿԱՍԻՈՊԵՅԱ-Ա ԻՆՏԵՆՍԻՎՈՒՄՆԵՐԻ ԷՆՍԻՄՅՈՒՆՈՒԹՅԱՆ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅՈՒՆԸ

Հայտնի է, որ այն դալականիկ միգամածությունը, որում գտնվում է ռադիոճառագայթման ամենահզոր Կասիոպեյա-Ա աղբյուրը, ընդարձակվում է մեծ՝ 7000 կմ/վրկ, արագությունով: Մյուս կողմից ապացուցված է, որ այդ ռադիոաղբյուրը հանդիսանում է գերնոր աստղի մնացորդ, որի ռադիոճառագայթումը բացատրվում է ռելյատիվիստական էլեկտրոնների սինխրոտրոն ճառագայթումով:

Միգամածության լայնացման հետևանքով պետք է սպասել նրա մագնիսական դաշտի թուլացում և ռելյատիվիստական էլեկտրոնների էներգիայի նվազում: Դա նշանակում է, որ նշված աղբյուրի ռադիոճառագայթման ինտենսիվությունը պետք է նվազի ժամանակի ընթացքում:

Այդ երևույթի փորձնական ստուգման համար Բյուրականում կատարվել են Կասիոպեյա-Ա և Կարապ-Ա ռադիոաղբյուրների հարարերական ճշգրիտ չափումներ 4.2 մ. ալիքում: Առաջին լամբի դիտումները կատարվել են 1953 թ., իսկ երկրորդը՝ 1961 թ. միևնույն ռադիոդիտակի օգնությամբ:

Չափումները հաստատում են, որ 8 տարվա ընթացքում նշված աղբյուրների ռադիոճառագայթման ինտենսիվությունների հարարերությունը նվազել է 13.4% , այսինքն տարեկան միջին թվով 1.7% -ով:

Քանի որ Կարապ-Ա արտագալակտիկ աղբյուրի ռադիոճառագայթման ինտենսիվության փոփոխությունը ժամանակի այսպիսի

կարճ ինտերվալի համար լրիվ բացառված է, ապա պետք է ընդունել, որ նշված նվազումը պայմանավորված է միայն կասիոպեյա-Ա ռադիոաղբյուրի ռադիոճառագայթման ինտենսիվության նվազումով:

V. A. SANAMIAN, A. M. ASLANIAN

THE VARIATION OF THE FLUX DENSITY OF THE RADIO SOURCE CASSIOPEIA-A

S u m m a r y

It is known that the galactic nebula, in which the most powerful radio source Cassiopeia-A lies, expands with great velocity (about 7000 km/sec). On the other hand it is proved that this radio source is a remnant of galactic supernovae, the radio radiation of which is explained as the synchrotron emission of the relativistic electrons.

In the process of such expansion of nebula the decrease of the tension of magnetic field and the decrease of the energy of the relativistic electrons of nebula are to be expected.

For the experimental test of this conclusion in Byurakan the precise relative measurements of the flux density of the radio sources Cassiopeia-A and Cygnus-A at the wave length 4.2 m has been made.

The first series of observations was made in 1953 and the second one in 1961 with the same radio telescope.

The measurements confirm that the ratio of the flux densities of the radio emission of these sources decreased by 13.4 per cent during 8 years, that is in average 1.7 per cent for one year.

Since the change of intensity of radio emission of the extra-galactic source Cygnus-A for such short period of time is completely excluded, it is to be assumed that this decreasing is conditioned only by the decrease of the flux density of the radio source Cassiopeia-A.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. International Scientific Radio Union, 1954, Special report № 3.
2. R. Minkovski, Paris Simposium on Radio Astronomy, 315, Stanford-California, 1959.
3. В. Л. Гинзбург, И. С. Шкловский, С. Б. Пикельнер, *Астрономический журнал*, **32**, 503, 1955.
4. В. А. Санамян, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, **14**, 3 1954.
5. В. А. Санамян, *Труды V совещания по вопросам космогонии*, издание АН СССР, 417, 1956.
6. В. А. Санамян, Г. С. Минасян, *Сообщения Бюраканской обсерватории*, **27**, 35, 1950.
7. В. А. Санамян, *Доклады АН АрмССР*, **25**, № 2, 49, 1957.
8. J. A. Hogbom, J. R. Shakeshaft, *Nature*, **189**, № 4764, 561, 1961.
9. M. Ryle, F. G. Smith, B. Elsmor, *M. N.*, **110**, 508, 1950.
10. И. С. Шкловский, *Астрономический журнал*, **37**, 2, 256, 1960.

