

Препринт № 84

РЕЗУЛЬТАТЫ АБСОЛЮТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ
ИНТЕНСИВНОСТИ КАССИОПЕИ-А, ЛЕБЕДЯ-А,
ТЕЛЬЦА-А И ДЕВЫ-А НА ВОЛНАХ 30-100 СМ
И ИХ СПЕКТРЫ В ДИАПАЗОНЕ 3-100 СМ,
ПОЛУЧЕННЫЕ С ПОМОЩЬЮ "ЧЕРНОГО" ДИСКА,
РАСПОЛОЖЕННОГО В ЗОНЕ ФРЕНЕЛЯ

Н.М.Цейтлин, Л.В.Дмитренко, Д.А.Дмитренко,
Е.А.Миллер, В.В.Снегирева, Г.К.Титов.

1. Введение.

Абсолютные измерения интенсивности излучения мощных дискретных источников существенны как в радиоастрономии, поскольку они не только служат исследованию этих источников, но и определяют абсолютную шкалу интенсивностей, по которой калибруются более слабые источники, так и в приложениях радиоастрономии, например, к антенной технике, где эти источники также служат калибровочными эталонами.

В связи с этим в НИРФИ, начиная с 1961 г., проводятся абсолютные измерения интенсивности Кассиопеи-А, Лебедя-А, Тельца-А и Девы-А на сантиметровых-дециметровых волнах с помощью метода "черного" диска ("искусственной Луны", Троицкий, Цейтлин, 1961, Кротиков, Порфирьев, Троицкий, 1961; Цейтлин, 1964), обеспечивающего достаточно высокую точность. При этом используются две разновидности метода, отличающиеся расположением диска в дальней зоне антенны радиотелескопа и в зоне Френеля. Поскольку каждой из модификаций метода свойственны свои специфические погрешности, представляется целесообразным получать абсолютные спектры этими методами отдельно для последующего сравнения.

Это тем более оправдано, что имеется ряд подробных обзоров (Баарс, Мещер, Вендкер, 1965; Паркер, 1968; Келлерман, Паулини-Тос, Уильямс, 1969; Баарс, Хартцукер, 1972; Уиллс, 1973)⁺), посвященных установлению абсолютных

⁺) Отметим, что существенную часть данных в ряде этих работ составляют результаты НИРФИ.

спектров мощных источников по результатам измерений, проведенных разными авторами и разными методами, в которых результаты разных работ редуцируются в соответствии с предположениями авторов упомянутых обзоров. Последнее обстоятельство, естественно, снижает точность полученных спектров и не позволяет выявить их особенности (например, улощения, частотную зависимость векового хода и т.д.), хотя и обладает тем преимуществом, что, по-видимому, способно как-то нивелировать систематические погрешности различных работ.

Целесообразность построения абсолютных спектров по результатам измерений, проведенных в широком диапазоне волн одним и тем же методом, очевидна. Проведение измерений желательно в возможно более короткий срок в связи с уменьшением потока излучения Кассиопей-А, предсказанным и рассчитанным Шкловским (1960), поскольку, как оказалось (Дмитренко, Цейтлин, Виноградова, Гитерман, 1970; Станкевич, 1975), что уменьшение непостоянно по спектру, а частотно-зависимо.

Первыми работами, реализовавшими в достаточно короткий срок (по 4 месяца в 1967 и 1969 гг.) программу абсолютных измерений потоков двух источников Кассиопей-А, и Лебедя-А в диапазонах волн 30-60 см и затем 3-100 см по единой методике ("черный" диск в дальней зоне антенны) были работы Бондаря, Зелинской и др. (1969) и Троицкого, Станкевича, Цейтлина и др. (1971).

В настоящей работе, проведенной с марта 1972 г. по сентябрь 1974 г. на полигоне НИРФИ "Старая Пустынь", представлены результаты абсолютных измерений потоков четырех источников Кассиопей-А, Лебедя-А, Тельца-А и Девы-А в диапазоне волн 30-100 см с помощью метода "черного" диска, расположенного в зоне Френеля антенны. Поскольку с мая 1968 г. по июль 1970 г. этим же методом авторами были проведены измерения потоков этих же источников в диапазоне 3-30 см (Дмитренко, Цейтлин, Виноградова, Гитерман, 1970; Виноградова, Дмитренко, Цейтлин, 1971; Дмитренко, Дмитренко, Иванов, Цейтлин, 1971), то ниже приведены также спектры этих источников во всем диапазоне 3-100 см.

2. Условия и методика измерений в диапазоне 30-100 см.

Измерения проводились по методу "черного" диска, расположенного в зоне Френеля антенны (Цейтлин, 1964; Дмитренко, Цейтлин, 1969). При этом для выявления и учета влияния различного рода побочных факторов, сопровождающих обычно измерения, использовались различные диски, покрытые разнотипными поглощающими материалами ($\lambda = 30 + 60$ см, $d = 1,9$ м; $\lambda = 60 + 100$ см, $d = 2$ м, где d - диаметр диска), установленные на 25-метровой вышке при двух расстояниях от радиотелескопа ($R_{1н} = 53,6$ м; $R_{2н} = 100,3$ м). Измерения проводились с помощью 7-метровой антенны радиотелескопа, облучаемой полуволновым диполем на вертикальной (\uparrow) и горизонтальной (\rightarrow) поляризациях, и модуляционного приемника⁺) при существенно различных внешних условиях, связанных со временем измерений. В таблице 1 приведены некоторые данные об этих условиях.

Таблица 1.

Длина волны (см)	Расстояние до диска (м)	Период измерений
40 + 100	53,6	март-июль 1972
40,50, 70	100,3	октябрь-декабрь 1972
30,60, 90	100,3	февраль-март 1973
60 - 100	53,6	март-сентябрь 1974

Пр.ращения температуры антенны при наведении ее на исследуемый источник и опорную область $\Delta T_a^{ист}$ и в направлении на калибровочный эталон (при наличии и отсутствии "черного" диска) $\Delta T_{ад}$ измерялись при постоянном (соответствующем $R_{н}$) смещении облучателя в точку пересече-

+) На волнах $\lambda = 30+60$ см применялся модернизированный приемник П5-9 с флюктуационным порогом чувствительности $\Delta T_{min} \approx 1^\circ K$ при постоянной времени $\tau = 1$ сек; на волнах $\lambda = 60+100$ см радиометр с $\Delta T_{min} \approx 0,5^\circ K$ при $\tau = 1$ сек.

ния фокальных пятен^{*)}, измеренных в дальней зоне по излучению Солнца и в зоне Френеля по излучателю, расположенному на вышке. Такое смещение облучателя обеспечивало в нашем случае равенство величин усиления антенны при приеме излучения исследуемого источника и калибровочного эталона (общее падение усиления при этом по сравнению с фокусировкой антенны на "бесконечность" не превышало 5+7%, т.к. в этом диапазоне калибровочный эталон размещался на расстояниях всего в 3+7 раз меньше, чем до условной границы дальней зоны). Однако, в нашем случае наблюдалось заметное искажение фокального пятна, обусловленное реакцией зеркала на облучатель, причем это искажение не оставалось постоянным при изменении внешних условий. Это обстоятельство усложняло измерения и несколько ухудшало их точность, поскольку приходилось ежедневно контролировать оптимальность величины смещения облучателя и при необходимости вводить соответствующие поправки.

Измерения состояли из чередующихся циклов, включающих в себя измерения величин калибровочных сигналов (в начале и в конце цикла) и измерений сигналов от исследуемых источников. При этом, в каждом цикле измерялось излучение не менее 2-х источников, одним из которых был источник Кассиопея-А. Это позволило контролировать идентичность существенно разнесенных во времени измерений, а также проводить оценки относительной величины потоков источников. Выбор интервалов времени измерений проводился так, чтобы калибровочный эталон проецировался на области высоких галактических широт, а источник наблюдался на углах места $\geq 30^\circ$. Это позволяло свести к минимуму влияние фона за диском при измерениях ΔT_{aD} и отражений от земли при измерениях $\Delta T_{aист}$.

За уровень нулевого отсчета при измерениях $\Delta T_{aист}$ принималось среднее значение фона космического радиоизлучения между двумя опорными областями, соответствующими отведениям антенны по азимуту вправо и влево от источника (антенна отводилась на угол, соответствующий пер-

*) Фокальное пятно—зависимость величины принимаемого сигнала от смещения облучателя вдоль фокальной оси.

тому нулю диаграммы направленности и составляющий для разных волн от 3° до 10°)). "Эпорная" область сопровождалась по азимуту и углу места так же, как и исследуемый источник.

Потоки источников определялись на основании результатов измерений по обычной формуле (Дмитренко, Цейтлин, 1969).

$$S_{\nu} = \frac{2k}{\lambda^2} e^{\gamma} (T_d - T_{ф.д}) (1 + \xi) \int_{\Omega_d} F d\Omega \frac{\Delta n_{ист}}{\Delta n_d} - \Delta S_{\nu}, \quad (1)$$

где $\Delta n_{ист} \sim \Delta T_{ист}$; $\Delta n_d \sim \Delta T_{ф.д}$ приращения показаний выходного прибора радиометра при приеме радиоизлучения источника и диска, γ - поглощение в атмосфере, $T_d = T_0 (1 - z^2/4)^{++}$ - яркостная температура диска, $T_{ф.д}$ - яркостная температура фона за диском, F - нормированная диаграмма направленности антенны по мощности,

Ω_d - телесный угол диска, ξ - дифракционная поправка (Цейтлин, 1963; Аникина, Дмитренко, Иванникова, 1973), ΔS_{ν} - поправка, учитывающая неравномерность космического излучения в районе источника и опорных областей:

$$\Delta S_{\nu} = \frac{2k}{\lambda^2} \cdot \frac{4\pi}{D_{\Omega}} \cdot \frac{1}{2} (\Delta T_{ист-оп.1} + \Delta T_{ист-оп.2}) \quad (2)$$

D_{Ω} - к.н.д. антенны по $\Omega_{полн}$ - полному лепестку диаграммы направленности (*full beam*), включающему главный и несколько боковых лепестков (Дмитренко, 1971), $\Delta T_{ист-оп.1,2}$ - разность усредненных по полному лепестку яркостных температур в районе источника и опорной области.

-
- +) При измерениях радиоизлучения Тельца-А, на $\lambda = 60 + 100$ см антенна отводилась по азимуту лишь в одну сторону, чтобы избежать влияния теплового источника вблизи Тельца-А.
- ++) z^2 - коэффициент отражения поглощающего материала по мощности.

$$\Delta T_{\text{ист-оп}} = \left(\int_{\Omega_{\text{полн}}} T_{\text{ф.ист}} F d\Omega - \int_{\Omega_{\text{полн}}} T_{\text{ф.оп.}} F d\Omega \right) / \int_{\Omega_{\text{полн}}} F d\Omega .$$

В рассматриваемом диапазоне волн температура фона космического излучения $T_{\text{косм.}}$ даже в районе высоких галактических широт составляет на разных волнах от 4 до 60°K и вносит заметный вклад в $(T_A - T_{\text{ф.д}}) \approx T_0 - [(T_0 - 32)\delta + T_{\text{косм.}}]$. Она определялась для каждого цикла измерений на каждой длине волны по формуле

$$T_{\text{косм.}} = \left(\frac{\lambda}{75} \right)^{2,5} (T_{\text{косм.75}} + 12,5 \text{ } ^\circ\text{K}) , \quad (3)$$

где λ — длина волны в см, $T_{\text{косм.75}}$ — яркостная температура распределенного космического радиоизлучения в направлении диска на волне 75 см (Сигер, Стамперс, ван Хак, 1960). В (3) учтена поправка 12,5°K (Паулини-Тос, Шейкшафт, 1962)*.

Соотношение (3) использовалось также при подсчете усредненных по полному лепестку температур космического фона в районе источника и опорных областей $T_{\text{ср.ист}}$; $T_{\text{ср.оп}}$. Точность поправки ΔS_{ν} существенно зависит от точности определения $\Delta T_{\text{ист-оп}}$. Для определения усредненных по лепестку температур излучения указанных областей $T_{\text{ср.ист}}$ и $T_{\text{ср.оп}}$ необходимо интегрирование по диаграмме направленности антенны (изофоты космического излучения в районе источника расположены неравномерно). При симметричной диаграмме направленности это сводится, как известно (Цейглин, 1968) к усреднению температуры излучения по кольцам вокруг центра области радиуса z_k с "весом", определяемым формой диаграммы направленности антенны (F_k)

$$T_{\text{ср}} = \frac{\sum_{k=1}^n T_k \cdot z_k \cdot F_k}{\sum_{k=1}^n z_k \cdot F_k} , \quad (4)$$

*) Температура в поляриной области на 400 мГц 23,5°K.

где T_k - средняя температура в кольце радиуса r_k +).

Если принять во внимание, что погрешность в температурах, определяемых по изофотам, в среднем порядка 20%⁺⁺⁾, а погрешность определения D_{Ω} порядка 25%, то среднеквадратичная погрешность поправки ΔS_{ν} составит 30%. Столь значительная ошибка, тем не менее, оказывает малое влияние на точность определения плотности потока источника S_{ν} в том случае, когда сама поправка ΔS_{ν} мала по сравнению с S_{ν} (например, в диапазоне $\lambda = 30 \cdot 60$ см). Однако, на более длинных волнах она вносит существенный вклад в погрешность определения плотности потоков источников Лебедь-А (на $\lambda = 90+100$ см) и Телец-А (на $\lambda = 60+100$ см), где поправка ΔS_{ν} составляет от 30 до 80% величины S_{ν} (см. таблицу 2). Сигнал от Кассиопей-А достаточно велик, а фон в районе Девы-А достаточно мал, поэтому влияние ΔS_{ν} здесь мало.

3. Результаты измерений.

Результаты измерений представлены в таблице 2. Здесь же приведены погрешности определения S_{ν} : δ_{Σ} - суммарная среднеквадратичная ошибка измерений, $\delta_{фл.}$ - погрешность, определяемая флуктуационным порогом чувствительности, $\delta_{\xi} = \frac{\xi}{2} / (1 + \xi)$ - ошибка внесения дифракционной поправки, $\delta_{фок}$ - погрешность, связанная с неточностью установки облучателя в точку пересечения фокальных пятен, $\delta_{\Delta T_{дф}}$ - погрешность определения приращения температуры калибровочного эталона. В суммарную погрешность входят также погрешность, связанная с ΔS_{ν} (величины ΔS_{ν} приведены в таблице) и погрешности, связанные с определением $\int_{\Omega} F d\Omega$, около 1-1,5%, с отражением от диска $\sim 1\%$ и с ошибкой определения усиления при фо-

+) В нашем случае достаточно разбить всю область интегрирования на две области с разным "весом".

++) При расчетах использовались как абсолютные значения температур, так и их разности. Абсолютные значения температуры, указанной на изофотах, определены с ошибкой, достигающей 25+30% в областях минимальных температур, в то же время разность температур излучения из различных областей, достаточно удаленных от центра Галактики, известна с погрешностью 5+10%, определяемой погрешностью относительных измерений.

куспировке 1,5–2,5%.

На рис. 1 приведены построенные по данным таблицы 2 спектры источников в диапазоне волн 30–100 см. Как видно из рис. 1 спектральные индексы Кассиопей-А, Лебедя-А Тельца-А и Девы-А равны соответственно $-0,9 \pm 0,02$; $-1 \pm 0,03$; $-0,23 \pm 0,04$ и $-0,5 \pm 0,05$ для эпохи 1973.3.

Как видно из таблицы 2, погрешности существенно возрастают на волнах 90 и 100 см, что связано, главным образом, с влиянием возможной неточности в учете усредненных яркостных температур в районе источника и в опорных областях. Можно, однако, полагать, что в действительности погрешности несколько меньше приведенных в таблице, поскольку, как уже отмечалось, относительные значения температур, указанных на изофотах, известны с погрешностью; меньшей 20%, а погрешность определения D_{α} меньше 25%.

В таблице 3 приведены потоки 4-х источников в диапазоне волн 3–100 см, а на рис. 2 спектры, построенные по результатам настоящей работы (30–100 см) и упомянутых наших измерений в диапазоне 3–30 см.

Спектральный индекс Кассиопей-А эпохи 1973.3. оказался равным $\alpha = -0,84 \pm 0,03$ в диапазоне 3–100 см, +) что в пределах ошибок измерений совпадает с результатами Бондаря, Зелинской и др. (1969) ($\alpha = -0,81$), Троицкого, Станкевича, Цейтлина и др. ($\alpha = -0,86$), но выше, чем у Баарса, Медгера и Вендкера (1965) ($-0,787 \pm 0,06$) и Уилса (1973) ($-0,789$).

Результаты Баарса и др. и Уилса относятся к эпохе 1965.0. Если учесть частотную зависимость коэффициента годового уменьшения потока Кассиопей-А ($\lambda = 3,2-6$ см $\Gamma = 0,8\%$ в год, $\lambda = 7,3-14$ см $\Gamma = 1,3\%$ в год, $\lambda = 15-30$ см $\Gamma = 1,2\%$ в год и $\lambda = 30-100$ см $\Gamma = 0,5 \pm 0,6\%$ в год, как это следует из наших работ в диапазоне 3–30 см и из сопоставления наших теперешних результатов с наиболее точными более ранними данными), то с течением времени спектр Кассиопей-А, молодого ос-

+) Данные на волнах 3–30 см 1968–70 гг. приведены к 1973.3 с коэффициентом годового уменьшения потока 0,8% на $\lambda = 3-6$ см и 1,2% на $\lambda = 7-30$ см.

татка сверхновой, должен становиться круче, т.е. в 1965 г.

$\alpha = -0,82$ (это может найти естественное объяснение в связи с более быстрым "высвечиванием" более энергичных электронов, ответственных, в соответствии с синхронным механизмом, за более высокочастотное излучение).

Спектральный индекс Лебеда-А чепостоянен по диапозону, уменьшаясь с ростом длины волны от $\alpha = -1,28 \pm 0,06$ ($\lambda = 3-9$ см) до $\alpha = -1,1 \pm 0,1$ ($\lambda = 10-30$ см) и до $\alpha = -1 \pm 0,03$ ($\lambda = 30-100$ см), что согласуется с данными Троицкого, Станкевича, Цейтлина и др. (1971) и Баарса, Хартцукера (1972).

Погрешности измерения потока Лебеда-А на волнах 90 см и 100 см велики ($\approx 15\%$), однако величины потоков на этих волнах в пределах 3% совпадают с пересчитанными с 94 см данными Макрае и Сиквиста (1963), хотя и занижены по сравнению с данными Троицкого, Станкевича Цейтлина и др. (1971).

Спектр Тельца-А изобилует плоскими "ступеньками" с $\alpha \approx 0$, как это отмечалось ранее применительно к диапазонам 9-10 см, 30-40 см (Дмитрего, и др. 1970, Винсградова и др., 1971, Троицкий, Цейтлин, Порфирьев, 1964). Средний спектральный индекс Тельца-А в диапазоне 3-100 см $\alpha = -0,23 \pm 0,03$.

Спектр Девы-А, достаточно крутой в диапазоне 10-30 см ($\alpha = -0,76 \pm 0,1$), в диапазоне 30-100 см становится существенно более пологим ($\alpha = -0,5 \pm 0,05$). Тенденция к уменьшению спектрального индекса была видна уже из более ранних измерений в районе $\lambda = 30$ см (Разин, Федоров, 1963, Келлерман, Конвей, Лонг, 1963), результаты которых в пределах точности измерений совпадают с нашими. Наши результаты на волне 70 см согласуется с данными Келлермана и др. (1963) ($4,94 \cdot 10^{-24}$ вт·м⁻²Гц⁻¹). Однако, требуются дополнительные измерения в диапазоне 30-100 см с большей точностью и, главное, исследования распределения фона в районе Девы-А в этом диапазоне волн. Хотя на изофотах не обнаруживается никаких неоднородностей, однако, при измерениях излучения Девы-А даже с узконаправленными антеннами измеряемые уровни сигналов при отведении антенны по обе стороны от источника оказы-

ваются различными, что может сказаться на измеренном потоке.

В дальнейшем представляется необходимым детальное исследование частотной зависимости годового уменьшения потока Кассиопей-А во всем диапазоне от миллиметровых до метровых волн, исследование особенностей ("ступенек") в спектре Тельца-А, и особенностей в спектрах источников в районе 10 см, исследование с высоким разрешением распределенного радиоизлучения в районе Девы-А и, наконец, повышение точности измерений в диапазоне 60-100 см и расширение абсолютных измерений в сторону волн, короче 3 см и длиннее 100 см.

Таблица № 2

λ [см]	R [м]	П	z [%]	δz [%]	$\delta \Delta_{\Gamma \Delta \Phi}$ [%]	$\delta \Phi_{\text{пол}}$ [%]	$\delta \Phi_{\Delta}$ [%]			
							Касс.А	Леб.А	Тел.А	Дева.А
30	100,3	→	7,7	4	0,5	1,5	2	3	3	4,5
40	100,3	→	9,3	4	0,7	4	3	3	3	4
	53,6	→	4,8	2,5	0,5	8,5	3	1,5	4	5
51,7	100,3	→	15	6,5	0,8	2	2,5	1,5	2,5	3
	53,6	→	7,4	3	0,8	3,5	2	2,5	3	4
59,5	100,3	→	19,3	8,5	1,0	0,7	1,5	2,5	2	4,5
	53,6	→	7,7	4	1,0	0,7	1,5	1,5	2	2,5
	53,6	→	7,7	4	1,0	0,7	2	1,5	-	-
71,5	100,3	→	26	10,5	1,5	2,5	-	1,5	2	4
71,9	53,6	↓	7,9	4	1,5	1,0	1	1,5	3,5	3,5
89,8	100,3	→	33	12,5	3,0	0	-	3,5	3	-
	53,6	↑	10,5	5	3,0	0,6	2	1,5	-	2,5
	53,6	↓	10,5	5	3,0	0,8	3,5	-	5	-
100	53,6	↑	13,0	6,0	4,5	0,8	2	1,5	2,5	3,5
	53,6	↓	13	6	4,5	2,5	4,5	2	1,5	-

Продолжение таблицы № 2

$\delta_{\Sigma} = \sqrt{\sum \delta_i^2}$ [%]				ΔS_{ν} [10^{-24} вт/м ² гц]		
Касс-А	Леб-А	Тел-А	Дева-А	Касс-А	Лебедь-А	Телец-А
5	5,5	5,5	6,5	0,5	-0,04	0,02
7	7	7	7,5	0,2	-0,7	0,1
9,5	9,0	10	10	0,1	-0,5	0,1
7	6,5	7,5	7	1,1	0,1	0,7
6	6,5	7	7	0,7	2,2	0,7
9	11	13,5	10	1,4	4,75	3,5
5	8	7	5,5	0,55	5,4	1,85
9	11	-	-	0,55	5,75	-
-	14	18	11,5	-	9,45	1,35
5,5	7,5	15	7	2,8	7,8	3,95
-	24	20,5	13,5	-	27,1	5,4
8	15	-	7	8,95	24	-
7,5	-	25	-	7,7	-	8,55
9	16	30	8,5	6,5	25,1	8,0
10	19	30	-	10,0	31,2	11,75

Продолжение

S_{ν} [10^{-24} Вт/м ² Гц]				Эпоха
Кассиопея-А	Лебедь-А	Телец-А	Дева-А	
29,9 \pm 1,5	18,9 \pm 1	9,4 \pm 0,5	3,05 \pm 0,2	1973.3
33,5 \pm 2,3	25,2 \pm 1,8	10,6 \pm 0,75	4,1 \pm 0,3	1972.10
36,9 \pm 3,5	26,4 \pm 2,4	10,5 \pm 1	3,3 \pm 0,3	1972.4
47,8 \pm 3,3	36,1 \pm 2,4	13,1 \pm 1	4 \pm 0,3	1972.11
50,1 \pm 3	32,1 \pm 2	10,5 \pm 0,7	3,7 \pm 0,25	1972.4
58,9 \pm 5,3	38,9 \pm 4,3	13,5 \pm 1,8	4,8 \pm 0,5	1973.2
59,5 \pm 2,8	32,5 \pm 2,6	12,4 \pm 0,9	4,4 \pm 0,25	1972.4
58,2 \pm 5,1	34,1 \pm 3,8	-	-	1972.5
-	52,7 \pm 7,4	11,6 \pm 1,5	4,8 \pm 0,6	1972.12
64 \pm 3,5	49,4 \pm 3,7	9,7 \pm 1,5	4,9 \pm 0,35	1974.5
-	57,5 \pm 13,8	16,5 \pm 3,4	4,6 \pm 0,6	1973.2
79,5 \pm 6,4	59,5 \pm 8,9	-	6 \pm 0,4	1974.6
79,4 \pm 6	-	11,2 \pm 2,8	-	1974.9
87 \pm 7,8	64,3 \pm 10,3	9,4 \pm 2,8	4,7 \pm 0,4	1974.3
85,5 \pm 8,5	64,7 \pm 12,3	12,8 \pm 3,8	-	1974.9

Таблица 3

λ [см]	S_p [10^{-24} вт м ⁻² гц ⁻¹]				$\delta\Sigma$ Погрешность [%]				Эпоха
	Кас.-А	Леб.А	Тел.-А	Дева-А	Кас.А	Леб.А	Тел.А	ДеваА	
3,2	5,1	-	-	-	3,5	-	-	-	1968.5
5,28	7,4	3,17	-	-	3,5	3,5	-	-	1969.3
7,57	10,25	5,15	6,46	-	4,5	5,5	4,5	-	1969.3
8,01	10,7	5,7	7,0	-	3,5	4,5	4,5	-	1969.3
8,88	11,45	6,15	7,18	-	3,0	5,5	5	-	1969.3
9,7	11,7	6,15	6,9	-	2,0	4,0	4	-	1969.3
9,9	11,8	-	6,6	-	3,0	-	4,0	-	1969.3
10,0	11,8	6,1	6,6	1,3	4	4,5	4,0	6,0	1969.3
10,5	13,8	-	7,0	-	4,5	-	5,0	-	1969,3
10,95	13,3	7,1	7,95	-	5,5	5,5	6,0	-	1969.3
12,0	14,55	8,05	8,14	-	4,0	4,0	4,0	-	1969.3
13,11	16,6	9,35	8,1	1,5	5,0	5,0	5,0	5,0	1969.3
14,0	17,2	9,85	8,05	-	4,5	5,0	4,5	-	1969.3
15,0	18,8	-	8,4	1,9	5,0	-	3,5	7,0	1969.9
15,01	18,6	10,0	8,4	-	3,0	3,5	3,5	-	1969.3
17,0	20,0	12,1	9,4	-	5,5	5,5	5,5	-	1969.9
20	24	14,5	9,6	2,4	6,5	6,5	6,5	6,0	1969.9
23	25,8	16,9	9,8	2,4	6,0	6,0	6,0	6,0	1969.9
25	27,3	17,7	9,7	2,6	4,5	4,5	4,5	5,0	1969.9
27	28,3	19	9,9	2,7	4,0	4,0	4,0	5,0	1969.9
30	30,2	19,9	9,7	3,0	4,0	7,5	8	7,0	1969.8
30	29,9	18,9	9,4	3,05	5,0	5,5	5,5	6,5	1973.3
40	33,5	25,2	10,6	4,1	7,0	7,0	7,0	7,5	1972.10
40	36,9	26,4	10,5	3,3	9,5	9,0	10	10	1972.4
51,7	47,8	36,1	13,1	4	7,0	6,5	7,5	7,0	1972.11
51,7	50,1	32,1	10,5	3,7	6	6,5	7	7	1972.4
59,5	58,9	38,9	13,5	4,6	9	11	13,5	10	1973,2
59,5	56	32,7	12,4	4,4	5	8	7	5,5	1972.4
59,5	56,2	34,1	-	-	9	11	-	-	1972.5
59,5	-	31,5	-	-	-	7,5	-	-	1974.1
71,5	-	52,7	11,6	4,8	-	14	13	11,5	1972.12
71,9	64,0	49,4	9,7	4,9	5,5	7,5	15	7	1974.5
89,8	-	57,5	16,5	4,6	-	24,0	20,5	13,5	1973.2
89,8	79,5	59,5	-	6	8	15	-	7	1974.6
89,8	79,4	-	11,2	-	7,5	-	25	-	1974.9
100	87,0	64,3	9,4	4,7	9	16	30	8,5	1974.3
100	85,5	64,7	12,8	-	10	19	30	-	1971.9

ЛИТЕРАТУРА

1. Аникина В.В., Дмитренко Д.А., Иманникова Л.К., 1973, Радиотехника и электроника, т.18, № 3, стр. 631.
2. Баарс, Вендкер, Мецгер (Baars J.W.M., Mezger P.G., Wendker H.), 1965, *Astroph.J.*, v.142 n.1, p.122.
3. Баарс, Хартшюкер (Baars J.W.M., Hartshoeker A.P.), 1972, *Astron.Astrophys.*, v.17, p.172.
4. Бондарь Л.Н., Зелинская М.Р., Каменная С.А., Порфирьев В.А., Рахлин В.А., Родина В.М., Станкевич К.С., Стрежнева К.М., Троицкий В.С., 1969, Изв. вузов, Радиофизика, т.12, № 6, стр. 807.
5. Виноградова Л.В., Дмитренко Д.А., Цейтлин Н.М., 1971, Изв. вузов, Радиофизика, т. 14, № 1, стр. 157.
6. Дмитренко Д.А., 1971, Радиотехника и электроника, т.16, № 8.
7. Дмитренко Д.А., Дмитренко Л.В., Иванов О.С., Цейтлин Н.М., 1971, *Астрон.ж.*, т. 48, № 2, стр. 437.
8. Дмитренко Д.А., Цейтлин Н.М., Виноградова Л.В., Гитермеч Х.Ф., 1970, Изв. вузов, Радиофизика, т.13, № 6; стр. 828.
9. Дмитренко Д.А., Цейтлин Н.М. 1969, Изв. вузов, Радиофизика, т. 12, № 5.
10. Келлерман, Конвей, Лонг (Conway R.G., Kellerman K.I., Long R.J.), 1963, *Mon.N.R.Astr. Soc.*, v.125, p.261.
11. Келлерман, Паулини-Тос, Уильямс (Kellerman K.I., Pauliny-Toth I.I.K., Williams P.J.S.), 1969, *Astroph.J.*, v.157, n.1, p.1.

12. Кротиков В.Д., Порфирьев В.А., Троицкий В.С., 1961, Изв. вузов, Радиофизика, т. 4, № 6, стр. 1004.
13. Макрае, Сиквист (Macrae D.A., Seaquist E.R.), 1963, Astron.J., v.68, p.77.
14. Паркер (Parker E.A.), 1968, M.N.R.Astr.Soc. v.138, p.407.
15. Паулини-Тос, Уэйд, Хишен (Pauliny-Toth I.I.K., Wade C.M., Heeschen D.), 1966, Astroph.J. Suppl., v.13, p.65.
16. Паулини-Тос, Шейкшафт (Pauliny-Toth I.I.K., Shakeshaft J.), 1962, M.N.R.Astr.Soc., v.124 p. 1, p. 61.
17. Разин В.А., Федоров В.Т., 1963, Изв.вузов, Радиофизика, т.6, № 5, стр. 1062.
18. Сигер, Стамперс, ван Хак (Seeger C.L., Stumpers F.L., Van Hurck H.M.H.), 1960, Phil. Techn. Rev. v. 21, n. II, p. 317.
19. Станкевич К.С., 1976. Докторская диссертация.
20. Троицкий В.С., Станкевич К.С., Цейтлин Н.М. и др., 1971. Астрон.ж., т.48, № 6, стр. 1150.
21. Троицкий В.С., Цейтлин Н.М., 1961, Изв.вузов, Радиофизика, т.4, № 3, стр. 393.
22. Троицкий В.С., Цейтлин Н.М., Порфирьев В.А., 1964. Астрон. ж., т. 41, № 3, стр. 446.
23. Уиллс (Wills B.J.), 1973, Astroph.J., v. 180, p.335.
24. Цейтлин Н.М., 1964, Изв.вузов, Радиофизика, т.7, №3, стр.571.
25. Цейтлин Н.М., 1963. Изв.вузов, Радиофизика, т.6, №6, стр.1265.
26. Цейтлин Н.М., 1966, "Применение методов радиоастрономии в антенной технике", М., "Сов.радио".
27. Шкловский И.С., 1960, Астрон.ж., т. 4, стр. 243.

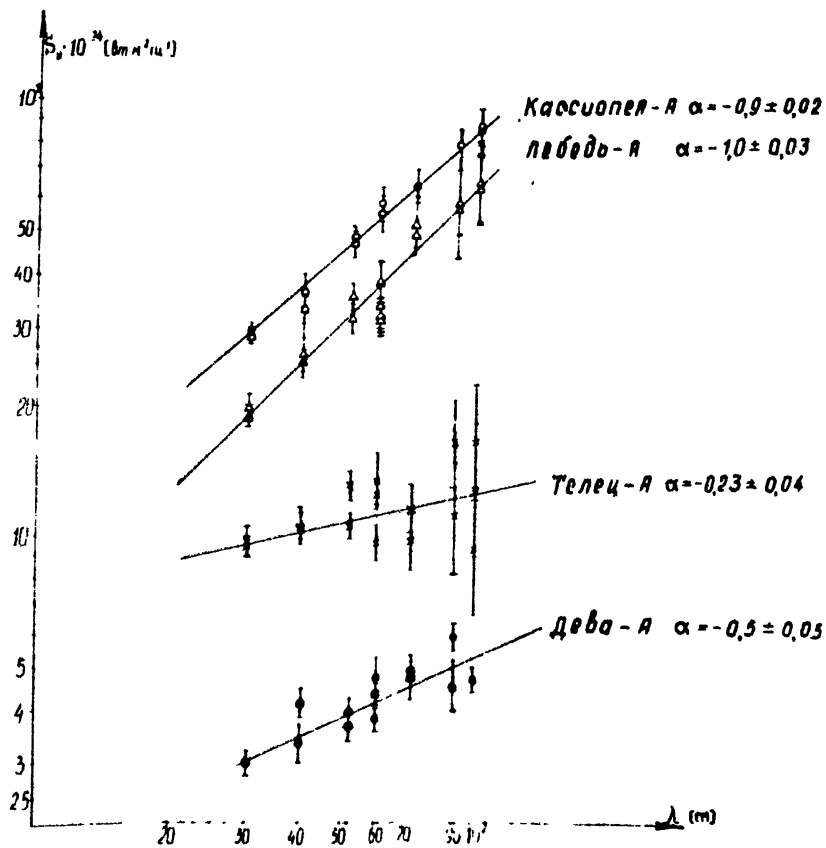


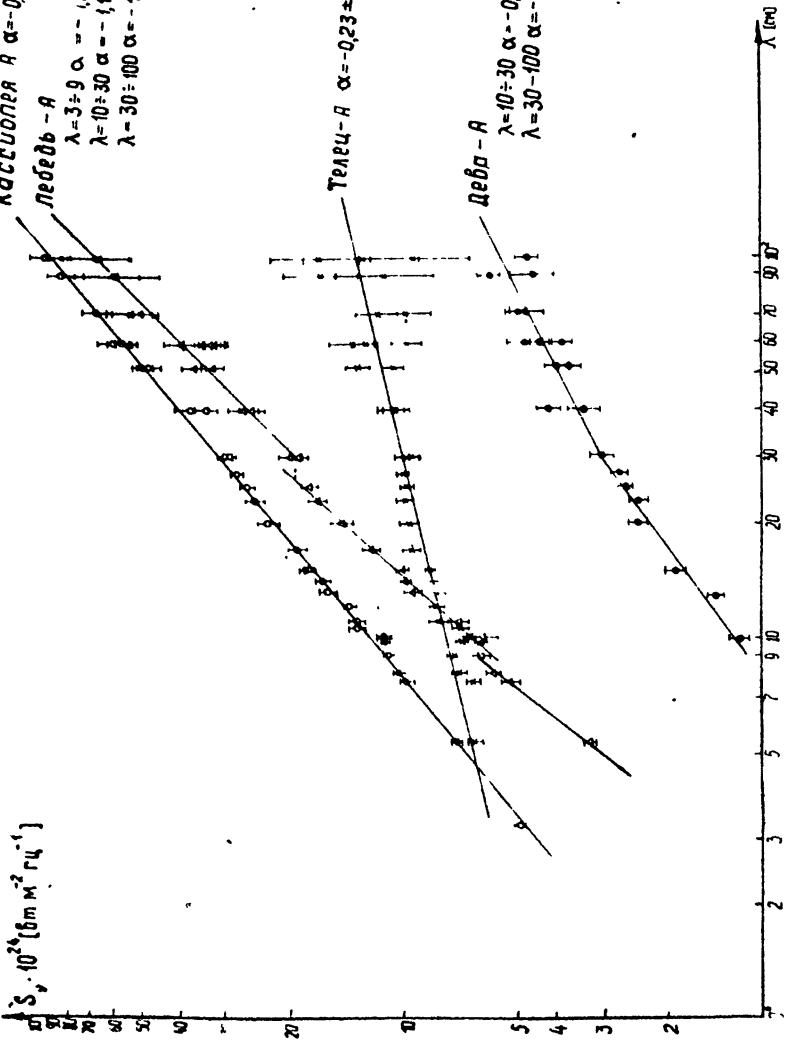
Рис 1

$\dot{S}_v \cdot 10^4 \text{ (} \delta\text{m m}^2 \text{ r}^{-1}\text{)}$

Кассиопея А $\alpha = -0,84 \pm 0,03$
Лебедь - А
 $\lambda = 3 \pm 9 \quad \alpha = -1,28 \pm 0,06$
 $\lambda = 10 \pm 30 \quad \alpha = -1,1 \pm 0,1$
 $\lambda = 30 \pm 100 \quad \alpha = -1 \pm 0,43$

Телец - А $\alpha = -0,23 \pm 0,03$

Дева - А
 $\lambda = 10 \pm 30 \quad \alpha = -0,76 \pm 0,1$
 $\lambda = 30 - 100 \quad \alpha = -0,5 \pm 0,05$



$\lambda \text{ (m)}$