

Министерство высшего и среднего специального образования РСФСР
Ордена Трудового Красного Знамени
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ РАДИОФИЗИЧЕСКИЙ
ИНСТИТУТ
при Горьковском Государственном Университете

Препринт № 2

Е.А. БЕНЕДИКТОВ

О СТАБИЛЬНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ ДИСКРЕТНОГО
РАДИОИСТОЧНИКА КАССИОПЕЯ А
В ДЕКАМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ ВОЛН

Серия : РАДИОАСТРОНОМИЯ
И ФИЗИКА КОСМОСА

С 1963 по 1968 г. в г. Горьком проводились систематические измерения отношения интенсивности радиоисточника Кассиопея А к уровню фона распределенного космического радиоизлучения на частоте 13 мгц. Результаты наблюдений свидетельствуют об отсутствии заметных вариаций интенсивности источника с характерным временем порядка нескольких месяцев. Не обнаружено также вековое уменьшение интенсивности источника.

В Зиленках, вблизи г. Горького, в течение ряда лет велись систематические измерения величины поглощения радиоволн в ионосфере радиоастрономическим методом [1]. Антенны приемных установок были направлены в зенит, что позволило ежедневно наблюдать прохождение дискретного источника Кассиопея А (в верхней кульминации). Интенсивность источника составляла при этом около 25-30% от уровня фона распределенного космического радиоизлучения на частотах 25 и 13 мгц и более 100% на частоте 9 мгц. В результате оказалось возможным проверить стабильность излучения источника по отношению его интенсивности к уровню фона. Интерес к этой задаче повысился в связи с появившимся сообщением о вариациях интенсивности источника, достигающих 2,4-1,2 дБ в диапазоне 12,6-25 мгц и происходящих за время порядка нескольких месяцев [2, 3]. В настоящей статье изложены результаты шестилетнего исследования стабильности источника на частоте 13 мгц. Кроме того, для анализа данных 1966-1967 г.г. были привлечены результаты наблюдений на частотах 9 и 25 мгц.

Аппаратура и методика измерений. На частотах 25 и 13 мгц антенны представляли собой синфазные горизонтальные полотна, состоящие из 12 волновых диполей каждое. Расчетные диаграммы направленности антенн были одинаковы на обеих частотах и равны $18^{\circ} \times 25^{\circ}$ по уровням половинной мощности. На частоте 9 мгц наблюдения велись с помощью горизонтальной антенной решетки, имеющей 120 волновых диполей. Соответствующие размеры диаграммы направленности составляли около $5^{\circ} \times 8^{\circ}$. Приемно-регистрирующая аппаратура, использовавшаяся в наблюдениях, описана в [4]. Сигнал, поступавший из антенно-фидерной системы, усиливался радиоприемниками Р250М и после ограничения импульсных помех и квадратичного детектирования записывался на бумажной ленте со скоростями от 60 до 200 мм/час. Калибровка усиления проводилась автоматически каждый час при помощи шумовых генераторов, подключаемых к приемникам вместо антенн. Полосы пропускания были равны 10 кгц на частоте 25 мгц и 1,5-3 кгц на других частотах. Наблюдения проводились с постоянным слуховым контролем регистрируемого сигнала и с отстройкой от помех, в случае необходимости, в пределах ± 50 кгц от номинальной частоты. Постоянная времени аппаратуры из-за наличия ограничителя импульсных помех была около одной

секунды при уменьшении уровня сигнала и порядка одного или нескольких десятков секунд при его увеличении.

Сработка записей на частоте 13 мгц производилась следующим образом. С лент в момент, соответствующий прохождению источником максимума диаграммы направленности антенны, отсчитывался уровень $I = I_k + I_\phi$ сигнала, являющийся суммой интенсивностей источника I_k и фона распределенного радиоизлучения I_ϕ . Затем находилась уровень фона I'_ϕ соседнего по времени участка, для которого $I'_\phi \approx I_\phi$, и определялось относительное значение

$$\frac{I_k}{I_\phi} = \frac{I_k + I_\phi}{I'_\phi} - 1$$

Такая методика обработки исключает ошибки, связанные с учетом потерь сигнала в антенно-фидерной системе. В значительной степени исключаются также погрешности, вызванные влиянием поглощения радиоволн в ионосфере, поскольку остаются существенными лишь вариации величины поглощения за интервалы времени порядка нескольких часов.

В вечерние и ночные часы вариации поглощения как правило были невелики и их в первом приближении можно было не учитывать. В другие часы суток в качестве уровня фона бралось среднее значение интенсивностей косми-

ческого радиоизлучения до и после прохождения источника. Последнее приводило к некоторым систематическим погрешностям измерений из-за суточного хода поглощения.

Наибольшие ошибки в нахождении $\frac{I_k}{I_\Phi}$ возникали из-за флуктуаций интенсивности источника, определяемых дифракцией радиоволн на неоднородностях электронной концентрации в ионосфере. Когда флуктуации были малы, суммарные погрешности измерений $\frac{I_k}{I_\Phi}$ не превышали 10-20%. Однако, такие случаи были сравнительно немногочисленны, а интервалы между ними достигали иногда нескольких недель или даже месяцев. Поэтому, несмотря на увеличение ошибок разовых измерений, для обработки были привлечены записи и с более сильными флуктуациями.

Аналогичным, в принципе, образом обрабатывались и записи на частотах 25 и 9 мгц⁺⁾ .

Результаты измерений. Наблюдения на частоте 13 мгц велись с перерывами от нескольких дней до одного месяца. По этой и указанным выше причинам за шесть лет было по-

⁺⁾ Особенностью наблюдений на последней частоте является более существенное, по сравнению с наблюдениями на $f = 13$ мгц, влияние флуктуаций интенсивности источника. Заметим также, что при линейных размерах антенны порядка 300 м на частоте 9 мгц возможно уменьшение эффективной площади антенны при больших искажениях фазового фронта падающей волны.

лучено только около 700 значений относительно интенсивности источника. Они были разделены на две неравные группы. К менее многочисленной группе с общей погрешностью нахождения $\frac{I_k}{I_\Phi}$, не превышающей 15%, были отнесены случаи с неискаженной картиной прохождения источника и малыми флуктуациями его интенсивности. В другой группе данных ошибки измерений могли достигать нескольких десятков процентов.

На рис. I представлены результаты измерений $\frac{I_k}{I_\Phi}$ на частоте 13 мгц за сентябрь-декабрь месяца каждого года, когда верхняя кульминация источника наблюдалась в вечерние и ночные часы суток. Кружками обведены 40 значений первой, более надежной группы измерений. Величина $\frac{\bar{I}_k}{\bar{I}_\Phi}$, полученная усреднением по этим 40 значениям, оказалась равной 0,267. При этом разброс индивидуальных значений относительно средней величины не превышал $\pm 15\%$, что, учитывая ошибки измерений, указывает на стабильность интенсивности источника.

Незаметно существенных временных изменений $\frac{\bar{I}_k}{\bar{I}_\Phi}$ и в том случае, если взять всю совокупность представленных на рис. I данных. Исключением являются осенние месяцы 1967 г., когда в течение сентября-ноября значения $\frac{\bar{I}_k}{\bar{I}_\Phi}$, усредненные по двухнедельным периодам

наблюдений, сначала уменьшились на 0,35 дБ - 0,4 дБ, а затем повысились на 0,3 дБ относительно средней величины⁺⁾.

На рис.2 представлены результаты измерений за 1965 г., когда активность Солнца была близка к минимуму, и критические частоты ионосферы были малы. Сплошной линией соединены среднемесячные значения $\frac{\bar{I}_k}{I_\phi}$. Вариации последних в первые месяцы года объясняются особенностями методики определения интенсивности источника. Эти вариации систематически повторялись из года в год. В остальные сезоны 1965 г., как видно из рис.2, среднемесячные значения постоянны в пределах $\pm 0,2$ дБ, что также указывает на стабильность интенсивности источника. Аналогичные результаты, но с несколько большим разбросом среднемесячных величин $\frac{\bar{I}_k}{I_\phi}$, получены и в другие годы наблюдений.

Дополнительно были обработаны записи прохождения источника на частотах 25 и 9 мГц для тех периодов наблю-

^{+) Уменьшение средней интенсивности в октябре в основном произошло за счет недельного интервала наблюдений с 8-го по 15 октября. Отдельные дни и группы дней с "низкой" интенсивностью были отмечены и в другие периоды наблюдений. Причины этого явления следует искать, по нашему мнению, в необычных ионосферных условиях, возникающих в эти дни. Например, уменьшение интенсивности источника на записях может появиться при большой скорости флуктуаций из-за особенностей постоянных времени аппаратуры.}

дений в 1966-1967 гг., когда проводились измерения в работе [2]. На частоте 25 мгц разброс усредненных за две недели значений $\frac{\bar{I}_k}{I_\Phi}$ (равный ± 3 дб) оказался такого же порядка, что и на частоте 13 мгц. В то же время максимальная разность в значениях $\frac{\bar{I}_k}{I_\Phi}$ на частоте 9 мгц достигала 1,8 дб. Существенные вариации интенсивности источника на $f = 9$ мгц можно объяснить воздействием двух факторов - уменьшением эффективной площади антенны при ионосферных возмущениях^{*)} и большими, по сравнению с другими частотами, искажениями записи сигнала при увеличении скорости флуктуаций источника.

В целом результаты наблюдений в Зименках свидетельствуют об отсутствии вариаций интенсивности источника, больших нескольких десятков долей децибелла, с характерным временем порядка нескольких месяцев. Этот вывод отличается от результатов работы [2].

О вековом ходе интенсивности источника. Результаты измерений на частоте 13 мгц были использованы для попытки установить вековой ход интенсивности источника. Для этой цели в первую очередь были использованы данные обработки "более надежной" группы записей прохождения

^{*)} Напомним, что на частоте 9 мгц линейные размеры антенны равны 300 м.

источника в осенние месяцы. В таблице приведены средне-годовые значения $\frac{\bar{I}_M}{I_\Phi}$, число измерений в каждом году и среднеквадратичная ошибка определения $\frac{\bar{I}_{KI}}{I_\Phi}$ (в тех случаях, когда усреднялось по 6 и более значений относительной интенсивности источника).

Несмотря на ограниченность числа измерений, результаты оказались довольно любопытными. С одной стороны, они указывают на отсутствие постепенного уменьшения интенсивности источника. С другой стороны, намечается, однако, некоторая корреляция хода среднегодовых значений $\frac{\bar{I}_{KI}}{I_\Phi}$ с циклической активностью Солнца, имевшей минимум с 1964–1965 гг. Вполне вероятно, однако, что последнее является следствием очень малого числа измерений в 1964–1966 гг.

В таблице также приведены средние значения $\frac{I_{K2}}{I_\Phi}$, полученные по существенно большему числу измерений в осенние месяцы 1963–1968 гг., включающих как "более надежные" единичные результаты определения интенсивности источника, так и более многочисленные результаты обработки других записей прохождения источника. Эти данные также показывают отсутствие заметного уменьшения интенсивности источника в период с 1963 по 1968 г.

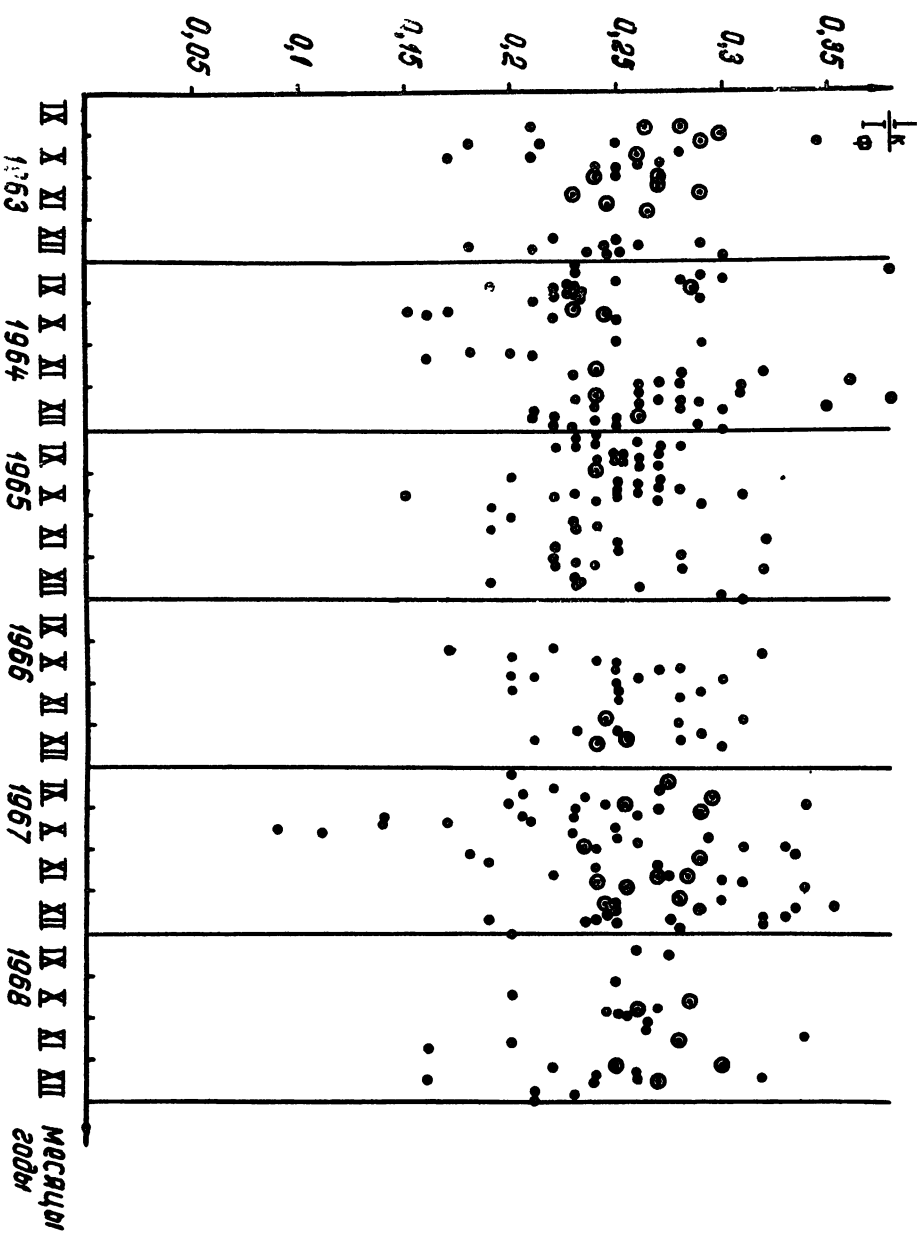
Таблица 2

Годы	1963	1964	1965	1966	1967	1968
$\frac{\overline{I_{\text{н}}}}{I_{\Phi}}$	0,257	0,250	0,240	0,246	0,267	0,268
Число измерений	12	6	1	3	12	6
Значения δ	0,0061	0,008	-	-	0,0065	0,0083
$\frac{\overline{I_{\text{к2}}}}{I_{\Phi}}$	0,245	0,249	0,252	0,250	0,260	0,252
Число измерений	25	43	43	22	58	26

Разумеется, следует осторожно относиться к выводу о вековой стабильности источника, поскольку теоретические соображения [5] и измерения на более высоких частотах [6-12] свидетельствуют об уменьшении интенсивности источника на 1-2% в год. Не исключено, однако, что в декаметровом диапазоне волн вековой ход интенсивности источника имеет другой характер по сравнению с высокими частотами.

В заключение автор приносит благодарность В.В.Беликовичу, Г.Г.Гетманцеву, В.А.Разину и Н.М.Цейтлину за критические замечания и обсуждение полученных результатов.

Научно-исследовательский
радиофизический институт
при ГГУ



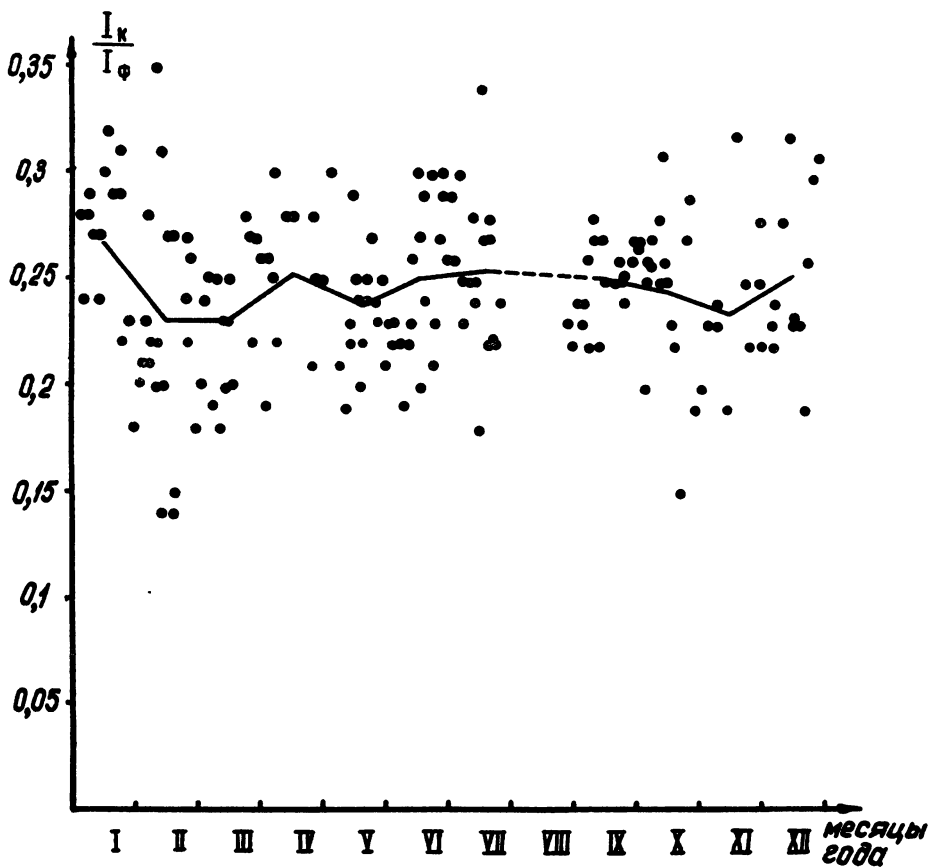


Рис.2.

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. В.В.Беликович, Е.А.Бенедиктов. Геомагнетизм и аэрона-
мия, 1968, 8, 462.
2. С.А.Брауде, И.Н.Жук, О.М.Лебедева, А.В.Мень, Б.П.Ря-
бов. Спектры дискретных источников космического излу-
чения в декаметровом диапазоне волн. Препринт № 2,
Изд-во "Наукова думка", Киев, 1969.
3. С.А.Брауде, И.Н.Жук, С.М.Лебедева, А.В.Мень, Б.П.Ря-
бов. ДАН, 1968, 180, № 6, 1323.
4. В.В.Беликович. Изв.ВУЗов, Радиофизика, 1968, II, II27
5. И.С.Шкловский. Сверхзвуковые звезды, М., "Наука",
1966.
6. В.И.Ласточкин, К.С.Станкевич. Астрон.ж., 1964, 41,
769.
7. Д.А.Дмитренко, Н.М.Цейтлин, Х.Ф.Гитерман. Изв.ВУЗов,
Радиофизика (в печати).
8. D.S.Heeschen, B.L.Meredith, Nature 1961, 190, 705.
9. J.A.Hügbom and J.R.Shakeshaft, Nature, 1961, 189, 561.
10. C.H.Mayer, T.P.McCullough, R.M.Sloanaker, F.T.Haddock,
Astron.J., 1964, 69, 552.
11. C.H.Mayer, T.P.McCullough, R.M.Sloanaker, Astroph.J.,
1965, 141, 867.
12. J.W.Findlay, H.Hvatum, W.G.Waltman, Astroph.J., 1965,
141, 873.