

УДК 524.7—77—13

НАБЛЮДЕНИЯ ГАЛАКТИК С УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫМ  
КОНТИНУУМОМ НА ЧАСТОТЕ 102 МГц

В. А. АРТЮХ, Р. А. КАНДАЛЯН, М. А. ОГАННИСЯН, В. А. САНАМЯН

Поступила 5 октября 1981

Принята в печати 18 марта 1982

Приводятся результаты наблюдений 87 галактик с ультрафиолетовым континуумом на частоте 102 МГц методом мерцаний на неоднородностях межпланетной плазмы. Оценены угловые размеры мерцающих компонентов ряда галактик и построены спектры для 9 объектов в широком диапазоне частот. Обсуждаются некоторые вопросы свойства сейфертовских галактик на низких частотах.

1. *Введение.* Радиоизлучение галактик с ультрафиолетовым континуумом (УФК) изучается в Бюраканской и других обсерваториях более 15 лет. Однако до сих пор данные о радиоизлучении этих галактик в основном были получены в сантиметровом и дециметровом диапазонах, а на метровых волнах они практически отсутствуют. В связи с этим представляет интерес исследование галактик с УФК в метровом диапазоне, с высокой чувствительностью и разрешением, поскольку эти объекты являются слабыми радиосточниками, и в сантиметровом диапазоне волн радиоизлучение наблюдается в основном из ядерных компонентов галактик.

В данной статье приводятся результаты наблюдений УФК галактик на частоте 102 МГц методом мерцаний на неоднородностях межпланетной плазмы.

2. *Методика наблюдений и обработки.* Наблюдения были проведены на Большой синфазной антенне (БСА) Физического института АН СССР им. П. Н. Лебедева в Пущино [1]. Диаграмма антенны имеет размер  $1^{\circ} \times 0.5 / \cos z$ . Максимальная эффективная площадь 20 000 м<sup>2</sup>. Частота приема менялась от 102 до 103 МГц для наблюдения источников в максимуме диаграммы по склонению. Полоса частот приемника составляла 1400 кГц, постоянная времени 0'6. Среднеквадратическая величина шумов при этом составляет  $\sim 0.14$  Ян. Уровень эффекта путаницы  $\sim 1$  Ян.

Обработка проводилась на ЭВМ М-6000 по программе, описанной в [2]. Результатом обработки являлись оценки плотности потока  $S$ , индекс

са мерцаний и временного спектра мерцаний каждого источника. В случае, когда источник был настолько слаб, что оценки этих параметров становились ненадежными, мы приводили верхний предел плотности потока, оцененный визуально по аналоговым записям. Если интегральный поток источника не был обнаружен, но наблюдались сильные мерцания (в момент его кульминации), то оценивались только плотность потока мерцающего компонента и спектр мерцаний. Сопоставляя полученный спектр с теоретическими из работы [3], мы получали оценку углового размера мерцающего компонента источника  $\theta$ , в предположении гауссова распределения яркости.

Используя расчеты [4], по измеренному угловому размеру получаем теоретический индекс мерцаний, принимая, что на частоте 102 МГц мерцания максимальны при солнечной элонгации  $\varepsilon = 24^\circ$ . Отношение измеренного индекса мерцаний к вычисленному дает долю энергии  $R$ , заключенную в мерцающем компоненте. Поток мерцающего компонента  $S_m = SR$ .

Плотности потоков оценивались относительно опорных источников, взятых из ЗС-каталога. Обычно ежедневно наблюдались 3—5 опорных источников. Потоки опорных источников на частоте 102 МГц получались путем интерполяции между значениями потоков на частотах 38 МГц [5], 86 МГц [6], 178 МГц [7] и 750 МГц [8]. Плотности потоков на частотах 38 и 178 МГц были увеличены в 1.15 и 1.1 раза соответственно, как рекомендуется в [9, 10].

3. *Результаты наблюдений.* В течение 1980 г. были проведены наблюдения 87 источников из списков галактик с УФК [11—13]. Из 87 галактик 72 являются сейфертовскими (Sy), исследование которых представляет большой интерес, так как они являются объектами с активными ядрами и по многим свойствам занимают промежуточное положение между нормальными галактиками и квазарами.

В табл. 1 приведены результаты наблюдений 12 галактик, где последовательно даны: номер галактики в списках Маркаряна, полный поток на частоте 102 МГц в Янских, поток мерцающего компонента в Янских, угловой размер мерцающего компонента в угловых секундах, солнечная элонгация в градусах, тип галактики [14—18]. В примечаниях приводятся величина среднего межзвездного рассеяния  $\theta_{\text{м}}$ , которое следует учитывать при оценке истинных угловых размеров источника, значение нижнего предела плотности потока  $\Delta S$  мерцающего компонента и комментарий.

В табл. 2 приведены результаты наблюдений 75 галактик, радионизлучение которых не было обнаружено на частоте 102 МГц. Обозначения в этой таблице такие же, что и в предыдущей. Погрешность измерений плотностей потоков для сильных источников ( $S > 5$  Ян) определяется погрешностью абсолютной шкалы потоков ( $\sim 20\%$ ), а для слабых — эффектом путаницы ( $\sim 1$  Ян).

Таблица 1

## ИСТОЧНИКИ С ОБНАРУЖЕННЫМ РАДИОИЗЛУЧЕНИЕМ

Галактика	$S_{102}$ (Ян)	$S_{\text{н}}$ (Ян)	$\vartheta^{\circ}$	$\varepsilon^{\circ}$	Тип галактики	Примечания*
Марк. 3	4	<0.8	<0.4	50	Sy2	Совпадает с 4С 70.05. $\vartheta_p = 0.08$ .
315	4.4	2.5	0.3	26	Sy1	$\vartheta_p = 0.07$ , мерцания наблюдаются на 1 <sup>м</sup> позме
453	4	<2	<0.1	42	Sy2	Совпадает с PKS 1353-18 $\vartheta_p = 0.05$ .
464	2.5	—	<1	65	Sy1	Слабые мерцания, $\Delta S = 0.4$ Ян, $\vartheta_p = 0.05$
541	1.5	—	—	13	Sy1	Путаница
573	—	2	0.4	33	Sy2	$\vartheta_p = 0.05$ на 1 <sup>м</sup> позме наблюдается не мерцающий источник с $S_{102} = 4$ Ян, возможно OC+072
618	1.8	—	—	36	Sy1	$\Delta S < 0.5$ Ян, на 50 <sup>5</sup> раньше видим мерцания.
783	2	—	<1	56	Sy2	Слабые мерцания, $\Delta S = 0.4$ Ян
883	3	—	—	46	Sy2	им, $\Delta S < 0.5$ Ян
955	3	—	—	25	Sy2	им, $\Delta S < 0.5$ Ян
984	0.6	—	—	39	Sy2	им, $\Delta S < 0.5$ Ян
992	2.6	—	—	22	QSS	им, $\Delta S < 0.5$ Ян, совпадает с B2 0121+31

\* им — источник не мерцает. В тех случаях, когда солнечная элонгация  $20^{\circ} < \varepsilon < 40^{\circ}$ , а мерцания не наблюдались, то  $\Delta S < 0.5$  Ян.

Многие из 87 УФК галактик наблюдались также на других частотах [19—30]. Результаты этих наблюдений были использованы при построении спектров 9 УФК галактик (рис. 1—3). На этих рисунках буквами П, М, Э, В обозначены соответственно: точка полного потока, поток мерцающего компонента, западный и восточный компоненты радиоисточника. Там же приведены номера галактик и значение среднего спектрального индекса в исследуемом диапазоне частот. Если источники не мерцают, а мы сравниваем наши данные с результатами интерферометрических наблюдений [22—25], то наклоны спектральных кривых могут быть несколько завышены по сравнению с истинными, так как диаграмма антенны БСА принимает излучение из большой области, куда могут по-

## ГАЛАКТИКИ С ВЕРХНИМИ ГРАНИЦАМИ ПЛОТНОСТЕЙ ПОТОКОВ

Галактика	$S_{102}$ (Ян)	$z$	Тип галактики	Примечания
1	2	3	4	5
Марс. 1	< 2	51	Sy2	нм
6	< 2	29	Sy1.5	нм
9	< 1	30	Sy1	нм
12	< 1	34		Возможно мерцает
42	< 1	65	Sy1	На 3 <sup>м</sup> позже виден мерцающий источник
50	< 2	49	Sy1	нм, мешает ЗС 273
69	< 1	37	Sy1	нм, из 2 <sup>м</sup> 5 позже наблюдается 4С 29.49
79	< 1	31	Sy1	нм
87	—	55		На 1 <sup>м</sup> позже виден источник, $S_{102} = 10.6$ Ян, $S_M = 1$ Ян, $h = 0.1$
102	< 1	35		нм, с двух сторон от галактики видим мерцающие источники
231	—	48	Sy1	На 1 <sup>м</sup> раньше виден источник $S_{102} = 4.5$ Ян, $S_M = 1.5$ Ян, $h = 0.1$ , мешают ЗС 277.1, 4С 56.20
236	—	60	Sy1	На 1 <sup>м</sup> 5 раньше наблюдается источник $S_{102} = 12$ Ян
268	—	55	Sy2	Мешает ЗС 296, $S_{102} = 2$ Ян, $S_M = 0.3$ Ян, $h = 1^*$ .
270	< 1	84	Sy2	нм
273	—	80	Sy2	На 30 <sup>1</sup> раньше наблюдается источник $S_{102} = 2$ Ян
290	—	78	Sy1	На 2 <sup>м</sup> раньше наблюдается источник $S_{102} = 5$ Ян
291	< 1	44	Sy1	нм
298	—	45	Sy2	Мешает 4С 17.66, $S_{102} = 7$ Ян
304	< 2	25	Sy1	нм, мешает 4С Р 13.82 А и 4С Р 14.88
331	—	30		Наблюдается VRO 20.23.03, $S_{102} = 3$ Ян
335	< 2	24	Sy1	нм
348	< 2	32	Sy2	нм

\* См. примечание в табл. 1.

Таблица 2 (продолжение)

1	2	3	4	5
Марк. 352	<1	29	Sy1	им, мешает В2 0056 + 31
358	<1	24	Sy1	им
372	<2	27	Sy2	им, на 1 <sup>m</sup> раньше наблюдается источник $S_{102} = 3$ Ян, мешает 4С 19.09
374	—	60	Sy1	Мешает 3С 171, 4С 54.12
376	—	26	Sy1	Мешает 4С 45.13, $S_{102} = 16$ Ян, $S_{\text{ш}} = 1.6$ Ян, $b = 0.1$
391	<2	37	Sy1	им
474	<2	60	Sy1	им, путаница
478	—	60	Sy1	им
479	—	33		им, мешает 4С 17.61
486	<2	78	Sy1	им, путаница
504	<2	27	Sy1	им, мешают В2 1657 + 29, В2 1658 + 29
506	—	38	Sy1	Мешает В2 1720 + 30, $S_{102} = 5$ Ян
509	<2	35	Sy1	им, на 25' выше и 30' позже виден источник $S_{102} = 8.2$ Ян
514	<1	35	BL Lac?	им
527	<2	27		им
545	—	36		им, виден протяженный источник $S_{102} = 4$ Ян
584	<2	46	Sy1	им
590	<2	48	Sy1	им
595	<2	22	Sy1	им, путаница
622	—	31	Sy2	им, мешает неотжествленный источник $S_{\text{отт}} = 5$ Ян
668	<2	40	Sy1	им, с двух сторон видны мерцающие источники
673	<1	52	Sy2	им, на 2 <sup>m</sup> 3 позже наблюдается 4С 27.28
686	<1	56	Sy2	им
688	<1	37	Sy1	им
700	—	54	Sy1	им, на 1 <sup>m</sup> 3 позже наблюдается неотжествленный источник $S_{102} = 2.6$ Ян

Таблица 2 (окончание)

1	2	3	4	5
Марк. 705	<1	14	Sy1	нм
707	<1	14	Sy1	нм
720	<1	16	Sy1	нм
739	<2	33	Sy1	нм
789	—	24	Sy?	нм, на 1 <sup>м</sup> 5 раньше наблюдается 4С Р 11.45 <sub>а</sub>
841	—	40	Sy1	Мешает OR 103, $S_{103} = 3.5$ Ян, $S_M = 1.5$ Ян, $\theta < 0.1$
849	<2	47	Sy1	нм, мешает 4С 28.39
877	—	40	Sy1	нм, мешает 4С 17.68, $S_{103} = 11$ Ян
915	—	9	Sy 1.5	нм, мешает MSH 22—114
938	<2	18	Sy2	нм
945	<2	21	Sy2	нм
957	—	52		Мешает 4С 39.03, $S_{103} = 8$ Ян, $S_M = 4$ Ян, $\theta = 0.4$
975	—	38	Sy1	Мешает 3С 33
991	—	22		Мешает В2 0121+31 (Марк. 992) $S_{103} = 2.6$ Ян
995	<2	37		нм
1014	<2	45	Sy1	нм
1018	<2	47	Sy2	нм
1044	<1	52	Sy1	нм
1073	<2	32	Sy2	нм, мешает 3С 82.1
1095	—	23	Sy1	нм, источник наблюдается на 30 <sup>г</sup> раньше, возможно PRF 272, $S_{103} = 3.5$ Ян
1126	<1	7	Sy2	нм
1127	<1	3	Sy2	нм
1133	<2	36	Sy2	нм, мешает 3С 465
1146	<2	34	Sy1	нм
1157	<1	55	Sy2	нм
1308	<2	29		нм
1325	—	59		нм, мешает 3С 274
1330	<1	31	Sy1	нм

ладать протяженные компоненты источника и соседние очень слабые источники.

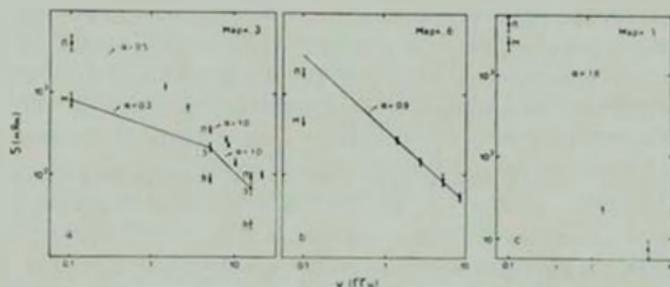


Рис. 1. Спектры галактик Маркарян 3, 6, 315.

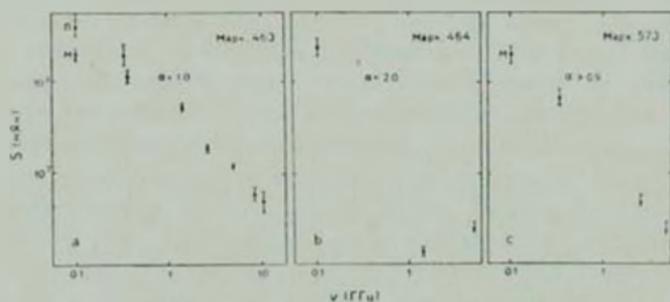


Рис. 2. Спектры галактик Маркарян 463, 464, 573.

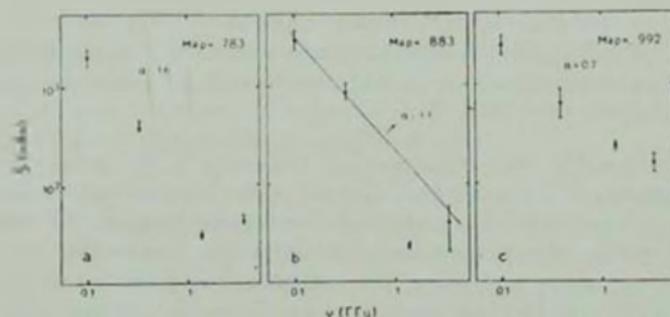


Рис. 3. Спектры галактик Маркарян 783, 883, 992.

*Маркарян 3.* Она хорошо исследована в оптическом, инфракрасном и радио диапазонах [20, 23, 27]. Согласно работе [23] Маркарян 3 являет-

ся двойным радиоисточником. На рис. 1а приведены спектральные кривые интегрального потока и мерцающего компонента этого объекта. Поскольку на частотах 5 и 15.4 ГГц оба компонента источника имеют примерно одинаковые угловые размеры ( $\theta < 0.5''$ ), однако западный компонент является более ярким, чем восточный, то можно предположить, что мерцания на частоте 102 МГц обусловлены западным компонентом двойного радиоисточника. Наши данные подтверждают наличие изгиба интегрального спектра в районе 1 ГГц [23].

*Маркарян 6.* Радиоспектр этого источника хорошо исследован в диапазоне частот 1.4—10 ГГц [20, 22, 24]. По нашим наблюдениям в спектре Маркарян 6 на низких частотах намечается завал (рис. 1б), который может быть обусловлен или синхротронным самопоглощением, или ослаблением синхротронного излучения ионизированной средой (эффект Разина—Цытовича). Согласно [24] угловой размер ядерного компонента этого источника  $\theta < 1''$  на частоте 5 ГГц. Поскольку, на частоте 102 МГц не наблюдается мерцания источника, то значение верхнего предела плотности потока ядра можно снизить до 0.5 Ян ( $> 3z$ ). Тогда завал спектра проявляется еще четче. Если этот завал в спектре обусловлен синхротронным самопоглощением и максимум спектра приходится на частоту 102 МГц, то, принимая значение магнитного поля в источнике  $H = 10^{-4}$  Гс, можно оценить значение верхнего предела углового размера ядра, которое получается  $\theta \geq 0.02''$ , что не противоречит высокочастотным наблюдениям. В случае, когда завал спектра происходит из-за ослабления излучения источника ионизированной средой, что возможно, поскольку в работах [22, 31] отмечается наличие гало и Н II облака вокруг Маркарян 6, то для нижнего предела электронной плотности получается значение  $N_e > 500 \text{ см}^{-3}$ , что согласуется с оценкой  $N_e \sim 800 \text{ см}^{-3}$  для Маркарян 6, полученной из оптических наблюдений [32].

Для подтверждения низкочастотного изгиба в спектре Маркарян 6 необходимы дополнительные наблюдения этого источника на более низких частотах.

*Маркарян 315.* Как видно из рис. 1в спектр [24] этого источника является довольно крутым, что редко встречается среди источников с мерцающим компонентом. Значение яркостной температуры ( $T_0 \sim 4 \cdot 10^2$  К) мерцающего компонента не превышает предельного значения  $T_e \sim 10^{12}$  К для синхротронного источника, обусловленного обратным комптон-эффектом. Следовательно, наблюдаемый крутой спектр не противоречит синхротронному механизму излучения. Однако возможно, что наблюдаемый крутой спектр обусловлен попаданием в диаграмму антенны неоттождественного источника поля, совпадающего по координатам с Маркарян 315.

*Маркарян 463.* Спектр хорошо исследован в широком диапазоне частот [20, 24, 26, 29] (рис. 2а). Значение полного потока на частоте 102 МГц хорошо согласуется со значениями плотностей потоков на других частотах. Спектральный индекс  $\alpha = 1.0$  ( $S \sim \nu^{-1}$ ). Однако низкое значение плотности потока мерцающего компонента радиоисточника указывает на завал спектра Маркарян 463, в предположении, что на высоких частотах в основном наблюдается радиоизлучение точечного компонента источника. Полагая, что завал спектра приходится на частоту 102 МГц и обусловлен синхротронным самопоглощением, получаем оценку углового размера ядерного компонента  $\theta \geq 0.''04$ , что согласуется с измеренным нами значением  $\theta < 0.''1$ .

*Маркарян 464 и 783.* Как и в случае галактики Маркарян 315, удивляет наличие крутых спектров (рис. 2b, 3а) [19, 25, 30] у этих галактик, хотя их яркостные температуры на частоте 102 МГц  $T_s \ll 10^{12}$  К. Возможно, что и в этих случаях наблюдались неотожествленные источники поля.

*Маркарян 573.* Сложная область. Мы смогли зарегистрировать только мерцающий компонент источника. Значение яркостной температуры мерцающего компонента получается  $T_s \sim 2 \cdot 10^9$  К. Значения плотностей потоков (рис. 2с) на других частотах брались из [21, 29].

*Маркарян 883.* Отклонение точки спектра (рис. 3b) на частоте 1.4 ГГц [25] возможно связано с тем, что на этой частоте наблюдения проводились с высоким угловым разрешением и была измерена только ядерная область галактики, а на других частотах приведены интегральные значения плотностей потоков.

*Маркарян 992.* Спектр этого объекта в диапазоне частот 0.102—3.66 ГГц прямолинейный со средним значением  $\alpha = 0.7$  (рис. 3с).

Полученные крутые спектры Маркарян 464, 783, 883 и отсутствие мерцающего компонента позволяет думать, что радиоизлучение на частоте 102 МГц от этих галактик принадлежит гало вокруг источника — ситуация, которая часто встречается на низких частотах.

4. *Обсуждение результатов.* Из 87 галактик с УФК радиоизлучение на частоте 102 МГц обнаружено у 12 объектов. Приведем статистический анализ для оценки числа источников поля, которые могут случайно проектироваться в область наблюдавшихся 87 галактик.

Кривая подсчета источников, полученная на частоте 178 МГц [33], при пересчете на частоту 102 МГц ( $\alpha = 0.8$ ) дает 6600 источников на стерadian с плотностью потока  $S_{102} \geq 1$  Ян. Для антенны БСА ошибки определения координат источников составляют  $5' \times 10'$  ( $\sim 6 \cdot 10^{-6}$  ср). Следовательно, вероятность отождествления (по совпадению координат) кон-

кретного оптического объекта с зарегистрированным радиисточником в 1 Ян составит  $\sim 0.03$ . Тогда среднее число объектов, которые могут быть случайными источниками поля, среди 87 галактик будет  $\sim 3$ . Аналогичные расчеты можно провести для других плотностей потоков. Результаты приведены в табл. 3, где соответственно даны: интервал плотностей потоков, среднее число ( $\bar{n}$ ) объектов поля, наблюдаемое число ( $n_n$ ) объектов и вероятность ( $P$ ) того, что объект будет случайным источником поля.

Таблица 3  
АНАЛИЗ СЛУЧАЙНЫХ ОБЪЕКТОВ

Интервал потоков (Ян)	$\bar{n}$	$n_n$	$P$
$S < 1$	3	1	$1.5 \cdot 10^{-1}$
$1 < S < 2$	0.5	4	$1.6 \cdot 10^{-3}$
$2 < S < 3$	0.2	4	$5.5 \cdot 10^{-5}$
$3 < S < 4$	0.09	2	$3.7 \cdot 10^{-3}$
$4 < S < 5$	0.02	1	$2.0 \cdot 10^{-2}$

При вычислении  $P$  принималось пуассоновское распределение случайных величин. Из табл. 3 видно, что вероятность объекта быть источником поля среди 12 зарегистрированных источников с плотностью потока  $S > 1$  Ян резко падает.

Из 72 сейфертовских галактик 44 являются Sy 1, 26 — Sy 2, а две галактики Sy 1.5. Легко заметить, что среди 12 обнаруженных радиисточников на частоте 102 МГц 11 являются галактиками сейфертовской природы, т. е. примерно 14% этих галактик показывают радиоизлучение больше 1 Ян на указанной частоте.

Приведем некоторые оценки, которые дают представление об активности сейфертовских галактик двух типов на частоте 102 МГц. Для подобных оценок М. А. Аракелян (частное сообщение) был введен параметр

$$K = \lg |P_0 \cdot 10^{\overline{\lg L}}|,$$

(где  $P_0$  — для объектов выборки, которые показывают радиоизлучение,  $\overline{\lg L}$  — среднее значение логарифмов радиосветимостей), который в меньшей степени подвержен эффекту селекции расстояний, чем  $P_0$  и  $L$ .

Для нашей выборки галактик Sy 1 и Sy 2, получаются следующие значения параметра  $K$ :  $K(\text{Sy } 1) = 23.8$  и  $K(\text{Sy } 2) = 24.1$ . В статистическом смысле разница этих двух величин незначима. Следовательно, из наших результатов получается, что галактики Sy 1 и Sy 2 показывают при-

мерно одинаковые степени активности на частоте 102 МГц, хотя, согласно работам [19, 22], на частотах 5 ГГц и 1.4 ГГц процент радиоисточников среди сейфертовских галактик 2-го типа выше, чем среди Sy 1.

Остановимся еще на одной особенности Sy галактик. Речь идет о наличии низкочастотных завалов в спектрах Sy 2 галактик Маркарян 3, 6, 463. Эти объекты имеют значения электронных плотностей,  $N_e \sim 2000 \text{ см}^{-3}$  [32]. Следовательно, если завалы спектров обусловлены ослаблением излучения источника ионизированной средой, то для Sy 1 они должны происходить на высоких (как у галактики Маркарян 668), а для Sy 2 на более низких частотах, так как частота завала  $\nu_m \sim N_e$  и  $N_e(\text{Sy 1}) \gg N_e(\text{Sy 2})$ .

К сожалению, нельзя проводить подобные рассуждения о частотах завалов в спектрах Sy 1 и Sy 2, обусловленных синхротронным самопоглощением, ввиду малочисленности данных об угловых размерах радиоисточников галактик Sy 1 и Sy 2.

В заключение авторы благодарят сотрудников группы эксплуатации БСА за оказанную помощь в наблюдениях. Трое из авторов (Р. А. К., М. А. О., В. А. С.) благодарят также А. Д. Кузьмина за предоставленную возможность наблюдений на БСА.

Физический институт  
им. П. Н. Лебедева АН СССР

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## OBSERVATIONS OF THE GALAXIES WITH ULTRAVIOLET CONTINUUM AT 102 MHz

V. A. ARTYUKH, R. A. KANDALIAN, M. A. HOVANISSIAN, V. A. SANAMIAN

The results of the interplanetary scintillation at 102 MHz of 87 galaxies with ultraviolet continuum are presented. The angular sizes of the scintillating components for some of the galaxies are estimated. For 9 objects radio spectra are constructed for the wide range of frequencies. The radio properties of Seyfert galaxies at low frequencies are discussed.

### ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Виткевич, А. А. Глушасов, Ю. Т. Ильясов, С. М. Кутузов, А. Д. Кузьмин, И. А. Алексеев, В. Д. Бичин, Г. Ф. Новоленов, Г. А. Павлов, Г. С. Солюмин, М. М. Тяптин, Радиофизика, 19, 1594, 1976.
2. В. С. Артюх, Астрон. ж., 58, 208, 1981.
3. В. И. Шишов, Т. Д. Шишова, Астрон. ж., 55, 411, 1978.
4. M. Mariani, Radio Sci., 10, 115, 1975.

5. P. J. S. Williams, S. Kanderline, J. E. Baldwin, Mem. Roy. Astron. Soc., 70, 53, 1966.
6. В. С. Артюх, В. В. Виткевич, Р. Д. Даикесаманский, В. И. Кожухов, Астрон. ж., 12, 567, 1969.
7. J. D. H. Pilkington, P. F. Scott, Mem. Roy. Astron. Soc., 69, 183, 1965.
8. K. I. Kellermann, I. I. K. Pauliny-Toth, P. J. S. Williams, Ap. J., 157, 1, 1969.
9. R. S. Roger, A. H. Bridle, C. H. Costain, A. J., 78, 1030, 1973.
10. M. P. Veron, P. Veron, A. Wittzel, Astron. Astrophys., 18, 82, 1972.
11. Б. Е. Маркарян, Астрофизика, 3, 55, 1967; 5, 443, 581, 1969.
12. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, Астрофизика, 7, 511, 1971; 8, 155, 1972; 9, 487 1973; 10, 307, 1974; 12, 389, 657, 1976.
13. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, Дж. А. Степанян, Астрофизика, 13, 225, 397, 1977; 15, 201, 363, 549, 1979.
14. D. W. Weedman, Ann. Rev. Astron. Astrophys., 15, 69, 1977.
15. В. А. Афанасьев, Э. К. Денисюк, В. А. Липовецкий, Письма АЖ, 5, 271, 1979.
16. В. А. Афанасьев, В. А. Липовецкий, Б. Е. Маркарян, Дж. А. Степанян, Астрофизика, 16, 193, 1980.
17. Б. Е. Маркарян, В. А. Липовецкий, Дж. А. Степанян, Астрофизика, 16, 5, 609, 1980.
18. D. E. Osterbrock, A. T. Koski, M. N., 176, 61P, 1976.
19. R. A. Sramek, H. M. Thomasian, Ap. J., 196, 339, 1975.
20. G. Kojolan, R. A. Sramek, D. F. Dickinson, H. M. Thomasian, C. R. Purton, Ap. J., 203, 323, 1975.
21. G. Kojolan, H. M. Thomasian, D. F. Dickinson, A. S. C. Dinger, A. J., 85, 1462, 1980.
22. A. G. de Bruyn, A. S. Wilson, Astron. Astrophys., 53, 93, 1976.
23. A. S. Wilson, G. G. Pooley, A. G. Willis, E. D. Clements, Ap. J., 237, L61, 1980.
24. A. S. Wilson, A. G. Willis, Ap. J., 240, 429, 1980.
25. E. J. A. Meurs, A. S. Wilson, Astron. Astrophys., 1981 (in press).
26. F. D. Chigo, F. N. Owen, A. J., 848, 78, 1973.
27. W. H. McCutchen, P. C. Gregory, A. J., 83, 566, 1978.
28. В. А. Самаян, Р. А. Кандалян, Астрофизика, 15, 701, 1979; 16, 425, 1980.
29. В. А. Самаян, Р. А. Кандалян, В. Р. Венузолал, Д. С. Багри (в подготовке к печати).
30. В. А. Самаян, Р. А. Кандалян, Г. А. Оганян (в подготовке к печати).
31. E. Ye. Khachikian, D. W. Weedman, Ap. J., 192, 581, 1974.
32. A. T. Koski, Ap. J., 223, 56, 1978.
33. J. F. R. Gower, M. N., 123, 167, 1966.