

Г. М. Товмасын

О функции радиосветимости и распределении радиогалактик в пространстве

1. Одной из важнейших характеристик любого класса космических объектов является их функция светимости. В случае внегалактических радиоисточников незнание расстояний большинства радиоисточников делает определение функции радиосветимости последних очень неуверенным. Было сделано несколько попыток исследования распределения абсолютных радиовеличин и определения функции радиосветимости радиогалактик [1—6]. Однако, все полученные функции радиосветимости радиогалактик страдают большой степенью ненадежности, поскольку их получение основано на тех или иных, подчас произвольных, допущениях или подвержено избирательности наблюдательных данных. Обсуждение и критика указанных работ проведена Хэнбери Брауном [7], который получил функцию радиосветимости внегалактических радиоисточников с помощью 68 радиоисточников с известными угловыми размерами. Несколько позднее Браун совместно с Алленом и Палмером аналогичным образом исследовали функцию радиосветимости с помощью 133 радиоисточников [8]. Однако, функция радиосветимости Брауна также не лишена недостатков, так как она основана на допущении об одинаковости линейных размеров радиоисточников, принятых в работе [7] равным 30 клс , а в работе [8] равными 25 клс . Последнее является средним значением диаметров 12 радиоисточников с известными красными смещениями. Между тем отношение крайних значений линейных диаметров этих 12 источников превосходит $10:1$.

В настоящей работе сделана новая попытка получить представление о функции радиосветимости радиогалактик. Для этого прежде всего использованы радиоисточники, отождествленные с галактиками, являющимися членами скоплений галактик [9—11]. Распределение абсолютных радиовеличин радиогалактик, полученное на основе такого наблюдательного материала, будет более близко к действительности, чем в случае радиоисточников, отождествленных непосредственно с отдельными галактиками, без рассмотрения их связи со скоплениями галактик.

Действительно, с отдельными галактиками отождествлены в основном радиоисточники с большими значениями плотности потока,

для которых надежно измерены их координаты. Это либо очень мощные радиоизлучатели, как скажем Лебедь—А или ЗС 295, либо радиоисточники с меньшей мощностью радиоизлучения, однако, расположенные сравнительно близко к нашей Галактике, как например, ЗС 71 (NGC 1068) или ЗС 270 (NGC 4261). В случае же радиоисточников, отождествленных со скоплениями галактик, в значительной степени ослаблены требования к точности определения их координат. И поэтому отождествления произведены и для менее мощных радиоисточников, расположенных на больших расстояниях. Ограничением при этом является то, что отождествления произведены для радиоисточников, находящихся на расстояниях от 80 до 800 *млс*. Таковы пределы по дальности того пространства, в котором Абедем [12] проведено исследование скоплений галактик, список которых использован при отождествлениях, произведенных в [9—11]. При определении расстояний постоянная Хаббла принята равной 75 *км/сек млс*. В дальнейшем также использовано это значение постоянной Хаббла и при необходимости сделан соответствующий пересчет.

Абсолютные радиовеличины радиоисточников определены по методу, описанному в [13], при помощи звездных величин десятых по яркости галактик соответствующих скоплений, а для двойных радиогалактик также и по полученной там же зависимости абсолютной радиовеличины от относительного расстояния между компонентами двойной галактики.

2. В работе [13] шкала абсолютных радиовеличин радиоисточников, находящихся в скоплениях галактик, определена с помощью привязки к абсолютной радиовеличине источника Гидра—А, значение которой, равное $-29,4$ взято из [14]. В настоящей работе решено пересмотреть эту шкалу абсолютных радиовеличин. Привязка к шкале абсолютных радиовеличин произведена здесь по значению абсолютной радиовеличины не одного, а пяти радиоисточников, отождествленных с определенными галактиками—членами скоплений галактик—с измеренными радиальными скоростями. Это радиоисточники ЗС 33, ЗС 40, ЗС 75, Гидра—А и ЗС 338, радиальные скорости которых измерены Шмидтом и Минковским [15, 16]. Кроме того, при выводе формулы зависимости абсолютной радиовеличины радиоисточника от относительного расстояния между компонентами отождествляемой с ним двойной галактики абсолютные радиовеличины радиоисточников ЗС 40, ЗС 66, ЗС 75, Гидра—А, ЗС 278, ЗС 338, Лебедь—А и ЗС 442 приняты равными значениям, полученным по соответствующим лучевым скоростям. Лучевые скорости ЗС 66, ЗС 278, Лебедя—А и ЗС 442 измерены Минковским [16], Гринстейном [17, 18], Бааде и Минковским [19]. В работе [13] соответствующая формула была выведена при использовании абсолютных радиовеличин всех 46 двойных радиогалактик, определенных только при помощи звездных величин десятых по яркости галактик соответствующих скоплений галактик. С учетом всего сказанного теперь эта формула принимает вид:

$$M_R = -(28,2 \pm 0,2) + (4,6 \pm 0,7) \lg A. \quad (1)$$

Абсолютные радиовеличины радиисточников, отождествленных с определенными членами скоплений галактик приведены в табл. 1.

Таблица 1

№	Радио-источник	$-M_R$	№	Радио-источник	$-M_R$	№	Радио-источник	$-M_R$
1	3С 4	28,9	21	15+011	29,9	41	13-117	27,0
2	33	29,8	22	22+015	28,6	42	20-111	27,9
3	40	26,4	23	23+ 02	29,9	43	21-120	27,1
4	53	29,1	24	00-012	28,7	44	21-121	27,3
5	75	27,6	25	04- 05	29,0	45	22-115	27,8
6	169	28,3	26	12- 01	28,4	46	23- 14	28,1
7	Гидра—А	31,1	27	12- 08	28,1	47	23-112	27,5
8	3С 277	29,0	28	22-012	27,5	48	00- 25	28,6
9	291	29,8	29	22-014	29,6	49	00- 28	27,6
10	301	28,9	30	23- 08	28,4	50	00-223	28,1
11	313	27,5	31	00- 14	29,0	51	01- 21	27,5
12	317	30,8	32	00-111	28,7	52	04-214	28,1
13	338	28,2	33	01- 14	28,6	53	04-215	26,8
14	464	25,9	34	01-113	28,4	54	04-219	26,9
15	00+03	28,5	35	02-110	28,7	55	05-210	24,9
16	08+010	28,6	36	03-- 13	27,4	56	11- 21	27,9
17	11+09	27,6	37	04-112	26,4	57	13- 27	28,7
18	14+01	29,6	38	05-- 14	28,1	58	23- 23	27,5
19	15+03	27,9	39	12-111	28,4	59	23- 25	29,6
20	15+06	28,6	40	12-113	29,2	60	23- 27	27,9
						61	23-213	28,8

В случае радиогалактик с измеренными красными смещениями приведены абсолютные радиовеличины, определенные по красным смещениям. Абсолютные величины радиисточников, отождествленных с двойными галактиками, являются средними от значений, полученных по звездным величинам десятых по яркости галактик соответствующих скоплений и по соотношению (1). Для отождествленных с одиночными галактиками радиисточников абсолютные радиовеличины определены только по десяткам по яркости галактикам соответствующих скоплений галактик.

Чтобы убедиться в надежности полученных абсолютных радиовеличин, в табл. 2 для сравнения приведены полученные нами и известные по измеренным красным смещениям абсолютные радиовеличины некоторых двойных радиогалактик. Как видно из таблицы, заметное расхождение имеется только в случае мощного радиисточника Лебедь—А, трактовка которого как двойной галактики является до-вольно условной.

В табл. 2 не включены радиисточники Геркулес—А и ЗС 198, которые, казалось бы, отождествлены с двойными галактиками [20, 15].

Таблица 2

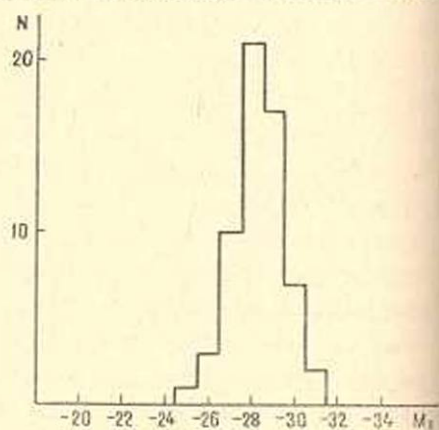
Радио-источник	M_R	M_R изм	$M_R - -M_R$ изм
ЗС 33	-36,2	-29,8	-0,4
40	-17,3	-26,4	-0,9
66	-27,5	-27,1	-0,4
75	-27,0	-27,6	+0,6
Гидра—А	-31,4	-31,1	-0,3
ЗС 278	-27,1	-26,6	-0,5
ЗС 338	-29,2	-28,2	-1,0
Лебедь—А	-32,8	-35,2	+2,4
ЗС 442	-27,3	-27,5	+0,2

Абсолютные радиовеличины этих радиисточников, полученные по измеренным красным смещениям [18, 15] равны соответственно -33,0 и -29,2. Абсолютные же радиовеличины, определенные по соотношению (1) значительно отличаются от приведенных и равны соответственно -27,4 и -27,3. Причиной такого расхождения вероятно является то обстоятельство, что источниками радиоизлучения являются не рассматриваемые „двойные“ системы галактик. В случае Геркулеса—А

спектральное исследование системы, проведенное Гринштейном [18] дало основание усомниться в том, действительно ли более слабый компактный компонент системы является объектом галактического типа, связанным с основной галактикой. Гринштейн высказал предположение, что этот объект является, вероятно, спроектированной звездой. В случае ЗС 198 радиоизлучателем, по-видимому, является более яркий компонент системы. Внимательное рассмотрение изображения этой галактики указывает на наличие некоторой асимметричности, замеченной также Малтби и др. [15].

3. На фиг. 1 приведена гистограмма абсолютных радиовеличин радиисточников, отождествленных с членами скоплений галактик. Из гистограммы следует, что наиболее часто встречаются радиисточники с абсолютной радиовеличиной около -28. Примерно такова же характерная абсолютная радиовеличина радиисточников, полученная Хэнбери Брауном (см. фиг. 4а в [7] с учетом поправки за шкалу расстояний).

Выведенная из приведенного распределения абсолютных радиовеличин функция радиосветимости радиогалактик окажется довольно грубой из-за небольшого количества (всего 61) использованных радиисточников. Это хорошо видно из табл. 3, в которой приведены количества радиисточников с определенной абсолютной



Фиг. 1. Гистограмма абсолютных радиовеличин радиисточников, отождествленных со скоплениями галактик.

радиовеличиной в поясах с отличающимися на единицу модулями расстояний. В таблице указаны также предельные абсолютные радиовеличины для дальнего конца каждого пояса. Предельная видимая радиовеличина исследованных радиоисточников равна 10,6, что соответствует плотности потока радиоизлучения в $2,5 \cdot 10^{-26}$ ватт м⁻² гц⁻¹ на частоте 159 мгц. Пространство, занимаемое этими радиоисточниками, ограничено, как было отмечено выше, расстояниями, в пределах которых зафиксированы скопления галактик в каталоге Абеля [12].

Таблица 3

$m_r - M_R$	34,5	35,5	36,5	37,5	38,5	39,5
M_R нр	-24,5	-25,5	-26,5	-27,5	-28,5	-29,5
M_R						
-24 ± 0,5	0	—	—	—	—	—
-25 ± 0,5	1	0	—	—	—	—
-26 ± 0,5	1	0	2	—	—	—
-27 ± 0,5	0	0	7	3	—	—
-28 ± 0,5	0	2	2	9	8	—
-29 ± 0,5	0	0	1	5	11	0
-30 ± 0,5	0	0	0	1	2	4
-31 ± 0,5	0	0	1	0	1	0

Рассмотрение этой таблицы указывает, что имеющийся статистический материал явно недостаточен для вывода надежной функции светимости радиогалактик.

При составлении табл. 3 использованы только те радиоисточники, которые были отождествлены с индивидуальными галактиками в скоплениях галактик. Добавление других отождествленных радиоисточников внесет, очевидно, определенную избирательность в наблюдательный материал. В основном это будут радиоисточники с большими значениями плотности потока радиоизлучения, являющиеся либо мощными радиоизлучателями, либо близко расположенными к Галактике. Несмотря, однако, на этот недостаток, исследование распределения абсолютных радиовеличин всех отождествленных радиоисточников представляет определенный интерес.

Список радиоисточников, отождествленных с отдельными галактиками, не входящими в скопления галактик, зарегистрированных в каталоге Абеля, приведен в табл. 4. В таблицу вошли надежно отождествленные радиоисточники, приведенные в работах [14, 15, 21], а также радиоисточники 3С 48 и 3С 273, недавно отождествленные с далекими галактиками [22, 23]. Абсолютные радиовеличины радиоисточников, красные смещения которых не измерены, определены, исходя из предположения, что их абсолютные фотографические величины равны -21,0. В таблицу включены также радиоисточники,

отождествленные Миллсом с двойными галактиками (табл. 1 в работе [6]), абсолютная фотографическая величина которых получается ярче

Таблица 4

№	Радио-источник	$-M_R$	№	Радио-источник	$-M_R$
1	ЗС 5	30,5	17	310	30,1
2	26	28,7	18	315	30,5
3	48	33,4	19	327	30,0
4	66	27,1	20	Герк—А	33,7
5	71	21,5	21	ЗС 353	31,6
6	78	27,1	22	Лебедь—А	35,2
7	84	26,9	23	ЗС 424	29,6
8	89	32,0	24	433	29,2
9	98	28,0	25	442	27,5
10	198	29,2	26	02+011	28,0
11	219	32,0	27	00—04	28,9
12	270	22,8	28	10—018	28,7
13	273	32,1	29	NGC 1316	26,8
14	Дева—А	27,1	30	NGC 4374	23,0
15	ЗС 278	26,6	31	Цент—А	26,1
16	ЗС 295	34,7	32	21—21	29,5
			33	22—09	29,8

радиоисточников с M_R , равным около -24 , был отмечен также и другими авторами [3]. По-видимому, можно полагать, что это является результатом не только эффекта избирательности наблюдательного материала. В самом деле, как видно из табл. 3, в первом поясе нет ни одного радиоисточника с абсолютной радиовеличиной около -24 , хотя и такие радиоисточники могли быть обнаружены в этом поясе. Вероятно, пространственная плотность таких радиоисточников во всяком случае не больше пространственной плотности радиоисточников с M_R порядка $-25 \div -26$. Это видно также из того, что из 6 радиогалактик с модулями расстояний меньше 32, т. е. расположенных ближе 25 *млс*, абсолютные радиовеличины трех из них близки к -27 , а трех других слабее -23 . Последними тремя галактиками являются сейфертовская галактика NGC 1068 и нормальные с виду эллиптические галактики NGC 4261 и NGC 4374.

С другой стороны, очевидно, как это следует из табл. 3, что пространственная плотность радиоисточников с $M_R = -30 \div -3$ меньше пространственной плотности радиоисточников с M_R около $-27 \div -28$.

Таким образом, можно заключить, что функция радиосветимости радиогалактик имеет, по-видимому, максимум где-то у $M_R = -27$. В

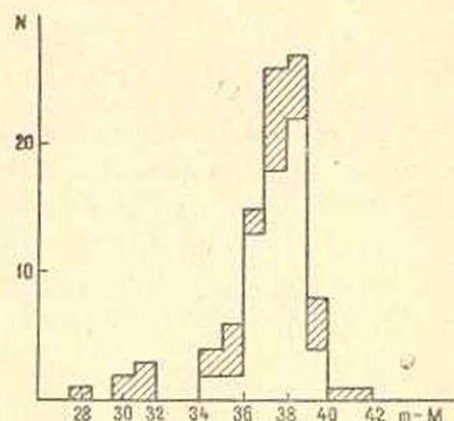
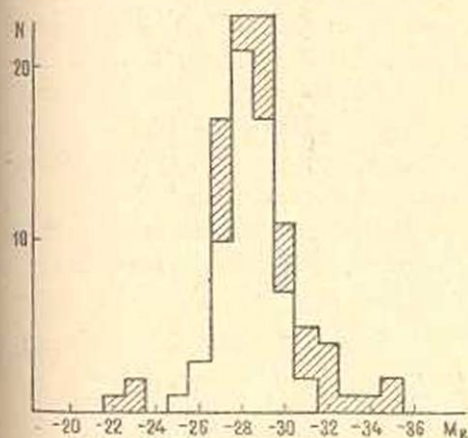
-20 при определении абсолютной радиовеличины и, соответственно, модуля расстояния по соотношению (1). Это сделано для исключения возможных случайных отождествлений в [6].

Гистограмма абсолютных радиовеличин 94 отождествленных радиоисточников приведена на фиг. 2. Добавленные радиоисточники вне скоплений галактик отмечены штриховкой. Гистограмма показывает, что, как и следовало ожидать, в основном возросло число ярких радиоисточников.

Представляет интерес то обстоятельство, что не добавилось ни одного радиоисточника с абсолютной радиовеличиной в интервале $-24 \div -26$. Недостаток ра-

таком случае она не является простым продолжением функции радиосветимости нормальных галактик. Последнее не кажется невозможным по функции радиосветимости радиогалактик, полученной Брауном (см. фиг. 4в в [7]), хотя и оспаривается им.

4. На фиг. 3 показано распределение 94 отождествленных радиоисточников по поясам с возрастающим расстоянием. Как и выше, штриховкой показаны радиоисточники списка 4.



Фиг. 2. Гистограмма абсолютных радиовеличин всех отождествленных радиоисточников. Штриховкой отмечены радиоисточники вне скопления галактик Абеля.

Фиг. 3. Распределение радиоисточников в пространстве. По ось абсцисс отложены модули расстояний.

Примечательным является то обстоятельство, что в пространстве от 25 до 60 *млс* нет ни одной радиогалактики. Этого следовало ожидать в свете представления о существовании Сверхгалактики [24]. Интересно также, что из 6 радиоисточников, находящихся на расстояниях, меньших 25 *млс*, четыре расположены в направлении, близком к направлению на центр Сверхгалактики, два радиоисточника находятся в приблизительно перпендикулярных направлениях и нет ни одного радиоисточника в направлении антицентра Сверхгалактики. Такое распределение близких радиоисточников подтверждает заключение де-Вокулёра [24] о расположении Галактики ближе к краю Сверхгалактики, на расстоянии 11 *млс* от ее центра.

Таким образом, по радионаблюдениям радиус Сверхгалактики получается равным порядку 25 *млс*. За пределами Сверхгалактики, вплоть до расстояний около 80 *млс* плотность радиоисточников очень низка. Затем их плотность возрастает, причем начиная с 80 *млс* и далее радиогалактики кажутся распределенными в пространстве более или менее равномерно. Однако, на больших расстояниях нужно, очевидно, предполагать существование других сверхгалактик. Именно такую модель распределения галактик или скоплений галактик в пространстве предполагал Браун [7] для объяснения наблюдаемого от-

клонения $Ig N/Ig S$ от ожидаемого в случае равномерного распределения радиоисточников.

5. Таким образом:

а) исследование распределения абсолютных радиовеличин 94 отождествленных радиоисточников класса II показало, что функция радиосветимости радиогалактик имеет, по-видимому, максимум у значения около -27 и, вероятно, не является продолжением функции радиосветимости нормальных галактик. Очевидно, что полученный результат является только грубым приближением к действительности из-за недостаточности использованного наблюдательного материала;

б) исследование распределения радиогалактик в пространстве указало на существование Сверхгалактики и, возможно, других сверхгалактик, расположенных на расстояниях больших, чем 80 мпс.

В заключение автор выражает признательность академику В. А. Амбарцумяну за дискуссию при выполнении настоящей работы.

Институт радиофизики и электроники
АН Армянской ССР

Поступила 4 IX 1963

2. Մ. Թովմասյան

ՌԱԴԻՈԳԱԼԱԿՏԻԿԱՆԵՐԻ ՌԱԴԻՈԼՈՒՍԱՏՎՈՒԹՅԱՆ ՖՈՒՆԿՏԻԱՅԻ ԵՎ ՏԱՐԱԾՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ ՆՐԱՆՑ ԲԱՇԽՄԱՆ ՄԱՍԻՆ

Ա Մ Փ Ո Փ Ո Ւ Մ

Գալակտիկաների կույտերի [9—11] (աղյուսակ 1) և առանձին գալակտիկաների [14, 15, 21, 22, 23] (աղյուսակ 4) հետ նույնացված ռադիոաղբյուրների բացարձակ ազդիոմեծությունների բաշխման ուսումնասիրության միջոցով փորձ է կատարված պատկերացում ստանալ ռադիոգալակտիկաների ռադիոլուսատվության ֆունկցիայի մասին.

Կրկնակի ռադիոգալակտիկաների բացարձակ ազդիոմեծությունների որոշման նպատակով վերանայված է [13] աշխատության մեջ ստացված կապը կրկնակի գալակտիկաների միջև եղած հարաբերական հեռավորության և աղբյուրների հետ նույնացված ռադիոաղբյուրների բացարձակ ազդիոմեծությունների միջև, և այդ կապի համար արված է նոր բանաձև (1):

Ռադիոգալակտիկաների բացարձակ ազդիոմեծությունների բաշխման ուսումնասիրությանից հետևում է (տե՛ս նկ. 1), որ ավելի հաճախակի հանդիպում են -28 -ին մոտ բացարձակ ազդիոմեծություն ունեցող ռադիոգալակտիկաները: Յուրջ է արված (տե՛ս աղ. 3 և նկ. 2), որ ռադիոգալակտիկաների ռադիոլուսատվության ֆունկցիան -27 արժեքին մոտ, հավանաբար, ունի մաքսիմում և, հետևաբար, այդ ֆունկցիան իրենից չի ներկայացնում նորմալ գալակտիկաների ռադիոլուսատվության ֆունկցիայի շարունակությունը:

Ռադիոգալակտիկաների տարածության մեջ բաշխման ուսումնասիրությունը ապացուցում է Գերգալակտիկայի գոյությունը [24], որի շտապիզը, բառ երևույթին, մոտ 25 մպս է, և թույլ է տալիս ենթադրել, որ 80 մպս հեռավորությունից այն կողմ, հավանաբար, գոյություն ունեն ուրիշ զերգալակտիկաներ:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Ryle M., Clarke R. W. The examination of the steady-state model in the light of some recent observations of radio sources. M. N., **122**, 1961, 349.
2. Leslie P. R. R. The surface brightness of radio sources at galactic latitudes greater than 20°. M. N., **122**, 1961, 51.
3. Long R. J., Marks D. R. The relation between the optical and radio magnitudes of galaxies. M. N., **122**, 1961, 61.
4. Minkowski R. Proceedings of 4th symposium on mathematical statistics and probability. Berkeley, 1960.
5. Bolton J. G. 13-th General Assembly IURSY. London, 1960.
6. Mills B. Y. On the identification of extragalactic radio sources. Aust J. Ph., **13**, 1960, 550.
7. Hanbury Brown R. Clustering, cosmology and source counts. M. N., **124**, 1962, 35.
8. Allen L. R., Hanbury Brown R., Palmer H. P. An analysis of the angular sizes of radio sources. M. N., **125**, 1962, 57.
9. Товмасын Г. М., Шахбазян П. К. Об отождествлении космических радиоисточников, Известия АН АрмССР, серия физ.-мат. наук, **14**, № 5, 1961, 121.
10. Товмасын Г. М. Новые вероятные отождествления космических радиоисточников. Сообщения Бюраканской Обсерватории, **31**, 1962, 19.
11. Товмасын Г. М., Каллоглян А. Т. Некоторые отождествления космических радиоисточников. Сообщения Бюраканской Обсерватории, **31**, 1962, 31.
12. Abell G. O. The distribution of rich clusters of galaxies. Ap. J. Suppl., Ser No 31, **3**, 1958, 211.
13. Каллоглян А. Т., Товмасын Г. М. О природе двойных радиогалактик. Сообщения Бюраканской Обсерватории, **31**, 39, 1962.
14. Пековский Ю. П. Эффект светимости радиогалактик. АЖ, **39**, 1962, 222.
15. Maltby P., Matthews T. A., Moffet A. T. Brightness distribution in discrete radio sources. IV. Observations of Cal. Tech. Inst., Radio Observatory, No 4, 1962.
16. Minkowski R. NGC 6166 and the cluster Abell 2129. A. J., **66**, 1961, 558.
17. Greenstein J. L. The galaxies in the radio source 3C 278. Ap. J., **133**, 1961, 335.
18. Greenstein J. L. Radio sources containing peculiar ellipticals. Ap. J., **135**, 1962, 679.
19. Baade W., Minkowski R. Identifications of the radio sources in Cassiopeia, Cygnus and Puppis A. Ap. J., **119**, 1954, 206.
20. Williams P. J. S., Dewhurst D. W., Leslie P. R. R. The radio source Hercules A. Observatory, **81**, 1961, 64.
21. Шкловский И. С. Радиогалактики. УФН, **77**, 1962, 3.
22. Schmidt M. 3C 273: A star-like object with large red-shift. Nature, **197**, 1963, 1040.
23. Greenstein J. L., Matthews T. A. Red-shift of the unusual radio source: 3C 48. Nature, **197**, 1963, 1041.
24. Ж. де Вокулер. Местное сверхскопление галактик. АЖ, **36**, 1959, 977.