

УДК: 524.8—337

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСА О НАЛИЧИИ  
КРУПНОМАСШТАБНОЙ АНИЗОТРОПИИ  
В МЕТАГАЛАКТИЧЕСКОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Р. Р. АНДРЕАСЯН

Поступила 14 мая 1985

Принята к печати 2 декабря 1985

Для изучения метагалактического магнитного поля одновременно с магнитным полем нашей Галактики использованы данные о мерах вращений плоскости поляризации излучения для 247 внегалактических радиосточников с известными красными смещениями. Полученное из численных расчетов направление магнитного поля Метагалактики  $(l_0, b_0) = (100^\circ, 25^\circ)$  примерно совпадает с направлением магнитного поля южного полушария и противоположно направлению магнитного поля северного полушария Галактики. Напряженность магнитного поля Метагалактики оценивается порядка  $10^{-9}$  Гс.

Предполагается, что наличие некоторого выделенного направления может быть следствием крупномасштабного вращения Метагалактики. Для оси вращения Метагалактики получено значение направления  $(l, b) = (295^\circ, 52^\circ)$ , близкое к значениям, полученным в работах Берча [18] и Кендалла и Юнга [19] методом анализа качественно других данных. Оказывается, что это направление составляет довольно большой угол с направлением магнитного поля Метагалактики.

1. *Введение.* Изучение вопроса о возможном существовании крупномасштабного магнитного поля, или вообще какого-нибудь выделенного направления в метагалактическом пространстве занимает очень важное место при изучении проблем, связанных с эволюцией Вселенной. В настоящее время почти во всех космологических теориях делаются предположения об однородности и изотропности пространства в достаточно больших масштабах во Вселенной. Однако в работах Мурадяна [1—4], в которых рассматривается гипотеза об адронном происхождении космических объектов, предполагается, что Метагалактика, как и все другие космические объекты, обладает определенным вращательным (спиновым) моментом. В некоторых других работах путем статистического анализа наблюдательных данных также показывается, что во Вселенной может иметь место анизотропия большого масштаба. Эта анизотропия может возникнуть хотя бы из-за наличия крупномасштабного магнитного поля [9—12] или некото-

рой оси вращения Метагалактики [18—19]. Однако ввиду того, что существует некоторое сомнение по этому поводу (см., например, [13—16]), в настоящей работе эти вопросы будут детально изучаться на основе статистического анализа других данных, более многочисленных, чем в вышеупомянутых работах.

2. *О наличии магнитного поля метагалактического масштаба.* В работах [5, 6] методом статистического анализа данных о мерах вращений внегалактических радиоисточников было проведено исследование структуры крупномасштабного магнитного поля нашей Галактики. Было предположено, что фарадеевское вращение плоскости поляризации радиоизлучения внегалактических радиоисточников полностью обусловлено магнитным полем Галактики, а фарадеевское вращение, обусловленное магнитным полем межгалактического пространства, не учитывалось, ввиду предполагаемой малой напряженности магнитного поля Метагалактики. В частности, было получено, что направление магнитного поля почти параллельно плоскости Галактики, причем в южном ( $b < 0^\circ$ ) и северном ( $b > 0^\circ$ ) полушариях Галактики направления поля примерно противоположны:  $(l, b) = (90^\circ, 10^\circ)$  и  $(l, b) = (290^\circ, -30^\circ)$  соответственно ( $l$  и  $b$  — галактические координаты направления магнитного поля). Для параметров же  $K_{1/2}$ , характеризующих мощность слоя магнитоионного вещества выше и ниже плоскости Галактики, были получены значения, значительно отличающиеся друг от друга:  $K = -28$  рад/м<sup>2</sup> для южного полушария и  $K = -10$  рад/м<sup>2</sup> для северного полушария Галактики.

Однако в ряде работ (см., например, [9—12]) показано, что в межгалактическом пространстве существует довольно регулярное крупномасштабное магнитное поле, которое имеет направление в пределах  $l = 100^\circ \div 115^\circ$  и  $b = -5^\circ \div 15^\circ$ . В работе [12] также оценено значение напряженности магнитного поля Метагалактики ( $B = 2.7 \cdot 10^{-9}$  Гс). Но необходимо отметить, что в некоторых из этих работ при статистическом анализе данных о мерах вращений внегалактических радиоисточников пренебрегалось ролью магнитного поля нашей Галактики. В некоторых других работах (см., например, [13—15]) делается попытка учесть вклад галактического магнитного поля, но при этом используются модели магнитного поля Галактики, основанные на методах анализа данных о мерах вращений опять-таки внегалактических радиоисточников. После вычитания из значений мер вращений  $RM$  отдельных внегалактических радиоисточников значения полученной таким образом регулярной составляющей  $(RM)_{\text{гала.}}$ , которая полностью приписывается галактическому магнитному полю (хотя она очевидно обусловлена суммарным влиянием полей Галактики и Метагалактики), остаются значения  $(RM)_{\text{ост.}} = RM - (RM)_{\text{гала.}}$ , которые и используются при изучении магнитного поля Метагалактики. Ясно, что

при таком подходе нельзя ожидать обнаружения более или менее значительных магнитных полей Метагалактики. Действительно, в вышеупомянутых работах [13—15] не удастся получить сколь-нибудь определенных результатов.

Надо отметить, что значения направлений, полученные в работах [9—12] для метагалактического магнитного поля  $l = 100^\circ \div 115^\circ$  и  $b = -5^\circ \div 15^\circ$ , довольно близки к приведенному в начале статьи значению направления магнитного поля южного полушария и почти противоположны направлению магнитного поля северного полушария Галактики. Следовательно, фарадеевское вращение поляризованного радиоизлучения внегалактических радиоисточников, обусловленное метагалактическим магнитным полем складывается с фарадеевским вращением, обусловленным магнитным полем южного полушария, и вычитается из фарадеевского вращенния, обусловленного магнитным полем северного полушария Галактики. Этим в основном и можно объяснить тот факт, что в работах [5, 6] для параметра  $K$  южного полушария Галактики получено большее значение, чем для параметра  $K$  северного полушария.

В настоящей работе на основе статистического анализа данных о мерах вращения  $RM$  для радиогалактик и квазаров с известными значениями красных смещений  $z$  исследуются магнитные поля нашей Галактики и Метагалактики одновременно. То есть принимается, что мера вращения отдельного радиоисточника состоит из двух частей — галактического и метагалактического.

$$RM = (RM)_1 + (RM)_2 = 8.1 \cdot 10^5 \left[ \left( \int_L N_e B_L dL \right)_1 + \left( \int_L N_e B_L dL \right)_2 \right]. \quad (1)$$

Здесь  $N_e$  — электронная концентрация в среде,  $L$  — длина пути, пройденного излучением, в парсеках, а  $B_L$  — продольная составляющая магнитного поля в гауссах. Индексы 1 и 2 относятся к Галактике и Метагалактике соответственно.

Предполагается, что величина магнитного поля, имеющего некоторое результирующее направление  $(l_0, b_0)_1$ , так же, как и электронная концентрация в плоскопараллельном слое Галактики, зависит только от координаты  $h$  ( $h$  — расстояние от плоскости Галактики). Предполагается также, что магнитное поле Метагалактики однородно и имеет направление  $(l_0, b_0)_2$ . При таких довольно общих предположениях из геометрических соображений можно написать, что

$$(RM)_1 = K_1 \frac{\cos(b_0)_1 \cos b [\cos(l_0)_1 \cos l + \sin(l_0)_1 \sin l] + \sin(b_0)_1 \sin b}{|\sin b|} \quad (2)$$

$$(RM)_2 = \\ = K_2 z \{ \cos(b_0)_2 \cos b [\cos(l_0)_2 \cos l + \sin(l_0)_2 \sin l] + \sin(b_0)_2 \sin b \}, \quad (3)$$

где

$$K_1 = 8.1 \cdot 10^5 \int_0^\infty N_e B(h) |dh| \quad (4)$$

и

$$K_2 = 8.1 \cdot 10^5 (N_e B)_2 \frac{c}{H}. \quad (5)$$

При получении формул (2) и (4) элемент длины пути  $dL$ , пройденного излучением, заменен значением  $\left| \frac{dh}{\sin b} \right|$ , а в формуле (3) принято, что

$$\left( \int N_e B_L dL \right)_2 = (N_e B_L L)_2, \quad (6)$$

где  $(N_e)_2$  — электронная концентрация в метagalacticкой среде,  $(B_L)_2$  — проекция магнитного поля Метagalacticки на направление радиоисточника  $(l, b)$ , а  $L_2$  — расстояние до данного радиоисточника, которое определяется по значению красного смещения  $z$  из закона Хаббла. Вообще говоря, расстояние зависит от принятой модели Вселенной. Однако

мы воспользуемся формулой  $L_2 = \frac{c}{H} z$  ( $c$  — скорость света, а  $H$  — постоянная Хаббла), поскольку разные формулы, связывающие  $L_2$  и  $z$ , при малых значениях  $z$  совпадают с ней, а для объектов с большими значениями красных смещений, использованных в настоящей работе, разницы между расстояниями, полученные с использованием разных формул, невелики.

Если для каждого радиоисточника обозначить:

$$\begin{aligned} A_i &= \cos b_i \cos l_i / |\sin b_i|, & X &= K_1 \cos(b_0)_1 \cos(l_0)_1, \\ B_i &= \cos b_i \sin l_i / |\sin b_i|, & Y &= K_1 \cos(b_0)_1 \sin(l_0)_1, \\ C_i &= \sin l_i / |\sin b_i|, & Z &= K_1 \sin(b_0)_1, \\ D_i &= z_i \cos b_i \cos l_i, & U &= K_2 \cos(b_0)_2 \cos(l_0)_2, \\ E_i &= z_i \cos b_i \sin l_i, & V &= K_2 \cos(b_0)_2 \sin(l_0)_2, \\ F_i &= z_i \sin b_i, & W &= K_2 \sin(b_0)_2, \\ L_i &= (RM)_i, \end{aligned}$$

то, используя формулы (2) и (3), формулу (1) для каждого отдельного радиоисточника можно написать в следующем виде:

$$L_i = A_i X + B_i Y + C_i Z + D_i U + E_i V + F_i W. \quad (8)$$

Таким образом, получается система из  $n$  линейных уравнений ( $n$  — число использованных в статистике радиоисточников) с шестью неизвестными ( $X, Y, Z, U, V, W$ ). Значения же  $A_i, B_i, C_i, D_i, E_i, F_i, L_i$  можно вычислить зная координаты, красные смещения и меры вращения радиоисточников.

Систему линейных уравнений (8) можно решить методом наименьших квадратов. Отметим, что неизвестные  $X, Y$  и  $Z$  зависят только от параметров магнитного поля нашей Галактики. Зная их значения, можно легко определить параметр  $K_1$  и направление магнитного поля по галактическим координатам  $(l_0)_1$  и  $(b_0)_1$ . Неизвестные же  $U, V$  и  $W$  зависят только от параметров магнитного поля Метагалактики, и с их помощью можно определить значения параметров  $K_2, (l_0)_2$  и  $(b_0)_2$ .

В настоящем разделе использованы данные о мерах вращений и красных смещениях для радиогалактик и квазаров, взятых из работы [17]. Для улучшения материала статистики из рассмотрения исключены некоторые радиоисточники. Это те объекты, для которых  $|RM| > 100$  рад/м<sup>2</sup>, поскольку предполагается, что большие меры вращения на не очень низких галактических широтах ( $|b| > 15^\circ$ ) скорее всего возникают в собственных магнитных полях радиоисточников, а не в Галактике или в Метагалактике (см., например, [5, 6]). Из статистики исключены также те объекты, которые находятся на низких галактических широтах ( $|b| < 15^\circ$ ), поскольку на низких широтах влияние магнитного поля Галактики очень большое, и на его фоне трудно выделить влияние метагалактического магнитного поля. После этих исключений остаются 247 радиоисточников, данные которых и используются в настоящей статистике.

Система линейных уравнений (8) решалась на ЭВМ ЕС-1030 методом наименьших квадратов во многих вариантах, при которых варьировались либо галактические широты  $b$ , либо красные смещения  $z$ . Вариация галактических широт была сделана с целью выявления поведения магнитного поля Галактики в зависимости от  $b$ , а варьирование красных смещений давало возможность определить параметры магнитного поля Метагалактики при различных значениях  $z$ .

Значения параметров магнитных полей Галактики и Метагалактики в некоторых вариантах (при различных вариациях  $b$  и  $z$ ), полученные из численных расчетов, приведены в табл. 1. Ошибки значений параметров, приведенных в таблице, составляют меньше половины значений для величин  $K_1$  и  $K_2$  и примерно  $\pm 15^\circ \div 25^\circ$  в значениях для  $(l_0)_1, (b_0)_1$  и  $(l_0)_2, (b_0)_2$ .

Таблица 1

$b$	$z$	$-K_1$ (рад/м <sup>2</sup> )	$-K_2$ (рад/м <sup>2</sup> )	$(l_0)_1$	$(l_0)_2$	$(b_0)_1$	$(b_0)_2$	$n$
$-90^\circ < b < -15^\circ$	$0 < z < 2.5$	21	24	96	60	13	25	114
	$0.1 < z < 2.5$	21	27	68	103	-4	39	78
	$0.2 < z < 2.5$	22	30	62	110	-13	43	72
	$0 < z < 2.0$	21	33	101	59	8	33	109
$90^\circ > b > 15^\circ$	$0 < z < 2.5$	14	19	290	94	-13	0	133
	$0.1 < z < 2.5$	14	20	267	67	-23	7	102
	$0.5 < z < 2.5$	25	34	283	98	-35	26	55
	$0 < z < 2.0$	15	21	288	93	-11	-6	131
$-90^\circ < b < 90^\circ$	$0 < z < 2.5$	4	20	46	80	-26	15	247
	$0.1 < z < 2.5$	10	24	32	85	-67	35	180

Численные расчеты показали, что, как и ожидалось, в межгалактическом пространстве существует довольно регулярное крупномасштабное магнитное поле. Из табл. 1 видно, что в качестве разумной оценки для параметров магнитного поля Метагалактики можно принять значения  $(l_0, b_0)_2 = (100^\circ, 25^\circ)$  и  $K_2 = 25$  рад/м<sup>2</sup>. Эти результаты очень хорошо согласуются с результатами, полученными в работах других авторов [9—12].

Из формулы (5) видно, что величина  $K_2$  есть мера вращения в межгалактической среде при прохождении излучением по направлению магнитного поля расстояния, равного  $c/H$  мегапарсек. Если принять  $H = 100$  км/с Мпк, то из формулы (5) получим

$$N_e B \approx 10^{-14} \text{ Гс/см}^3. \quad (9)$$

Для величины  $N_e$  как верхний предел можно принять значение  $N_e = 10^{-5}$  частиц в кубическом сантиметре. При такой плотности свободных электронов можно оценить напряженность магнитного поля Метагалактики ( $B \approx 10^{-9}$  Гс). Полученный результат близок к результату, полученному в работе [12]. Однако  $10^{-9}$  Гс — это нижний предел напряженности магнитного поля Метагалактики. Вероятно, его можно увеличить в несколько раз, поскольку оценка плотности  $N_e = 10^{-5}$  см<sup>-3</sup> представляется несколько завышенной.

Из табл. 1 также видно, что направление метагалактического магнитного поля довольно близко к направлению магнитного поля южного полушария Галактики, которое в свою очередь противоположно направлению магнитного поля северного полушария Галактики. Для направлений маг-

нитных полей северного и южного полушарий Галактики получены примерно такие же значения, что и в работах [5, 6], и приведенные в начале статьи. Однако значения для величин  $K$ , несколько другие, чем в работах [5, 6]. Как и ожидалось для этой величины в южном и северном полушариях Галактики получились довольно близкие значения (соответственно — 20 и — 14 рад/м<sup>2</sup>, в отличие от упомянутых в начале статьи значений — 28 и — 10 рад/м<sup>2</sup>), которые в пределах ошибок можно считать одинаковыми. Это означает, что учет метагалактического магнитного поля при исследовании магнитного поля Галактики позволяет с большей уверенностью утверждать полученный в работах [5, 6] результат о том, что направления магнитных полей южного и северного полушарий Галактики противоположны.

Однако надо отметить, что если при численных расчетах использовать все объекты независимо от их галактической широты, то есть не разделять данных для южного и северного полушарий, то для параметров магнитного поля нашей Галактики, как это видно из табл. 1, не удается получить сколь-нибудь приемлемых значений. При этом для параметров метагалактического магнитного поля получаются вполне определенные значения, которые довольно близки к значениям этих параметров, полученным при разных вариациях красных смещений, а также величин  $b$ , использованных в статистике объектов. Такого, на первый взгляд неожиданного, результата, конечно же, следовало ожидать, поскольку из-за противоположных направлений магнитных полей южного и северного полушарий Галактики при совместном использовании данных обоих полушарий, их влияния статистически взаимно уничтожаются и остается лишь влияние магнитного поля Метагалактики. Этим в основном и можно объяснить то обстоятельство, что в некоторых работах (см., например, [9—11]), в которых хотя и пренебрегалось ролью магнитного поля нашей Галактики, тем не менее для параметров магнитного поля Метагалактики были получены значения, близкие к значениям, полученным в настоящей статистике.

В конце отметим, что поскольку наличие метагалактического магнитного поля нас интересует в связи с изучением вопроса о наличии крупномасштабной анизотропии во Вселенной, то мы здесь предполагали, что величина  $(RM)$ , в формуле (1) полностью обусловлена метагалактическим магнитным полем, хотя ясно (см., например, [22, 23]), что в нее вносят вклад также магнитные поля самих радиоисточников и областей межгалактического пространства с повышенной концентрацией магнитоионного вещества (облака межгалактической материи, скопления галактик и т. д.). Дело в том, что в изотропной Вселенной магнитные поля указанных объектов должны иметь случайные направления и при анализе данных их вклад может играть лишь роль статистического шума. Найденную регулярную составляющую в значениях  $(RM)$ , можно объяснить либо наличием лишь

крупномасштабного магнитного поля Метагалактики, либо наличием преимущественного направления магнитных полей этих объектов, которое тоже является свидетельством анизотропии метагалактического масштаба. Выяснение последнего вопроса представляет собой довольно трудную задачу и не входит в круг вопросов настоящей статьи.

3. *О возможном существовании крупномасштабного вращения в Метагалактике.* В работе Берча [18] было показано, что в метагалактическом пространстве существует некоторое выделенное направление ( $l_0 = 320^\circ$ ,  $b_0 = +20^\circ$ ). Существование такого направления, по мнению Берча, вероятно связано либо с существованием крупномасштабного магнитного поля в Метагалактике, либо, что скорее всего, с существованием вращения во Вселенной. В вышеупомянутой работе для нахождения направления ( $l_0, b_0$ ) были использованы данные об относительных углах ( $\Delta$ ) между направлениями усредненных магнитных полей и направлениями больших осей радиогалактик (точнее — значения  $\Delta$  определяются как позиционный угол большой оси радиогалактики минус позиционный угол направления усредненного магнитного поля в радиогалактике). Оказывается, что, используя вышеупомянутое направление ( $l_0, b_0$ ) в качестве направления «полюса Вселенной» и разделив небесную сферу на два полушария, можно заметить, что в одном полушарии (как показано в работе [18]) значения  $\Delta$  имеют преимущественно положительные знаки, а в другом величины  $\Delta$  в большинстве случаев отрицательны.

Однако в работе [16] предполагается, что эффект, полученный Берчем в работе [18], может быть связанным с ошибками при определении направлений магнитных полей в радиогалактиках. Впоследствии результаты, полученные Берчем, нашли подтверждение в работе Кендалла и Юнга [19], выполненной на основе данных для 42 объектов, приведенных в работе [20].

В работе [7] автора настоящей статьи было предположено, что радиогалактики обладают дипольными магнитными полями, причем направление оси диполя примерно совпадает с направлением малой оси оптической галактики, отождествленной с радиоисточником. Было также предположено, что радиоизлучающие облака релятивистских частиц выходят из ядра оптической галактики по направлению оси диполя, или, что то же самое, по направлению малой оси оптической галактики. Как было показано в работе [7], из этих предположений следовало, что усредненное направление магнитного поля радиогалактики примерно совпадает с направлением малой оси отождествленной с ним оптической галактики. Это дает возможность на основе статистического анализа более богатого наблюдательного материала независимым образом проверить выводы, сделанные в работах [18, 19]. Нами используются данные об относительных углах  $\beta$  между

большими осями радио- и малыми осями оптических изображений (направления которых близки к усредненным направлениям магнитных полей) радиогалактик (значения  $\beta$  определяются как позиционный угол большой оси радиоизображения минус позиционный угол малой оси оптического изображения). Ясно, что при таком определении величины  $\beta$ , в зависимости от значений радио- и оптических позиционных углов, будут иметь положительные или отрицательные значения.

Как и в работе Берча [18], предположим, что в Метагалактике существует какое-то выделенное направление, имеющее координаты  $\alpha_0$  и  $\delta_0$  ( $\alpha_0$  и  $\delta_0$  — это направление, так называемого, «полюса Вселенной» в экваториальной системе координат). Будем также предполагать, что существование такого направления во Вселенной может привести к тому, что в одном полушарии, имеющем полюс по направлению  $(\alpha_0, \delta_0)$ , для большинства радиогалактик значения  $\beta_i$  будут положительными, а в другом полушарии — отрицательными. В таком случае значения величин  $\beta_i$  для данной радиогалактики, имеющей координаты  $\alpha_i$  и  $\delta_i$  представим формулой

$$\beta_i = \beta_0 \cos \psi_i, \quad (10)$$

где  $\psi_i$  — угол между направлением, на котором наблюдается данный радиоисточник, и направлением «полюса Вселенной»  $(\alpha_0, \delta_0)$ , а  $\beta_0$  — ожидаемое значение  $\beta$ , когда радиогалактика наблюдается в направлении  $(\alpha_0, \delta_0)$ . Из формулы (10) видно, что для тех радиогалактик, у которых  $\psi_i < 90^\circ$ , величины  $\beta_i$  положительны, а для радиогалактик с  $\psi_i > 90^\circ$  величины  $\beta_i$  отрицательны.

Если воспользоваться формулой косинусов сферической тригонометрии, то с помощью (10) можно получить формулу

$$\beta_i = \beta_0 [\sin \delta_i \sin \delta_0 + \cos \delta_i \cos \delta_0 \cos (\alpha_i - \alpha_0)]. \quad (11)$$

После некоторых преобразований и обозначений

$$\begin{aligned} X &= \beta_0 \cos \delta_0 \cos \alpha_0, & A_i &= \cos \delta_i \cos \alpha_i, \\ Y &= \beta_0 \cos \delta_0 \sin \alpha_0, & B_i &= \cos \delta_i \sin \alpha_i, \\ Z &= \beta_0 \sin \delta_0, & C_i &= \sin \delta_i, \\ & & D_i &= \beta_i, \end{aligned} \quad (12)$$

из формулы (11) можно получить систему  $n$ -линейных уравнений с тремя неизвестными  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ .

$$D_i = A_i X + B_i Y + C_i Z. \quad (13)$$

Число уравнений  $n$  — это число использованных в статистике данных относительных углов  $\beta_i$ . Систему линейных уравнений (13) можно решить методом наименьших квадратов. После нахождения неизвестных  $X$ ,  $Y$  и  $Z$ , используя формулы (12), можно найти параметры  $\beta_0$ ,  $\alpha_0$  и  $\delta_0$ .

В настоящей статистике использованы данные для 205 радиисточников, из которых данные для 142 объектов взяты из работы [21], а для остальных 63 объектов — из работы [8].

Все 205 использованных данных были разделены на несколько групп по величине  $|\beta_i|$ , затем методом наименьших квадратов была проанализирована каждая из этих групп. Чтобы можно было сравнить полученные нами результаты с результатами работ [18, 19], необходимо было полученные из численных расчетов значения  $\alpha_0$  и  $\delta_0$  преобразовать в галактические координаты  $l_0$  и  $b_0$ .

Полученные значения параметров  $\beta_0$ ,  $l_0$  и  $b_0$  для отдельных групп, вместе с числом объектов в каждой группе, приведены в табл. 2. Надо отметить, что ошибки определения параметров хотя и довольно большие, но не превосходят половины значения для параметра  $\beta_0$  и  $\pm 25^\circ \div 30^\circ$  для параметров  $l_0$  и  $b_0$ .

Таблица 2

$\beta_i$	$\beta_0$	$l_0$	$b_0$	$n$
$0^\circ <  \beta_i  < 90^\circ$	9.5	295	52.3	205
$10^\circ <  \beta_i  < 90^\circ$	8.5	287	46.2	176
$20^\circ <  \beta_i  < 90^\circ$	10.3	270	50.4	136
$30^\circ <  \beta_i  < 90^\circ$	12.7	273	51.3	121
$40^\circ <  \beta_i  < 90^\circ$	11.5	294	49.1	104
$50^\circ <  \beta_i  < 90^\circ$	16.4	304	45.6	87
$60^\circ <  \beta_i  < 90^\circ$	11.1	316	16.8	67
$40^\circ <  \beta_i  < 70^\circ$	21.7	314	51.0	60
$50^\circ <  \beta_i  < 70^\circ$	37.3	318	43.1	43
$0^\circ <  \beta_i  < 20^\circ$	4.6	341	11.0	66
$0^\circ <  \beta_i  < 30^\circ$	1.3	324	-1.4	85
$10^\circ <  \beta_i  < 20^\circ$	7.5	335	3.9	40
$10^\circ <  \beta_i  < 30^\circ$	2.2	310	-22.7	59

Из табл. 2 видно, что для параметров направления, так называемого, «полюса Вселенной» ( $l_0$ ,  $b_0$ ) во всех группах объектов в пределах ошибок получены значения, близкие друг к другу. Нам кажется целесообразным в качестве параметров направления ( $l_0$ ,  $b_0$ ) взять значения; полученные

для той группы объектов, в которой число объектов  $n$  самое большое, то есть для группы  $0^\circ \leq |\beta| \leq 90^\circ$ . Таким образом, можно принять  $(l_0, b_0) = (295^\circ, +52^\circ)$ . Это направление довольно близко направлению, полученному Берчем в работе [18]:  $(l_0, b_0) = (320^\circ, +20^\circ)$  и направлению, полученному в работе [19]:  $(l_0, b_0) = (312^\circ, +25^\circ)$ . Для параметра же  $\beta_0$  для отдельных групп получены разные значения. Это, вероятно, связано с тем, что для разных групп средние значения  $\beta_i$  разные.

Таким образом, мы получили, что в Метагалактике действительно существует некоторое выделенное направление  $(l_0, b_0) = (295^\circ, +52^\circ)$ , проявляющее себя тем, что оно каким-то образом влияет на направление выброса облаков релятивистской плазмы из ядра родительской галактики. Такое влияние может себя проявить, например, тем, что направления оси вращения оптической галактики и оси дипольного магнитного поля будут систематически отличаться друг от друга.

Отметим, что в согласии с выводом, сделанным Берчем в работе [18], нам также кажется, что полученное здесь выделенное направление  $(l_0, b_0)$  в метагалактическом пространстве, свидетельствующее об анизотропии Метагалактики, вряд ли связано с ее крупномасштабным магнитным полем. Помимо аргументов, приводимых в работе [18] в пользу этого предположения, можно привести еще один довод, состоящий в том, что направление  $(l_0, b_0) = (295^\circ, +52^\circ)$  составляет довольно большой угол с направлением крупномасштабного магнитного поля Метагалактики (силовые линии которого, как показано в первой части настоящей работы, направлены от  $(l, b) = (280^\circ, -25^\circ)$  к  $(l, b) = (100^\circ, +25^\circ)$ ). Поэтому предполагается, что полученные результаты указывают на существование в Метагалактике крупномасштабного вращения.

Надо отметить, что в последнее время опубликовано несколько работ [24—26], в которых подвергается сомнению результат Берча [18], говорящий о наличии крупномасштабного вращения в Метагалактике. В одних работах результаты Берча объясняются эффектами наблюдательной селекции, в других на основе наблюдательного материала другого рода оценивается верхний предел для угловой скорости вращения Метагалактики, который оказывается меньше, чем угловая скорость, полученная Берчем [18]. В связи с этим заметим, что наши результаты нельзя объяснить эффектами наблюдательной селекции, поскольку использованные нами данные  $\beta_i$  непосредственно определяются по вытянутостям радио- и оптических изображений радиогалактик; что же касается утверждения о вращении Метагалактики, то оно является лишь одним из объяснений найденной анизотропии.

Автор выражает благодарность академику В. А. Амбарцумяну, а также докторам физ.-мат. наук Р. М. Мурадян и М. А. Мнацаканяну за проявленный интерес к работе и ценные замечания.

Бюраканская астрофизическая  
обсерватория

## THE INVESTIGATION OF EXISTENCE OF LARGE-SCALE ANISOTROPY IN THE METAGALACTIC SPACE

R. R. ANDREASSIAN

The rotation measures of 247 extragalactic radio sources with known redshifts are used for simultaneous investigation of magnetic fields of the Galaxy and the Metagalaxy. It has been shown that the direction of the metagalactic magnetic field  $(l_0, b_0) = (100^\circ, 25^\circ)$  nearly coincides with the direction of the galactic magnetic field in the Southern hemisphere and is opposite to it in the Northern hemisphere. The strength of Metagalactic magnetic field is estimated to be of the order of  $10^{-9}$  Gs. It has been proposed that the presence of a certainly distinguished direction may be connected with large-scale rotation of the Metagalaxy. The direction of the Metagalactic rotation axes  $(l, b) = (295^\circ, 52^\circ)$ , obtained in this article, is close to values obtained by Birch [18] and Kendall and Young [19] from analysis of qualitatively different data. The angle between the rotation axes of Metagalaxy and the metagalactic magnetic field is very large.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Р. М. Мурадян, *Астрофизика*, 11, 237, 1975.
2. Р. М. Мурадян, *Астрофизика*, 13, 63, 1977.
3. Р. М. Мурадян, *Астрофизика*, 14, 439, 1978.
4. R. M. Muradian, *Astrophys. and Space Sci.*, 69, 339, 1980.
5. Р. Р. Андреасян, *Астрофизика*, 16, 707, 1980.
6. Р. Р. Андреасян, *Астрофизика*, 18, 255, 1982.
7. Р. Р. Андреасян, *Астрофизика*, 19, 441, 1983.
8. Р. Р. Андреасян, *Астрофизика*, 21, 93, 1984.
9. K. Kawabata, M. Fujimoto, Y. Sofue, M. Fukui, *Publ. Astron. Soc. Jap.*, 21, 293, 1969.
10. M. Reimhardt, M. A. F. Thiel, *Astrophys. Lett.*, 7, 101, 1970.
11. M. Fujimoto, K. Kawabata, Y. Sofue, *Progr. Theor. Phys. Kyoto, Suppl. Ser.*, 49, 181, 1971.
12. Y. Sofue, M. Fujimoto, K. Kawabata, *Publ. Astron. Soc. Jap.*, 31, 125, 1979.
13. A. A. Ruzmatkin, D. D. Sokoloff, *Astron. and Astrophys.*, 58, 247, 1977.

14. *R. C. Thomson, A. H. Nelson*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 201, 365, 1982.
15. *J. P. Valles*, *Astrophys. Lett.*, 23, 85, 1983.
16. *E. S. Phinney, R. L. Webster*, *Nature*, 301, 735, 1983.
17. *H. Tabara, M. Inoue*, *Astron. and Astrophys. Suppl. Ser.*, 39, 379, 1980.
18. *P. Birch*, *Nature*, 298, 451, 1982.
19. *D. G. Kendall, G. A. Young*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 207, 637, 1984.
20. *R. G. Conway, P. Birch, R. J. Davies, L. R. Jones, A. J. Kerr, D. Stannard*,  
*Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 202, 813, 1983.
21. *M. J. Valtonen*, *Astrophys. and Space Sci.*, 90, 207, 1983.
22. *G. L. Welter, J. J. Perry, P. P. Kronberg*, *Astrophys. J.*, 279, 19, 1984.
23. *P. P. Kronberg, J. J. Perry*, *Astrophys. J.*, 263, 518, 1982.
24. *M. F. Bietenholz, P. P. Kronberg*, *Astrophys. J.*, 287, L1, 1984.
25. *J. D. Barrow, R. Juszkiewicz, D. H. Sonoda*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, 213,  
917, 1985.
26. *V. K. Kapahi, R. Subrahmanyan, A. K. Singal*, *Nature*, 313, 463, 1985.