

DOI: 10.18721/JPM.10114

УДК 528.2

А.А. Липовка, Н.М. Липовка

Центр физических исследований, Университет Соноры,
г. Эрмосийо, Мексика

*Посвящается светлой памяти
Нели Александровны Есепкиной, конструктора
радиотелескопов БПР и РАТАН-600, профессора
Ленинградского политехнического института
имени М.И. Калинина*

РАДИОИЗЛУЧЕНИЕ ГРУППЫ ЗВЕЗД В СОЗВЕЗДИЯХ ВОДОЛЕЯ И КИТА

В работе выполнены оптические отождествления радиисточников с группой звезд, расположенных на площадке размером 1,2 кв. град. С радиисточниками отождествлены десять звезд и один объект с диффузным изображением (ESO-538-10). Восемь радиообъектов имеют нетепловой спектр радиоизлучения. Обнаружена значительная радиорефракция в межзвездной среде в исследуемом направлении космического пространства.

СИСТЕМА КООРДИНАТ, ОПТИЧЕСКОЕ ОТОЖДЕСТВЛЕНИЕ РАДИОИСТОЧНИКОВ, МЕЖЗВЕЗДНАЯ СРЕДА, ВОДОЛЕЙ, КИТ.

Введение

В 1609 году талантливый итальянский физик, механик и астроном Галилео Галилей сконструировал первый оптический телескоп и начал наблюдать небесные объекты. В 2009 году оптической астрономии исполнилось 400 лет, и этот год был объявлен Международным годом астрономии (МГА-2009).

Радиоастрономия, по сравнению с оптической астрономией, — очень молодая наука. Свой существенный вклад в обнаружение радиоизлучения небесных объектов внесли радиолюбители. В 1932 году Карл Янский, исследуя шумы окружающего пространства через наушники, обнаружил радиосигнал, идущий из центра нашей Галактики. В честь этого исследователя названа единица измерения плотности потока излучения радиообъектов — Ян.

В 1937 году Грот Ребер на собственные средства построил радиотелескоп диаметром 9,5 м и в период 1938 — 1943 гг. выполнил первый обзор неба. Чувствительность приемной аппаратуры тех времен не позволяла обнаруживать радиоизлучение небесных объектов в сантиметровом диапазоне длин волн, поэтому свой первый обзор Грот Ребер был вынужден выполнять в метровом диапазоне. Первая его работа была опубликована в 1944 году. В первые же годы наблюдений неба, в радиодиапазоне было обнаружено несовпадение координат, полученных в радио- и оптическом диапазонах (далее «радио — оптика») небесных объектов.

С 1945 года начинается бурное развитие радиоастрономии. Первыми объектами исследования в радиодиапазоне стали газовые туманности большого углового размера, до-

статочны яркие в указанном диапазоне; их отождествления с оптическими объектами не вызывали сомнения. Однако очень скоро стало ясно, что необходимо повышать разрешающую способность радиотелескопов. Началось строительство радиотелескопов большого размера, таких как БПР (130 × 3 м) и РАТАН-600 (600 × 10 м), одним из разработчиков которых являлась Неля Александровна Есепкина [1, 2].

По мере повышения чувствительности приемной аппаратуры и точности инструментов было обнаружено, что необходимо учитывать влияние среды на распространение радиоволн. Так, в 1960 году была опубликована работа М.М. Комесарофа [3] по обнаружению радиорефракции в ионосфере Земли на частоте 19,7 МГц. Оказалось, что эта радиорефракция в ионосфере Земли – довольно значительная в метровом диапазоне длин волн и происходит на высотах более 350 км над уровнем моря. По этой причине координаты радиообъектов, измеренные в метровом диапазоне длин волн, как правило, отличаются от координат, полученных в сантиметровом диапазоне.

С целью привязки координат небесных радиообъектов, в 1962 году был предложен ЗС каталог (Третий Кембриджский каталог) [4], объекты которого не имели пары в оптическом диапазоне длин волн. При этом каталог был составлен для метрового диапазона длин волн, а именно на частоте 178 МГц, с диаграммой направленности $\Theta = 13,6' \times 4,6^\circ$. Координаты объектов этого обзора представляли собой результат осреднения всех радиоисточников, расположенных на площадке размером $\Theta = 13,6' \times 4,6^\circ$ в метровом диапазоне длин волн. Несмотря на недостаточную точность измерения координат небесных радиообъектов и отсутствие их привязки к оптическим объектам, некоторые объекты ЗС-каталога и по сей день числятся в качестве опорных и используются для привязки даже тех радиообъектов, наблюдения которых выполнены в сантиметровом диапазоне длин волн.

В настоящее время установлено, что радиолуч в сантиметровом диапазоне ис-

пытывает радиорефракцию в тропосфере Земли, в то время как радиорефракция в метровом диапазоне длин волн происходит в ионосфере Земли.

Идет бурное развитие радиоинтерферометрии со сверхдлинными базами (РСДБ). При этом первые наблюдения показали, что очень остро встает вопрос о правильной привязке радиоисточников к оптическим небесным объектам.

Первые отождествления объектов радио – оптика

Природу небесных радиообъектов можно изучать только после их правильного отождествления с оптическими объектами, когда получено однозначное доказательство того, что совпадение объектов радио – оптика не является случайным. В связи с этим правильные оптические отождествления являются первым и необходимым условием на пути изучения характеристик и природы небесных объектов.

Указанные отождествления, как сложилось исторически, осуществлялись по опорным объектам, которые зачастую не имели нужной координатной точности. Это приводило к большому количеству несовпадений, называемых «пустым полем» (empty field). Стала очевидной необходимость разработки как метода, так и самого критерия отождествления объектов радио – оптика. Такая работа была начата нами в 1985 году, и первые оптические отождествления были выполнены в Национальном институте оптики, астрономии и электроники (INAOE), г. Тонанцинтла, Мексика, при помощи блинк-компаратора фирмы Цейс по всем правилам астрометрии методом Шлезингера. При этом мы использовали данные высокочувствительного обзора неба, полученные на радиотелескопе РАТАН-600, на длине волны 7,6 см [5].

Блинк-компаратор позволял определять координаты оптических объектов по Паломарским стеклянным пластинам с точностью

$$\sigma_{RA} \times \sigma_{DEC} = 1,5'' \times 1,5''.$$

В результате наших исследований был

сделан вывод о несовпадении радиообъектов с оптическими небесными объектами, и поэтому радиообъекты попадали в пустое поле в оптическом изображении.

В 1987 году были выполнены наблюдения ряда оптических объектов с диффузным изображением («галактики») на Боннском 100-метровом радиотелескопе. Оказалось, что координаты радиообъектов, определенные на этом радиотелескопе, тоже попадают в пустое поле в оптическом изображении и не совпадают с галактиками, видимыми при оптическом наблюдении. А именно на эти галактики мы настраивали указанный радиотелескоп.

Оптические отождествления объектов радио – оптика, выполняемые при помощи блинк-компаратора, были продолжены нами в 1990 и 1993 – 1994 гг. Из 800 исследованных нами радиоисточников, полученных по наблюдениям на РАТАН-600, отождествилось менее 8%, причем с плохой точностью. Основная часть радиоисточников попадала в пустое поле в оптическом изображении.

К настоящему времени накоплен очень большой объем радиоастрономических наблюдений небесных объектов в широком диапазоне длин волн (от метрового до миллиметрового диапазона), выполненных с высокой чувствительностью и высоким разрешением на различных телескопах [6]. Однако, как выяснилось, основная часть радиоисточников не отождествляется с небесными объектами, видимыми в оптическом диапазоне длин волн. Общепризнанной точкой зрения, объясняющей этот факт, явилось утверждение, что на галактических широтах $b > 2^\circ$ источниками радиоизлучения являются преимущественно внегалактические объекты, такие, как активные галактики и квазары («Nearly all discrete radio sources more than 1° or 2° from the Galactic plane are extragalactic...» [7, С. 1694]).

Ранее в работе [8] было показано, что существует рефракция в тропосфере Земли, которая существенна на частотах 1,0 ГГц и выше, в то время как ионосферная рефракция доминирует на низких частотах.

С целью привязки радиообъектов к

оптическим объектам, в 2009 году, на съезде Международного астрономического союза, был предложен в качестве опорного ICRF2-каталог, насчитывающий 3414 радиообъектов [9, 10]. Это предложение было сделано без должного на то обоснования, только ввиду несовпадения подавляющей части объектов радио – оптика, которые, якобы, совпадают с объектами квазизвездной структуры, расположенными на краю Вселенной. Этот каталог был рекомендован в таком же качестве (как опорный) и для геодезических целей. Следует отметить, что ICRF2-каталог был получен методом кросс-корреляции координат небесных объектов радио – оптика. Наши исследования показали, что основная часть радиообъектов этого каталога представляет собой факт случайного совпадения радиообъектов со слабыми оптическими объектами, плотность которых весьма велика [11].

На основании вышеизложенного можно утверждать, что ICRF2- каталог не следует использовать в качестве опорного для привязки небесных объектов радио – оптика, а представленные в нем данные требуют проверки. Кроме того, плотность этих опорных объектов слишком мала для достоверной привязки радионеба к оптическому небу (один опорный объект на 40 кв. град).

Отождествление радиообъектов из NVSS-обзора

В 1992 – 1998 гг. был выполнен обзор северного неба в Национальной радиоастрономической обсерватории (NRAO), США [7, 12], при помощи интерферометра, на частоте 1400 МГц, с диаграммой направленности $\theta = 45''$ и чувствительностью 2,5 мЯн. Данные этого обзора (NVSS – обзор неба NRAO VLA Sky Survey) и Паломарского обзора неба (POSS), выполненного в Паломарской обсерватории (США), были оформлены в виде баз данных со свободным доступом через Интернет.

Мы снова приступили к оптическим отождествлениям, используя данные двух указанных обзоров, оцифрованные по методике, разработанной М. Ирвином [13]. Это позволяло нам отождествлять и сла-

бые радиосточники с плотностью потока $P < 2,5$ мЯн, которые отсутствуют в каталоге [6]. В результате мы обнаружили, что радиообъекты неверно привязаны к объектам, видимым в оптическом диапазоне длин волн [14].

Мы разработали метод привязки радионеба к оптическому небу (метод «Липовка – Костко – Липовка» (ЛКЛ, англ. LKL)) [15], в результате применения которого количество радиосточников, отождествленных с оптическими объектами, увеличилось в десятки раз. Оказалось, что сильные радиосточники отождествляются преимущественно со звездами ярче 14^m .

Ссылки на наши, уже опубликованные, отождествления объектов радио – оптика до 2011 года представлены в работе [14]. Ссылки на отождествления, выполненные после 2011 года, представлены в работах [16, 17].

В настоящее время нами опубликованы отождествления радиосточников с оптическими объектами для 14 одноградусных площадок, на которых отождествилось 127 звезд и 13 объектов с диффузным изображением. Обнаружено, что все звезды ярче 14^m являются сильными радиосточниками.

Следует отметить, что, согласно предложенной привязке к квазарной системе координат ICRF2 [9, 10], на этих 14 площадках отождествилось (случайно совпало) всего четыре радиообъекта со слабыми объектами в оптическом диапазоне, которые классифицируются как квазары. При этом в изображение радиообъекта, согласно измерениям, проведенным в работах [7, 12], спроектировалось от четырех до двадцати квазизвездных объектов [18].

Мы не только выявили неточную привязку радионеба к оптическому небу, но и обнаружили, что межзвездная среда не является пустым пространством: лучи, идущие от радиосточников, испытывают радиорефракцию в межпланетной, межзвездной и межгалактической средах.

Нами было обследовано более 40 тыс. площадок размером один квадратный градус каждая, как в оптическом, так и в радиодиапазоне. При этом было обнаружено, что

86 % всех радиосточников отождествляются со звездами. Оказалось, что система координат радиообъектов, отождествленных с более далекими звездами, смещена относительно системы координат радиообъектов, которые были отождествлены с близкими звездами.

Значительной помехой при выполнении оптических отождествлений являются невычищенные лепестки в NVSS-обзоре [7].

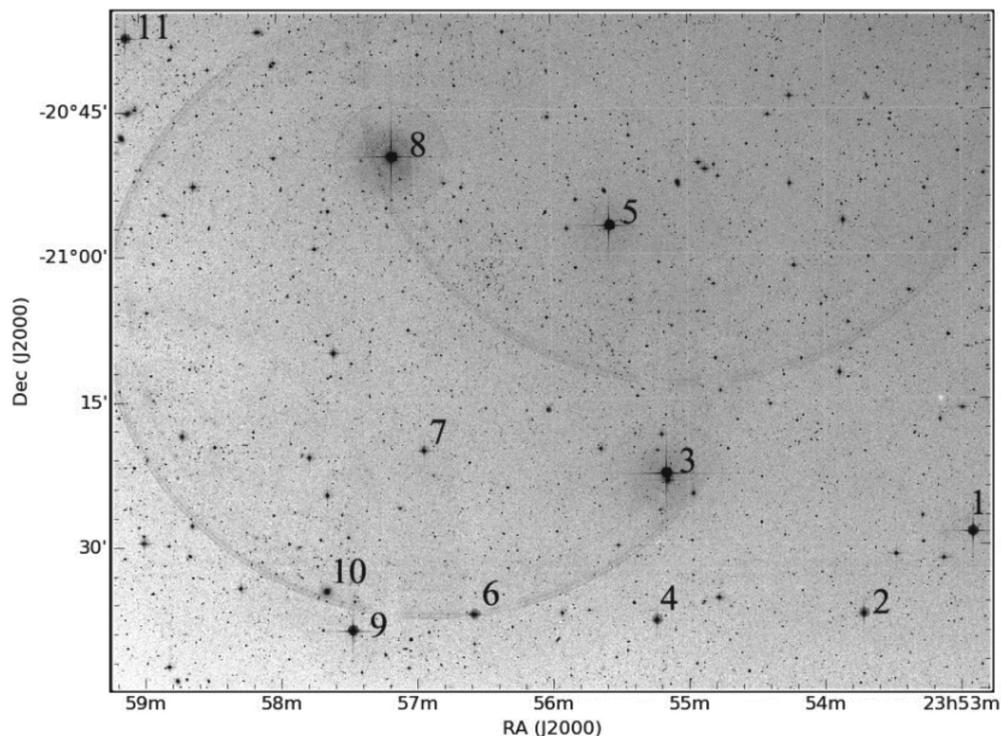
По этой причине, главным требованием в нашей методике при выполнении оптических отождествлений является наличие более трех радиообъектов на исследуемой площадке, которые бы совпали с аналогичным изображением в оптическом диапазоне длин волн. Дело в том, что вероятность случайного совпадения трех и более объектов оптика – радио очень мала.

Привязка координат радиообъектов к системе координат звезд в созвездиях Водолея и Кита

Метод привязки, используемый в настоящей работе, основан на привязке радионеба [6, 7, 12] к звездам Фундаментального каталога UCAC [18], плотность которых и точность измерения координат достаточна для выполнения уверенной привязки радиоизлучающих небесных объектов к оптическим объектам.

Изображение участка неба, для которого выполнено отождествление объектов радио – оптика в настоящей работе, представлено на рисунке [19]. На этом участке отождествилось 11 оптических объектов с радиосточниками по каталогу [6].

В табл. 1 приведены экваториальные координаты звезд по данным UCAC3 [18] на эпоху 2000.0 (J) и представлены общепринятые имена этих звезд [20]. В табл. 2 представлены данные радиосточников NVSS-обзора [6, 7, 12], которые мы отождествили со звездами (см. рисунок и табл. 1). Нумерация радиосточников соответствует нумерации в табл. 1 и на рисунке. В табл. 2 представлены координаты радиосточников, согласно данным [6, 7, 12] на эпоху 2000.0. Дополнительно даны плотность потока радиообъектов P и спектральный индекс радиоизлучения этих объектов α



Изображение участка неба (площадки) в оптическом диапазоне длин волн [19].
 Пронумерованы звезды, которые отождествились с радиоисточниками.
 По осям отложены координаты на эпоху 2000.0 (J): RA – прямое восхождение, h, m (ч, мин),
 и DEC – склонение, град, мин

Таблица 1

Экваториальные координаты звезд по каталогу [18] на эпоху 2000.0 (J)

Звезда		RA(J)			DEC(J)			ε Pos mas	Mag <i>m</i>
№	Имя	h	m	s	град	мин	с		
1	HD223810	23	52	55,560	-21	28	50,14	25	8,750
2	HD223921	23	53	43,640	-21	37	18,42	11	9,710
3	HD224107	23	55	10,351	-21	22	46,90	31	6,889
4	HD224108	23	55	15,077	-21	37	58,91	33	9,830
5	HD224143	23	55	34,970	-20	57	11,67	14	7,818
6	HD224282	23	56	35,332	-21	37	15,04	29	9,120
7	BD-226227	23	56	56,795	-21	20	19,63	38	10,190
8	HD224349	23	57	10,095	-20	50	01,72	277	6,441
9	BD-226229	23	57	28,836	-21	38	52,59	37	8,125
10	ESO-538-10	23	57	40,830	-21	34	46,06	186	14,900
11	HD224579	23	59	06,240	-20	37	34,58	33	8,220

Примечание. Номера звезд соответствуют приведенным на рисунке.
 Обозначения: RA(J) – прямое восхождение, DEC(J) – склонение, ε Pos mas – оптический параллакс, Mag *m* – звездная величина.

($P \sim \nu^\alpha$, где ν – частота радиоизлучения), согласно данным по радиоизлучению объектов в интервале частот от 352 до 1400 МГц [6]. В этой же таблице приведены координаты радиоисточников после привязки к звездам. Исправленные данные (табл. 2) – это результат проведенного нами исследова-

ния с использованием предложенного метода ЛКЛ.

Поправки по привязке радиоисточников (табл. 2) к оптическим небесным объектам (табл. 1), оказались значительными и приведены в табл. 3. В ней даны поправки к прямому восхождению ΔRA

Таблица 2

Сравнение координат радиоисточников в обзоре NVSS с исправленными значениями за привязку к звездам

№	Обзор NVSS [6,7,12]								Исправленные координаты					
	RA(J)			DEC(J)			P	α	RA(J)			DEC(J)		
	h	m	s	град	мин	с			мЯн	h	m	s	град	мин
1	23	53	06,48	-21	11	55,0	46,5	0,76	23	52	56,4	-21	29	05,0
2	23	53	58,27	-21	12	01,8	14,9	0,51	23	53	41,3	-21	36	38,4
3	23	55	19,64	-21	05	38,1	88,1	0,99	23	55	09,5	-21	22	46,9
4	23	55	17,72	-21	10	46,1	27,7	0,92	23	55	10,9	-21	37	12,8
5	23	55	37,25	-20	40	15,8	20,1	0,32	23	55	37,0	-20	56	51,4
6	23	56	46,71	-21	10	35,5	69,5	0,93	23	56	39,9	-21	37	02,2
7	23	56	56,81	-21	03	26,4	41,8	0,79	23	56	56,6	-21	20	02,0
8	23	57	07,41	-20	32	49,3	40,0	1,00	23	57	07,3	-20	49	25,9
9	23	57	35,32	-21	13	24,0	479,6	1,00	23	57	28,5	-21	38	50,7
10	23	58	00,11	-21	10	21,4	16,0	0,54	23	57	43,2	-21	34	58,0
11	23	59	07,20	-20	22	13,0	49,1	0,83	23	59	07,0	-20	38	48,6

Примечание. Номера звезд соответствуют приведенным на рисунке и в табл. 1. Обозначения: P – плотность потока радиообъектов, α – спектральный индекс радиоизлучения этих объектов ($P \sim \nu^\alpha$, ν – частота). Остальные обозначения даны к табл. 1.

Таблица 3

Поправки для привязки координат радиообъектов к звездам

№ звезды	ΔRA	$\pm\sigma$	ΔDEC		$\pm\sigma$	
	s		мин	с		
1, 3	-10,10	0,8	-17	01,9		6,8
2, 10	-16,95	2,4	-24	36,6		24,8
4, 6, 9	-6,80	2,5	-26	26,7		30,7
5, 7, 8, 11	-0,17	1,0	-16	35,6		25,2

Примечание. 1. Номера звезд соответствуют приведенным на рисунке и в табл. 1 и 2. 2. Чтобы получить исправленные координаты звезд, необходимо представленные поправки прибавить (с учетом знака) к координатам радиоисточника из обзора NVSS [6,7,12] (см. табл. 2).

Обозначение: σ – абсолютная погрешность поправки. Остальные обозначения даны к табл. 1.

и склонению ΔDEC радиисточников. Эти поправки нужно прибавить, с учетом знака, к координатам радиисточников (см. табл. 2), чтобы получить координаты звезд, с которыми отождествились радиисточники. В табл. 3 представлены также погрешности привязки объектов радио – оптика по прямому восхождению и склонению.

Разница в поправках к координатам радиообъектов для четырех групп звезд обусловлена различной удаленностью исследуемых объектов от наблюдателя и наличием радиорефракции в межзвездной среде. Присутствие газа в области расположения звезд хорошо прослеживается по изображению звезд и газа в инфракрасном диапазоне длин волн.

В результате правильной привязки этого участка неба в радиодиапазоне к оптическому небу отождествилось десять радиисточников с плотностью потока более $6,8 \text{ мЯн}$ со звездами ярче 10^m и один объект с диффузным изображением (ESO-538-10, № 10 в табл. 1). Восемь радиообъектов (звезды №№ 1, 3, 4, 6 – 9, 11 в табл. 1) имеют нетепловой спектр радиоизлучения.

В настоящее время основным инструментом при исследовании радиоизлучения небесных объектов служит радиоинтерферометр, позволяющий получать радиоизображение объекта с высоким разрешением и высокой чувствительностью. Основной помехой при выполнении правильных оптических отождествлений являются невычищенные лепестки от ближайших ярких звезд. В связи с этим отождествление объектов радио – оптика должно выполняться исключительно при соблюдении принципа конфигурационного совпадения нескольких объектов радио – оптика в пределах первого лепестка интерферометра.

Привязка радионеба к оптическому небу методом ЛКЛ показала, что радиисточники отождествляются преимущественно со звездами. Таким образом, звезды, подобно Солнцу, излучают не только свет, но и радиоволны. При этом ошибка отождествления обусловлена точностью измерения координат радиисточников и наличием

радиорефракции в исследуемом направлении космического пространства.

Выполненные нами оптические отождествления также подтвердили факт наличия газа в исследуемом направлении неба. Обнаруженная радиорефракция между близкими и более далекими звездами оказалась значительной.

Заключение

Проведенные исследования и оптические отождествления радиообъектов по предложенной нами методике ЛКЛ привели к заключению, что неправильно выполнять оптические отождествления обзоров NRAO (National Radio Astronomy Observatory) и оцифрованной версии фотографических атласов ночного неба (Digitized Sky Survey, DSS) по координатному совпадению объектов радио – оптика из-за неверной привязки большей части радиообъектов северного неба к оптическим объектам.

Привязка радионеба к оптическому небу методом ЛКЛ показала, что радиисточники отождествляются преимущественно со звездами. При этом ошибка отождествления обусловлена точностью измерения координат радиисточников, точностью привязки объектов оптика – радио и наличием радиорефракции в исследуемом направлении космического пространства.

Выполненные нами оптические отождествления также подтвердили наличие газа в исследуемом направлении космоса. Радиорефракция в межзвездной среде (гг) между двумя группами №№ 1, 3 и №№ 5, 7, 8, 11 ярких звезд ($m < 7,7^m$) составила по прямому восхождению $\text{гг}(\text{RA}) = -9,9 \text{ s}$ и по склонению $\text{гг}(\text{DEC}) = -26,3''$, а радиорефракция между двумя группами слабых звезд №№ 2, 10 и №№ 4, 6, 9 ($m > 9^m$) составила по прямому восхождению $\text{гг}(\text{RA}) = -10,1 \text{ s}$ и по склонению $\text{гг}(\text{DEC}) = -1' 50,1''$.

Все сильные радиисточники отождествились с яркими звездами ($m < 10^m$), что дополнительно подтверждает правильность разработанного метода и расширяет возможности исследований в радиоастрономии.

Благодарности

Авторы благодарят сотрудников Паломарской обсерватории и Национальной радиоастрономической обсерватории (NRAO), за создание обзора неба в оптическом и радиодиапазоне длин волн, создателей базы данных UCAC (USNO CCD Astrograph Catalog) и всех принимавших участие в создании базы данных для общего пользования.

Авторы благодарят Астрономический центр данных Канады (CADC) за предоставленную возможность получать всю имеющуюся информацию о небесных объектах для научных исследований.

Авторы благодарят сотрудников Специальной астрофизической обсерватории РАН О.В. Верхованова, С.А. Трушкина и др. за создание базы данных радиокаталогов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Хайкин С.Э., Кайдановский Н.Л., Есепкина Н.А., Шиврис О.Н. Большой пулковский радиотелескоп // Известия ГАО в Пулкове. 1960. Т. XXI. Вып. 5. С. 3–26.
- [2] Лавров А.П., Саенко И.И. Работы школы Н.А. Есепкиной в области акустооптических процессов радиосигналов и их внедрения в радиоастрономию. СПбГПУ. Центр оптоэлектронных исследований. Режим доступа: http://www.sao.ru/hq/vam/conf_spbfdoc/lavrov.pdf
- [3] Komesaroff M.M. Ionospheric refraction in radio astronomy. I. Theory//Austr. J. Phys. 1960. Vol. 13. No. 2. Pp. 153–167.
- [4] Bennett A.S. The revised 3C catalog of radio sources. MNRAS, 1962. Vol. 125. P. 75B.
- [5] Parijskij Yu.N., Bursov N.N., Lipovka N.M., et al. The RATAN-600 7.6 cm catalog of radio sources within the interval 22 h – 4 h at declination of SS433 // Astron. Astroph. Suppl. Ser. 1992. Ser 96. Pp. 583–592.
- [6] Verkhodanov O.V., Trushkin S.A., Andernach H., Chernenkov V.N. Current status of the CATS database// Bulletin SAO. 2005. No. 58. Pp. 118 – 129 (arXiv:0705.2959). URL: <http://www.sao.ru/cats/>
- [7] Condon J.J., Cotton W.D. Greisen E.W., et al. The NRAO VLA Sky Survey // The Astronomical Journal. 1998. Vol. 115. No. 5. Pp. 1693–1716.
- [8] Sukumar S. Ionospheric refraction effects on radio interferometer phase // J. Astrophys. Astr. 1987. Vol. 8. Pp. 281–294.
- [9] The International Celestial Reference Frame (ICRF2). URL: <http://rorf.usno.navy.mil/>
- [10] The 2nd realization of the International Celestial Reference Frame: ICRF 2. URL: http://www.gao.spb.ru/english/as/ac_vlbi/sou_car.dat
- [11] Lipovka A.A., Lipovka N.M. On the problem of using of the ICRF radio coordinates reference system // Journees. 2014. Pulkovo Observatory. Observatoire de Paris. 2014. P. 38.
- [12] The NRAO VLA Sky Survey. URL: <http://www.cv.nrao.edu/NVSS/>
- [13] Irvin M. URL: <http://www.ast.cam.ac.uk/~mike/apmcat/>
- [14] Липовка А.А., Липовка Н.М. Радиоизлучение скопления галактик A1716 и группы звезд // Астрофизика. 2013. Т. 56. Вып. 2. С. 241–250.
- [15] Липовка А.А., Липовка Н.М. Способ привязки координат небесных радиоисточников к оптической астрометрической системе координат. ЛКЛ (англ. LKL). Патент № 2010107938/28(011185) на изобретение, 2011.
- [16] Липовка А.А., Липовка Н.М. К вопросу о квазарной системе координат ICRF2 и о радиоизлучении звезд в окрестности Zet Cyg // Геодезия и картография. 2016. № 4. С. 2–7.
- [17] Липовка А.А., Липовка Н.М. Радиоизлучение группы звезд в окрестности звезды HD37687 // Фундаментальные проблемы естествознания и техники. 2016. Т. 37. № 2. С. 72–77.
- [18] Zacharias N., Finch C., Girard T., et al. The third US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC3). URL: <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VisieR>.
- [19] Digital Sky Survey System (DSS) – Canadian Astronomy Data Centre. DSS, CADC: URL: <http://www.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/en/dss/>
- [20] SIMBAD Astronomical Database. URL: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ЛИПОВКА Антон Адольфович – кандидат физико-математических наук, профессор Центра физических исследований Университета Соноры, г. Эрмосийо, Мексика.

83000, Mexico, Calle Rosales y Boulevard Luis, Encinas s/n Colonia Centro, Hermosillo.
nila_lip@mail.ru

ЛИПОВКА Неонила Михайловна — кандидат физико-математических наук, астрофизик-исследователь.
nila_lip@mail.ru

Lipovka A.A., Lipovka N.M. RADIO EMISSION OF THE GROUP OF STARS IN THE AQUARIUS AND CETUS CONSTELLATIONS.

In the present work, the optical identification of a group of radio sources located in the Aquarius and Cetus constellations at a field of size 1.2 square degrees has been carried out. Ten radio sources under investigation were identified with stars and one object was identified with a diffuse image (ESO-538-10). It should be stressed that eight radio objects were found to have a non-thermal radio spectrum. This fact is likely to indicate the presence of the significant magnetic field in the atmosphere of the sources. Precise radio and optical coordinates of the identified objects were suggested. Significant radio refraction in the interstellar medium in the tested space direction was revealed.

COORDINATE SYSTEM, RADIO SOURCE, OPTICAL IDENTIFICATION, INTERSTELLAR MEDIUM, AQUARIUS, CETUS.

REFERENCES

- [1] **S.E. Khaykin, N.L. Kaydanovskiy, N.A. Esepkina, O.N. Shivrivis**, The large Pulkovo radio telescope, *Izvestiya GAO v Pulkove*. 21 (5) (1960) 3–26.
- [2] **A.P. Lavrov, I.I. Saenko**, The works of N.A. Esepkina's scientific school in the field of acousto-optical radio-signal processes and their integration into radio astronomy, URL: http://www.sao.ru/hq/vam/conf_spbf/docl/lavrov.pdf
- [3] **M.M. Komesaroff**, Ionospheric refraction in radio astronomy. I. Theory, *Austr. J. Phys.* 13 (2) (1960) 153–167.
- [4] **A.S. Bennett**, The revised 3C catalog of radio sources, *MNRAS*. 125 (1962) 75B.
- [5] **Yu. N. Parijskij, N.N. Bursov, N.M. Lipovka, et al.**, The RATAN-600 7.6 cm catalog of radio sources within the interval 22 h – 4 h at declination of SS433, *Astron. Astroph. Suppl, Ser 96*. (1992) 583–592.
- [6] **O.V. Verkhodanov, S.A. Trushkin, H. Andernach, et al.**, Current status of the CATS database, *Bulletin SAO*. (58) (2005) 118–129, URL: <http://www.sao.ru/cats/>
- [7] **J.J. Condon, W.D. Cotton, E.W. Greisen, et al.**, The NRAO VLA Sky Survey, *The Astronomical Journal*. 115 (5) (1998) 1693–1716.
- [8] **S. Sukumar**, Ionospheric refraction effects on radio interferometer phase, *J. Astrophys. Astr.* 8 (1987) 281–294.
- [9] The International Celestial Reference Frame (ICRF2), URL: <http://rorf.usno.navy.mil/>
- [10] The 2nd realization of the International Celestial Reference Frame: ICRF 2, URL: http://www.gao.spb.ru/english/as/ac_vlbi/sou_car.dat
- [11] **A.A. Lipovka, N.M. Lipovka**, On the problem of using of the ICRF radio coordinates reference system, *Journees 2014, Pulkovo Observatory, Observatoire de Paris*. (2014) 38.
- [12] The NRAO VLA Sky Survey, URL: <http://www.cv.nrao.edu/NVSS/>
- [13] **M. Irvin**, URL: <http://www.ast.cam.ac.uk/~mike/apmcat/i>
- [14] **A.A. Lipovka, N.M. Lipovka**, Radio emission of the A1716 cluster galaxies and groups of stars, *Astrofizika*. 56 (2) (2013) 241–250.
- [15] **A.A. Lipovka, N.M. Lipovka**, Method of referencing of celestial radio sources coordinates to optical astrometrical coordinate system. Lipovka – Kostko – Lipovka (LKL), (angl. LKL), Patent № 2010107938/28(011185), 2011.
- [16] **A.A. Lipovka, N.M. Lipovka**, On the problem of the coordinate system quasars (ICRF2) and about the radio emission from the stars located near Zet Cyg., *Geodesy and Cartography*. (4) (2016) 2–7.
- [17] **A.A. Lipovka, N.M. Lipovka**, Radio emission of stars in the vicinity of HD37687, *Fundamental Problems in Natural Sciences and Engineering*. 37 (2) (2016) 72–77.
- [18] **N. Zacharias, C. Finch, T. Girard, et al.**, The third US Naval Observatory CCD Astrograph Catalog (UCAC3), UCAC3, URL: <http://vizier.u-strasbg.fr/viz-bin/VisieR>
- [19] Digital Sky Survey System (DSS) – Canadian Astronomy Data Centre, DSS, CADC, URL: <http://www.cadc-ccda.hia-ihp.nrc-cnrc.gc.ca/en/dss/>
- [20] SIMBAD Astronomical Database, URL: <http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-fid>

THE AUTHORS

LIPOVKA Anton A.

Center of Physical Studies, University of Sonora, Hermosillo, Mexico

nila_lip@mail.ru

LIPOVKA Neonila M.

nila_lip@mail.ru