

УДК: 524.77

РАССТОЯНИЯ ДО 24 ГАЛАКТИК В НАПРАВЛЕНИИ
НА СКОПЛЕНИЕ В ДЕВЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ
ПОСТОЯННОЙ ХАББЛАН.А.ТИХОНОВ¹, О.А.ГАЛАЗУТДИНОВА¹, И.О.ДРОЗДОВСКИЙ²

Поступила 18 апреля 2000

Принята к печати 11 июля 2000

Для изучения пространственного распределения галактик, находящихся между скоплением в Деве и Местной группой, проведен поиск вероятных близких галактик. Использование метода ярчайших звезд, голубых и красных сверхгигантов, позволило определить расстояния до 24 галактик, среди которых выделено 6 относительно близких галактик. Результаты определения расстояний показали, что максимум распределения численности галактик находится на 17.0 Мпк, что мы принимаем за расстояние до скопления в Деве. Используя из литературных источников разность модулей расстояний между двумя скоплениями галактик, в Деве и в Волосах Вероники, и скорость последнего скопления, мы определили постоянную Хаббла $H_0 = 77 \pm 7 \text{ км} \cdot \text{с}^{-1} \cdot \text{Мпк}^{-1}$.

1. *Введение.* Для определения пространственной структуры галактик Местного комплекса на 6-м телескопе САО РАН была проведена многолетняя программа получения глубоких многоцветных снимков всех галактик северного неба с лучевыми скоростями менее 500 км/с. Успешные результаты этой работы позволили на основе фотометрии ярчайших голубых и красных сверхгигантов определить расстояния до сотни галактик и получить основу для изучения кинематики и эволюции галактик Местного комплекса [1]. Однако в направлении на ближайшее богатое скопление галактик в Деве [2] осталась область, не охваченная этой программой наблюдений. Дело в том, что огромное число галактик, принадлежащих самому скоплению, делает задачу выявления среди них галактик Местного комплекса крайне затруднительной. В то же время, статистика распределения галактик в областях вокруг Девы указывает на то, что должны существовать галактики между Местной группой и скоплением в Деве. В настоящее время известна только одна галактика GR8 с расстоянием 2.2 Мпк, удовлетворяющая этому условию [3]. Выявление подобных галактик, расположенных между скоплением в Деве и Местной группой, позволило бы исследовать влияние массивного скопления на кинематику соседних галактик. Таким образом, задача поиска галактик вблизи Местной группы сводится к первичной селекции списка всех галактик в Деве и дальнейшему определению расстояний до

выбранных галактик.

Среди многочисленных методов определения расстояний до галактик метод, основанный на использовании ярчайших голубых и красных сверхгигантов, наилучшим образом подходит для названной задачи, как по точности результата, так и по длительности наблюдательного времени для всех избранных галактик. При выборе метода определения расстояний учитывался и тот факт, что большую часть списка составляют иррегулярные галактики, для которых иные методы определения расстояний дают малую точность. Поиск и наблюдения цефеид в этих галактиках, вероятно, решили бы проблему, но это совершенно нереально из-за огромной длительности наблюдательной программы.

2. *Составление списка галактик и наблюдения.* Галактики, находящиеся на расстояниях 1-10 Мпк и участвующие только в космологическом расширении Вселенной, должны иметь скорости от 0 до 700 км/с. Однако присутствие богатого и массивного скопления галактик искажает простую картину расширения [4]. Каждая галактика вблизи скопления может иметь сложную орбиту, а скорости таких галактик находятся в интервале от -700 до 2500 км/с [5], т.е. перекрывают положенный в основу выборки интервал скоростей. Поэтому для отбора галактик применялись дополнительные критерии: тип галактики, угловые размеры, скорость вращения, цвет, морфология.

Таким образом, цель наблюдательной программы состояла в том, чтобы не только выявить несколько сравнительно близких галактик, но и определить расстояние до скопления в Деве. Распределение выбранных галактик по расстояниям на основе применения зависимости Хаббла представлено на рис.1. Видно, что большая часть галактик имеет малые скорости и может находиться вблизи Местной группы.

Выбранные галактики фотографировались с ПЗС-камерой на 1-м телескопе Цейсс-1000 Специальной астрофизической обсерватории. Все снимки делались без фильтра, что в три раза увеличивало поток света и позволяло за 30 мин

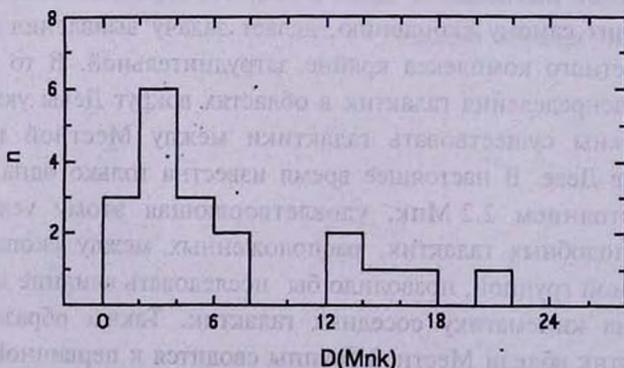


Рис.1. Распределение выбранных галактик по расстояниям на основе зависимости Хаббла.

экспозиции оценить степень разрешения на звезды галактик, находящихся на расстояниях 10-15 Мпк. Галактики, в которых были видны отдельные звезды или скопления, попадали в список для последующих наблюдений на 6-м телескопе (БТА). Для контроля получаемых результатов в список были включены несколько спиральных галактик, которые, как предполагалось, должны принадлежать самому скоплению в Деве.

Основные наблюдения проводились в 1997-1998гг. на БТА с помощью ПЗС-фотометра, установленного в первичном фокусе телескопа. Применяемая матрица обеспечивала поле 2.5×2.5 при масштабе $0.137''/\text{пикс}$. Чтобы одинаковым образом выявлять как голубые, так и красные сверхгиганты, мы получали снимки галактик в фильтрах $V(1200 \text{ с})$ и $R(600 \text{ с})$. Для нескольких галактик дополнительно были получены снимки в фильтрах B и I . В табл.1 представлен журнал наблюдений на БТА.

3. Фотометрия звезд и выделение ярчайших сверхгигантов. Первичная редукция наблюдательных данных делалась стандартным образом. После вычитания темнового кадра проводилось деление изображения на плоское поле и устранялись следы космических частиц. Полученные в разных фильтрах снимки центрировались между собой. Поиск и фотометрия звезд на всех снимках проводились программой DAORHOT II [6]. Предварительно все снимки проходили медианное сглаживание, т.е. из изображения вычитался его сглаженный медианой образ при использовании окна сглаживания, примерно в 10 раз большего, чем размер (FWHM) звезды. Полученные в результате такой процедуры снимки всех галактик представлены на рис.2.

Появление на снимках белых пятен (провалов интенсивности между яркими объектами) объясняется влиянием этих объектов на статистику вычисления медианы вблизи них. В то же время, использование достаточно большого окна медианы позволяет видеть реальные ослабления яркости в рукавах галактик вследствие поглощения света звезд газопылевыми облаками галактик. Практические измерения показали, что применение медианного сглаживания увеличивает точность фотометрии звезд и позволяет визуально контролировать результаты работы программы фотометрии. Для перевода инструментальных величин в систему Крона-Казинса ($BVRI$), в каждую ночь наблюдений получались снимки стандартов из списка Ландольта [7], после фотометрии которых получались уравнения перехода к $BVRI$ системе.

В результате фотометрии мы получили диаграммы цвет-величина (CM) для всех звездообразных и диффузных объектов в исследуемых галактиках. При стандартной экспозиции 1200 с в V фильтре предельная звездная величина $V = 26.0$, а точность измерения таких звезд равна 0.04 . Для наших целей мы не использовали столь слабые звезды, однако их присутствие на CM -диаграммах помогало выявить положения ветвей

ЖУРНАЛ НАБЛЮДЕНИЙ НА БТА

Название	Дата	Фильтр	T_{exp}	Воздушная масса	FWHM (")
NGC 4496A	06.03.1995	V	600 x 2	1.35	1.3
		R	600	1.37	
		I	600	1.41	
VCC 739	23.04.1996	V	600	1.35	1.4
		R	600	1.41	
		I	600 x 2	1.44	
DDO 139	23.04.1996	V	600	1.35	1.4
		R	600	1.39	
		I	600	1.44	
UGC 7557	11.03.1997	V	600 x 2	1.31	1.6
		R	600	1.29	
		I	600	1.25	
NGC 4523	11.03.1997	V	600	1.14	1.6
		B	600 x 2	1.14	
UGC 7567	11.03.1997	V	600 x 2	1.24	1.5
		R	600	1.25	
KP 364b	11.03.1997	V	600	1.21	1.4
		R	600	1.21	
IC 3355	12.03.1997	V	600 x 2	1.29	1.2
		R	600	1.24	
IC 3517	12.03.1997	V	600 x 2	1.22	1.6
		R	600	1.22	
NGC 4394	12.03.1997	V	600 x 2	1.14	1.6
		R	600 x 2	1.12	
		I	600	1.15	
NGC 4123	12.03.1997	V	600	1.54	1.8
		R	600	1.57	
NGC 4571	12.03.1997	V	600	1.54	1.8
		R	600	1.57	
NGC 4498	13.03.1997	V	600 x 2	1.19	1.6
		R	600	1.21	
NGC 4548	13.03.1997	V	600	1.19	1.7
		R	600	1.18	
IC 3576	13.03.1997	V	600 x 2	1.25	1.6
		R	600 x 2	1.26	
UGC 8061	13.03.1997	V	600	1.24	1.5
		R	600	1.23	
GR 8	13.03.1997	V	600	1.26	1.4
		R	600	1.28	
IC 3476	27.02.1998	V	600 x 2	1.16	1.2
		R	600	1.16	
NGC 4633	27.02.1998	V	600 x 2	1.17	1.1
		R	600	1.17	
NGC 4212	27.02.1998	V	600 x 2	1.31	1.1
		R	600	1.31	
UGC 7857	27.02.1998	V	600 x 2	1.19	1.0
		R	600	1.19	
NGC 4299	01.02.1998	V	600 x 2	1.18	1.1
		R	600 x 2	1.18	
IC 3036	01.02.1998	V	600 x 2	1.24	1.1
		R	600	1.24	
NGC 4178	01.02.1998	V	600 x 2	1.32	1.2
		R	600	1.32	

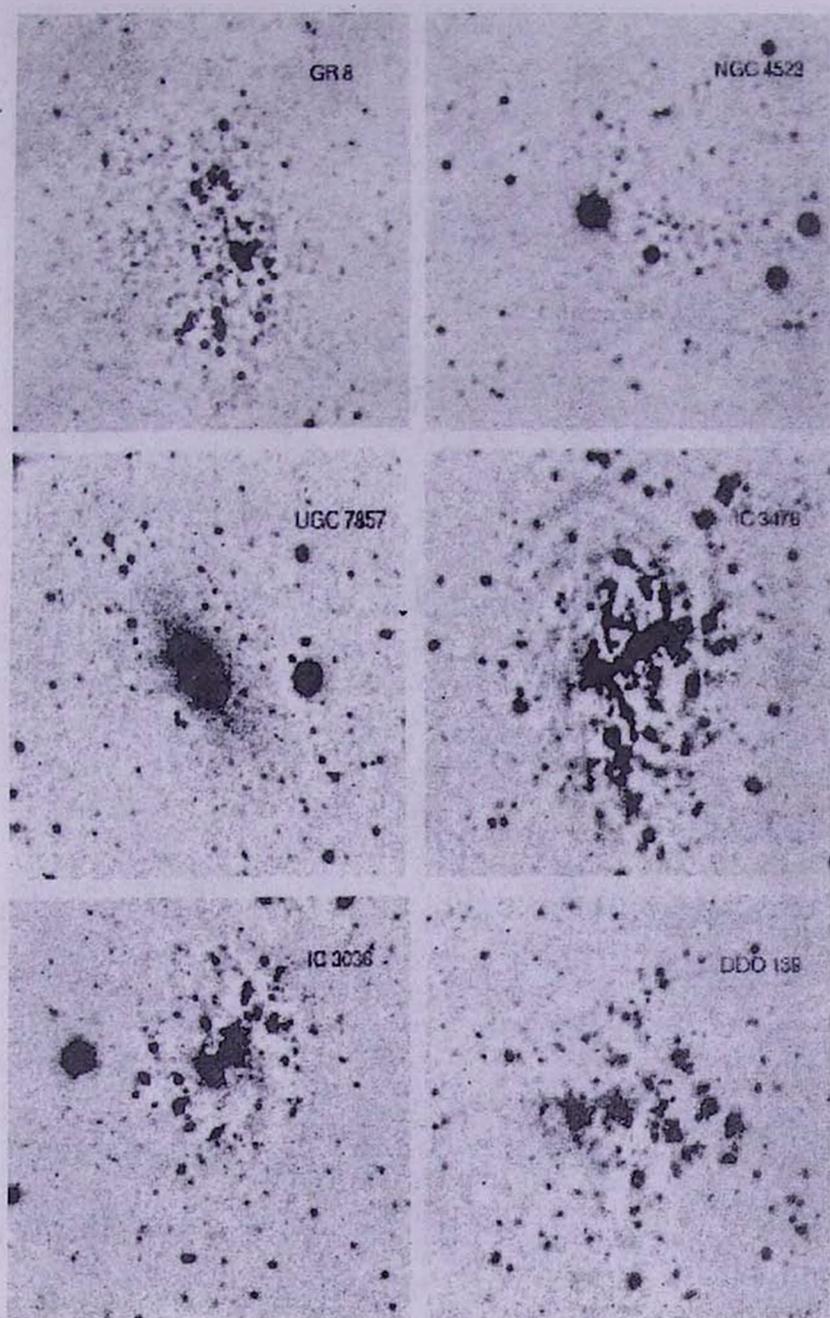


Рис.2. Изображения исследуемых галактик, полученные с применением медианной фильтрации.

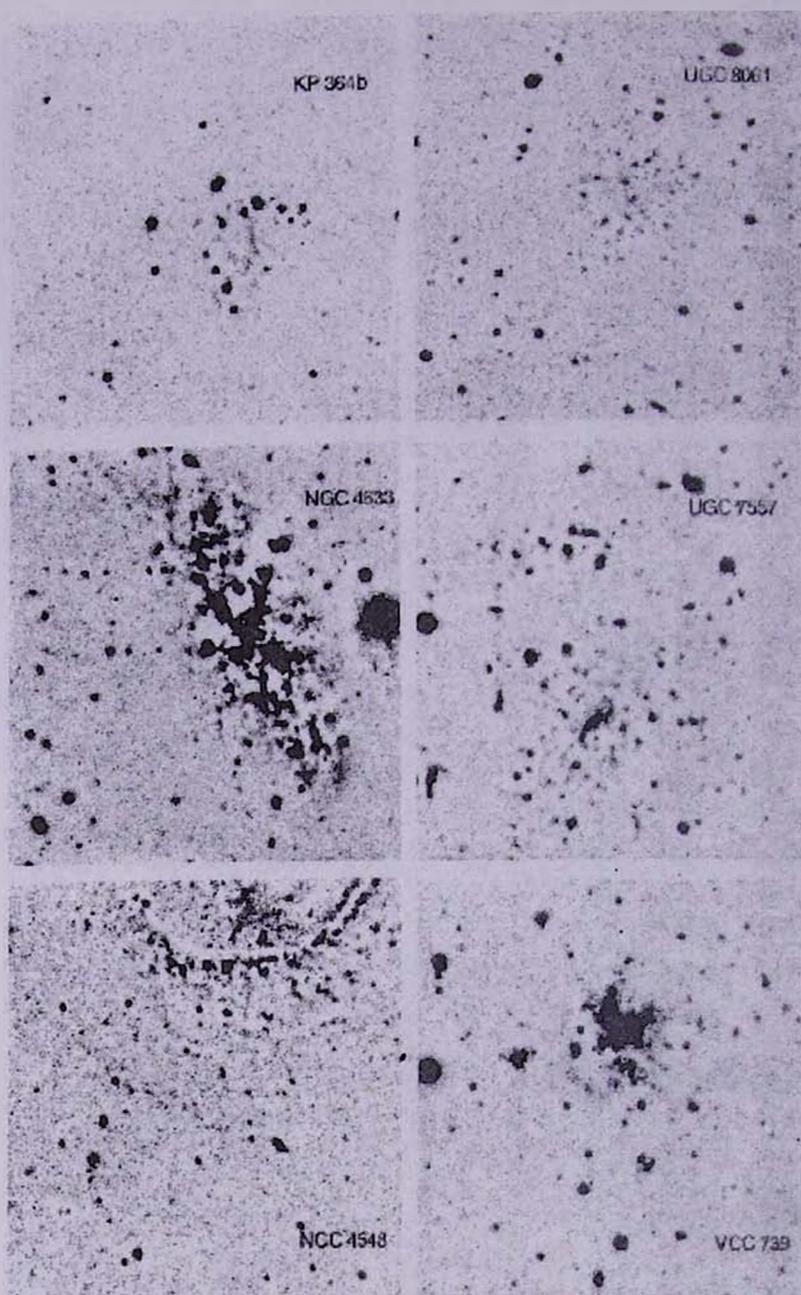


Рис.2. (Продолжение)

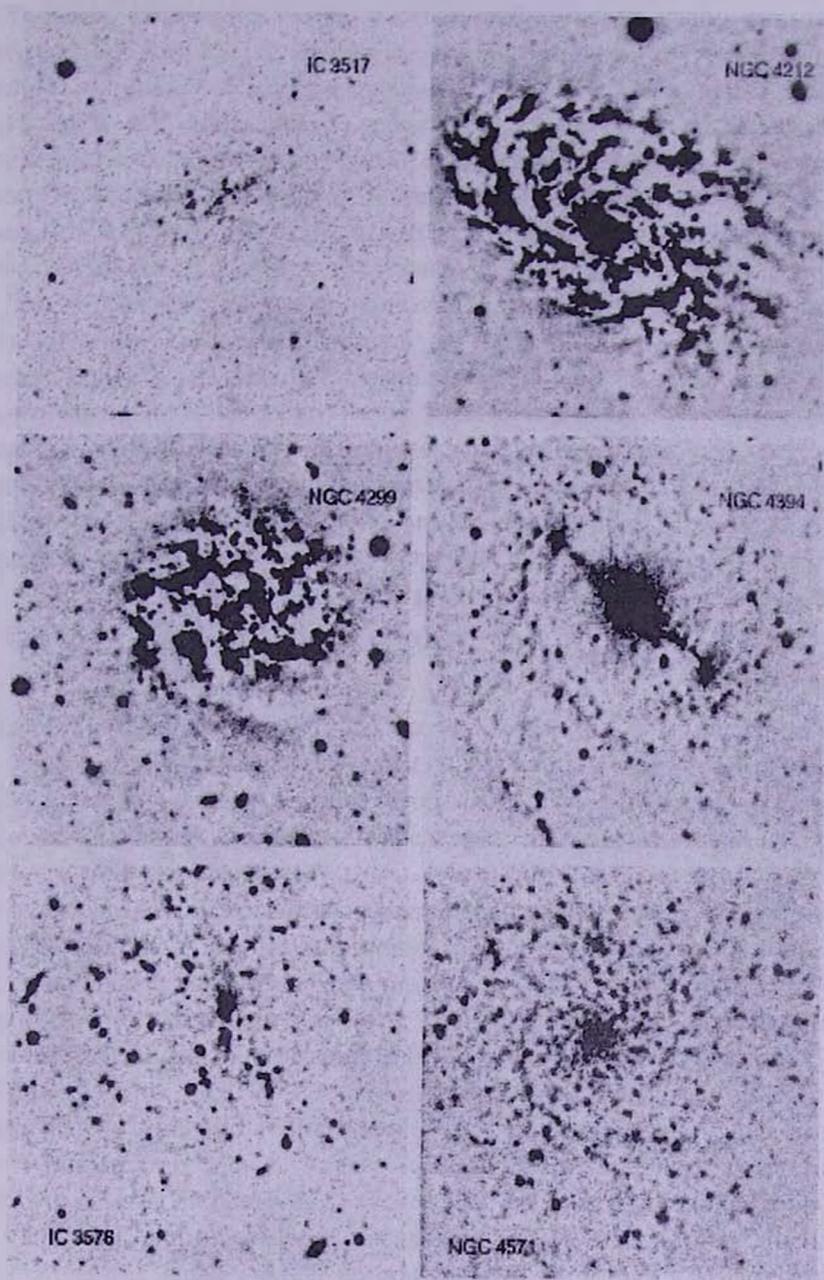


Рис.2. (Продолжение)

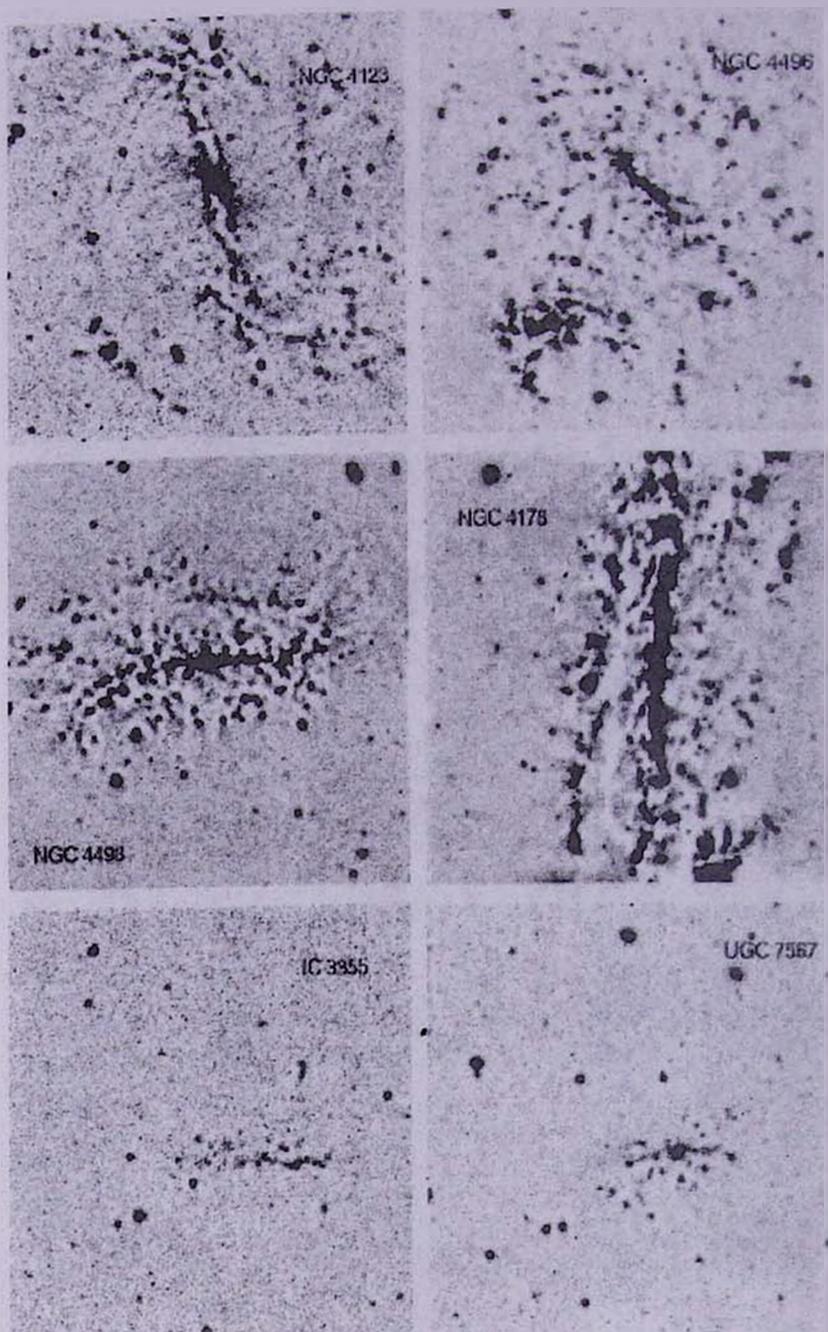


Рис.2. (Продолжение)

голубых и красных сверхгигантов.

Точность фотометрии самых ярких сверхгигантов на наших снимках не хуже, чем $0.^m1$, но при фотометрии звезд в очень густых звездных полях реальная точность может значительно ухудшаться. На первоначально получаемых СМ-диаграммах, кроме звезд, присутствуют компактные звездные скопления и даже целые комплексы. Поскольку для каждого объекта программа DAOPHOT II приводит степень отклонения профиля объекта от стандартного профиля звезды, то легко провести селекцию всех объектов снимка на предмет выделения действительно звездных объектов.

При анализе СМ-диаграмм и выделении ярчайших звезд мы отбрасывали те звезды, которые проецировались на диффузные области, где явным образом происходит звездообразование, т.к. в этом случае очень велика вероятность принять за звезду целое звездное скопление. В любом случае предпочтение отдавалось изолированным звездам. Для определения расстояния мы использовали средние величины трех ярчайших голубых ($M_B(3B)$) и красных ($M_V(3R)$) сверхгигантов. Зависимость между светимостями галактики M_B^T и ее ярчайших звезд взята из статьи Караченцева и Тихонова [8]:

$$\langle M_V(3R) \rangle = 0.19 \cdot M_B^T - 4.52,$$

$$\langle M_B(3B) \rangle = 0.35 \cdot M_B^T - 2.50,$$

$$\langle M_B(3B) \rangle = -0.51 \cdot \delta m(3B) - 4.14,$$

где $\delta m(3B)$ - разность между светимостью галактики M_B^T и светимостью трех ярчайших голубых звезд $\langle M_V(3B) \rangle$. Использование аналогичных зависимостей, полученных другими авторами, список работ которых приведен в [8], мало изменяет результаты определения расстояний и не влияет на конечные выводы.

Самая близкая галактика из нашего списка показывает разрешение на красные гиганты и для нее применим более точный метод определения расстояний: использование верхней границы ветви красных гигантов (TRGB-метод). Этот метод развит в работах [9] и [10] и широко используется в настоящее время для определения расстояний до близких галактик.

Типы галактик UGC 7857 и UGC 8061 мы определили как S0 и Iг/S0. Не исключено, что UGC 8061 является все же иррегулярной галактикой, на что указывает большое количество водорода в ней, но с отсутствием звездообразования в настоящее время. Для оценки расстояния до обеих галактик мы использовали звездные величины ярких гигантов асимптотической ветви (AGB), которые видны на наших СМ-диаграммах.

Результаты наших измерений представлены в табл.2 и на диаграмме (рис.3). Табл.2 состоит из 12 столбцов, в которых приведены: 1 - название исследуемой галактики; 2 - идентичные названия; 2 - гелиоцентрическая скорость; 4 - угловые размеры галактики; 5 - тип галактики; 6 - светимость галактики, исправленная за поглощение; 7 - интегральный цвет галактики;

8 и 10 - средние цвета трех ярчайших голубых и красных сверхгигантов; 9 и 11 - средние звездные величины трех ярчайших голубых и красных сверхгигантов; 12 - расстояние до исследуемых галактик в Мпк. Значения,

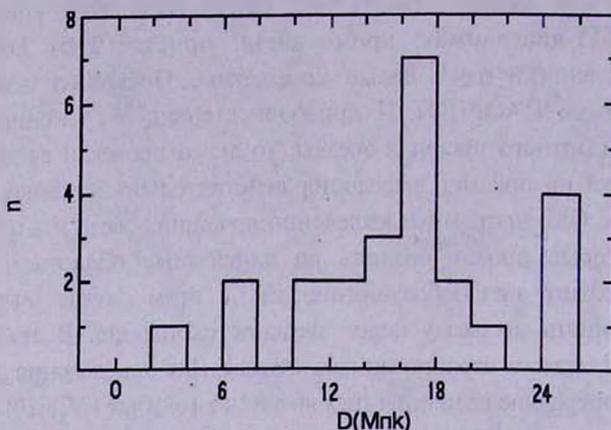


Рис.3. Распределение выбранных галактик по расстояниям, полученное нами.

приведенные в столбцах 2-6, взяты из [25].

4. *Точность полученных результатов.* На точность определения расстояний в максимальной степени влияют три причины: точность фотометрии звезд, ошибки зависимости, используемой при вычислении предполагаемой светимости сверхгигантов, а также возможные промахи при выявлении звездных объектов.

Точность фотометрии звезд на наших снимках не хуже, чем $0.^m1$. Значение второй ошибки не превышает $0.^m4$ при использовании зависимости из [8]. Что касается третьей составляющей, то точной оценки здесь быть не может. Известно, что молодые звезды часто наблюдаются группами, которые на большом расстоянии могут казаться одиночной звездой. Если для определения расстояния мы будем использовать такие «звезды», то получим совершенно неверный результат. Отметим, что такой случай более вероятен в очень компактных галактиках (NGC 4299 и NGC 4212) с многочисленными областями звездообразования (рис.2). Качество наших снимков позволяло выявлять диффузный объект, если его профиль отличался на $0.^m1$ от стандартного профиля звезды, что соответствует 8.0 пк, в проекции на скопление в Деве. То есть все объекты, размеры которых меньше, чем 8.0 пк, представляются нам как звездообразные. Принимая, что средние размеры ядра шаровых скоплений равны 15 пк, а размеры рассеянных звездных скоплений 5-10 пк [11], мы видим, что на наших снимках можно отличать звезды от шаровых скоплений, но не от малых молодых рассеянных скоплений. К счастью, красные сверхгиганты не образуют скоплений, и результат измерения расстояния по их светимости помогает контролировать результат, полученный при использовании голубых сверхгигантов.

ХАРАКТЕРИСТИКИ ИССЛЕДУЕМЫХ ГАЛАКТИК

Название	Другие названия	V_A км/с	$a' \times b'$	Тип	B_T^s	$(B-V)_T^0$	$V-R$ голуб.	V голуб.	$V-R$ красн.	V красн.	D Mpk
NGC4123	VCC07116	1327	4.4 x 3.2	SB(r)c	11.74	0.56	0.09	21.52	0.84	22.14	20.1
NGC4178	UGC07215 VCC0066	378	5.1 x 1.8	SB(rs)dm	11.35	0.49	0.17	22.84	0.65	22.99	25
NGC4212	UGC07275 VCC0175	-81	3.2 x 1.9	SAC.	11.83	0.57	0.18	22.07	0.94	22.58	17.5
NGC4299	UGC07414 VCC0491	232	1.7 x 1.6	SAB(s)dm	12.72	-	0.31?	22.66?	0.75	22.76	19.8
NGC4394	UGC07523 VCC0857	922	3.6 x 3.2	(R)SB(r)b Liner	11.51	0.82	0.17	24.83	0.97	21.58	24.7
NGC4496A	UGC07668 VV076	1738	4.0 x 3.2	SB(rs)m	11.94	-	0.02	21.86	1.00	23.00	17.5
NGC4498	UGC07669 VCC1379	1507	3.0 x 1.6	SAB(s)d	12.33	-	0.12	22.64	0.81	22.42	17.0
NGC4523	UGC07713 DDO135 VCC1524	262	2.0 x 1.9	SAB(s)m	14.05	-	0.08	20.80	0.85	22.00	6.4
NGC4548	UGC07753 VCC1655	486	5.4 x 4.3	SBb(rs) LinerSy	10.79	0.76	0.19	22.85	0.92	22.49	16.5
NGC4571	UGC07788 VCC1696	342	3.6 x 3.2	SA(r)d	11.73	0.49	0.16	21.97	0.53	22.18	19.4
NGC4633	IC3688 UGC07874 VCC1929	291	2.1 x 0.9	SAB(s)dm	13.26	0.63	0.14	22.27	0.92	22.61	16.3
IC3036	UGC07200 VCC0048	-53	1.5 x 1.2	Sm	14.3*	-	0.11	23.26	0.83	22.89	11.8
IC3355	UGC07548 VV511 DDO124	162	1.1 x 0.5	Im	14.72	-	-	-	-	-	25
IC3476	UGC07695 VV563 VCC1450	-169	2.1 x 1.8	IB(s)m	12.80	0.44	0.07	22.94	0.90	21.80	11.2
IC3517	VGC07733 VCC1566	433	1.1 x 0.7	Sdm	14.92	-	0.10	22.80	-	-	15.8
IC3576	UGC07781 DDO138 VCC1678	1075	2.3 x 2.1	Sm	13.94	0.53	0.06	23.14	0.52	23.24	16.7
UGC7557	VCC0975	933	3.0 x 2.8	Sm	13.35	-	0.15	22.86	1.22	22.94	15.7
UGC7567	VCC1011	867	1.1 x 0.6	Im	14.90	-	-	-	-	-	25
UGC7857	VCC1897 PGC42608	18	1.3 x 0.8	S0**	14.70*	-	0.29?	23.14?	0.98	21.66	6.3
UGC8061	-	562	0.9 x 0.9	Irr/S0**	16.54**	0.77**	-	-	-	-	14.5
DDO139	UGC07795 VCC1726	62	1.2 x 0.9	SdmIV	14.62*	-	0.05	22.82	1.01	22.91	12.9
GR8	UGC08091 DDO155 VV558	214	1.1 x 1.0	ImV	14.62	0.31	-	-	-	-	2.4
KP364b	PGC045370	934	0.7 x 0.5	I?	15.53	-	0.12	23.20	0.85	23.00	12.4
VCC739	-	926	1.6 x 1.6	S?	13.98	-	0.07	22.99	0.88	23.14	16.2

Примечание: * - светимость галактик без учета поглощения.

** - определенные нами типы галактик и значения интегральных величин.

5. *Сравнение результатов.* Сравнение полученных нами расстояний до галактик в Деве с результатами других авторов возможно для четырех галактик. Это галактики: GR 8, NGC 4496A, NGC 4523 и NGC 4571. Рассмотрим эти галактики более подробно.

Галактика GR8 после ее открытия [12] считалась принадлежащей скоплению в Деве. После разрешения на звезды эту галактику стали относить к Местной группе. Несколько лет назад был получен цефеидный модуль расстояний [13], а позднее были выявлены красные гиганты и расстояние было определено на основе TRGB-метода. На полученной нами CM-диаграмме (рис.4) обрыв ветви красных гигантов происходит при $V=24.^m4$ и $V-R=0.^m65$. Это позволяет определить металличность звезд-гигантов и расстояние до галактики. Не останавливаясь на подробностях вычислений, сразу указываем, что наше определение расстояния равно $D=2.6$ Мпк, а у Дом-Палмера и др. [3] - 2.2 Мпк. Различие лежит в пределах ошибок обоих измерений.

Для галактики NGC 4496A на основе обработки HST-снимков расстояние определено по цефеидам [14]. Данный результат был опубликован после нашего доклада о расстоянии до NGC 4496A [15]. Разность определения расстояний составляет 7%, что можно считать хорошим подтверждением точности используемого нами метода ярчайших сверхгигантов.

Галактика NGC 4523 исследовалась Шанксом и др. [16,17] при высоком качестве изображения, но с низким пределом фотометрии звезд и малым полем зрения. Учитывая несравненно более глубокие пределы наших снимков

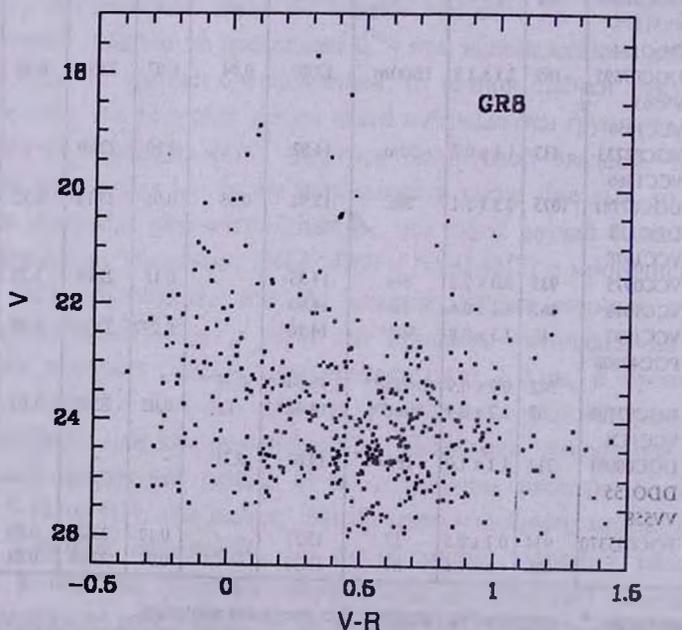


Рис.4. CM - диаграмма галактики GR8

этой галактики, где мы нашли и голубые и красные сверхгиганты, считаем, что наши определения более точны, и галактика находится ближе, чем принималось Шанксом и др. [16]. Разница в расстояниях равна 6.5 Мпк.

Снимки галактики NGC 4571 были получены с очень хорошими изображениями Пирсом и др. [18]. Однако авторы не отметили те звезды, которые они считают ярчайшими. Не приводится и СМ-диаграмма, т.к. все снимки были получены в одном цвете. Мы не смогли найти на наших снимках красные сверхгиганты указанной в [18] яркости, и по нашим измерениям галактика находится дальше: $D = 19.4$ Мпк по сравнению с $D = 13.9$ Мпк у Пирса и др. [18].

Для остальных галактик мы не нашли публикаций с надежно определенными расстояниями. Использование зависимости Талли-Фишера приводит к получению хороших средних значений расстояний при определении их для большого количества галактик, но для каждой конкретной галактики метод дает расстояние с большой неопределенностью, поэтому мы не приводим сравнение.

6. *Анализ полученных результатов.* Сравнение диаграмм рис.1 и рис.3 показывает, что большая часть галактик нашего списка является далекими объектами, принадлежащими самому скоплению в Деве. Галактики GR 8, NGC 4523, UGC 7857, IC 3476, IC 3036, DDO 139 оказались теми промежуточными по расстоянию объектами, поиск которых был нашей задачей. Скорости всех перечисленных галактик малы (табл.2), т.е. не противоречат условию их близости к Местному комплексу. Попытка разложить вектор скорости этих галактик на отдельные составляющие (космологическое расширение, пекулярную скорость и движение к скоплению Девы) для выявления «падения галактик» на скопление в Деве оказалась безуспешной. Частично это связано с недостаточной точностью полученных нами результатов, а в большей степени - с малой статистической выборкой, т. к. всего лишь шесть галактик из нашего списка попали в интервал от 2 до 12 Мпк.

Для нескольких галактик найденные нами ярчайшие сверхгиганты оказались вблизи предела фотометрии снимков, где результаты крайне неуверенны. Эти галактики, несомненно, находятся за пределами скопления, и мы условно приписали им расстояние 25 Мпк. На рис.3 они образуют отдельную группу из четырех галактик.

Основная часть галактик списка принадлежит скоплению в Деве, и это дает возможность определить расстояние до центра скопления. Хотя сгущения вокруг галактик M87 и M49 имеют размеры 1.5 - 2.0 градуса, все скопление имеет размер не менее 10 градусов, т. е. 3 Мпк. Можно предполагать, что и по лучу зрения скопление имеет такие же размеры. В скоплении наблюдается сегрегация галактик по типам [19] и это приводит к тому, что спиральные и иррегулярные галактики скорее образуют

периферию скопления, чем центральную часть. Поэтому, даже при абсолютно точном методе определения расстояний, мы имели бы на диаграмме (рис.3) разброс в расстояниях отдельных галактик из-за их действительных положений на ближнем или дальнем крае скопления. Кроме объяснимого разброса измеренных расстояний галактик, существует вторая особенность диаграммы (рис.3), а именно - ее асимметрия. Дальний край скопления в Деве имеет резкую границу, в то время как близкий край скопления не имеет четкой границы и галактики видны на расстояниях до 7 Мпк от центра скопления. Вероятно, скопление Дева не является компактным образованием, а представляет сгущение в пространственном волокне галактик. Совершенно аналогичную диаграмму получили Шонигер и Софу [20], используя для определения расстояний метод Талли-Фишера. Независимость двух методов и принципиально схожие результаты указывают на реальность асимметрии в пространственном распределении галактик.

7. Определение постоянной Хаббла. Скопление галактик в Деве не является однородным как по пространственному положению галактик, так и по распределению скоростей. Обычно выделяют несколько сгущений галактик, физически связанных с гигантскими галактиками скопления М87, М49 [21]. Скорости этих групп значительно различаются между собой, поэтому вычисление постоянной Хаббла на основе скоростей галактик в Деве не представляется нам корректным. Значительно проще использовать для этой цели скопление галактик в Волосах Вероники. Разность модулей расстояний двух скоплений вычислялась неоднократно: Вайтмор и др. [22] определили ее как 3.71 ± 0.10 , Онофрио и др. [23] нашли, что эта разность равна 3.55 ± 0.15 . Мы принимаем среднее значение равным 3.63 ± 0.13 . Гелиоцентрическая скорость галактик в Волосах Вероники известна достаточно надежно и равна 6663 ± 17 км/с [24]. Относительно микроволнового фона эта скорость равна $V_{\text{жк}} = 6932$ км/с. Нами найдено, что расстояние до скопления в Деве на основе фотометрии ярчайших звезд равно 17.0 Мпк. Принимая приведенные выше значение скорости и разности модулей расстояний для скоплений в Деве и в Волосах Вероники, мы вычислили значение постоянной Хаббла. По нашим данным, скопление в Волосах Вероники имеет модуль расстояния $(m-M) = 34.^m78$, что соответствует 90.4 Мпк. Тогда постоянная Хаббла $H_0 = 6932/90.4 = 76.7$ кмс⁻¹ Мпк⁻¹.

Имеются десятки работ по определению постоянной Хаббла. Мы не имеем возможности даже перечислить их. Отметим только обзорные работы, где приводятся результаты, полученные при использовании разнообразных методов, в том числе и по наблюдениям на космическом телескопе HST: $H_0 = 81 \pm 8$ [25], $H_0 = 71 \pm 6$ [26].

При определении величины постоянной Хаббла решающее значение имеет точность полученных результатов. Известно, что одна из главных задач космического телескопа HST состоит в определении постоянной Хаббла

с точностью измерений не хуже 10%. Наши измерения постоянной Хаббла содержат в себе ошибку определения расстояния до скопления в Деве, ошибку определения разности расстояний между скоплениями в Деве и в Волосах Вероники, а также ошибку в определении средней скорости галактик в скоплении Волосы Вероники. Две последние ошибки измерений приводятся в публикациях [22,23]. Что касается первой составляющей - точности определения расстояния до скопления в Деве, то мы полагаем, что распределение галактик скопления по расстояниям на рис.3 описывается гауссианой, на которую накладывается распределение галактик близкого фона. При таком предположении несложно вписать гауссиану в распределение галактик на рис.3 и получить значение ошибки для этого распределения, которое равно 1.3 Мпк или $0.^m16$ звездной величины. Тогда общая ошибка определения расстояния до скопления Волосы Вероники равна $0.^m21$ или ± 9 Мпк. Поскольку ошибка определения скорости скопления Волосы Вероники мала, то окончательный результат наших вычислений: $H_0 = 6932/(90.4 \pm 9) = 77 \pm 7 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$. Полученное значение мало отличается от средних результатов, приведенных в цитируемых выше публикациях. Поскольку для получения постоянной Хаббла мы применяли метод, калибровка которого осуществлялась на основе цефеидных модулей расстояний, то сходство результатов, полученных разными методами, подтверждает реальность значения постоянной Хаббла.

Работа над данной статьей поддерживалась грантом РФФИ 97-02-17163, за что авторы выражают Фонду свою благодарность.

¹Специальная астрофизическая обсерватория РАН.

²Санкт-Петербургский государственный университет, Россия

DISTANCES OF 24 GALAXIES IN THE DIRECTION TO THE VIRGO CLUSTER AND THE DETERMINATION OF THE HUBBLE CONSTANT

N.A.TIKHONOV, O.A.GALAZOUTDINOVA,
I.O.DROZDOVSKY

To study the spatial distribution of galaxies between the Virgo cluster and the Local group, a search has been carried out for probable nearby galaxies. The method of the brightest stars, blue and red supergiants enabled determination of distances of 24 galaxies among which 6 relatively close galaxies have been found. The results of distance measurements have shown that the

distribution maximum is at 17.0 Mpc, which we assume to be the Virgo cluster distance. By using the difference of distance moduli between two clusters of galaxies, Virgo and Coma Berenices, and the velocity of the Coma Berenices, we derived the Hubble constant, $H_0 = 77 \pm 7 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *I.D.Karachentsev, D.I.Makarov*, *Astronomical Letter. And Communications*, **36**, 7, 1997.
2. *B.Binggeli, A.Sandage, G.A.Tamman*, *Astron. J.*, **90**, 1681, 1995.
3. *R.C.Domh-Palmer, E.D.Skillman, J.Gallacher, E.Tolstoy, M.Mateo, R.J.Dufour, A.Saha, J.Hoessel, C.Chiosi*, *Astron. J.*, **116**, 1227, 1998.
4. *R.B.Tully, E.Shaya*, *Astrophys. J.*, **281**, 31, 1984.
5. *B.Binggeli*, *Halitati onsschrift, Univ. Basel*, 1993.
6. *P.Stetson*, *User's Manual for DAOPHOT II*, Victoria, Dominion Astrophys. Observ., 1993.
7. *A.U.Landolt*, *Astron. J.*, **104**, 340, 1992.
8. *I.D.Karachentsev, N.A.Tikhonov*, *Astron. Astrophys.*, **286**, 718, 1994.
9. *M.G.Lee, W.L.Freedman, B.F.Madore*, *Astrophys. J.*, **417**, 553, 1993.
10. *G.S.Da Costa, T.E.Armandroff*, *Astron. J.*, **100**, 162, 1990.
11. *П.Н.Холопов*, *Звездные скопления*, Наука, М. 1981, с.324.
12. *G.Reaves*, *Astron. J.*, **61**, 69, 1956.
13. *E.Tolstoy, A.Saha, J.G.Hoessel, G.E.Danielson*, *Astron. J.*, **109**, 579, 1995.
14. *A.Saha, A.Sandage, L.Labhardt, G.A.Tamman, F.D.Macchetto, N.Panagia*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **107**, 693, 1996.
15. *Interacting Galaxies: in Pairs, Groups and Clusters*, Sant'Agata sui due Golfi, Napoli-Italy, September, 1995.
16. *T.Shanks, N.R.Tanvir, J.V.Major, A.P.Doel, C.N.Dunlop, R.M.Myers*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **256**, 29, 1992.
17. *T.Shanks, J.V.Major, A.P.Doel, C.N.Dunlop, R.M.Myers, A.Ratcliffe*, *Newletters Royal Greenwich observ.* **42**, 1, 1993.
18. *M.J.Pierce, R.D.McClure, R.Racine*, *Astrophys. J.*, **393**, 523, 1992.
19. *N.Caon, M.Einasto*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **273**, 913, 1995.
20. *F.Schoniger, Y.Sofue*, *Astron. Astrophys.*, **323**, 14., 1997.
21. *M.Federspiel, G.A.Tamman, A.Sandage*, *Astrophys. J.*, **495**, 115, 1998.
22. *B.C.Whitemore, W.B.Sparks, R.A.Lucas, F.D.Macchetto, J.A.Biretta*, *Astrophys. J.*, **454L**, 173, 1995.
23. *M.D.Onofrio, M.Capaccioli, S.R.Zaggia, N.Caon*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **289**, 847, 1997.
24. *NASA/IPAC Extragalactic Database* //http://nedwww.ipac.caltech.edu/.
25. *S. van den Bergh*, *Publ. Astron. Soc. Pacif.*, **108**, 1091, 1996.
26. *L.Ferrarese, B.K.Gibson, D.D.Kelson* at al, *Astrophys. J.* (in press) 2000.