АСТРОФИЗИКА

ТОМ 56 АВГУСТ, 2013 ВЫПУСК 3

Hα-ОБЗОР МАЛОМАССИВНЫХ СПУТНИКОВ СОСЕДНИХ ГАЛАКТИК M 31 И M 81

С.С.КАЙСИН, И.Д.КАРАЧЕНЦЕВ

Поступила 15 мая 2013

На 6-м телескопе САО РАН получены снимки в линии Hα и в континууме для 20 карликовых сфероидальных спутников M 31: And XI - And XXX и удаленного шарового скопления Bol 520. Сделаны оценки темпа звездообразования (SFR) для них по Hα-потоку и ультрафиолетовому FUV-потоку, измеренному на орбитальном телескопе GALEX. Большинство dSph-спутников M 31 имеют экстремально малые темпы звездообразования с характерным верхним пределом SFR ~ 5×10^{-7}. Аналогичные оценки SFR по Hα- и FUV-потокам мы приводим для 13 галактик низкой поверхностной яркости, недавно обнаруженных в окрестностях M 81. Одиннадцать из них являются физическими спутниками M 81 с типичным значением SFR < 1×10^{-5}. Медианная звездная масса у рассматриваемых спутников M 31 и M 81 составляет, соответственно, 0.9 и 1.9 млн солнечных масс. Проведенные нами наблюдения в линии Hα дают в 2-3 раза более строгое ограничение на величину SFR, чем данные со спутника GALEX, при значительно более высоком (в 3-5 раз) угловом разрешении.

Ключевые слова: *галактики - карликовые галактики: звездообразование*

1. *Введение*. В течение последних лет на 6-м телескопе САО РАН выполняется программа систематического обзора в линии Hα близких галактик с целью изучения особенностей звездообразования в них. К настоящему времени были получены Hα-изображения более 300 галактик с расстояниями в пределах 10 Мпк. Результаты опубликованы в серии статей [1-6]. Популяция галактик Местного объема (D < 10 Мпк) постоянно пополняется благодаря массовым обзорам неба в оптическом диапазоне и в радиолинии HI (21 см) и уже насчитывает более 800 галактик [7,8]. Изучение близких галактик обладает тем очевидным преимуществом, что ему доступны объекты очень малой массы и светимости, которые лежат ниже порога обнаружения на больших расстояниях.

В работе [2] мы представили результаты Hα-обзора 10 слабых спутников ближайшей спиральной галактики M 31. Самые недавние поиски новых спутников у M 31 на 2.5-м телескопе INT (Isaac Newton Telescope) выявили еще около 20 объектов низкой светимости, сводка данных о которых представлена в [9,10]. Аналогичные поиски карликовых галактик, разрешаемых на звезды, были предприняты в окрестностях другой близкой спирали M 81, используя высокое качество оптики 3.5-м телескопа на Гавайях CFHT (Canada France Hawaii Telescope). В результате было обнаружено 16 новых спутников M 81 [11], членство которых в этой группе было затем

подтверждено измерением расстояний на орбитальном телескопе Хаббла [12]. Первичный анализ особенностей звездообразования в маломассивных спутниках M 31 и M 81 является предметом настоящей статьи.

Следует отметить, что большинство недавно обнаруженных спутников M 31 и M 81 очень низкой поверхностной яркости являются карликовыми сфероидальными системами (dSph) со старым звездным населением, где исчерпан или выметен газ, т.е. отсутствуют условия для образования новых звезд. Тем не менее, у некоторых близких сфероидальных карликов: DDO44, KKR25 были найдены мелкие очаги звездообразования и эмиссионные объекты [3,5], что явилось полной неожиданностью. Обнаружение таких эмиссионных деталей дает возможность последующего измерения лучевой скорости dSph-галактики, что было бы трудно сделать при отсутствии в ней излучающего газа. Кроме того, стали известны случаи, когда бесструктурные dE- и dSph-спутники: M 32 у M 31 и KDG61 у M 81, оказались удобными экранами, на которых стали заметны слабые эмиссионные узлы, проектирующиеся с протяженных окраин гигантских спиралей [13].

2. *Наблюдения и обработка данных.* Мы получили CCD изображения в линии Hα и в континууме для 33 галактик низкой поверхностной яркости и одного шарового скопления Bol520 в группах M 31 и M 81. Наблюдения проводились в период с марта 2008г. по декабрь 2012г. со средним качеством изображения 1".0-2".5, только несколько объектов наблюдались при изображениях хуже 2".5.

Все наблюдения были выполнены на 6-м телескопе САО РАН на приборе SCORPIO [14] с матрицей 2048×2048 пикселей в режиме бининга 2×2 и масштабом изображения 0.18"/пиксель, что дает полное поле зрения $6'.1\times6'.1$. Изображения в $H\alpha+[NII]$ и в континууме были получены путем наблюдения галактик через узкополосный интерференционный фильтр Hα ($\Delta\lambda = 75$ Å) с эффективной длиной волны $\lambda = 6555$ Å и среднеполосные фильтры для континуума SED607 с $\Delta\lambda = 167$ Å, $\lambda = 6063$ Å, и SED707 с $\Delta\lambda = 207$ Å, $\lambda = 7036$ Å, соответственно. Типичные времена экспозиции для большинства галактик были 2×300 с в континууме и 2×600 с в Hα. Так как диапазон радиальных скоростей в нашей выборке небольшой, то мы использовали один и тот же Hα фильтр для всех наблюдавшихся объектов.

Процедура обработки данных была стандартная для прямых снимков, полученных с CCD. Для всех данных вначале были вычтены bias, а затем все изображения были поделены на плоское поле flat, после чего были удалены космические частицы и вычтен фон неба для полученных изображений. Следующей операцией было совмещение всех изображений данного объекта. Затем все изображения в континууме были нормированы к Hα-изображениям с использованием 7-19 звезд поля и вычтены.

Для Hα-изображений с вычтенным континуумом были получены

потоки, используя спектрофотометрические изображения стандартных звезд [15], которые наблюдались в те же ночи, что и объекты. Исследование ошибок измерения потоков показало, что они имеют типичные значения ~10-15%.

2.1. *Результаты наблюдений.*

Спутники Андромеды (M 31). Рис.1 воспроизводит мозаику изображений 20 спутников M 31 и одного шарового скопления Bol520, удаленного от Андромеды на проекционное расстояние 110 кпк, типичное для сфероидальных спутников. Левые изображения в каждой паре представляют собой сумму экспозиций в Hα и в континууме, а правые изображения - в линии Hα после вычитания континуума. Масштаб снимков и ориентация север - восток указаны отрезком и стрелками. Объекты расположены не по прямому восхождению, а по порядковому номеру их имени. При качестве изображения около 1" некоторые карликовые системы: And XIV, And XV, And XVI, And XXVIII, And XXIX отчетливо разрешаются на звезды. У наиболее протяженных объектов: And XIX, And XXI, And XXII, And XXIII их угловые диаметры несколько превышают рамку снимков.

Почти на каждом снимке в линии Hα после вычитания континуума остаются пеньки звезд, вызванные различиями в качестве изображения, эффектом насыщения у ярких звезд или же аномальным показателем цвета некоторых звезд. По этой причине оценки интегрального Hα потока у диффузных карликов, разрешающихся на звезды, могут содержать значительную погрешность. Тем не менее, в оптических границах галактик: And I, And XIV, And XVII, And XXII, And XXIII и And XXIX мы заподозрили наличие компактных эмиссионных деталей, которые обведены на правых снимках кружками. Некоторые из них, как в случае KKR9 [16], могут оказаться планетарными туманностями. Заметим, что на изображение And XIX проектируется эмиссионное волокно, вероятно, Галактического происхождения. Итак, для большинства карликовых dSph спутников Андромеды мы можем указать по нашим наблюдениям лишь верхний предел потока в линии Hα .

Спутники M 81. Сводка значений Hα -потока у всех известных на тот момент спутников M 81 была представлена нами в [3]. Кроме того, особенности звездообразования у трех позднее обнаруженных голубых компактных карликов (BCD) обсуждались нами в [17] с привлечением данных о распределении нейтрального водорода в них по наблюдениям с высоким угловым разрешением на индийском радиотелескопе GMRT (Giant Metrewave Radio Telescope). Здесь мы приводим новые данные еще 13 более слабых карликовых систем в окрестностях M 81.

Рис.2 представляет мозаику изображений в линии Hα и в континууме для 11 физических спутников M 81 и двух карликовых галактик: d1009+70

и d1019+69, оказавшихся объектами дальнего фона. Как и для спутников M 31, левые изображения в каждой паре соответствуют сумме снимков в Hα и в континууме, а правые показывают снимок в Hα после вычитания континуума. Обозначения масштаба и ориентации снимков аналогичны предыдущим.

Как следует из этих данных, среди 11 физических спутников M 81 только у одного, d0959+68, видны компактные HII-области. Этот объект иррегулярной структуры был независимо обнаружен в [18] и получил название Clump II, как узел в водородной перемычке, которая соединяет M 81 с соседней галактикой NGC 3077. У остальных 10 карликовых спутников низкой поверхностной яркости мы не обнаружили признаков Hα -эмиссии.

Карликовая система d1019+69 показывает наличие одной HII-области на северной окраине. Мы получили на 6-м телескопе БТА САО РАН спектр этой детали и определили для нее лучевую скорость $V_h = (557 \pm 38)$ км/с, по которой оценили расстояние $D = 9.6$ Мпк.

3. *Темпы звездообразования у маломассивных спутников близких спиралей.* Для каждой галактики, представленной на мозаиках рис.1 и рис.2, мы определили интегральный поток в линии Hα или его наблюдаемый верхний предел $F_c(\mathrm{H}\alpha)$ в единицах [эрг/см^{2}с], исправленный за поглощение света в Галактике, согласно данным [19]. Внутренним поглощением в самой карликовой галактике, а также вкладом соседнего с Hα эмиссионного дублета [NII] мы пренебрегали, поскольку оба эффекта малы для карликовых систем. Следуя [20], мы определяли интегральный темп звездообразования в галактике по линейному соотношению

$$\log[\mathrm{SFR}] = \log F_c(\mathrm{H}\alpha) + 2\log D + 8.98, \qquad (1)$$

где D - расстояние до галактики в Мпк.

Другая и независимая возможность оценить темп звездообразования в галактике основывается на величине ее потока в далеком ультрафиолете - F(FUV), на длине волны $\lambda_{eff} = 1539$ Å в полосе FWHM = 269 Å. Для большинства рассматриваемых нами галактик эти потоки были измерены на орбитальном телескопе GALEX [21,22] и представлены в базе данных NED (http://nedwww.ipav.caltech.edu). С учетом поправки FUV-потока за Галактическое поглощение, темп звездообразования выражается согласно [23] как

$$\log[\mathrm{SFR}] = \log F_c(\mathrm{FUV}) + 2\log D - 6.78, \qquad (2)$$

где UV-поток измерен в [мЯн], а расстояние D - в Мпк.

Сводки данных о наблюдавшихся нами спутниках M 31 и M 81 представлены, соответственно, в табл.1 и 2. В столбцах обеих таблиц содержатся: (1) - имя галактики; (2) - ее расстояние в Мпк; (3) - морфологический тип по схеме, которая описана в UNGC-каталоге [8], где карликовые системы различались по их виду Sph - сфероидальные, Ir - иррегулярные, Tr -

Таблица 1

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАБЛЮДАВШИХСЯ СПУТНИКОВ М 31

Спутник	D, Мпк	Тип	M_B	$\log M_*$	$\log M_{HI}$	$\log SFR_{H\alpha}$	$\log SFR_{FUV}$	P(Hα)	P(FUV)
AndXI	0.73	Sph-X	-6.2	5.42	<5.53	-5.75	-5.71	-1.04	-1.00
AndXII	0.83	Sph-X	-6.4	5.51	<5.64	<-6.43	<-6.20	<-1.81	<-1.58
AndXIII	0.84	Sph-X	-6.8	5.66	<5.65	<-6.42	<-6.30	<-1.95	<-1.83
AndXIV	0.73	Sph-X	-7.7	6.03	<5.53	-5.82	<-6.49	-1.71	<-2.38
AndXV	0.76	Sph-L	-8.7	6.43	<5.56	<-6.59	-	<-2.89	-
AndXVI	0.52	Sph-L	-8.2	6.23	<5.24	<-6.76	-5.81	<-2.86	-1.91
AndXVII	0.74	Sph-X	-7.0	5.74	<5.54	-5.57	-5.71	-1.18	-1.32
AndXVIII	1.36	Sph-L	-9.1	6.60	-	<-5.94	<-5.81	<-2.40	<-2.27
AndXIX	0.93	Sph-X	-8.3	6.28	-	<-6.24	<-6.27	<-2.39	<-2.42
AndXX	0.80	Sph-X	-5.8	5.26	-	<-6.34	-5.96	<-1.47	-1.09
AndXXI	0.86	Sph-X	-9.3	6.66	-	<-6.31	<-6.24	<-2.83	<-2.76
AndXXII	0.79	Sph-X	-6.0	5.36	-	-6.12	-6.14	-1.36	-1.38
AndXXIII	0.73	Sph-X	-9.5	6.75	-	-6.05	-	-2.67	-
AndXXIV	0.60	Sph-X	-7.0	5.77	-	<-6.60	-	<-2.23	-
AndXXV	0.81	Sph-X	-9.1	6.58	-	<-6.38	<-6.28	<-2.83	<-2.73
AndXXVI	0.76	Sph-X	-6.5	5.54	-	<-6.36	<-6.30	<-1.77	<-1.71
AndXXVII	0.83	Sph-X	-7.3	5.88	-	<-6.42	<-6.32	<-2.18	<-2.08
AndXXVIII	0.65	Tr-L	-7.7	6.04	-	<-6.60	-	<-2.51	-
AndXXIX	0.73	Sph-X	-7.5	5.96	-	-6.54	<-6.54	-2.36	<-2.36
AndXXX	0.68	-	-	-	-	-	-	-	-
Bol520	0.63	dE-H	-8.1	5.60	-	<-6.77	-6.09	<-2.24	-1.56
Медиана	0.76	-	-7.5	5.96	<5.54	<-6.38	<-6.24	<-2.36	<-1.87

Таблица 2

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ НАБЛЮДАВШИХСЯ СПУТНИКОВ М 81

Спутник	D, Мпк	Тип	M_B	$\log M_*$	$\log M_{HI}$	$\log SFR_{H\alpha}$	$\log SFR_{FUV}$	P(Hα)	P(FUV)
d0926+70	3.93	Tr-L	-10.0	6.24	<5.64	<-5.12	-4.18	<-1.23	-0.29
d0934+70	3.66	Sph-X	-9.6	6.80	-	<-4.91	-4.16	<-1.59	-0.84
d0939+71	3.63	Tr-L	-8.4	5.60	-	<-5.48	-5.79	<-0.95	-1.26
d0944+69	3.98	Sph-X	-7.4	5.92	-	<-5.15	<-4.90	<-0.84	<-0.59
d0944+71	3.39	Tr-L	-11.1	7.39	<5.49	<-5.15	-5.74	<-2.41	-3.00
d0955+70	3.93	Sph-X	-9.1	6.60	-	<-5.12	<-4.74	<-1.59	<-1.21
d0959+68	3.60	Ir-L	-10.1	6.29	-	-3.83	-3.80	0.01	0.04
d1006+67	3.87	Sph-X	-8.6	6.37	-	<-5.27	<-5.01	<-1.51	<-1.25
d1009+70	9.00	Sph-L	-12.4	7.90	-	<-4.36	-3.29	<-2.12	-1.05
d1014+68	4.57	Tr-X	-8.3	6.27	<5.84	<-4.93	-4.58	<-1.07	-0.72
d1015+69	4.07	Tr-X	-7.8	6.06	-	<-5.19	-5.39	<-1.11	-1.31
d1019+69	9.60	Ir-L	-12.1	7.07	-	-3.51	-3.31	-0.44	-0.24
d1041+70	3.91	Ir-X	-8.6	5.71	<5.28	<-5.03	<-5.01	<-0.61	<-0.59
Медиана	3.93	-	-8.6	6.27	<5.56	<-5.12	<-4.90	<-1.11	<-0.84

промежуточные, а также по классу средней поверхностной яркости: *H* - высокая, *N* - нормальная, *L* - низкая и *X* - экстремально низкая; (4) - абсолютная величина галактики в *B*-полосе; (5) - логарифм звездной массы галактики в солнечных единицах, оцененной по ее светимости в *K*-полосе; (6) - логарифм водородной массы в солнечных массах; (7,8) - логарифм интегрального темпа звездообразования, определенного, соответственно, по Hα -потоку и FUV-потоку; (9,10) - логарифм удельного темпа звездообразования, отнесенного к единичной звездной массе и нормированного на космологическую шкалу времени $T_0 = 13.7\times10^9$ лет:

$$P = \log(\mathrm{SFR}\cdot T_0/M_*). \qquad (3)$$

Ссылки на источники данных содержатся в Базе данных галактик Местного объема [7], доступной по адресу http://www.sao.ru/lv/lvgdb. Как видим, абсолютные величины всех рассматриваемых спутников Андромеды и почти всех спутников M 81 заключены в интервале [$-10^m > M_B > -5^m$]. Для сравнения мы собрали из литературы данные о спутниках Млечного Пути (=MW), имеющих тот же диапазон светимости. Сводка параметров 11 таких спутников нашей Галактики приведена в табл.3, структура которой аналогична предыдущим таблицам. К сожалению, измерения Hα -потока представлены в ней только для одного спутника, Leo T. Попытки определить $F(\mathrm{H}\alpha)$ у остальных спутников MW не предпринимались в основном из-за больших угловых размеров этих объектов.

Таблица 3

ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СПУТНИКОВ MW

Спутник	D, Мпк	Тип	M_B	$\log M_*$	$\log M_{HI}$	$\log SFR_{H\alpha}$	$\log SFR_{FUV}$	$P(\mathrm{H}\alpha)$	$P(\mathrm{FUV})$
Phoenix	0.44	Tr-L	-9.6	6.08	<5.22	-	-4.43	-	-0.37
Carina	0.10	Sph-X	-9.0	6.54	<2.32	-	-7.58	-	-3.98
Leo T	0.42	Ir-L	-6.7	4.94	5.63	<-5.92	-5.69	<-0.73	-0.50
Sex Sph	0.09	Sph-X	-8.7	6.42	<2.30	-	-7.77	-	-4.06
CVn I	0.22	Sph-X	-7.9	6.10	<4.50	-	<-7.67	-	<-3.63
Boo III	0.05	Sph-X	-5.8	5.29	-	-	<-9.00	-	<-4.16
Boo I	0.07	Sph-X	-5.5	5.15	<2.01	-	<-8.73	-	<-3.74
UMin	0.06	Sph-X	-7.1	5.80	<4.52	-	<-8.76	-	<-4.43
Herc	0.15	Sph-X	-6.1	5.39	<2.72	-	<-7.88	-	<-3.14
Draco	0.08	Sph-X	-8.7	6.45	<2.19	-	<-8.52	-	<-4.83
Tucana	0.88	Tr-L	-9.2	6.62	<4.18	-	-6.04	-	-2.52
Медиана	0.10	-	-7.9	6.08	<2.72	-	<-7.77	-	<-3.74

Необходимо отметить, что вблизи предельно низких значений FUV-потоков имеет место значительная неопределенность в их величине, вызванная проектированием в контур диффузной галактики слабых голубых звезд нашей Галактики. В ряде приведенных случаев указанные значения

FUV-потоков могут быть в действительности лишь их верхним пределом.

4. *Обсуждение и выводы*. Последняя строка в табл.1-3 характеризует медианные значения различных параметров для спутников трех ближайших массивных спиральных галактик. При сравнении выборок объектов с большим различием их морфологии и потоков, медианы являются более подходящими характеристиками, чем средние значения. Сопоставляя эти данные, мы можем сделать следующие заключения:

A. Все три выборки слабых спутников вокруг: M 81 ($n=11$), M 31 ($n=21$) и MW ($n=11$) имеют близкие друг к другу медианные значения абсолютных величин: $-8^m.6$, $-7^m.5$, $-7^m.9$, а также логарифма звездных масс: 6.27, 5.96, 6.08, несмотря на неизбежные эффекты селекции, вызванные различием средних расстояний в 40 раз.

B. Медианы верхнего предела логарифма водородной массы: <5.56 (M 81), <5.54 (M 31) и <2.72 (MW) показывают, что низкое содержание нейтрального водорода у сфероидальных спутников M 81 и M 31 может быть в действительности еще на 2-3 порядка ниже наблюдаемого предела по аналогии со спутниками нашей Галактики. Пропорция водородной и звездной массы, $\log(M_{HI}/M_*)$, у спутников M 81 (< -0.71) и спутников M 31 (< -0.42) очевидно должна быть ближе к той, что характеризует более исследованные спутники Млечного Пути (< -3.36). Проходя через плотные области соседних гигантских спиралей, сфероидальные карлики теряют практически все свои запасы газа, необходимые для звездообразования.

C. Сравнивая верхние пределы SFR, полученные по Hα - и FUV-потокам, мы видим, что проведенные наблюдения в линии Hα дают в 2-3 раза более строгое ограничение на величину SFR, чем данные об UV-потоках со спутника GALEX. При этом, наблюдения в эмиссионной линии Hα обладают в 3-5 раз более высоким угловым разрешением.

D. Из-за очевидного эффекта селекции, медиана верхнего предела для удельного темпа звездообразования, P(FUV), уменьшается от далеких подсистем к близким: < -0.84 (M 81), < -1.87 (M 31) и < -3.74 (MW). Тем не менее, однако, у трех не сфероидальных спутников Млечного Пути наблюдаются довольно высокие удельные темпы звездообразования: -0.37 (Phoenix), -0.50 (Leo T) и -2.52 (Tucana). Эти наиболее удаленные от MW карлики еще не успели лишиться своих газовых компонент.

E. С учетом отмеченного тренда с расстоянием, обусловленного пределом измерения Hα - и FUV-потоков, реальный удельный темп звездообразования у сфероидальных спутников массивных спиральных галактик характеризуется величиной $P<[-3,-4]$. Другими словами, чтобы воспроизвести за космологическое время наблюдаемую массу сфероидальных карликов, их темпы звездообразования в прошлом должны были быть в $10^{[3-4]}$ раз больше современных темпов. Поскольку основная масса звезд у них имеет

возраст более 10 млрд лет, то фаза формирования звезд у сфероидальных карликов в раннюю эпоху ($z > 10$) была чрезвычайно бурной.

F. У большинства маломассивных спутников M 31 и M 81 имеются лишь верхние оценки потоков в Hα и FUV. Только у четырех карликовых галактик: d0959+68, And XI, And XVII и And XXII отмечены значения SFR на уровне $10^{-4}-10^{-6}$ [$M_{\odot}$/год], которые были получены обоими методами. Согласие этих независимых оценок (с разбросом всего 25%) выглядит явно неожиданным и нуждается в дополнительном анализе. По данным [24,25] оценки SFR по Hα - и FUV-потокам могут систематически различаться в десятки и сотни раз при экстремально низких светимостях карликов.

В заключение отметим любопытный факт, что удаленное шаровое скопление Андромеды Bol520 имеет малый, но вполне определенный FUV поток, которому соответствует log[SFR] = -6.09. Возможно, что вялотекущее звездообразование у таких объектов вызвано медленным натеканием межгалактической среды, в которой пребывает по современным представлениям основная часть барионной компоненты Вселенной.

Эта работа поддержана грантами РФФИ 13-02-90407, 12-02-91338 и 13-02-00780.

Специальная астрофизическая обсерватория РАН,
Россия, e-mail: sskaisin@gmail.com ikar@sao.ru

Hα-SURVEY OF LOW-MASS SATELLITES AROUND NEIGHBORING GALAXIES M 31 AND M 81

S.S.KAISIN, I.D.KARACHENTSEV

Images of 20 dwarf spheroidal satellites of M 31: And XI - And XXX and one remote globular cluster Bol 520 were obtained in the Hα line and continuum using the 6-meter telescope of SAO RAS. Estimates of star formation rate (SFR) for them are derived via Hα -fluxes as well via FUV-fluxes measured with the GALEX space telescope. Most of the M 31 satellites have extremely low star formation rates with a characteristic upper limit of $SFR \sim 5\times10^{-7}$. Similar SFR estimates were derived by us also for 13 galaxies of low surface brightness recently discovered in the M 81 neighborhood. Eleven of them are physical M 81 satellites having a typical $SFR < 1\times10^{-5}$. The median stellar masses for the considered companions to M 31 and M 81 are 0.9 and 1.9 millions of solar mass, respectively. The Hα observations performed by us yield

2-3 times more severe limit on the SFR than that of the GALEX data, providing also 3-5 times higher angular resolution.

Key words: *galaxies - dwarf galaxies: star formation rate*

ЛИТЕРАТУРА

1. *I.D.Karachentsev, S.S.Kaisin, Z.Tsvetanov, H.Ford*, Astron. Astrophys., **434**, 935, 2005.
2. *С.С.Кайсин, И.Д.Караченцев*, Астрофизика, **49**, 337, 2006.
3. *I.D.Karachentsev, S.S.Kaisin*, Astron. J., **133**, 1883, 2007.
4. *S.S.Kaisin, I.D.Karachentsev*, Astron. Astrophys., **479**, 603, 2008.
5. *I.D.Karachentsev, S.S.Kaisin*, Astron. J., **140**, 1241, 2010.
6. *С.С.Кайсин, И.Д.Караченцев, И.Д.Кайсина*, Астрофизика, **54**, 353, 2011.
7. *E.I.Kaisina, D.I.Makarov, I.D.Karachentsev*, S.S.Kaisin, AstBul, **67**, 115, 2012.
8. *I.D.Karachentsev, D.I.Makarov, E.I.Kaisina*, Astron. J., **145**, 101, 2013.
9. *A.W.McConnachie*, Astron. J., **144**, 4, 2012.
10. *A.W.McConnachie, M.Irwin*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **365**, 1263, 2006.
11. *K.Chiboucas, I.D.Karachentsev, R.B.Tully*, Astron. J., **137**, 3009, 2009.
12. *K.Chiboucas, B.A.Jacobs, R.B.Tully, I.D.Karachentsev*, Astron. J., accepted, 2013.
13. *I.D.Karachentsev, E.I.Kaisina, S.S.Kaisin, L.N.Makarova*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **415L**, 31, 2011.
14. *V.L.Afanasiev, E.B.Gazhur, S.R.Zhelenkov, A.V.Moiseev*, Bull. SAO, **58**, 90, 2005.
15. *J.B.Oke*, Astron. J., **99**, 1621, 1990.
16. *D.I.Makarov, L.Makarova, M.Sharina et al.*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **425**, 709, 2012.
17. *S.Roychowdhury, J.N.Chengalur, K.Chiboucas, I.D.Karachentsev et al.*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **426**, 665, 2012.
18. *D.F. de Mello et al.*, Astron. J., **135**, 548, 2008.
19. *D.J.Schlegel, D.P.Finkbeiner, M.Davis*, Astrophys. J., **500**, 525, 1998.
20. *R.C.Kennicutt*, ARA&A, **36**, 189, 1998.
21. *A.Gil de Paz, B.F.Madore, O.Pevunova*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **147**, 29, 2003.
22. *A.Gil de Paz, S.Boissier, B.F.Madore et al.*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **173**, 185, 2007.
23. *J.C.Lee, A.Gil de Paz, R.C.Kennicutt et al.*, Astrophys. J. Suppl. Ser., **192**, 6, 2011.
24. *J.Pflamm-Altenburg, C.Weidner, P.Kroupa*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **395**, 394, 2009.
25. *J.Pflamm-Altenburg, C.Weidner, P.Kroupa*, Astrophys. J., **671**, 1550, 2007.

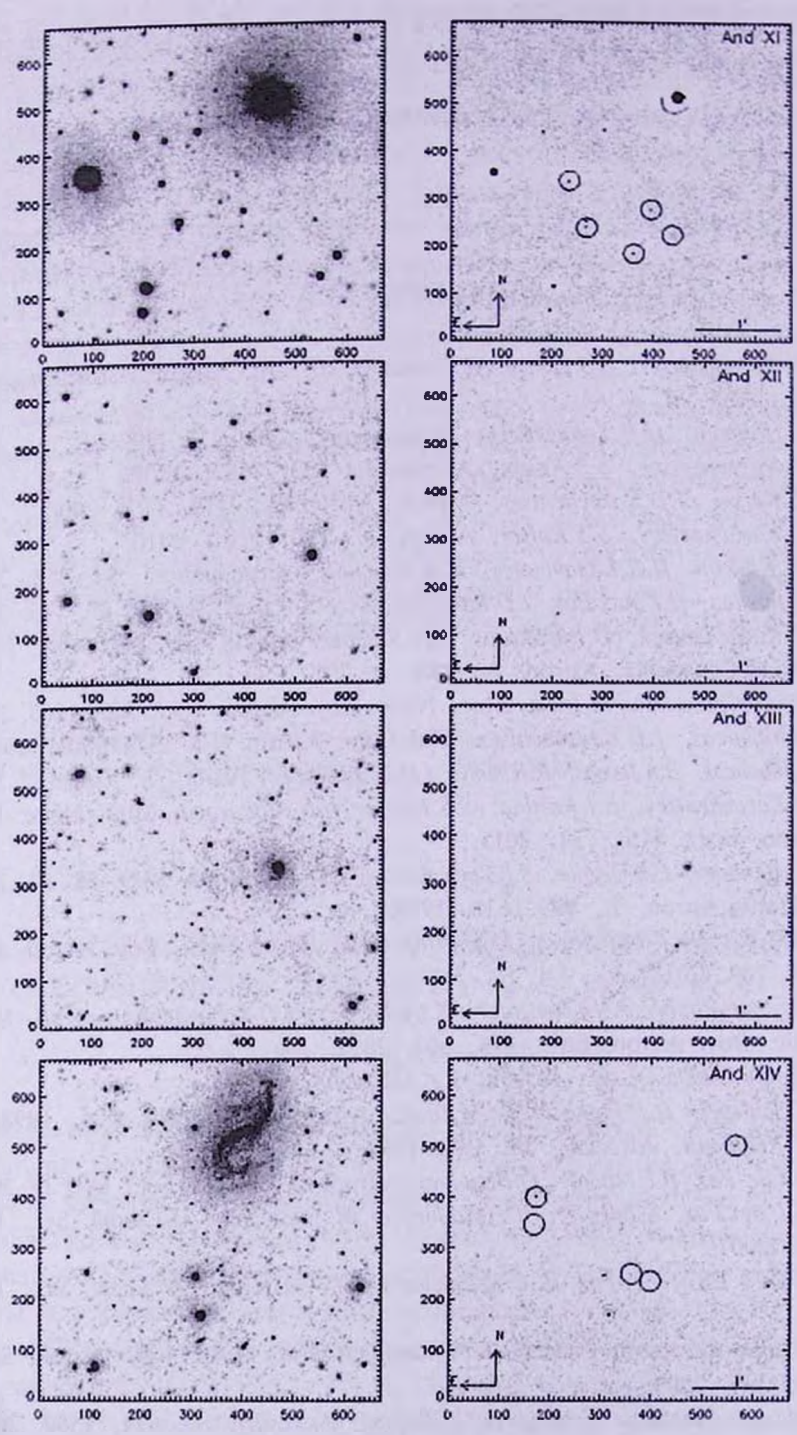

Рис.1. Атлас изображений спутников М 31.

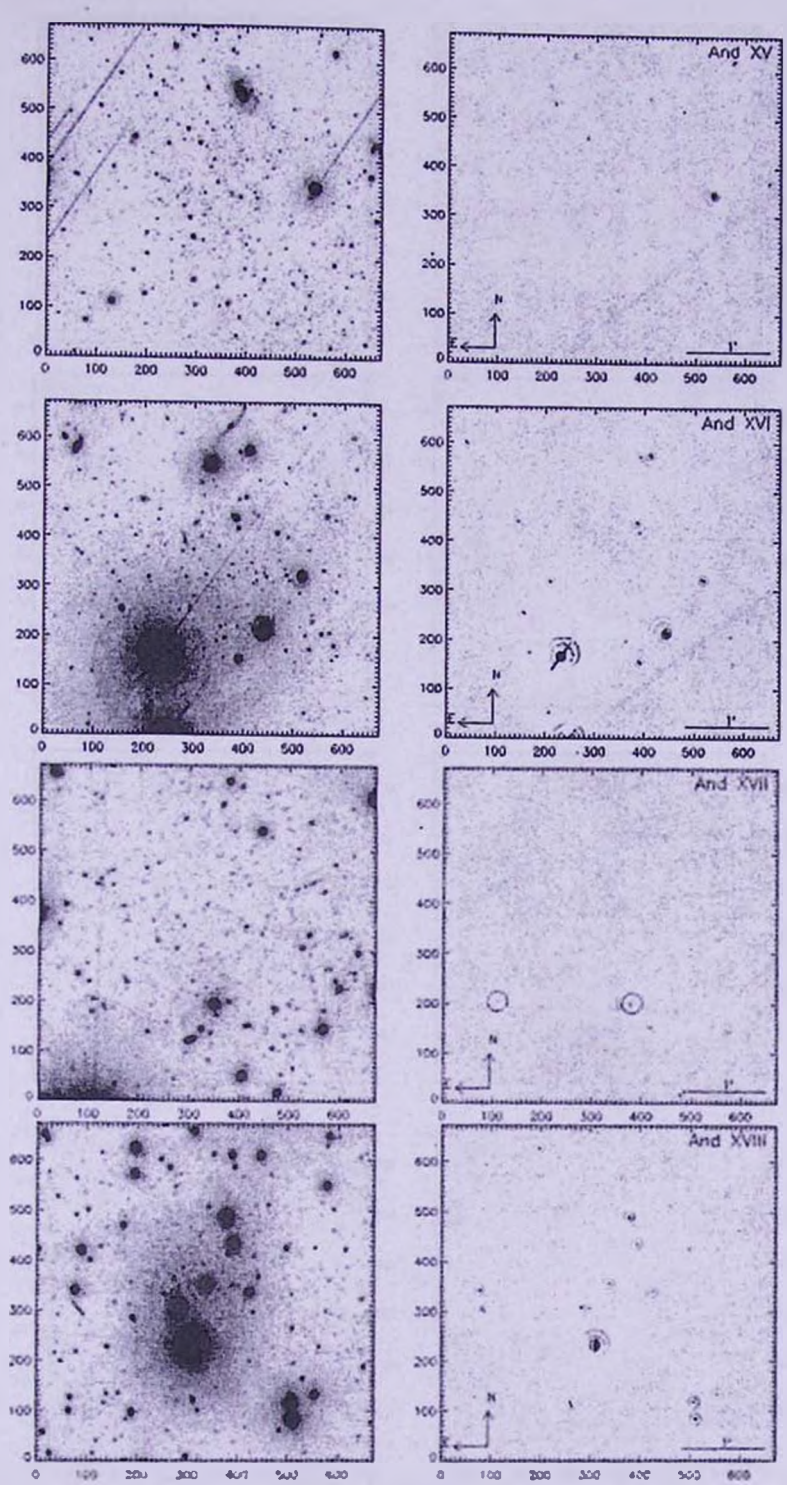

Рис.1. (Продолжение).

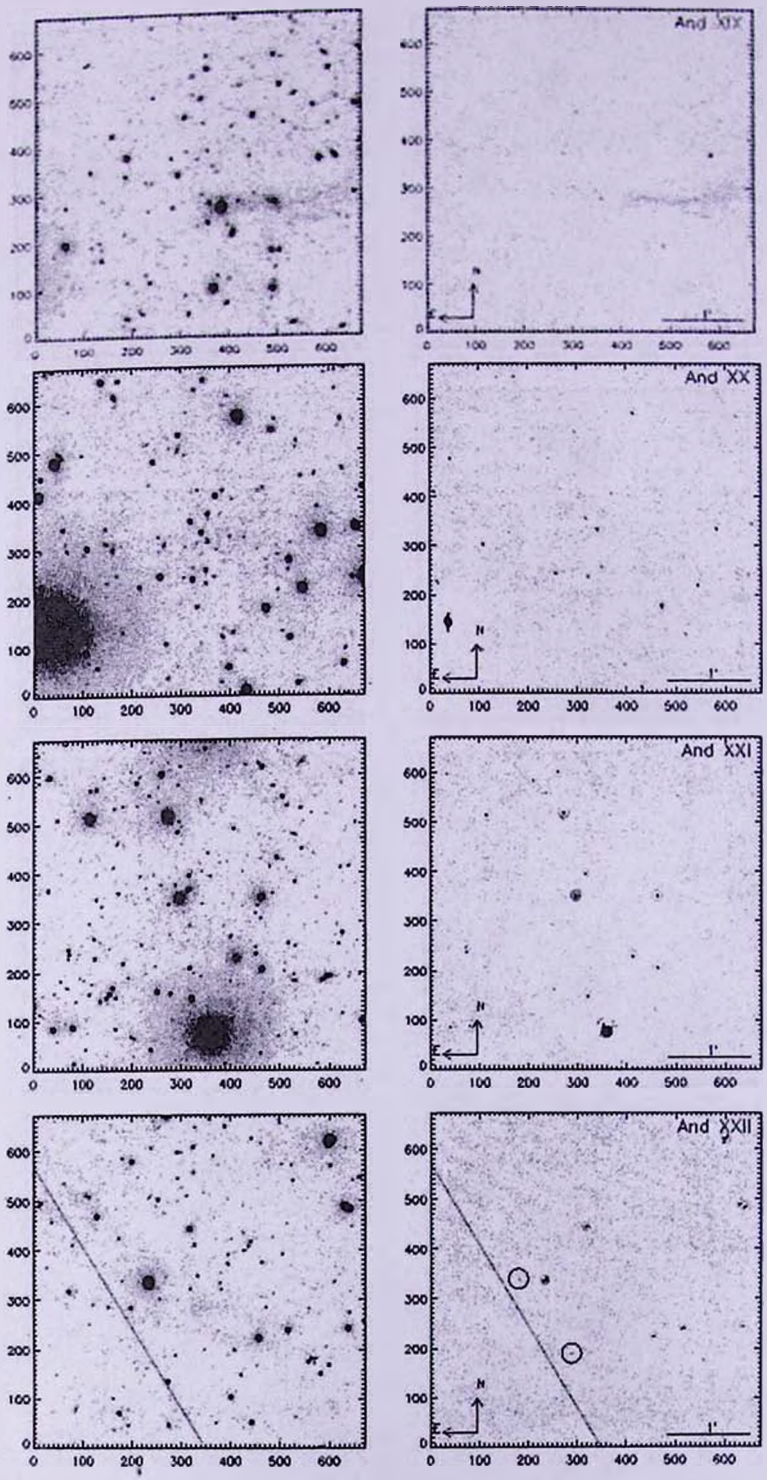

Рис.1. (Продолжение).

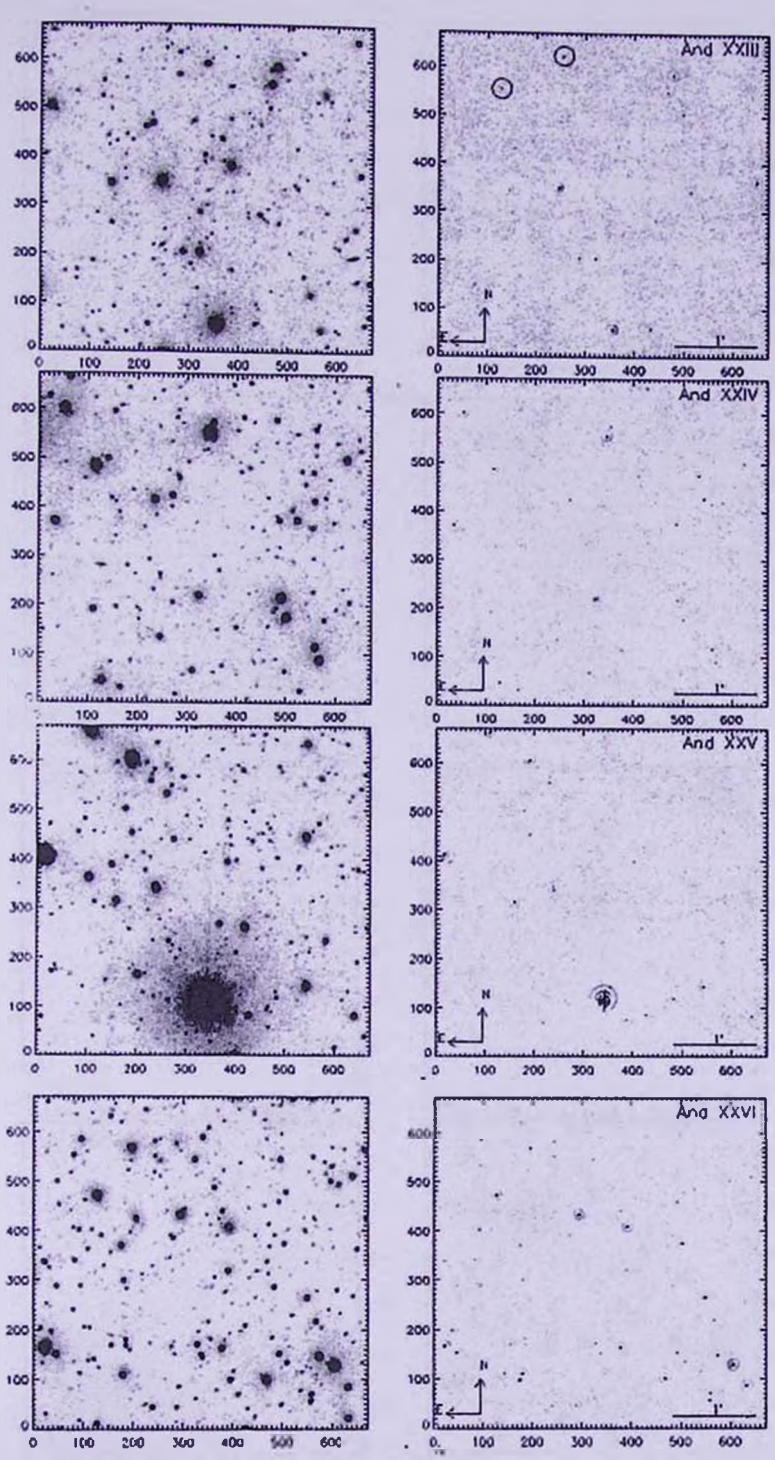

Рис.1. (Продолжение).

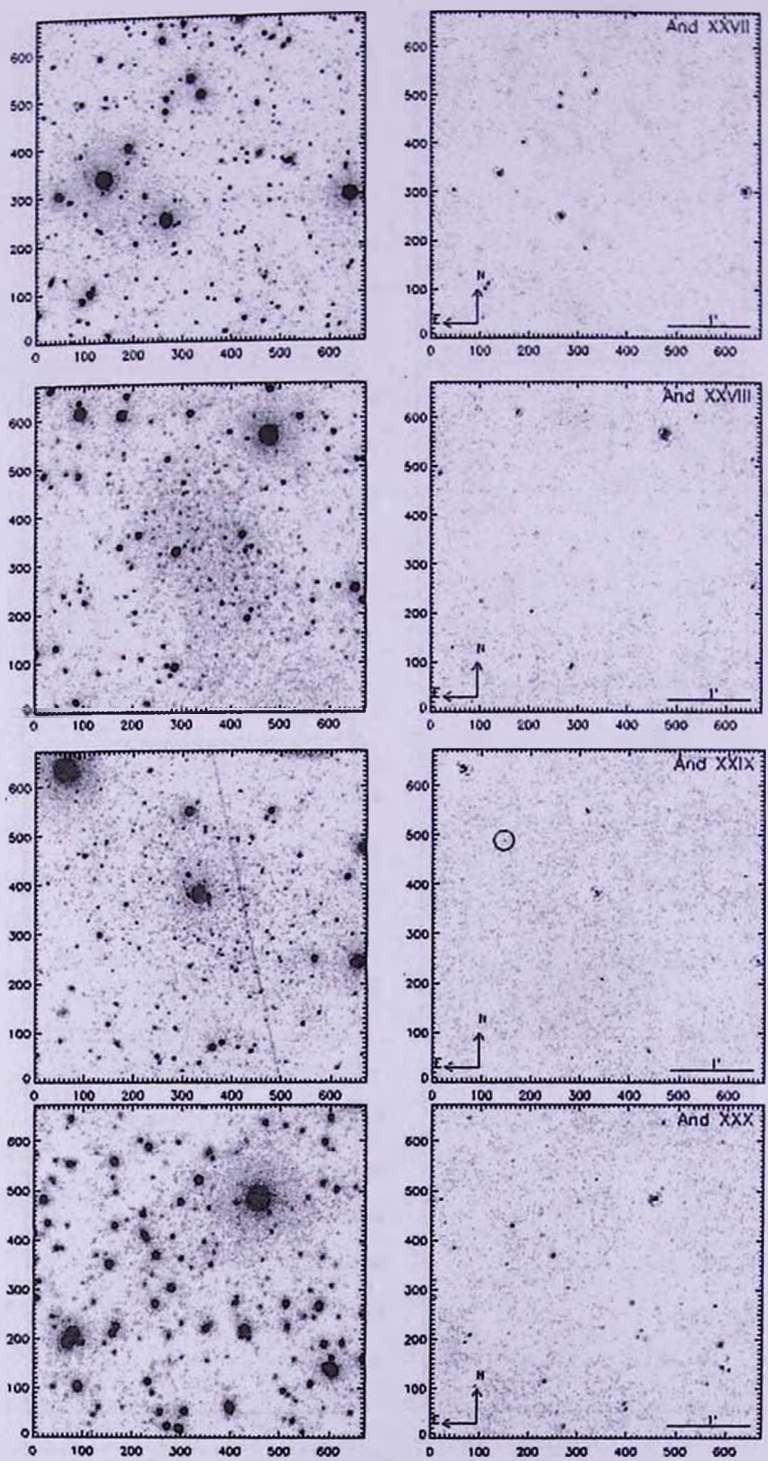

Рис.1. (Продолжение).

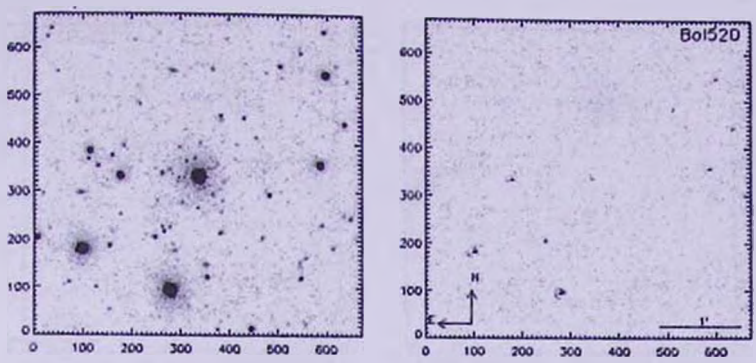

Рис.1. (Окончание).

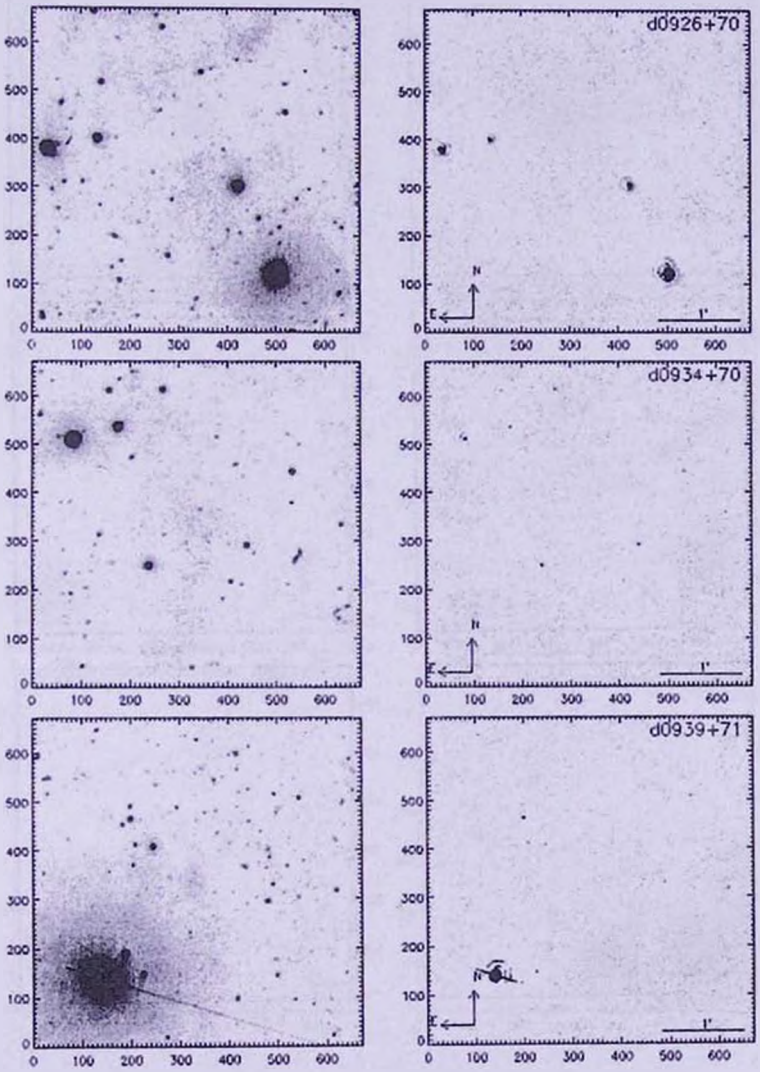

Рис.2. Атлас изображений спутников M 81.

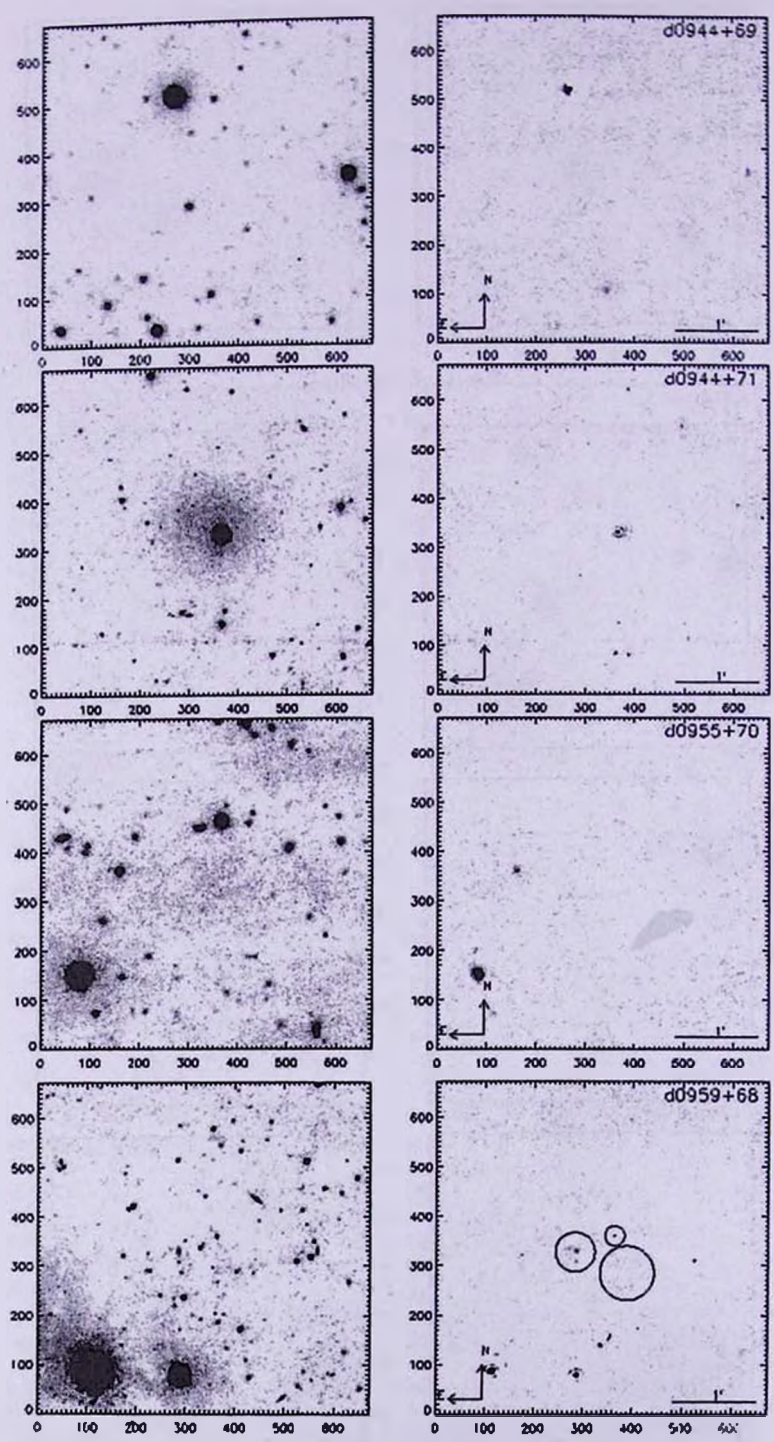

Рис.2. (Продолжение).

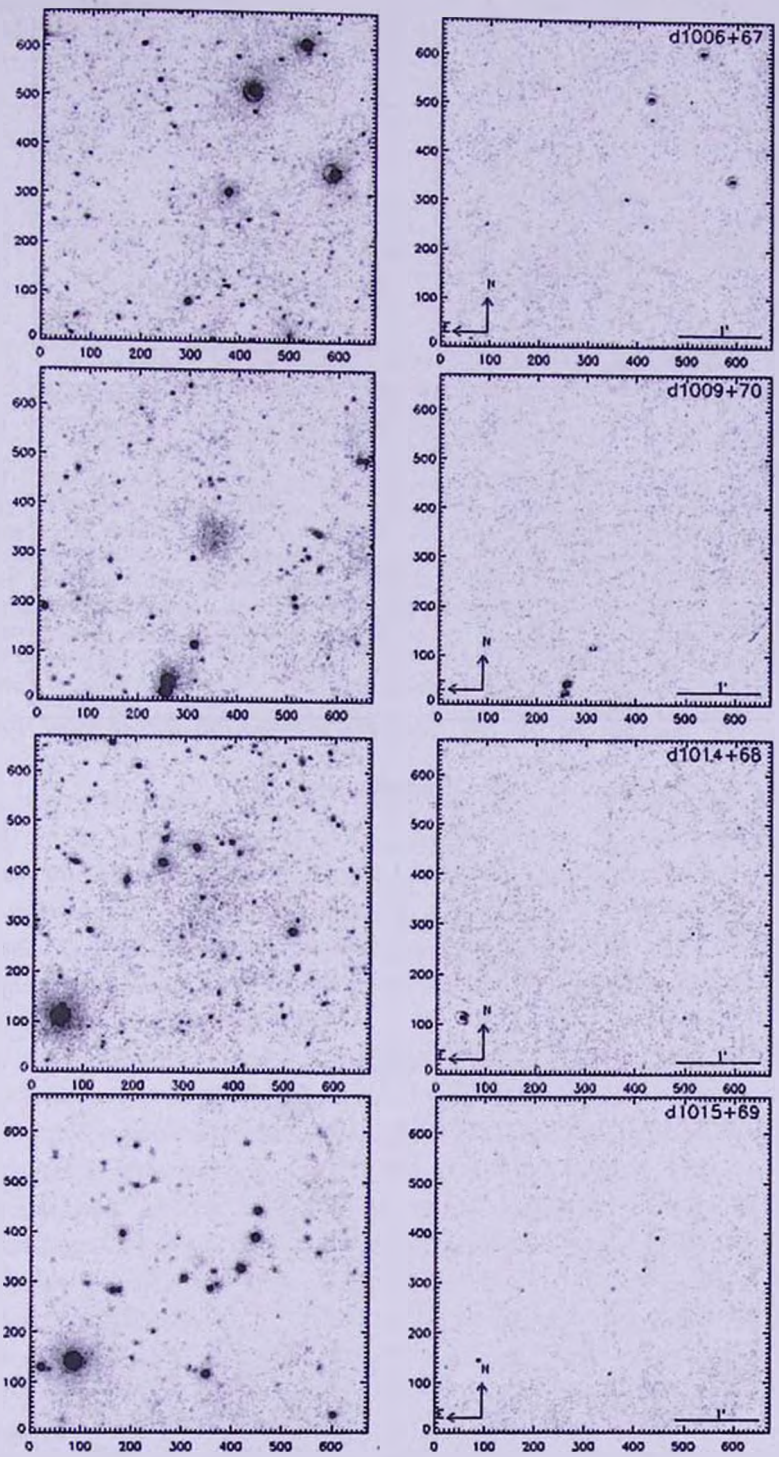

Рис.2. (Продолжение).

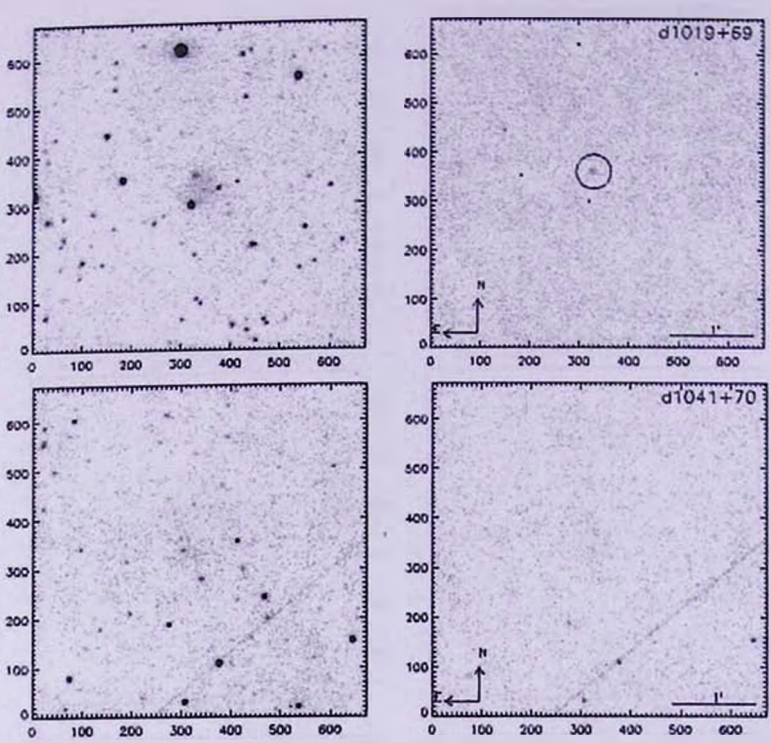

Рис.2. (Окончание).