

УДК 524.74-13(083.8)

КАТАЛОГ ИЗОЛИРОВАННЫХ ГАЛАКТИК, ОТОБРАННЫХ В ОБЗОРЕ 2MASS

© 2010 В. Е. Караченцева¹, С. Н. Митронова², О. В. Мельник^{3,4}, И. Д. Караченцев²

¹ Главная астрономическая обсерватория НАН Украины, ул. акад. Заболотного 27, Киев, Украина

² Специальная астрофизическая обсерватория, Нижний Архыз, 369167 Россия

³ Institut d'Astrophysique et de Géophysique, Université de Liège, Allée du 6 Août, 17, B5C, Belgique

⁴ Астрономическая обсерватория Киевского национального университета им. Тараса Шевченко, Обсерваторная 3, Киев 04053, Украина

Поступила в редакцию 30 июня 2009 г.; принята в печать 3 сентября 2009 г.

Проведены поиски изолированных галактик, основанные на автоматическом отборе обособленных источников из обзора Two Micron All-Sky Survey (2MASS) и последующем визуальном просмотре их окрестностей. Применяя модифицированный критерий Караченцевой [1], мы сформировали каталог 3227 изолированных галактик (2MIG), в который входит 6% протяженных 2MASX источников (2MASS Extended Sources Catalog) ярче $K_s = 12^m$ с угловыми диаметрами $a_K \geq 30''$. Каталог охватывает все небо и имеет эффективную глубину $z \sim 0.02$. Наиболее изолированные объекты каталога, 2MVG, общим числом 2493 могут служить опорной выборкой для изучения влияния окружения на структуру и эволюцию галактик, расположенных в областях с особо низкой плотностью материи.

Ключевые слова: галактики, группы и скопления галактик, межгалактический газ

1. ВВЕДЕНИЕ

Современные наблюдательные данные о распределении галактик демонстрируют существование крупномасштабных космических структур, состоящих из волокон, стенок и скоплений, окаймляющих пустые объемы. Такая ячеистая структура находит естественное объяснение в рамках стандартной космологической модели Λ CDM. Примерно 5–10% галактик находятся в плотных (вириализованных) областях скоплений и еще столько же в невириализованных окрестностях этих скоплений. Большинство же галактик локализовано в малонаселенных обособленных системах, подобных Местной группе (50%), и разреженных облаках (25%), ближайшим примером которых является облако Canes Venatici I. Остальные 5–10% галактик рассеяны в общем метагалактическом поле. Заметим, что вопрос о том, какая доля галактик относится к “истинно одиночным”, до сих пор вызывает дискуссии.

Изолированные галактики — это объекты, которые не подвергались значительному воздействию со стороны ближайших соседей за последние 1–2 млрд. лет. Это означает, что их наблюдаемые физические характеристики в основном определяются

начальными условиями образования и внутренними эволюционными процессами. Репрезентативная выборка изолированных галактик необходима для проверки моделей формирования и эволюции галактик, а также в качестве опорной выборки при изучении свойств галактик в парах, группах, скоплениях — чтобы понять влияние окружения на такие фундаментальные свойства галактик, как их морфология, содержание газа и пыли, химсостав и темп звездообразования.

Любой каталог изолированных галактик не является идеальным. В выборку нашего каталога, ограниченную видимой величиной или угловым диаметром галактик, не попадают карликовые объекты из далеких объемов, а некоторые пространственно изолированные галактики могут иметь в проекции на небе близких соседей. С другой стороны, выборка обычно содержит некоторую примесь ложных изолированных галактик. Создавая выборку изолированных объектов, необходимо стремиться свести эти статистические погрешности к минимуму. При этом желательно, чтобы выборка была представительной, т.е. охватывала значительную область неба и имела достаточную глубину.

Успешной попыткой создания такой выборки является Каталог Изолированных Галактик

(КИГ) [1]. При его составлении в качестве критерия изолированности были приняты эмпирически подобранные соотношения:

$$X_{1i}/a_i \geq s = 20, \quad (1)$$

$$4 \geq a_i/a_1 \geq 1/4, \quad (2)$$

где индексы “1” и “i” относятся, соответственно, к фиксированной галактике и ее соседям. По этим условиям, галактика со стандартным угловым диаметром a_1 считается изолированной, если все “значимые” по размеру соседи с угловыми диаметрами a_i в интервале (2) находятся от нее на угловом расстоянии X_{1i} не ближе, чем $20a_i$. Условия (1) – (2) были применены к 27840 галактикам каталога CGCG [2], в котором представлены галактики северного полушария с видимыми фотографическими величинами $m_p < 15.7^m$. После визуального просмотра на картах Паломарского обзора неба POSS-I этих галактик и их окрестностей принятому критерию изолированности удовлетворили 1050 галактик на галактических широтах $|b| \geq 20^\circ$, что составило около 4% полного числа галактик CGCG.

С начала 2000-х гг. международный коллектив из Испании, США, Франции, Италии и Германии осуществляет долгосрочный проект AMIGA (<http://www.iaa.es/AMIGA.html/>). Целью проекта является изучение физических свойств наиболее изолированных галактик каталога КИГ и, особенно, межзвездной среды в них, с учетом наблюдательных данных, появившихся за последнее время. При этом эффективность критерия изолированности была проверена и подтверждена для большинства галактик КИГ.

В последние годы предпринимаются попытки создания новых каталогов изолированных галактик, в частности, на основе обзора SDSS [3]. Однако пока эти выборки охватывают лишь малую часть всего неба.

В настоящей работе мы представляем новый каталог изолированных галактик 2MIG, используя преимущества фотометрически однородного обзора 2MASS, который покрывает все северное и южное полушария.

2. ПОИСК ИЗОЛИРОВАННЫХ ГАЛАКТИК В ОБЗОРЕ 2MASS

Обзор Two Micron All-Sky Survey (2MASS) [4] был выполнен в трех полосах инфракрасного диапазона: J (1.11–1.36 мкм), H (1.50–1.80 мкм), K_s (2.00–2.32 мкм). Он содержит около 2.6 миллиона протяженных источников со звездными величинами K_s ярче 14.5^m . Из этого обзора было выделено 1.64 млн. галактик с $K_s \leq 14.5^m$ и угловыми

диаметрами более $10''$, которые составили 2MASS Extended Sources Catalog (XSC) [5]. Для объектов 2MASS XSC представлено большое число структурных и фотометрических параметров, определенных по единообразным процедурам, что обусловило его использование при создании ряда новых каталогов, например, каталога плоских галактик 2MFGC [6].

Для выделения изолированных галактик мы применяли к объектам каталога XSC 2MASS несколько модифицированные условия (1) и (2). Значение безразмерного “расстояния” до соседа $X_{1i}/a_i = X_{1i}/2r_i$ в условии (1) было увеличено до $s = 30$, поскольку инфракрасные диаметры галактик в 2MASS систематически меньше, чем их стандартные оптические диаметры [7]. Так, для галактик каталога RFGC [8] мы получили, что медианное значение отношения стандартного синего диаметра к инфракрасному составляет $a_{25}/2r_{20fe} = 1.5$ при большом разбросе этого отношения у галактик разной структуры [9]. Таким образом, галактика “1” с K -величиной $K_{20fe} \equiv K_s$ и изофотным K -диаметром $a_K \equiv 2r_{20fe}$ считалась изолированной, если для нее и любого ее значимого соседа выполнялись условия (1) и (2) при параметре $s = 30$. Проверяя изолированность галактики относительно ее возможных слабых спутников, мы применяли алгоритм выявления изолированных галактик ко всем галактикам-кандидатам с видимыми величинами в интервале

$$4.0^m < K_s \leq 12.0^m \quad (3)$$

и угловыми диаметрами

$$a_K \geq 30''. \quad (4)$$

Видимая величина $K_s = 12.0^m$ выбрана таким образом, чтобы она соответствовала пределу каталога КИГ для галактик с типичным показателем цвета $B - K_s = 3.5^m - 4.0^m$. При этом, до предельной звездной величины 2MASS обзора остается множество слабых галактик с $K_s = 12.0^m - 14.5^m$, которые участвуют в проверке условий изолированности. Ограничение по звездной величине на ярком конце обусловлено особенностями фотометрии в 2MASS самых протяженных ярких галактик [5]. Поскольку в каталог 2MASS XSC не включались объекты с угловыми диаметрами $a_K = 2r_{20fe} < 10''$, то для выполнения условия (2) вблизи его нижнего предела необходимо было ограничить также и угловые размеры самих галактик-кандидатов в изолированные. Мы приняли для них минимальное значение диаметра, равное $30''$, при котором наша выборка остается еще достаточно представительной, хотя для галактик малых диаметров $a_K = 30'' - 40''$ возникает некоторое рассогласование условий (2) и (4).

Автоматический отбор изолированных галактик выполнялся при помощи пакета `Pleinpot` (<http://leda.univ-lyon1.fr/pleinpot/pleinpot.html>), разработанного для редукации и анализа астрономических данных. Для каждого объекта и его ближайшего значимого соседа из каталога 2MASX были фиксированы координаты, K_s -величины и радиусы $a_K/2$. На площадке $31^\circ \times 31^\circ$ вокруг каждой из 51572 предполагаемых изолированных галактик выбирались все значимые по размеру соседи и определялись взаимные расстояния между фиксированной и соседней галактиками. Значимые соседи рассматриваемой галактики ранжировались по величине безразмерного расстояния s . Галактика классифицировалась как изолированная, если безразмерное расстояние всех ее значимых соседей превышало значение $s = 30$. Указанные выше площадки были выбраны с перекрытием в 1° , а общие изолированные галактики, попавшие на стыки соседних площадок, выявлялись и исключались. После применения автоматического алгоритма мы получили выборку из 4045 объектов, которые затем были подвергнуты визуальному просмотру.

Преимуществом обзора в ближнем инфракрасном диапазоне по сравнению с оптическими обзорами является его слабая зависимость от галактического поглощения. К главным недостаткам 2MASS обзора следует отнести малое время экспозиции (порядка 7 сек/объект), что сделало обзор нечувствительным к объектам низкой поверхностной яркости, особенно голубого цвета. В результате, в 2MASS обзоре оказалось не представленным множество иррегулярных карликовых галактик, игнорирование которых может серьезно сказаться на изолированности галактики. Поэтому на втором этапе нашей работы мы предприняли визуальный осмотр окрестностей каждой из 4045 отобранных галактик на снимках Первого и Второго Паломарского обзора неба, обращая внимание на объекты, пропущенные в 2MASS.

Сначала среди 4045 протяженных объектов были выявлены объекты, оказавшиеся не галактиками, а планетарными туманностями, звездными скоплениями и кратными звездами ($N = 250$). Их мы исключили из дальнейшего рассмотрения. Затем вокруг каждой из оставшихся 3795 галактик-кандидатов на площадках DSS-1 размером от $20' \times 20'$ до $60' \times 60'$ (в зависимости от диаметра a_1) измерялись оптические угловые диаметры соседних галактик и отмечались все значимые соседи согласно критерию Караченцевой (1) и (2). Галактику мы считали “очень изолированной”, если при осмотре окрестностей у нее не обнаруживалось значимых соседей ни в инфракрасном, ни в оптическом диапазонах. Всего таких

“2MASS Very Isolated Galaxies” (2MVIg) оказалось 2493, что составляет 4.8% среди галактик ярче $K_s = 12.0^m$ с диаметрами $a_K \geq 30''$. Если же на оптических снимках у галактики-кандидата находились значимые соседи, то мы дополнительно проверяли их лучевые скорости, используя базы данных LEDA и NED, а также каталоги пар и групп галактик [10, 11]. Среди 1302 галактик с одним или несколькими значимыми спутниками, обнаруженными на DSS, у 568 были отмечены соседи с лучевыми скоростями, близкими к скорости самой галактики-кандидата ($\Delta V_h < 500$ км/с). У остальных 734 предполагаемых изолированных галактик их значимые в проекции соседи не имеют измеренных лучевых скоростей. Значительная часть из них может пополнить список истинно изолированных галактик. К такому выводу мы пришли после сравнения лучевых скоростей галактики и ближайшего значимого соседа, а также по результатам наших измерений лучевых скоростей у соседей изолированных галактик Местного сверхскопления [12]. Объединенную выборку этих 734 галактик и 2493 галактик 2MVIg мы назвали каталогом 2MASS Isolated Galaxies, 2MIG. Условная схема построения выборки 2MIG и 2MVIg представлена на Рис. 1. Примеры изолированных галактик, отобранных в 2MASS и находящихся в различном окружении, показаны на Рис. 2a–2d. Репродукции извлечены из обзора DSS-1. Размер площадок $20' \times 20'$, север вверху, восток слева. Галактики — кандидаты в изолированные — помещены в центре, соседи отмечены стрелками. Кратко поясним варианты, встретившиеся при оптической проверке предполагаемых изолированных галактик. Рис. 2a — галактика не имеет значимых соседей ни в 2MASS, ни в DSS обзорах. Рис. 2b — соседняя галактика не видна в 2MASS, но значима в DSS. Согласно приведенным лучевым скоростям, она относится к ближнему фону и не влияет на изолированность галактики-кандидата¹. Рис. 2c — соседняя галактика не видна в 2MASS и значима в DSS. Из-за близости лучевых скоростей мы исключаем проверяемую галактику из списка изолированных. Рис. 2d — значимые в оптике соседние галактики не имеют оценок лучевых скоростей. В таком случае галактика-кандидат рассматривалась как возможно изолированная.

¹К этой группе относится галактика 2MIG 938. Формально его ближайший значимый сосед из списка 2MASX расположен на расстоянии $2s = 65$. Однако визуальный осмотр обнаруживает в контакте с KPG 123B другую галактику, KPG 123A, которая имеет сравнимые оптические размеры и детектирована как инфракрасный источник низкой поверхностной яркости в 2MASX. Поскольку лучевые скорости этих галактик отличаются на 900 км/с или на 700 км/с по данным из NED и LEDA, соответственно, мы вправе считать KPG 123B изолированной галактикой.

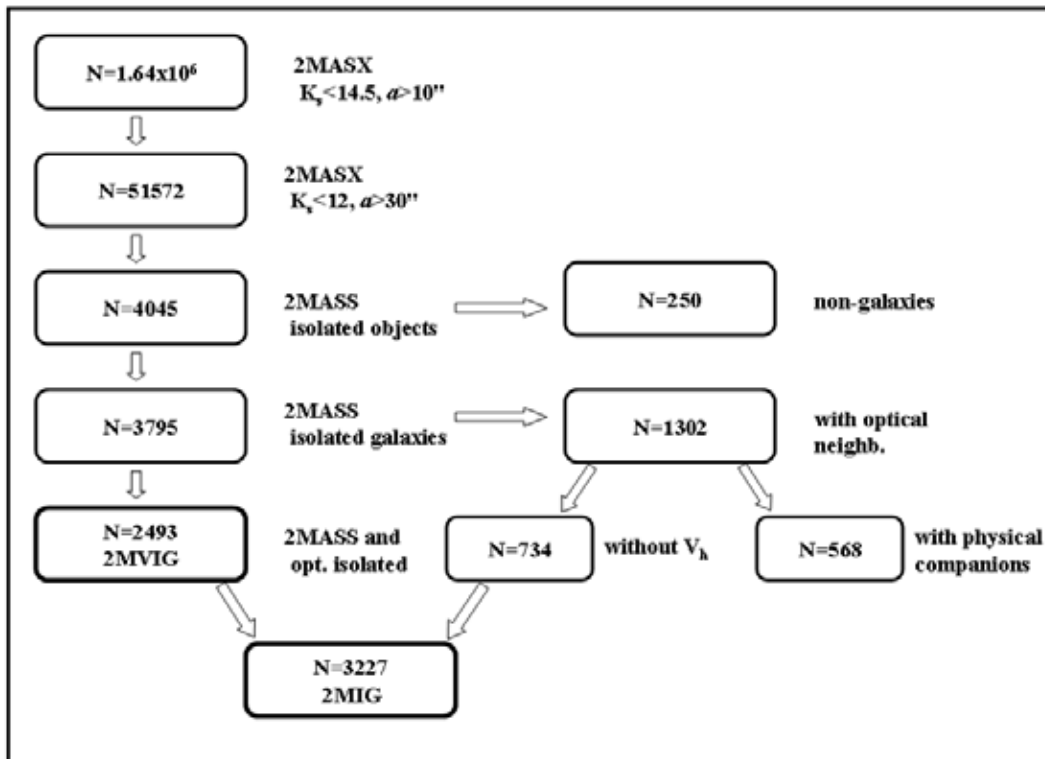


Рис. 1. Схема отбора изолированных галактик.

Отметим, наконец, особый случай, когда галактика 2MASX не имеет значимых соседей, однако в ее окрестностях встречаются карликовые объекты, “незначимые”, согласно критерию (1)–(2), но с лучевыми скоростями, близкими к скорости рассматриваемой галактики. Пример подобной системы показан на Рис. 2е (заметим, что в поле видны и другие голубоватые объекты, без измеренных лучевых скоростей). Формально мы считаем такие галактики изолированными. Системы, содержащие обособленную галактику, окруженную исключительно карликовыми спутниками, сами по себе представляют интерес с точки зрения их обилия и динамической эволюции. “Незначимые” спутники с близкими лучевыми скоростями обнаружены примерно у 5% галактик, входящих в 2MVIG.

3. КАТАЛОГ ИЗОЛИРОВАННЫХ ГАЛАКТИК 2MIG

По соображениям, изложенным выше, в общий каталог изолированных галактик 2MIG (часть которого представлена в Таблице) были включены 3227 объектов, среди которых имеется подвыборка 2493 наиболее изолированных галактик, 2MVIG. Электронная версия каталога доступна по адресу <ftp://cdsarc.u-strasbg.fr/pub/cats/VII/257>.

В столбцах Таблицы приведены:

- (1) порядковый номер в каталоге 2MIG;
- (2) экваториальные координаты из 2MASS на эпоху J2000.0;
- (3) имя галактики, приведенное в базе NED как основное. Если галактика не имела отождествлений в известных каталогах, тогда в столбце (3) она обозначалась как источник 2MASX с соответствующими координатами в столбце (2) либо номером PGC из базы данных LEDA;
- (4) r_{20fe} — угловой радиус (большая полуось) в угл.сек;
- (5) K_s — звездная величина из 2MASS, соответствующая изофоте K_{20fe} ;
- (6) $2s = X_{1i}/r_i$ — безразмерное “расстояние” между изолированной галактикой и ее ближайшим значимым соседом;
- (7) гелиоцентрическая лучевая скорость (в км/с), взятая из базы данных LEDA или NED. Всего в 2MIG содержится 2328 галактик с измеренными лучевыми скоростями (72%), а в 2MVIG — 1775 (71%);
- (8) морфологический тип по цифровой шкале де Вокулера. Визуальные оценки морфологического типа для галактик каталога были сделаны по изображениям галактик на оптических обзорках DSS-1, DSS-2, SDSS с привлечением также *JHK*-изображений 2MASS для центральных

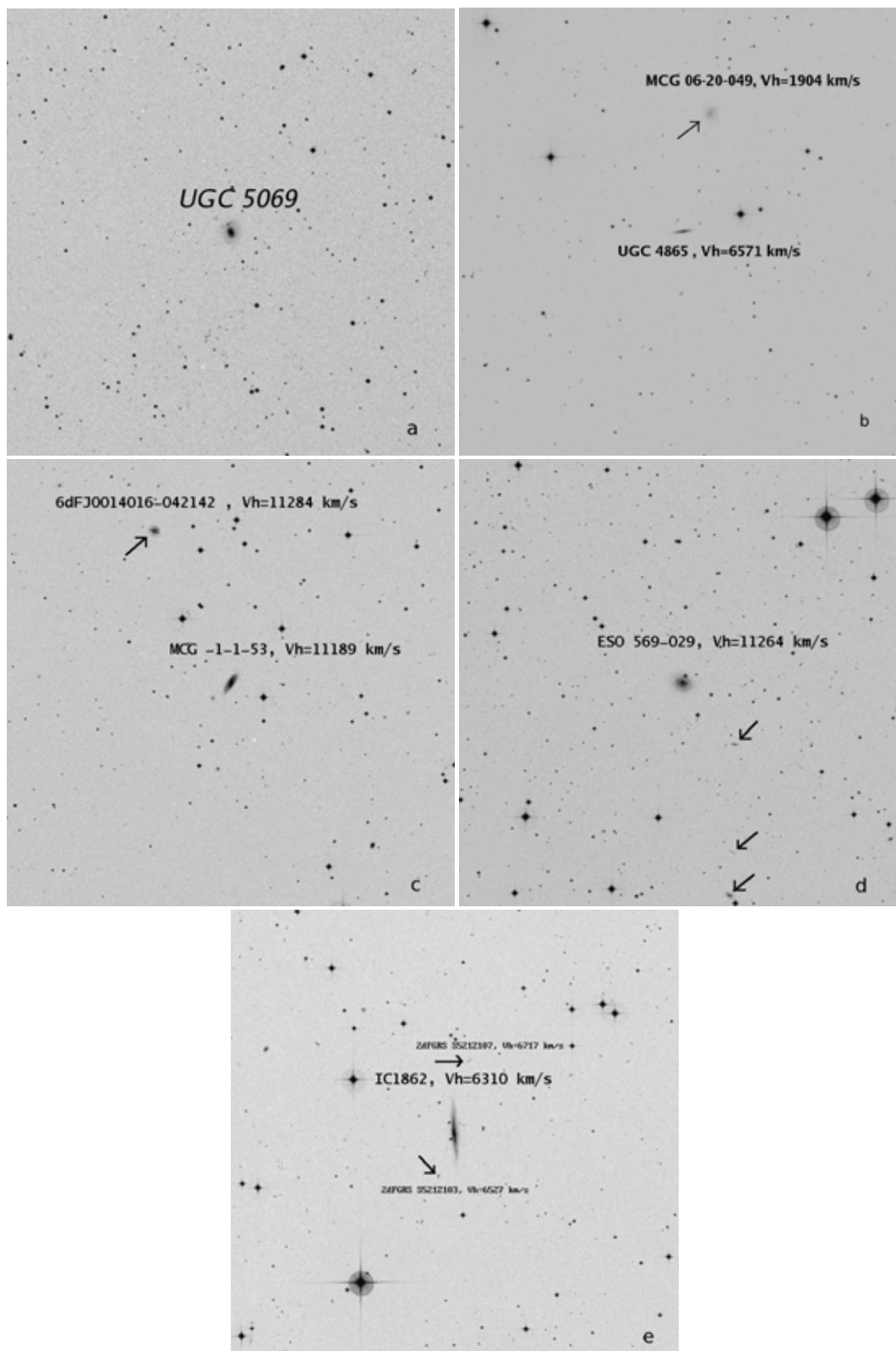


Рис. 2. Примеры изолированных галактик в различном окружении. Стрелками отмечены соседние галактики.

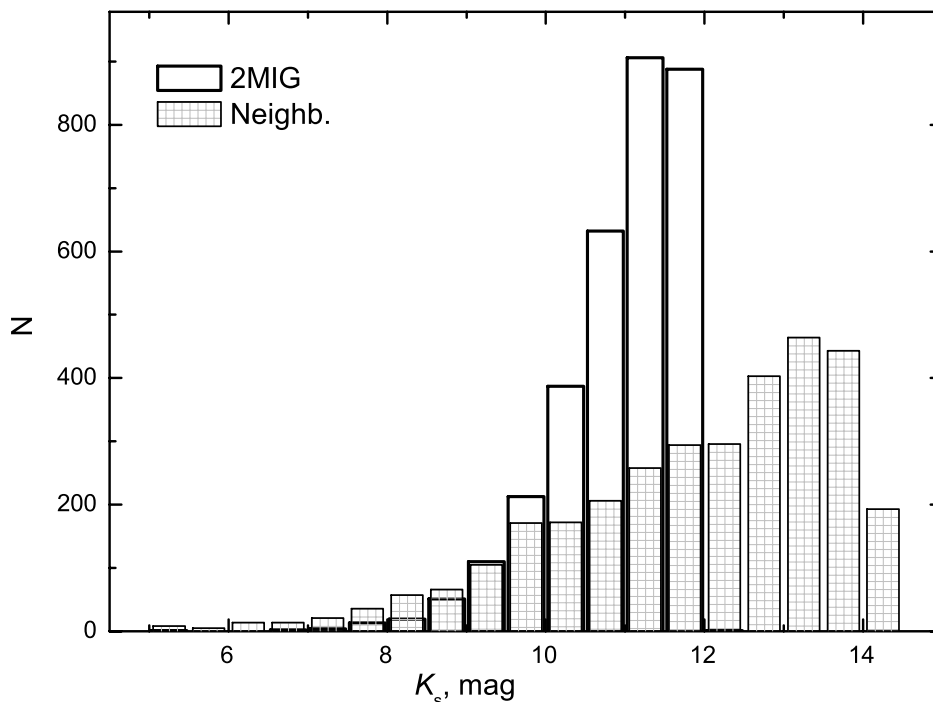


Рис. 3. Распределения изолированных галактик и их ближайших соседей по K_s -величине для галактик каталога 2MIG.

областей галактик. В зоне сильного поглощения на низких Галактических широтах $|b| < 10^\circ$ типы определялись менее уверенно. Для эллиптических галактик всех подклассов мы приняли единое обозначение $T = -2$, независимо от видимого сжатия галактики;

(9) число значимых соседей изолированной галактики, обнаруженных при дополнительном осмотре ее окрестностей на DSS-1; пробел относится к галактикам 2MVIG, у которых значимых соседей при оптическом просмотре не выявлено;

(10) комментарии, относящиеся к особенностям морфологии изолированной галактики, а также ее отождествления в NED с объектами КИГ, IRAS и каталогов активных и пекулярных галактик (Маркаряна, Арпа-Мадоре и др.). Там же отмечено (V_c — companion with velocity) наличие незначимых спутников с близкими ($\Delta V_h \leq 500$ км/с) лучевыми скоростями.

Среди галактик 2MIG нами отождествлено 244 галактики КИГ, 1053 инфракрасных источника IRAS, 94 галактики из каталогов и списков активных галактик; среди объектов 2MVIG их имеется, соответственно, 227, 820 и 69. Значительная доля изолированных галактик обнаруживает такие особенности, как бар, кольцо, либо асимметричную (пекулярную) структуру.

4. 2MIG ГАЛАКТИКИ И ИХ ЗНАЧИМЫЕ СОСЕДИ

Сравним некоторые характеристики изолированных галактик 2MIG и их ближайших значимых соседей, найденных в обзоре 2MASS XSC.

На Рис. 3 приводятся дифференциальные распределения числа изолированных галактик каталога 2MIG и их ближайших значимых соседей по видимой величине K_s . Выборка изолированных галактик характеризуется средней видимой величиной $\langle K_s \rangle = 10.94^m$ и стандартным отклонением $SD = 0.81^m$. Для выборки 2MVIG эти значения очень близки и составляют, соответственно, 10.90^m и 0.84^m . Распределения ближайших значимых соседей имеет заметно большую дисперсию и сдвиг в сторону более слабых видимых величин с параметрами $\langle K_s \rangle = 11.92^m$ и $SD = 1.76^m$.

Индивидуальные разности видимых K_s -величин (Рис. 4) между изолированными галактиками и их ближайшими соседями распределены асимметрично на интервале $[-5.5^m, +4.5^m]$ с максимумом вблизи $+2.0^m$. Около 1/3 галактик 2MIG имеют значимых соседей более ярких, чем сами изолированные галактики.

Дифференциальные распределения числа изолированных галактик и их ближайших значимых соседей по угловому диаметру a_K (в сек. дуги) представлены на Рис. 5. Наличие в каталоге 2MASS XSC минимального углового диаметра

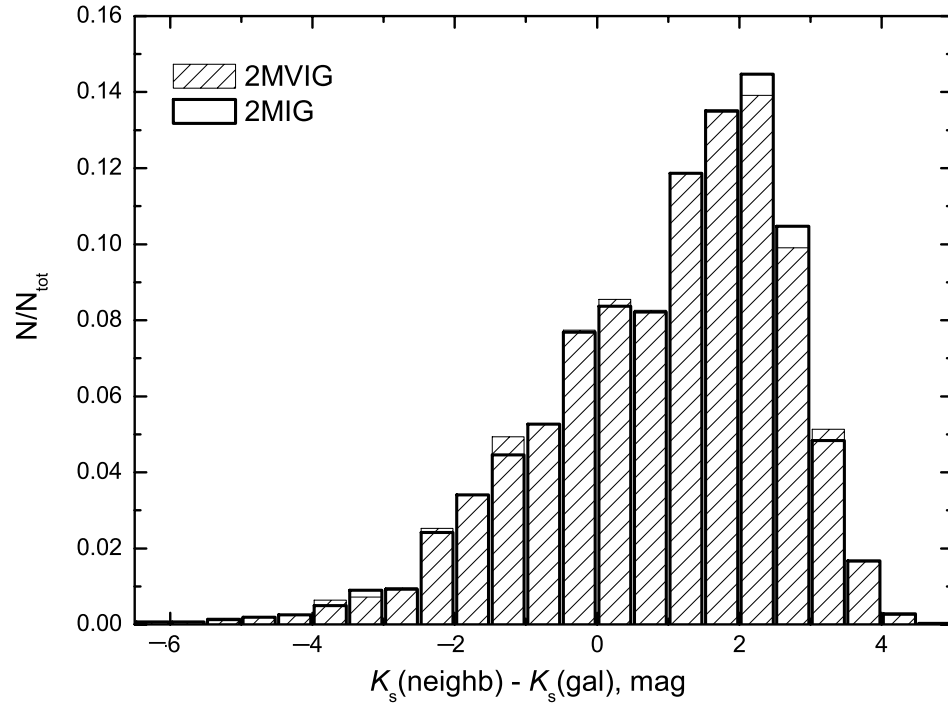


Рис. 4. Распределения галактик 2MIG и 2MVIG по разности видимой величины для пары “ближайший значимый сосед — изолированная галактика”.

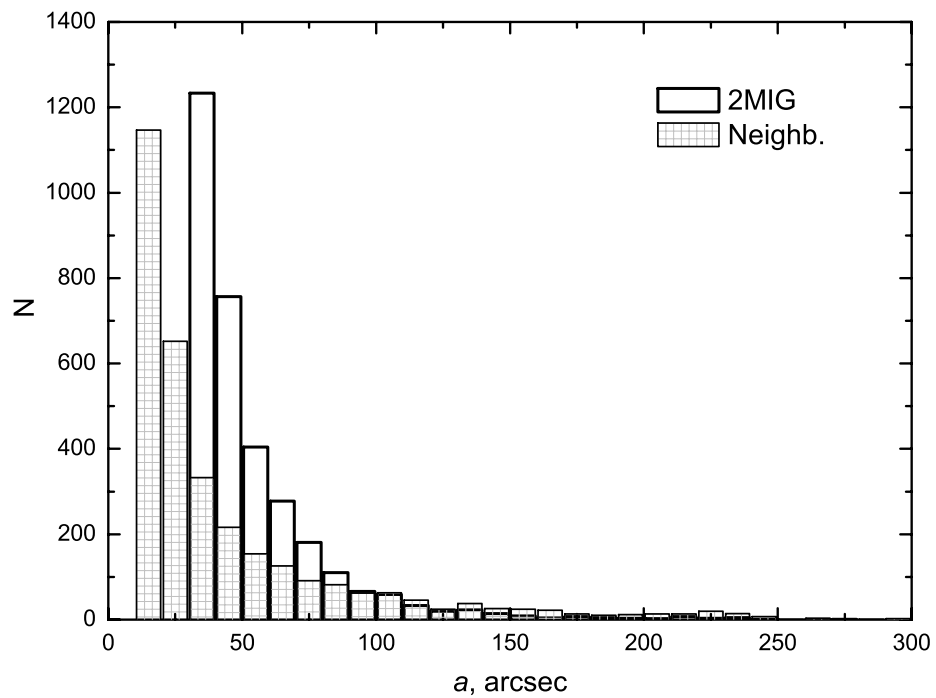


Рис. 5. Распределения галактик 2MIG и их ближайших значимых соседей по угловому диаметру.

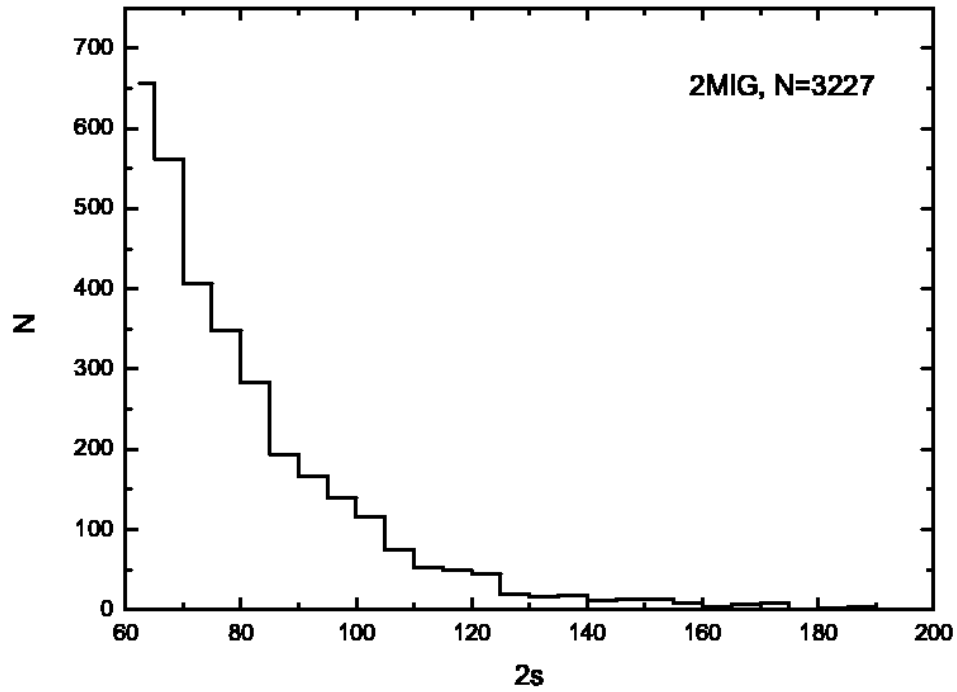


Рис. 6. Распределение ближайших соседей 3227 2MIG-галактик по величине безразмерного параметра $2s$.

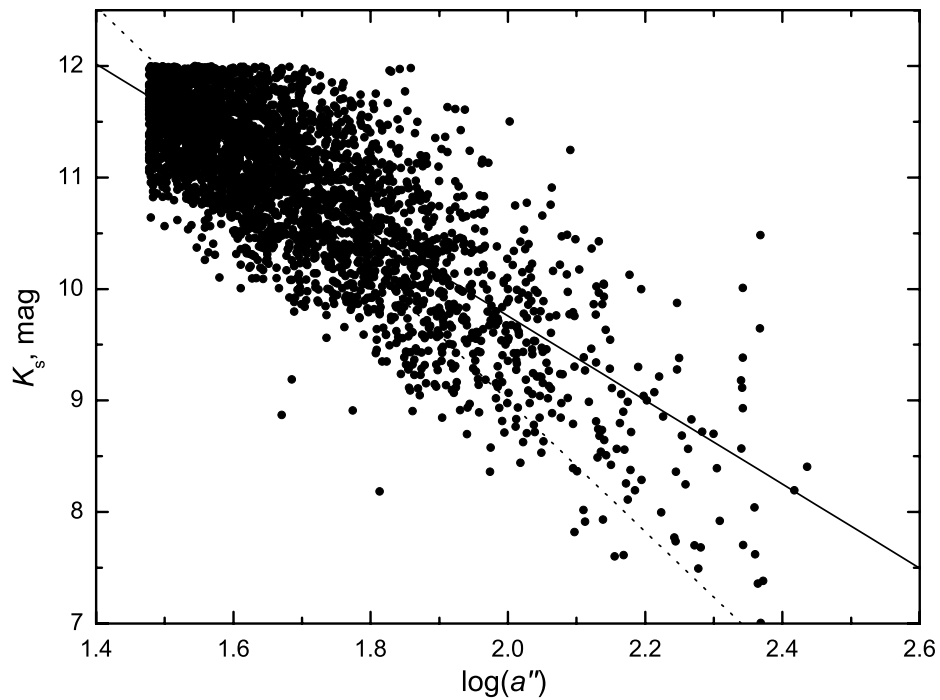


Рис. 7. Зависимость между видимой K -величиной и логарифмом углового диаметра для 3227 галактик каталога 2MIG. Сплошной и пунктирной линиями обозначены " $K_s - a$ " и " $a - K_s$ " регрессии соответственно.

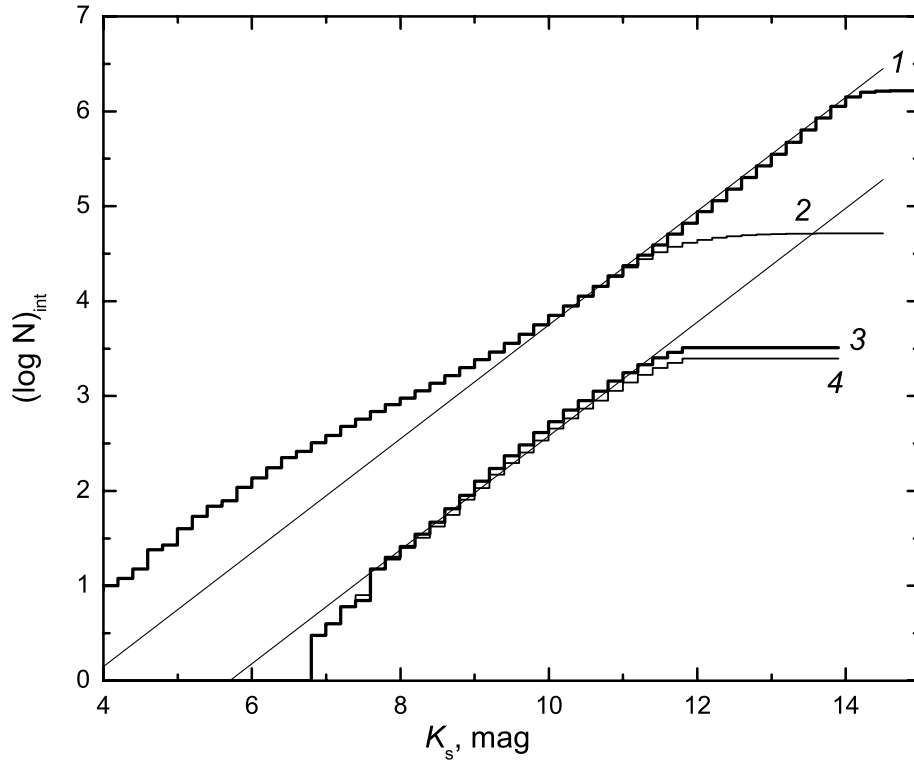


Рис. 8. Зависимость “число галактик — видимая величина” 1 — для всех галактик 2MASS XSC ($N = 1.6 \times 10^6$); 2 — для выборки 2MASS XSC с $K_s \leq 12^m$, $a_K \geq 30''$ ($N = 51572$); 3 — для каталога изолированных галактик 2MIG ($N = 3227$) и 4 — для выборки “истинно” или “very isolated” галактик 2MVIG ($N = 2493$). Прямые линии соответствуют однородному распределению $\log N(< K_s) \propto 0.6K_s$.

галактик $(a_K)_{min} = 10''$ в сочетании с условием (2) приводит к формальному требованию, чтобы в качестве кандидатов в изолированные рассматривались галактики с диаметрами $a_K > 40''$. Мы же ввели более мягкое ограничение $a_K \geq 30''$. Как видно из данных Рис. 5, использование условия $a_K > 40''$ привело бы к потере 1230 галактик, т.е. 38% нашей выборки.

Рис. 6 показывает распределение ближайших значимых соседей у 3227 2MIG-галактик по величине безразмерного параметра $2s$. Галактики каталога 2MIG имеют среднее значение $\langle 2s \rangle = 81.1$, и стандартное отклонение $SD = 21.3$, а для галактик 2MVIG эти параметры равны, соответственно, $\langle 2s \rangle = 81.9$, $SD = 21.8$, т.е. отличаются незначимо.

5. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА 2MIG ВЫБОРКИ

Соотношение между видимой величиной K_s и логарифмом углового диаметра a_K для 3227 2MIG-галактик представлено на Рис. 7. Оно характеризуется линией прямой регрессии $\langle K_s | a \rangle = -3.77 \log a + 17.29$ (сплошная

прямая) со стандартным отклонением $SD = 0.49^m$; обратная регрессия $\langle \log a | K_s \rangle = -0.17K_s + 3.53$ показана пунктиром.

Рис. 8 воспроизводит зависимость интегрального числа галактик от видимой величины K_s для различных выборок: 1 — всех 1.65 миллиона 2MASS XSC галактик, участвовавших в проверке условий изолированности; 2 — 51572 галактик ярче $K_s = 12.0^m$ с угловыми диаметрами $a_K \geq 30''$, которые подвергались проверке на изолированность; 3 — 3227 галактик 2MIG с $K_s < 12.0^m$ и $a \geq 30''$, вошедших в каталог изолированных; 4 — 2493 наиболее изолированных галактик выборки 2MVIG. Две параллельные прямые показывают однородное распределение с наклоном $0.6K_s$. Как видно из этого рисунка, слабые протяженные галактики 2MASS обзора хорошо следуют однородному распределению, а избыток их числа на ярком конце ($K_s < 9^m$) объясняется влиянием Местного сверхскопления. Из сравнения распределений 1 и 2 можно заключить, что введение ограничения $a_K \geq 30''$ для галактик — кандидатов в изолированные с $K_s \leq 12^m.0$ уменьшает их число примерно на 40%. Изолированные галактики всего каталога 2MIG и подвыборки 2MVIG хорошо со-

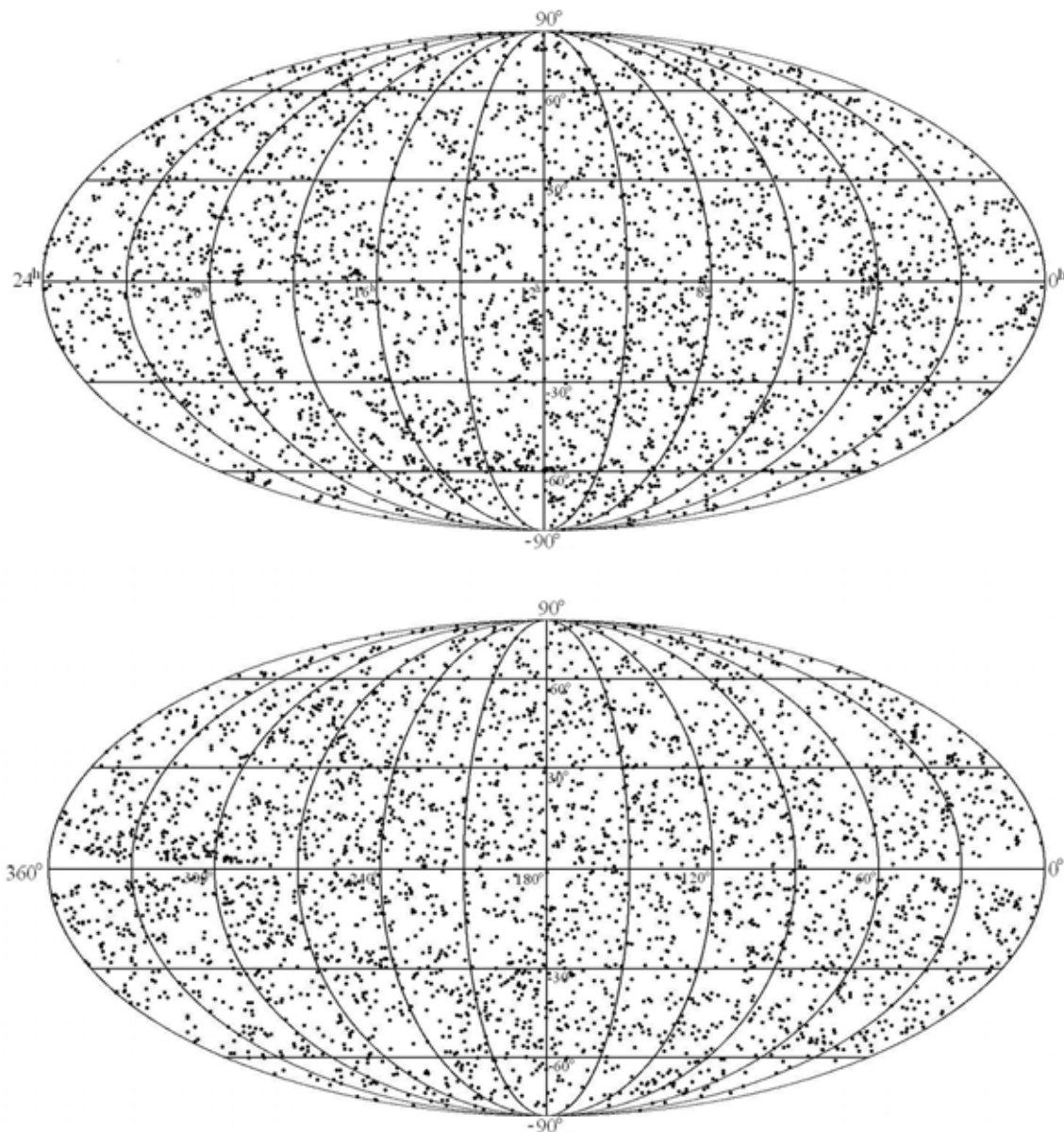


Рис. 9. Распределение по небу 3227 изолированных галактик в экваториальных (вверху) и галактических (внизу) координатах.

ответствуют однородному распределению, демонстрируя лишь некоторый недобор изолированных объектов среди ярких галактик (ожидаемый из-за влияния Местного сверхскопления). Таким образом, использованный нами критерий выделяет примерно одну и ту же долю изолированных объектов как среди близких, так и среди далеких галактик. Заметим, что выборка изолированных галактик, отобранных в обзоре SDSS[3], обнаруживает сильную зависимость доли изолированных галактик от их видимой величины, т.е. она подвержена существенному эффекту избирательности.

Распределения 2MIG галактик на небе в

экваториальных и галактических координатах представлены на Рис.9. Распределение выглядит вполне однородным, не показывая заметного избытка или же недостатка галактик в областях известных близких скоплений Virgo, Fornax или Coma. Средняя плотность числа изолированных галактик почти не меняется с галактической широтой, что подтверждает эффективность 2MASS обзора, который лишь в малой степени зависит от Галактического поглощения. Тем не менее, в направлении на центр Млечного пути (на галактических долготах $l = \pm 30^\circ$ и широтах $b = \pm 7^\circ$) распределение 2MIG галактик обна-

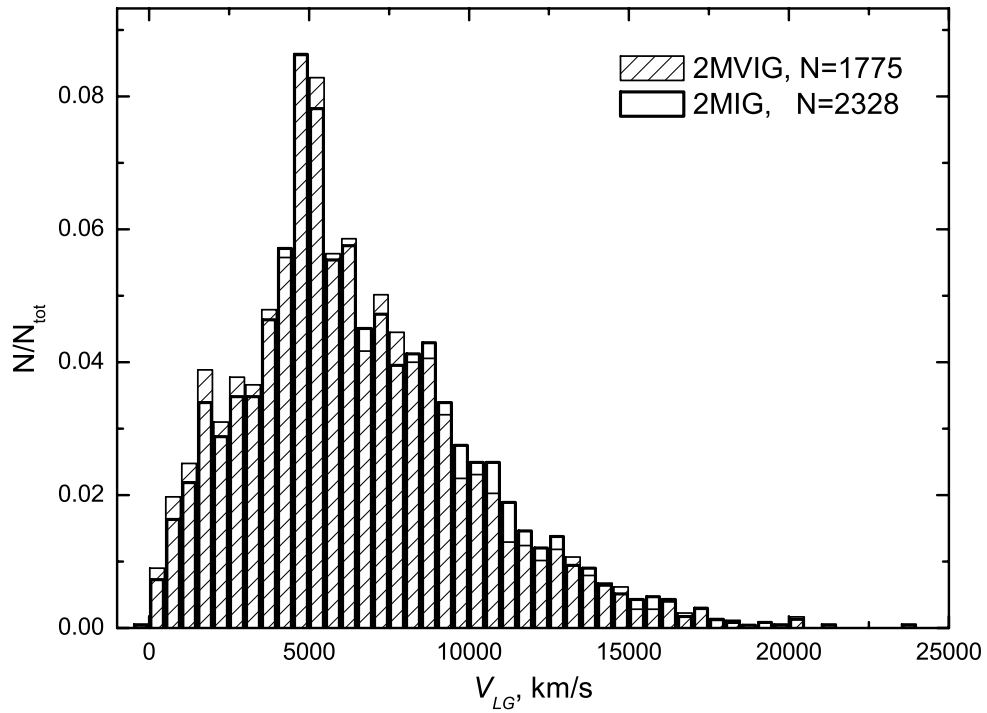


Рис. 10. Распределение 2MIG и 2MVIG галактик по лучевым скоростям V_{LG} .

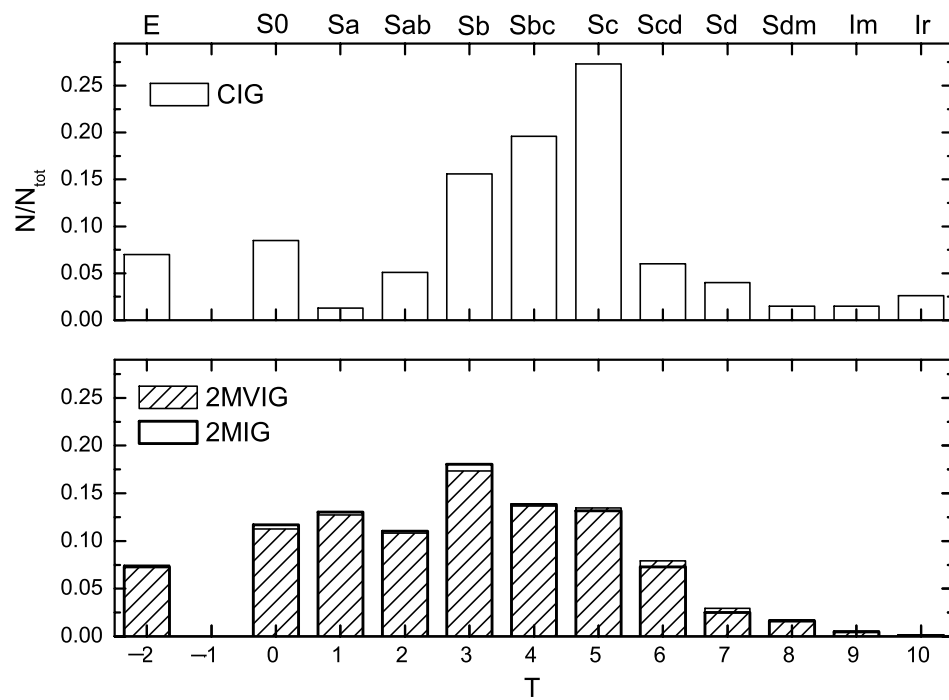


Рис. 11. Распределение изолированных галактик по морфологическим типам: галактики КИГ из работы [16] и 2MIG галактики.

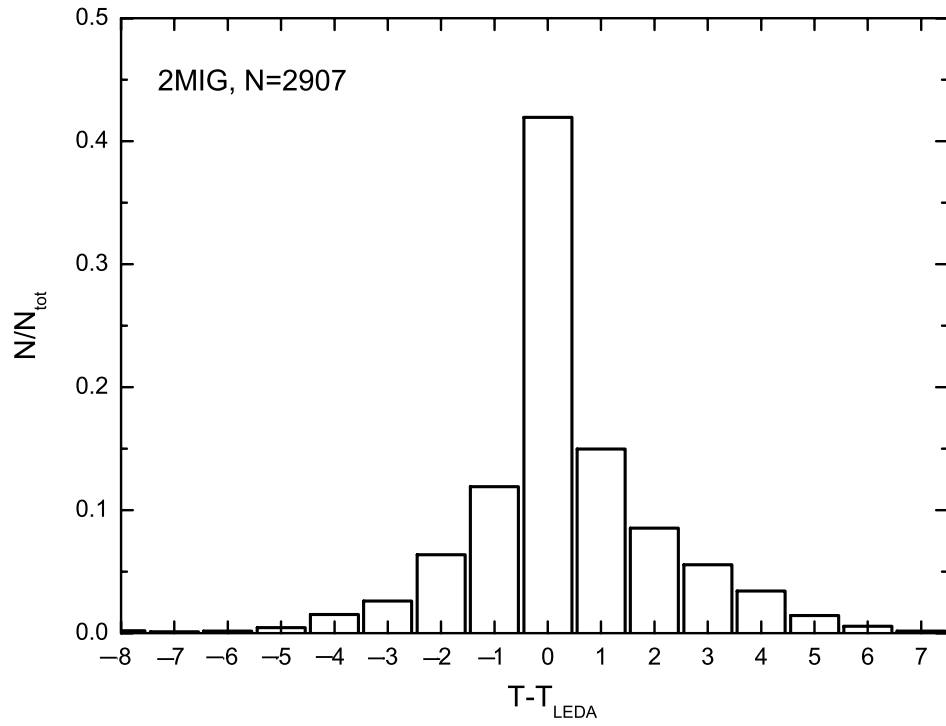


Рис. 12. Сравнение оценок морфологических типов галактик 2MIG, приведенных в нашей работе, с данными в базе LEDA.

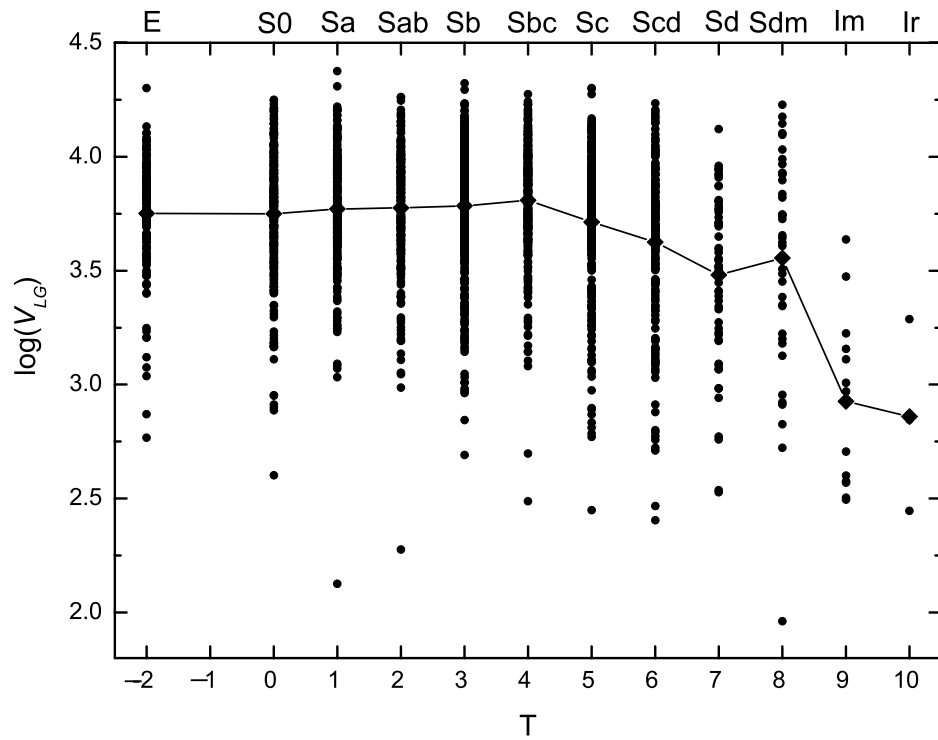


Рис. 13. Зависимость “лучевая скорость — морфологический тип”. Линия соединяет медианные значения лучевой скорости внутри каждого типа.

руживает пустоты и сгущения, вызванные как межзвездным поглощением, так и высокой плотностью звездных изображений, формирующих иногда ложные 2MASS XSC-источники, принимаемые за галактики. По этим соображениям указанную область вблизи центра нашей Галактики следует исключать при строгом статистическом анализе 2MIG каталога.

Более 70% 2MIG галактик имеют измеренные лучевые скорости. Распределение 2328 изолированных галактик нашего каталога по лучевым скоростям относительно центра Местной группы представлено на Рис. 10. Среди них 1775 галактик выборки 2MVIG отмечены штриховкой. Пик распределения приходится на 5000 км/с, а средняя лучевая скорость составляет 6570 км/с (2MIG) и 6360 км/с (2MVIG). Таким образом, характерная глубина новой выборки изолированных галактик примерно соответствует глубине каталога КИГ (6624 км/с [13]). Заметим, что у ближайших значимых соседей 2MIG-галактик средняя лучевая скорость (12000 км/с) почти в два раза больше скорости самих изолированных галактик, т.е. большинство соседних в проекции галактик относятся к дальнему фону и не связаны с изолированными.

Распределение относительного числа 2MIG галактик по морфологическим типам представлено на нижней панели Рис. 11. Подвыборка более изолированных галактик 2MVIG помечена на ней штриховкой. Частота встречаемости разных морфологических типов в 2MIG и 2MVIG различается незначительно. Эллиптические и линзовидные галактики составляют около 19%, а относительное число иррегулярных галактик ($T = 9, 10$) не превышает 1%. Согласно первоначальным оценкам [14], относительное число E и S0 галактик

в КИГ равно 18%, что практически совпадает с их долей в 2MIG. Частота встречаемости иррегулярных галактик в КИГ — 10%, что на порядок выше, чем в новом каталоге. Недавно авторы работ [15] и [16] провели ревизию морфологических типов у галактик КИГ, используя для этого снимки Второго Паломарского обзора и Слоановского обзора. По данным [16], приведенным на верхней панели Рис. 11, E и S0 галактики в КИГ составляют 16%, а иррегулярные — 4%. Из сравнения верхней и нижней панелей Рис. 11 следует, что среди 2MIG галактик обилие эллиптических и линзовидных примерно такое же, как и в КИГ, однако частота встречаемости в 2MIG спиральных галактик ранних типов (Sa, Sab) заметно выше, чем в КИГ. Эти различия выглядят вполне ожидаемыми, если учесть малую чувствительность инфракрасного обзора к протяженным структурам голубого цвета и низкой поверхностной яркости, характерным для галактик поздних типов. Чтобы оценить точность определения морфологических типов галактик, мы сравнили наши определения с морфологическими типами 2907 2MIG галактик, приведенными в LEDA. Распределение разности двух независимых оценок представлено на Рис. 12. В 69% случаев определения различаются не более чем на один структурный тип. Однако иногда встречаются и большие различия. Значительные расхождения в оценке типов возникали, например, в тех случаях, когда голубая компактная галактика регулярной формы принималась за эллиптическую. Наличие инфракрасных изображений для всех 2MIG-галактик позволяло нам делать различия между BCG и E галактиками более уверенно.

Таблица. Каталог изолированных галактик 2MIG

2MIG	RA,DEC(J2000)	Название	r	K_s	$2s$	V_h	T	N	Комментарии
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	00002508+0751138	UGC12892	23.7	11.12	66		2		Bar, ring
2	00005858-3336429	ESO349-017	21.6	11.55	61	6909	5		Vc
3	00015230+4020109	UGC12917	20.9	11.62	95		3	2	Bar, ring
4	00020314-4521288	PGC130018	17.9	11.51	76	11639	3		
5	00030565-0154495	UGC00005	30.1	10.34	99	7296	4	1	Bar, III, KIG1, IRAS
6	00034871-4337058	PGC262	18.8	11.73	74	9076	2		AM0001-435
7	00041078-1313190	PGC941042	17.2	11.89	63		3	2	
8	00050536-0705363	IC1528	41.4	10.39	94	3768	3	2	III
9	00051322-1130093	IC1529	21.9	10.37	113	6751	0	2	Pec, ring

Таблица. Продолжение

2MIG	RA,DEC(J2000)	Название	r	K_s	$2s$	V_h	T	N	Комментарии
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
10	00054271-7542251	ESO028-009	26.6	11.07	106	6042	4	1	IRAS
11	00081466+0746487	UGC00067	32.1	10.40	78	11833	2		Ring
12	00083428-1056579	MCG-02-01-028	20.5	11.84	101	9109	2	1	Bar, ring
13	00083453-3351299	NGC0010	56	9.48	67	6806	3		Bar, IRAS, Vc
14	00084249+3726523	NGC0011	43	9.98	181	4390	1	2	IRAS
15	00085471+2349009	NGC0009	22.2	11.80	125	4527	3		Рес, HII, KIG6, IRAS
16	00090246+2137279	NGC0015	26.9	10.42	64	6330	1	1	
17	00090345-3254509	ESO349-033	26	10.99	61	6892	3	2	IRAS
18	00090421+1055081	UGC00081	29.3	10.72	76	6674	3	3	
19	00095654-2457472	NGC0024	83	9.22	147	554	5		IRAS
20	00101611+3206223	CGCG499-061	15.3	11.72	71	19372	3	1	
21	00110081-1249206	IC0002	20.3	11.24	80		2		IRAS
22	00110634+0240406	CGCG382-030	21.4	11.58	72	12760	4		Ring, KIG7
23	00140398-2310555	NGC0045	49.3	10.07	79	466	8		Bar, IRAS
24	00141284+2245591	CGCG478-044	16.4	11.02	80		1	1	
25	00144279-6019425	NGC0053	38.8	10.30	112	4572	2		Bar, ring
26	00145057-8659351	ESO002-006	31.7	9.92	167		-2		
27	00151647-5714412	ESO111-022	22	11.13	72	9800	3		Ring, Vc
28	00161479+1019565	UGC00151	23.9	10.36	84	5254	-2		KIG13
29	00165087-0516060	MCG-01-01-064	32.7	10.64	81	3943	1	1	Bar, LINER, HII, IRAS
30	00170507+4209410	UGC00158	19.1	11.69	65	5065	3		
31	00170970-0342489	MCG-01-01-067	19.8	10.83	67	10959	-2		
32	00175470-4755408	ESO194-001	20.6	11.87	67	11450	5	1	
33	00181211+1311321	MCG+02-01-031	24.2	10.99	92	4131	1		IRAS
34	00182395+4843543	UGC00171	21.5	10.54	62	5266	4		Рес, HII, IRAS
35	00194400-1407184	IC0009	15.3	11.36	87	12622	3	1	Ring, Sy2, HII, IRAS
36	00194874+2346214	IC1540	28.3	10.85	65	5827	3		Bar
37	00200006-0620013	MCG-01-02-001	24.2	11.38	73	3709	2		Bar, pec
38	00214374-6142399	ESO112-001	29.2	11.16	61		5		
39	00215111-0929321	MCG-02-02-005	20.8	11.37	113	6267	3	1	Ring, IRAS
40	00220122+4908003	CGCG549-038	23.5	10.95	74	5144	4		Рес, HII, IRAS
41	00223386-0829109	MCG-02-02-007	21.9	11.07	110	5692	4	1	
42	00231109-5937029	ESO111-026	17	11.36	102		2	1	

Таблица. Продолжение

2MIG	RA,DEC(J2000)	Название	r	K_s	$2s$	V_h	T	N	Комментарии
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
43	00233603+2051113	UGC00225	17	11.28	78		1	1	
44	00235461-3232103	NGC0101	32.9	10.77	122	3383	5		Bar, HII, IRAS
45	00243651-1357229	NGC0102	28.8	10.74	63	7332	0		Bar, ring
46	00245879+4339459	UGC00236	17.4	10.76	94	5104	-2		KIG20
47	00250335+3120411	UGC00238	33.9	10.57	78	6766	4	1	LINER, IRAS
48	00252991+4555181	UGC00243	57.8	9.61	78	5076	3		IRAS, Vc
49	00260321-0720047	PGC172039	15.1	11.29	66	15888	0	1	
50	00261744-0429323	MCG-01-02-014	31.2	10.98	92	3983	2		Bar, pec, HII, IRAS
51	00262976-6003220	PGC127809	21.4	11.33	83	4749	3	1	AM0024-602, IRAS
52	00265513-4438186	ESO242-009	16.1	11.80	64		9	2	
53	00265761-5658408	NGC0119	27.3	10.00	71	7430	-2		
54	00272276+1050542	UGC00266	18.5	11.33	61		1	2	
55	00281783-0929343	MCG-02-02-020	18.8	11.91	61	16959	3		
56	00290063-0819062	MCG-02-02-025	15.2	11.24	68	6110	0		
57	00291681+5319125	PGC2437721	18.5	11.05	82		1		
58	00294166-5131145	ESO194-021	35.9	9.12	123	3496	-2		
59	00294368+2128365	IC1552	27.9	10.99	100	5600	5		KIG23, IRAS
60	00300543-6013492	PGC143541	18.8	11.36	81	11923	1		
61	00302865+0551405	CGCG409-021	19.4	11.10	64	7087	0		
62	00304038-2842454	ESO410-015	22.6	10.99	64	7307	1		Vc
63	00304382-5900258	ESO112-006	15.5	11.44	72	8642	2	1	IRAS
64	00313584+1436442	UGC00316	26	11.51	66	11432	6		Vc
65	00314682+6817323	PGC137056	16.4	11.69	62		5		
66	00324265-1119054	MCG-02-02-049	44.6	10.35	62	4031	5		IRAS
67	00331028-1308462	MCG-02-02-051	15.8	11.81	64	6179	4		Bar, ring, IRAS
68	00333080+2254100	CGCG479-039	15.8	11.48	98	4599	0		KIG27, IRAS
69	00342461+1216066	IC0031	32.4	10.37	79	9515	2	1	
70	00344675-0823473	NGC0157	95.5	7.68	65	1673	4		Bar, IRAS
71	00345798-5133233	PGC129232	20.6	11.85	71		4	2	
72	00360908+5522418	PGC137012	21.2	11.35	64		3		
73	00372152-1956032	NGC0171	64.5	9.39	62	3884	2		Bar, ring, VV791A, IRAS
74	00373987+1021287	IC0035	20	11.13	95	4587	6	2	KIG30
75	00375565+0454408	CGCG409-049	26.4	11.25	75	8489	5		IRAS, Vc

Таблица. Продолжение

2MIG	RA,DEC(J2000)	Название	r	K_s	$2s$	V_h	T	N	Комментарии
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
76	00375769+0838068	NGC0180	55.2	9.73	69	5279	4	1	Bar, IRAS
77	00382373+1502223	UGC00386	16.3	11.18	64	5376	1		MRK343, IRAS, Vc
78	00383973+1724113	UGC00393	19.2	11.38	91	5432	3		Vc
79	00391554-4304315	ESO242-023	34.3	10.72	67	4026	5		Pec, IRAS
80	00393031+2304220	CGCG479-053	16.6	11.55	60		2	1	
81	00393535-4717285	2MFGC472	15.7	11.86	82		3	1	
82	00403145-4559074	ESO242-024	31.3	10.39	99	3695	1		Bar, IRAS
83	00410364+3143576	UGC00433	50.8	10.22	89	4654	5		IRAS
84	00411934+6855542	PGC137148	15.6	11.80	98		3	1	
85	00432575-5010580	NGC0238	53.1	10.06	96	8614	3		Bar, ring, IRAS, Vc
86	00433238+1420334	NGC0234	34.4	9.62	151	4457	5	1	IRAS
87	00441293-1235316	MCG-02-03-004	20.3	11.15	84	6784	0	1	IRAS
88	00450202-6045373	ESO112-009	18.7	10.92	83	10500	0	1	
89	00454643-1535487	NGC0244	18	11.32	81	941	9		VV728
90	00471276+2908110	2MFGC00567	16.5	11.34	71	5706	2		IRAS, Vc
91	00475430+6807433	2MFGC574	37	10.86	96		5		
92	00480150+0817494	NGC0257	40.3	9.66	78	5276	4	1	IRAS
93	00484212-4040202	2MFGC00586	20.1	11.96	97	10038	5		
94	00484744-4609041	PGC130104	15.4	11.60	61	15860	0	1	
95	00493452-4652279	ESO243-002	20.2	11.62	112	8886	5		
96	00493887+2255564	UGC00506	24.6	10.33	79	7462	-2		
97	00494975-3520031	ESO351-010	18.8	11.63	92		4	1	
98	00500923-1326404	PGC937908	16.9	11.67	93		1	2	
99	00500956-0511376	NGC0268	32	10.58	87	5477	4		Bar, IRAS
100	00501956+6702517	PGC2796450	22.3	10.64	92		0		
101	00502252+1142376	UGC00513	16.3	11.86	66	11901	3	1	
102	00513111-3739192	MCG-06-03-001	16.8	11.10	75	7005	0	1	
103	00521377+4419514	UGC00530	25.4	10.74	99	5331	1	1	
104	00533211-5806256	IC1597	21	11.93	67	5053	3	2	Bar, pec, ring
105	00543974-6317016	ESO079-010	21.5	11.30	67	5662	5	2	IRAS
106	00544282+2131215	IC1596	18.9	11.63	90	2675	3	1	KIG39
107	00544941+1032160	UGC00558	21.8	11.41	96	11731	1		KIG40
108	00550242-1340415	IC0058	16.8	11.11	66	6292	-2		Vc

Таблица. Продолжение

2MIG	RA,DEC(J2000)	Название	r	K_s	$2s$	V_h	T	N	Комментарии
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
109	00554165+4902072	CGCG550-018	19.4	11.24	67		1		
110	00565241-3157466	NGC0314	20.2	10.79	64	5615	0		Bar, ring, IRAS, Vc

Приведенные выше частоты встречаемости галактик разных типов в 2MIG и КИГ относятся к каталожным выборкам. В фиксированном объеме эти частоты могут быть иными, поскольку галактики разных типов имеют различные светимости. На Рис. 13 представлены лучевые скорости 2MIG-галактик в зависимости от их морфологического типа. Как видим, у галактик типов от E до Sc медианная лучевая скорость приблизительно одинакова, около 5600 км/с, у более поздних типов она уменьшается и составляет для Im + Ig галактик всего порядка 800 км/с. Этот тренд лучевой скорости отражает изменение средней инфракрасной светимости вдоль морфологической последовательности типов. Поскольку иррегулярные галактики попадают в каталог из объема примерно в 300 раз меньшего, чем галактики типов E – Sc, то их представительство в единичном объеме должно быть гораздо выше каталожного. Это очевидное соображение подтверждается данными нового каталога изолированных галактик в Местном сверхскоплении [17]. Здесь в выборке, ограниченной лучевой скоростью галактик, относительное число иррегулярных галактик достигает 30%.

6. ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫЕ ЗАМЕЧАНИЯ

Мы выполнили автоматический поиск изолированных галактик среди протяженных источников инфракрасного обзора Two Micron All Sky Survey (2MASS XSC), имеющих звездные величины K_s в интервале $4.0^m < K_s \leq 12.0^m$ и инфракрасные угловые диаметры $a_K \geq 30''$.

Для проверки изолированности было использовано более полутора миллионов объектов 2MASS XSC с видимыми величинами $K_s < 14^m.5$. Из полученной выборки 4045 кандидатов в изолированные галактики были исключены объекты, оказавшиеся планетарными туманностями или звездными скоплениями ($N = 250$). Поскольку 2MASS обзор нечувствителен к голубым галактикам низкой поверхностной яркости, мы провели осмотр окрестностей каждой галактики-кандидата на цифровых оптических обзорах неба POSS-I, POSS-II и SDSS. В результате мы нашли 2493 особо изолированные галактики, которые

не имеют значимых по критерию Караченцевой спутников также и в оптическом диапазоне (выборка 2MVIS). Использование доступных нам данных о лучевых скоростях обнаружило 567 галактик, которые не являются изолированными, поскольку имеют значимых спутников или же входят в состав групп. Оставшаяся часть галактик без лучевых скоростей ($N = 734$) вместе с выборкой 2MVIS образовала сводный каталог изолированных галактик (2MIG) с общим числом объектов $N = 3227$.

Распределение 2MIG галактик на небе выглядит достаточно равномерным, не показывая заметного избытка или недостатка числа галактик в областях близких скоплений и групп. Среди галактик ярче $K_s = 12^m.0$ с диаметрами $a_K \geq 30''$ изолированные галактики нашего каталога составляют около 6%, причем обилие 2MIG галактик оказывается примерно одинаковым как среди ярких, так и среди слабых (далеких) галактик. Средняя лучевая скорость изолированных галактик равна 6500 км/с, что делает 2MIG выборку сравнимой по глубине с каталогом оптически изолированных галактик КИГ [1]. В новом каталоге изолированные E и S0 галактики составляют примерно такую же долю (19%), что и в КИГ (16–18%), однако спиральные галактики поздних типов и иррегулярные галактики представлены в 2MIG в существенно меньшей пропорции.

Представленный каталог может рассматриваться как однородная опорная выборка для изучения влияния окружения на структуру и эволюцию галактик.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы признательны Д. И. Макарову за ценные обсуждения и помощь в работе с пакетом the Pleinpot environment. В работе были использованы цифровые обзоры неба DSS (<http://archive.eso.org/dss/dss>), SDSS (<http://www.sdss.org>), а также базы данных HYPERLEDA (<http://leda.univ-lyon1.fr/>) и NED (<http://nedwww.ipac.caltech.edu/>). Ольга Мельник выражает благодарность Бельгийскому департаменту по научной политике (Belgian Science Policy) за финансовую поддержку.

Работа частично поддержана грантами РФФИ: № 06–02–04017–ННИО-а, № 07–02–00005-а и № 09–02–90414-Укр-ф-а, а также ГФФИ МОН Украины Ф28.2.059.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. В. Е. Караченцева, Сообщения САО **8**, 3 (1973).
2. F. Zwicky, E. Herzog, P. Wild, M. Karovicz, and C. T. Koval, *Catalogue of Galaxies and Clusters of Galaxies*, v. I–VI (California Institute of Technology, 1961–1968).
3. S. S. Allam, D. L. Tucker, B. C. Lee, and J. A. Smith, *Astronom. J.* **129**, 2062 (2005).
4. M. F. Skrutskie, S. E. Schneider, R. Steining, et al., in *The Impact of Large Scale Near-IR Sky Surveys*, Ed. by F. Garzon et al. (Netherlands: Kluwer, 1997), p.25.
5. T. N. Jarrett, T. Chester, R. Cutri, et al., *Astronom. J.* **119**, 2498 (2000).
6. S. N. Mitronova, I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **57**, 5 (2004).
7. T. N. Jarrett, T. Chester, R. Cutri, et al., *Astronom. J.* **125**, 525 (2003).
8. I. D. Karachentsev, V. E. Karachentseva, Yu. N. Kudrya, et al., *Bull. Spec. Astrophys. Obs.* **47**, 5 (1999).
9. I. D. Karachentsev, S. N. Mitronova, V. E. Karachentseva, et al., *Astronom. and Astrophys.* **396**, 431 (2002).
10. I. D. Karachentsev and D. I. Makarov, *Astrophysical Bulletin* **63**, 299 (2009).
11. D. I. Makarov and I. D. Karachentsev, *Astrophysical Bulletin* **64**, 24 (2009).
12. О. В. Мельник, В. Е. Караченцева, И. Д. Караченцев и др., *Астрофизика* **52**, 203 (2009).
13. S. Verley, S. C. Odewahn, L. Verdes-Montenegro, et al., *Astronom. and Astrophys.* **470**, 505 (2007).
14. И. Д. Караченцев и В. Е. Караченцева, *Астрон. ж.* **51**, 724 (1974).
15. J. W. Sulentic, L. Verdes-Montenegro, G. Bergond, et al., *Astronom. and Astrophys.* **449**, 937 (2006).
16. H. M. Hernandez-Toledo, J. A. Vazquez-Mata, L. A. Martinez-Vazquez, et al., *Astronom. J.* **136**, 2115 (2008).
17. I. D. Karachentsev, D. I. Makarov, V. E. Karachentseva, and O. V. Melnyk, in *Galaxies in Isolation: Exploring Nature vs. Nurture* (astro-ph/0907.4693).

CATALOG OF ISOLATED GALAXIES SELECTED FROM THE 2MASS SURVEY

V. E. Karachentseva, S. N. Mitronova, O. V. Mel'nik, I. D. Karachentsev

We search for isolated galaxies based on the automatic identification of isolated sources from the Two Micron All-Sky Survey (2MASS) followed by a visual inspection of their surroundings. We use the modified Karachentseva criterion to compile a catalog of 3227 isolated galaxies (2MIG), which contains 6% of 2MASS Extended Sources Catalog (or 2MASX) sources brighter than $K_s = 12^m$ with angular diameters $a_K \geq 30''$. The catalog covers the entire sky and has an effective depth of $z \sim 0.02$. The 2493 very isolated objects of the catalog, which we include into the 2MVIG catalog, can be used as a reference sample to investigate the effects of the environment on the structure and evolution of galaxies located in regions with extremely low density of matter.

Key words: *galaxies, groups and clusters of galaxies*