

УДК 524.77

Детальное изучение сверхскопления галактик Большая Медведица

Ф.Г. Копылова, А.И. Копылов

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Россия

Поступила в редакцию 6 февраля 2006 г.

Аннотация. Исследованы инфракрасные (ИК) свойства скоплений галактик сверхскопления Большая Медведица (БМ) с использованием данных обзоров 2MASS (Two Micron All Sky Survey) и SDSS (Sloan Digital Sky Survey). Выявлены три крупных волокнистых структуры, имеющие средние красные смещения $z = 0.051, 0.060$ и 0.071 . В этих волокнах располагаются все скопления сверхскопления. Пекулярные скорости внутри БМ и в окрестностях, определенные с помощью фундаментальной плоскости эллиптических галактик, незначительны и соответствуют наблюдаемому контрасту плотности. Однородным способом в пределах сравнимых физических областей (в пределах радиуса R_{200} , близком к вириальному радиусу) определены полные светимости в K_s -полосе и массы для 11 скоплений галактик. Инфракрасные светимости скоплений галактик коррелируют с массами, а также отношение M/L_K систем растет с ростом массы (светимости) системы: практически все скопления БМ четко следуют отношениям, полученным Лином и др. (2003, 2004) для большой выборки скоплений галактик. Суммарное отношение массы к ИК-светимости 6 скоплений Эйбелла равно $52 M_\odot/L_\odot$, всех скоплений (кроме Anon2) – $49 M_\odot/L_\odot$.

DETAILED STUDY OF THE URSA MAJOR SUPERCLUSTER OF GALAXIES, by F.G. Kopylova, A.I. Kopylova. Using the data from 2MASS (Two Micron All Sky Survey) and SDSS (Sloan Digital Sky Survey) the near-infrared K_s – band properties of galaxies within Ursa Major Supercluster (UMa) are explored. Three big filaments with average redshifts $z = 0.051, 0.060, 0.071$ are revealed. The peculiar motions in and around UMa, determined by the fundamental plane of elliptical galaxies, are small and correspond to observable density of matter. In a homogeneous way in the comparable physical regions (within the radius R_{200} , close to a virial radius) the near-infrared K_s -band cluster luminosities and virial masses for 11 clusters of galaxies are determined. The near-infrared luminosities of clusters correlate with masses, and M/L_K of the systems increases with growth of mass (luminosity): most of the UMa clusters clearly follows relations obtained by Lin et al. (2003, 2004) for a large sample of clusters of galaxies. The total mass-to-light ratio for 6 Abell clusters of galaxies is equal to $52 M_\odot/L_\odot$, for all clusters – $49 M_\odot/L_\odot$, except Anon2.

Ключевые слова: галактики, группы и скопления галактик

1 Введение

Обычно, при исследовании разных выборок скоплений галактик, скопления отбираются из разных областей неба по разным критериям (рентгеновское излучение, лучевая скорость или наличие

крупной эллиптической галактики в центре). Исследуемая нами выборка скоплений галактик представляет собой систему – сверхскопление галактик Большая Медведица ($11^h 30^m +55^\circ$) – со средней лучевой скоростью 18000 км/с. Объемный контраст плотности системы по сравнению с окружающей областью размером около 150 Мпк равен 3 по числу галактик и 15 по числу скоплений Эйбелла, обнаруженных в рентгене (ROSAT). Располагаясь достаточно изолированно (вблизи нет крупных эйбелловских скоплений), сверхскопление демонстрирует пример того, как развиваются системы скоплений галактик и в пространстве и во времени в отсутствии внешних воздействий. Как выявлено, в результате наших исследований (Копылов, Копылова, 2001; Копылова, Копылов, 2001), система БМ не является сверхмассивным сверхскоплением. В данной работе мы использовали данные двух крупных обзоров 2MASS и SDSS. Основными преимуществами фотометрических исследований в инфракрасной области являются: относительная нечувствительность к пыли, к последней вспышке звездообразования – поэтому лучше отслеживаются звездные массы галактик. Недавно для разных выборок скоплений галактик и групп разными подходами и методами Лином и др. (2003, 2004) (93 системы), Райнсом и др. (2004) (9 систем), Рамеллой и др. (2004) (55 систем), Караченцевым и Кутькиным (2005) (группы галактик) найдено в фильтре K_s увеличение M/L_K скоплений и групп с массой (светимостью) систем. В настоящей работе предполагается проверить все эти выводы на примере сверхскопления галактик БМ – не случайного набора скоплений галактик, а системы, хотя и не вириализованной. В работе мы использовали следующие космологические параметры: $\Omega_m = 0.3$, $\Omega_\Lambda = 0.7$, $H_0 = 70 \text{ км}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$.

2 Спектральные и фотометрические данные

Третий каталог SDSS (DR3; Абазян и др. 2005) позволил нам создать выборку галактик в области сверхскопления ($3^\circ 2' \times 7^\circ 9'$), имеющих измерения в каталоге 2MASS. В поле сверхскопления БМ мы нашли 2480 2MASS XSC галактик: из них 109 – галактики переднего фона; 1011 – галактики, принадлежащие сверхскоплению ($0.045 < z < 0.075$); 939 – галактики заднего фона; 421 – галактики без z . Перед тем как отобрать галактики, принадлежащие каждому из скоплений, мы определили центры скоплений. Как правило – это ярчайшие галактики скоплений. Затем, с полученными центрами, с радиусом $30'$ (на расстоянии, равном среднему расстоянию сверхскопления, $1'$ равна 70 кпк) для каждого скопления была отобрана выборка галактик и из SDSS, и из 2MASS (XSC). В работе мы решали две задачи: определение массы систем и определение светимости систем. Среднюю лучевую скорость скопления $\langle cz \rangle$ и ее дисперсию σ мы определяли итеративно: сначала использовали все галактики с измеренными лучевыми скоростями, кроме отклоняющихся более чем на 2.5σ . Затем, предположив, что все скопления находятся в вириальном равновесии, и массы растут линейно с радиусом, для полученной дисперсии скоростей вычислили R_{200} и $M_{vir,200}$ по методике Карлберга и др. (1997).

2MASS представляет полную однородную фотометрию всего неба в 3 инфракрасных фильтрах (J , H , K_s). Мы использовали фотометрию, представленную в окончательной версии каталога протяженных объектов (XSC; Ярретт и др., 2000) и каталога точечных объектов (PSC). Среди звездных величин галактик, вычисляемых в XSC каталоге, мы взяли, как и рекомендовано (Ярретт и др., 2000), изофотные величины, соответствующие поверхностной яркости $\mu_K = 20 \text{ mag/угл.сек.}^2$ (полные величины мы определили, вычитая 0.2 из изофотных, согласно Кочанеку и др., 2001). Средняя ошибка изофотной величины в нашей выборке равна $0^m 1$. Ошибки определения K величин галактик из PSC каталога довольно велики.

3 Соотношение масса-светимость сверхскопления в K-полосе

Фотометрический предел, соответствующий пределу XSC каталога ($13^m 5$), для сверхскопления БМ составляет примерно $M_K^* + 1$, где M_K^* – характеристическая величина функции светимости (ФС) поля равная $-24^m 16$ (Кочанек и др., 2001). Для построения ФС наблюдаемые величины галактик переведены в абсолютные в светимостях Солнца, используя $K_\odot = 3^m 32$ (Белл и др.,

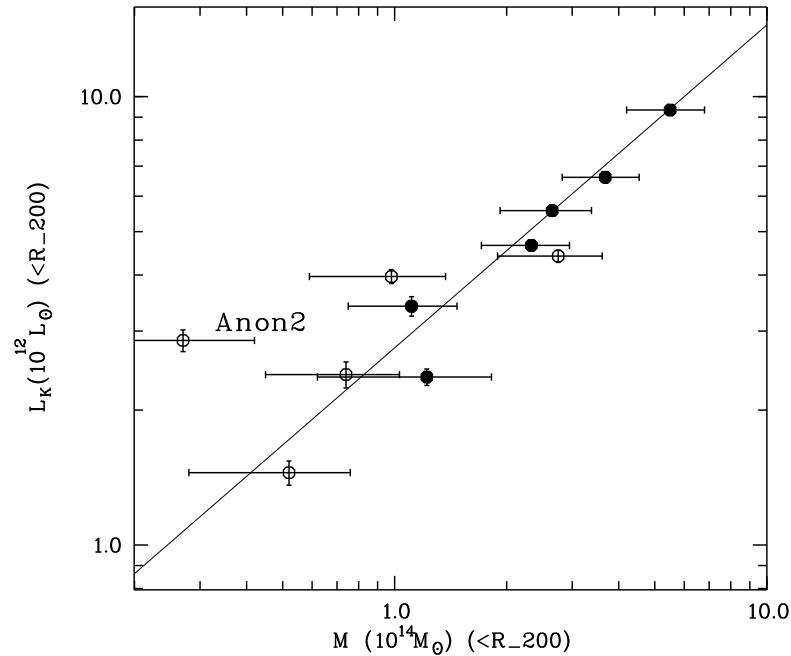


Рис. 1. Зависимость между массой и К-светимостью для скоплений галактик БМ. Сплошные кружки – скопления Эйбелла, линия – соотношение, которое было получено Лином и др. (2004) и имеет наклон 0.72. Ошибки определены статистическим способом

2003). Подсчеты галактик сделаны в интервалах равных $0^{m}5$ и $0^{m}25$. Для того, чтобы найти параметры (M_K^*, α) на R_{200} , мы использовали функцию Шехтера (1976) для аппроксимации наблюдаемой ФС. Мы нормировали ФС на полное наблюдаемое число галактик. Полученная составная ФС сверхскопления БМ имеет следующие параметры: $M_K^* = -24^{m}50$, $\alpha = 0.98$. Чтобы определить полную светимость галактик в скоплениях в ИК области, находящихся в пределах R_{200} , мы просуммировали светимости всех наблюдаемых галактик, а затем использовали полученные параметры функции Шехтера для экстраполяции в область слабых галактик. На рис. 1 показана корреляция полученных массы и светимости скоплений БМ в инфракрасном диапазоне. Заполненными кружками выделены скопления Эйбелла. Линия соответствует соотношению $L_{200}/10^{12}L_{\odot} = 2.76(M_{200}/10^{14}M_{\odot})^{0.72 \pm 0.04}$, полученному Лином и др. (2004) для выборки 93 скоплений и групп галактик с температурами в рентгеновском диапазоне от 0.8 до ~ 12 keV и массами от 3×10^{13} до $1.7 \times 10^{15} M_{\odot}$.

Из этой зависимости следуют и другие зависимости: отношение массы к светимости скопления и от массы, и от светимости. Сверхскопление БМ состоит из 11 разных по своим свойствам скоплений – от очень бедных, фактически групп, до довольно богатых – и можно заметить на рисунке, что практически все скопления отклоняются от зависимости Лин и др. (2004) незначительно, кроме скопления Anon2. Если учесть, что мы исследовали все скопления одинаковым образом –

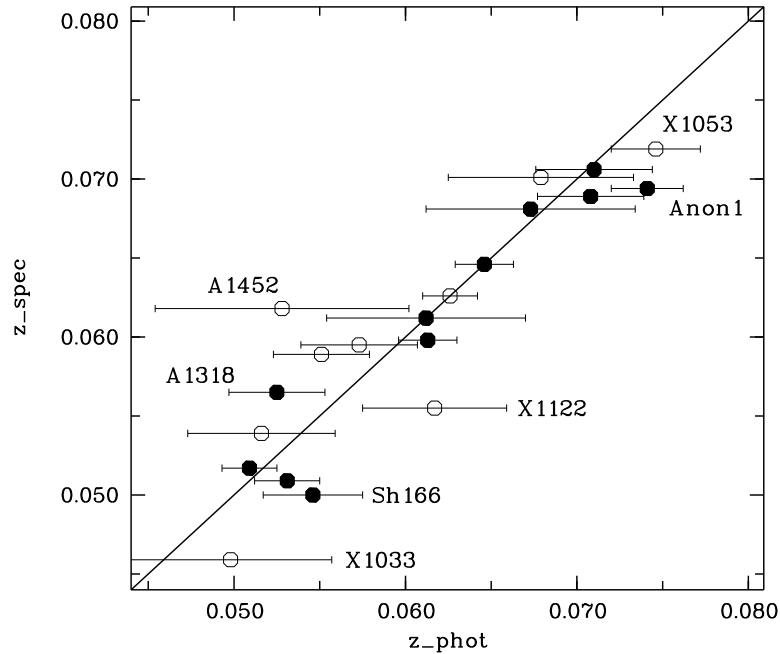


Рис. 2. Диаграмма Хаббла для сверхскопления БМ (сплошные кружки). Пустыми кружками показаны скопления, окружающие БМ. Для наиболее отклоняющихся скоплений галактик приведены названия. Указанные ошибки соответствуют ошибке среднего расстояния скоплений

в предположении вириализации внутри R_{200} были оценены массы и светимости – то отклонения на графиках некоторых скоплений скорее всего есть результат того, что они в пределах этого радиуса еще не вириализованы. Отношение суммарной массы к суммарной ИК-светимости в пределах R_{200} для скоплений Эйбелла (заполненные кружки) равно $52 \pm 10 M_{\odot}/L_{\odot}$. Это значение сравнимо со значениями, полученными другими авторами для разных выборок скоплений галактик (Райнс и др., 2001; Лином и др., 2003; Райнс и др., 2004). Полученные значения отношения массы к ИК светимости разных ансамблей скоплений галактик, как известно, меньше, чем универсальное отношение равное $90 \pm 19 M_{\odot}/L_{\odot}$, определенное Лин и др. (2004) для Ω_m (WMAP) и плотности светимости, измеренной Беллом и др. (2003). Суммарная масса всех скоплений БМ (R_{200}) равна $2.2 \times 10^{15} M_{\odot}$.

4 Пекулярные движения в сверхскоплении

Для определения пекулярных скоростей в БМ была составлена выборка из более чем 400 галактик ранних типов, для которых имеются измерения дисперсии скоростей в SDSS, входящих в состав скоплений и волокон БМ, а также скоплений из ближайших окрестностей сверхскопления. С помощью метода фундаментальной плоскости галактик ранних типов были определены пекулярные

движения в БМ (фильтр r – SDSS). Подтвержен ранее полученный нами результат, на основе фотометрических измерений с помощью соотношения Корменди (Копылова, Копылов, 2001), что система БМ в целом подчиняется Хаббловской зависимости между скоростью и расстоянием. В среднем индивидуальные пекулярные скорости скоплений невелики (рис. 2). Наибольшая пекулярная скорость в системе БМ найдена у скопления Anon1, находящегося в составе наиболее удаленного волокна. Скопления A1318 вблизи центра БМ, бедное скопление Sh166 в ближайшем волокне также обнаруживают пекулярные движения. Хотя в целом пекулярные скорости волокон в БМ незначительны, наблюдается некоторая тенденция к сближению восточной ближней и западной дальней частей сверхскопления, включая ближайшие к нему скопления: скопления A1270, Anon1 и RX1053 в составе наиболее удаленного волокна показывают систематическое движение к центру сверхскопления, а скопления (фоновые) A1452 и A1507 приближаются к сверхскоплению с ближней стороны.

5 Заключение

Скопления галактик, как самые массивные гравитационно связанные и вириализованные в центральных областях объекты во Вселенной, являются основными системами для изучения распределения полной динамической массы и светящегося вещества. Инфракрасное излучение от галактик подходит для этих целей наилучшим образом. Изучение скоплений, составляющих сверхскопление, имеет особую значимость, и с точки зрения формирования и развития этих скоплений, и с точки зрения сравнения их со скоплениями из других систем. Выполненные нами исследования показывают, что скопления галактик, входящих в БМ, не отличаются от скоплений из других выборок. Анализ скоростей показывает, что в целом картина пекулярных скоростей внутри и в окрестности БМ не противоречит наблюдаемому контрасту плотности и оценке интегральной массы системы.

Литература

- Абазаян и др. (Abazajian K., et al.) // *Astron. J.* 2005. V. 129. P. 1755.
- Белл и др. (Bell E.F., McIntosh D.H., Katz N., Weinberg M.D.) // *Astrophys. J. Suppl.* 2003. V. 149. P. 289.
- Караченцев, Кутыкин (Karachentsev I.D., Kut'kin A.M.) // *Astron. Lett.* 2005. V. 31. P. 299.
- Карлберг (Carlberg R.G.) // *Astrophys. J.* 1997. V. 485. P. L13.
- Копылов, Копылова (Kopylov A.I., Kopylova F.G.) // *Astron. Lett.* 2001. V. 27. P. 140.
- Копылова, Копылов (Kopylov A.I., Kopylova F.G.) // *Astron. Lett.* 2001. V. 27. P. 345.
- Кочанек и др. (Kochanek C.S., Pahre M.A., Falco E.E., Huchra J.P., Mader J., Jarrett T.H., Chester T., Cutri R., Schneider S.E.) // *Astrophys. J.* 2001. V. 560. P. 566.
- Лин и др. (Lin Y.-T., Mohr J.J., Stanford S.A.) // *Astrophys. J.* 2003. V. 591. P. 749.
- Лин и др. (Lin Y.-T., Mohr J.J., Stanford S.A.) // *Astrophys. J.* 2004. V. 610. P. 745.
- Рамелла и др. (Ramella M., Boschin W., Geller M., Mahdavi A., Rines K.) // *Astron. J.* 2004. V. 128. P. 2022.
- Райнс и др. (Rines K., Geller M.J., Kurtz M.J., Diaferio A., Jarrett T.H., Huchra J.P.) // *Astrophys. J.* 2001. V. 561. P. L41.
- Райнс и др. (Rines K., Geller M.J., Diaferio A., Kurtz M.J., Jarrett T.H.) // *Astron. J.* 2004. V. 128. P. 1078.
- Шехтер (Schechter P.) // *Astrophys. J.* 1976. V. 203. P. 297.
- Ярретт и др. (Jarrett T.H., Chester T., Cutri R., Schneider S., Skrutskie, M., Huchra J.P.) // *Astron. J.* 2000. V. 119. P. 2498.