ГРАВИТАЦИОННОЕ ЛИНЗИРОВАНИЕ ШАРОВЫМИ СКОПЛЕНИЯМИ И КАРЛИКОВЫМИ ГАЛАКТИКАМИ – ОБЪЯСНЕНИЕ АССОЦИАЦИЙ КВАЗАРОВ С ГАЛАКТИКАМИ ?

А. В. Ющенко[1,2], Ч. Х. Ким[2], А. В. Сергеев[3]

© 2003

[1] *Астрономическая обсерватория при Одесском национальном университете*
парк Шевченко, 65014 Одесса, Украина
e-mail: yua@odessa.net

[2] *Кафедра наук о Земле, Чонбук Национальный университет*
561-756, Чонджю (Южная) Корея
e-mail: chkim@mail.chonbuk.ac.kr

[3] *Международный центр астрономических и медико-экологических исследований*
ул. Академика Заболотного 27, 03680 Киев, Украина
e-mail: sergeev@burbonz.nalnet.ru

Ассоциации квазаров с галактиками могут быть объяснены гравитационным линзированием удаленных активных галактик шаровыми звездными скоплениями и карликовыми галактиками, расположенными в гало галактик и в малых группах галактик. Мы предлагаем наблюдательный тест для проверки этой гипотезы. Использовался обзор неба SUPERCOSMOS для исследования поверхностной плотности звездообразных объектов вокруг галактик, взятых из каталога CfA3. Приводятся результаты вычислений поверхностной плотности звездообразных объектов с нулевыми собственными движениями в окрестностях 19413 галактик. Проведена трехцветная фотометрия площадок вокруг некоторых галактик с использованием 2-м телескопа обсерватории Терскол и 1.8-м телескопа обсерватории Bohyunsan (Корея). По результатам этих наблюдений отобраны экстремально линзированные объекты для спектральных наблюдений.

GRAVITATIONAL LENSING BY GLOBULAR CLUSTERS AND DWARF GALAXIES – THE EXPLANATION OF QUASAR-GALAXY ASSOCIATIONS?, by Yushchenko A., Kim C., Sergeev A. – Quasar-galaxy associations can be explained as gravitational lensing by globular clusters, located in the halos of the foreground galaxies and dwarf galaxies in small groups of galaxies. We propose an observational test for checking this hypothesis. We used the SUPERCOSMOS sky survey to find the overdensities of star-like sources with zero proper motions in the vicinities of the foreground galaxies from the CfA3 catalog. The results obtained for 19413 galaxies are presented. Two different effects can explain the observational data: lensing by globular clusters and lensing by dwarf galaxies. We carried out the CCD 3-color photometry with the 2.0-m telescope of the Terskol Observatory and the 1.8-m telescope of the Bohyunsan Observatory (South Korea) to select extremely lensed objects around several galaxies for future spectroscopic observations.

ВВЕДЕНИЕ

Ассоциации квазаров с галактиками были открыты Арпом [1]. В качестве одной из возможных гипотез, объясняющих это явление, выдвигалась гипотеза о гравитационном линзировании удаленных активных галактик. Но природа объектов, которые играют роль гравитационных линз, оставалась невыясненной. Ни галактики, ни звезды в коронах галактик не могли полностью объяснить наблюдаемую картину. Барышев и др. [3], Ющенко и др. [6], Ющенко и Райков [9] предположили, что ядра шаровых звездных скоплений и карликовых галактик, расположенных в гало больших галактик и в небольших группах галактик, могут быть гравитационными линзами, объясняющими эти ассоциации. Ющенко и др. [6] было разработано программное обеспечение для вычисления коэффициента усиления протяженных источников света гравитационными линзами, в которых масса распределена по закону Кинга. Усиление может достигать 5–10 звездных величин для типичных случаев. Барышев и Езова [2] и Ющенко [7] предложили наблюдательные тесты для проверки этой гипотезы. Ющенко [7, 8] было показано, что поверхностная плотность звездообразных объектов вокруг галактик может быть использована в качестве теста – шаровые скопления и карликовые галактики, действуя как гравитационные линзы, увеличивают яркость объектов фона.

Ющенко и др. [10] опубликовали первые результаты обработки обзора южного неба SUPERCOSMOS [4]. Природа оказалась более удивительной, чем мы можем себе ее представить – было обнаружено как увеличение поверхностной плотности звездообразных объектов с нулевыми собственными движениями вокруг галактик, так и уменьшение плотности этих объектов вокруг галактик. В этой работе представлены результаты обработки всего обзора SUPERCOSMOS и делается попытка интерпретации полученных результатов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАБОТКИ ОБЗОРА SUPERCOSMOS

Обзор южного неба SUPERCOSMOS [4] создан в результате оцифровки фотографических пластин, полученных на широкоугольных телескопах системы Шмидта в две различные эпохи. Он полон до 21 звездной величины. В обзоре содержатся координаты, звездные величины (в трех фильтрах), собственные движения и классификация (звезда/галактика) всех объектов, зафиксированных на фотопластинках. Мы отобрали из этого обзора только объекты, классифицированные как звезды, с малыми собственными движениями, в качестве объектов фона.

Была исследована плотность этих объектов в окрестностях 19413 галактик каталога CfA3 [5]. Мы рассчитали поверхностную плотность объектов фона в концентрических кольцах шириной $30''$ вокруг каждой галактики и вокруг фиктивных центров, не содержащих галактики. Вокруг каждой галактики выбиралось четыре фиктивных центра. Как и ожидалось, поверхностная плотность исследуемых объектов вокруг фиктивных центров, в зависимости от расстояния от этих центров, оказалась постоянной.

Мы ожидали найти избыток исследуемых объектов вокруг галактик, но результаты оказались разными для различных групп галактик. На рисунке (a, b) показаны типичные результаты для групп галактик с различными красными смещениями.

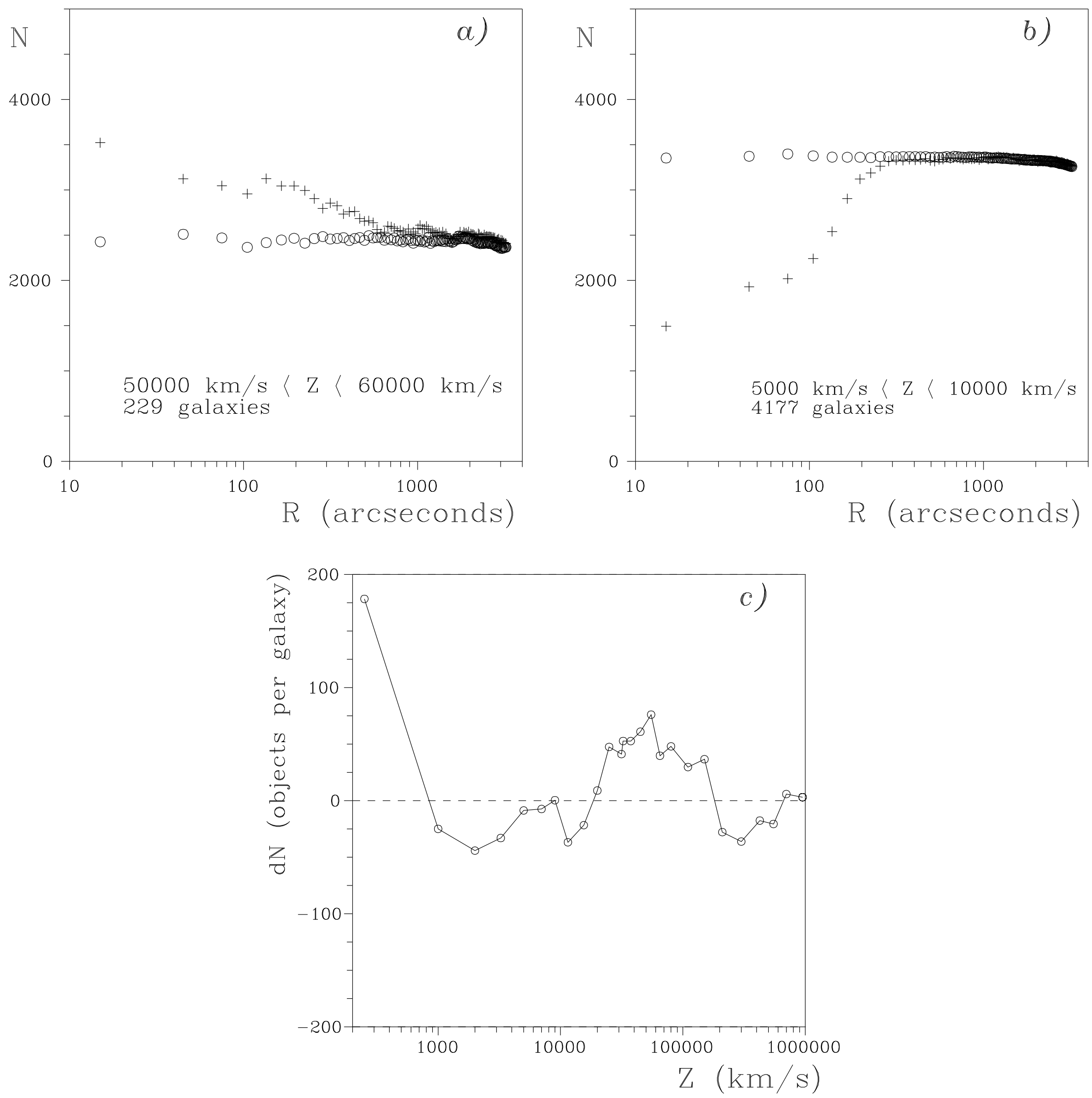
Ожидаемый избыток объектов фона хорошо заметен для первой группы галактик – с большими красными смещениями. Для галактик с красными смещениями от 5 000 до 10 000 км/с наблюдается дефицит объектов фона.

Если проинтегрировать площадь между кривой линией, показывающей поверхностную плотность объектов фона на разных расстояниях вокруг галактик, и почти прямой линией плотности этих объектов вокруг фиктивных центров, то мы получим количество объектов фона, которые создают наблюдаемый избыток или дефицит. На рисунке (c) показано количество объектов, создающих вариации плотности фона для групп галактик с разными красными смещениями.

ПЗС-ФОТОМЕТРИЯ

Результаты, полученные по обзору SUPERCOSMOS, являются среднестатистическими. Для более уверенного подтверждения нашей гипотезы необходимо подтвердить внегалактическую природу объектов, которые создают наблюдаемый избыток плотности. Для этого необходимо указать эти объекты на небе и измерить их красные смещения. Мы провели наблюдения площадок вокруг некоторых галактик на 2-м телескопе обсерватории Терскол и на 1.8-м телескопе обсерватории Bohuynsan (Южная Корея). Наблюдения проводились в трех фильтрах. Полученные результаты позволили построить двуцветные диаграммы для исследуемых площадок и выделить объекты для последующих спектральных наблюдений с целью определения красных смещений. Использованная методика более подробно изложена Ющенко и др. [11].

Конечно, космологические значения красных смещений найденных объектов не являются окончательным подтверждением гипотезы. Они лишь покажут, что объекты, создающие избыток, находятся на космологических расстояниях, значительно превышающих расстояния до галактик фона. Однако основной трудностью, с которой сталкиваются гипотезы, объясняющие природу квазаров, является высокая светимость квазаров. Согласно данным, полученным нами по обзору SUPERCOSMOS, блеск объектов, создающих избыток поверхностной плотности, сравним, а для небольшой части объектов даже больше, чем блеск фоновых галактик, находящихся существенно ближе. Любая другая гипотеза, за исключением гипотез, принимающих во внимание усиление блеска вследствие гравитационного линзирования, столкнется с необходимостью объяснить высокую светимость этих объектов.



Средняя поверхностная плотность N звездообразных объектов с нулевыми собственными движениями вокруг галактик по данным обзора SUPERCOSMOS:
a) – в окрестностях 229 галактик с красными смещениями от 50 000 до 60 000 км/с. R – расстояние от центра галактики, N – поверхностная плотность объектов на квадратный градус. Кружки и крестики – средние результаты для фиктивных центров и для центров с галактиками;
b) – то же для 4177 галактик с красными смещениями от 5 000 до 10 000 км/с;
c) – средний избыток или дефицит dN исследуемых объектов вокруг галактик с различными красными смещениями.

ОБСУЖДЕНИЕ

Обработка обзора SUPERCOSMOS была предпринята для нахождения избытка поверхностной плотности звездообразных объектов с малыми собственными движениями в окрестностях более близких галактик. Результат обработки показал более сложную картину. Мы нашли ожидаемый избыток вогруг галактик с красными смещениями $Z = 0.08 - 0.5$. Но вокруг галактик с красными смещениями $Z < 0.08$ найден дефицит исследуемых объектов.

Как было указано Ющенко [10], при интерпретации полученных результатов необходимо принимать во внимание эффекты микролинзирования на отдельных звездах, входящих в состав шаровых скоплений и карликовых галактик. Нами был написан комплекс программ для расчета прохождения пучка света через шаровое скопление. Первые результаты расчетов показывают, что эффекты микролинзирования могут объяснить дефицит плотности исследуемых объектов вокруг близких галактик. Для этого шаровые скопления должны содержать большое количество объектов с массами порядка массы Юпитера (планет).

Для галактик с красными смещениями $Z = 0.08 - 0.5$ необходимо принимать во внимание влияние карликовых сфероидальных галактик. Наши расчеты показывают, что на этих расстояниях dSpH галактики могут проявлять себя как эффективные гравитационные линзы. При этом большой коэффициент усиления достигается за счет линзирования на ядре dSpH-галактики. Количество dSpH-галактик в Местной группе сравнимо с найденным нами избытком звездообразных объектов вокруг галактик с $Z = 0.08 - 0.5$. dSph-галактики в малых группах галактик, таких как Местная группа, и шаровые скопления в гало обычных галактик могут объяснить наблюдаемый избыток.

Избыток и дефицит звездообразных объектов с малыми собственными движениями вокруг галактик с разными красными смещениями являются хорошей иллюстрацией сохранения среднего потока от удаленных источников ансамблем гравитационных линз.

Следует отметить, что наблюдаемый дефицит исследуемых объектов вокруг фоновых галактик позволяет поставить еще одну проблему. Шаровые скопления на близких расстояниях имеют коэффициент гравитационного усиления блеска далеких источников меньше единицы и создают дефицит поверхностной плотности звездообразных объектов вокруг галактик. Дефицит должен регистрироваться относительно некоторого среднего значения. Избыток плотности для групп галактик с $Z = 0.08 - 0.5$ мог быть зарегистрирован относительно нулевого фона. Но наличие групп галактик, вокруг которых наблюдается дефицит, позволяет утверждать, что фон не является нулевым. Это означает, что есть некоторое количество объектов, которые составляют этот фон. Яркость этих удаленных объектов усилена вследствие гравитационного линзирования. Поверхностная плотность объектов, создающих фон, составляет не менее нескольких десятков на квадратный градус. Сохранение среднего потока в таком случае должно соблюдаться для комплекса гравитационных линз в существенно большем диапазоне красных смещений.

Данная работа была поддержана грантом постдокторантуры Национального университета Чонбук (Южная Корея) за 2002 год.

[1] *Arp H.* Relation Between Quasi-Stellar Radio Sources and Radio-Compact and Radio N Galaxies // Astrophys. J.–1968.–**153**.–P. L33–37.

[2] *Baryshev Yu. V., Ezova Yu. L.* Gravitational mesolensing by King objects and quasar-galaxy associations // Astron. Rep.–1997.–**41**, N 4.–P. 436–446.

[3] *Baryshev Yu. V., Raikov A. A., Yushchenko A. V.* Quasar-galaxy associations as a result of gravitational lensing by objects of medium masses // Gravitational Lenses in the Universe: Proc. of 31 Liege Astrophys. Coll., Liege, Belgium / Ed. J. Surdej.–1993.–P. 307–310.

[4] *Hambly N. C., MacGulliver H. T., Read M. A., et al.* The SuperCOSMOS Sky Survey – I. Introduction and description // Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.–2001.–**326**.–P. 1279–1294.

[5] *Huchra J. P., Geller M. J., Clemens C. M., et al.* 1995, ADC CD ROM, Vol. **3**.

[6] *Yushchenko A. V., Baryshev Yu. V., Raikov A. A.* Quasar-galaxy associations as a lensing by middle mass objects // Astron. and Astrophys. Transactions.–1998.–**17**.–P. 9–14.

[7] *Yushchenko A. V.* Globular clusters as gravitational lenses. Observational test // Odessa Astron. Publ.–1999.–**12**.–P. 85–86.

[8] *Yushchenko A. V.* Globular clusters as gravitational lenses. Results of superamplification // Kinematics and Physics of Selectial Bodies. Suppl. Ser.–2000.–N 3.–P. 174–177.

[9] *Yushchenko A. V., Raikov A. A.* Associations of quasars with galaxies – consequence of gravitational lensing by globular clusters in the halos of galaxies // Selected problems of astronomy and astrophysics: Proc. 2nd Conf., Lviv, Ukraine.–1998.–P. 185.

[10] *Yushchenko A. V., Niarchos P. G., Terpan S., Manimanis V.* Globular clusters as gravitational lenses. Influence of microlensing // Odessa Astron. Publ.–2001.–**14**.–P. 211–214.

[11] *Yushchenko A. V., Niarchos P. G., Manimanis V.* Globular clusters as gravitational lenses. Search for lensed objects in the vicinity of 6 galaxies // Proc. of 5th Hellenic Astronomical Conf., Crete, Greece, Sept. 20–22, 2001, http://astrophysics.physics.uoc.gr/conf/fpap.htm