

## О КИНЕМАТИКЕ МЕСТНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПУСТОТЫ

О.Г.НАСОНОВА, И.Д.КАРАЧЕНЦЕВ

Поступила 27 ноября 2010

Для изучения поля пекулярных скоростей в окрестностях Местной космической пустоты, расположенной в направлении созвездий Орла и Геркулеса, были систематизированы имеющиеся данные о расстояниях и лучевых скоростях галактик. С этой целью была использована выборка 1056 галактик с расстояниями, измеренными по светимости верхушки ветви красных гигантов (TRGB), по светимости цефеид, по светимости сверхновых типа Ia, по флуктуациям поверхностной яркости (SBF), а также по соотношению Талли-Фишера. Найденное значение амплитуды скорости оттока галактик составляет  $\sim 300$  км/с. Средняя плотность числа галактик внутри пустоты примерно в пять раз меньше средней плотности числа галактик вне ее. Население Местной космической пустоты характеризуется, в среднем, меньшей светимостью и более поздним морфологическим типом с медианными значениями  $M_B = -15^m.7$  и  $T = 8$  (Sdm), соответственно.

Ключевые слова: *галактики: крупномасштабная структура Вселенной*

1. *Введение.* Начиная с обнаружения первых космических пустот [1-3], постепенно становилось очевидным, что многочисленные пустые объемы (войды) с размерами  $\sim 10$ -50 Мпк являются основным архитектурным элементом крупномасштабной структуры Вселенной [4]. На примере Местного объема ( $D < 10$  Мпк) Тихонов и Караченцев [5] показали, что существуют также более мелкие пустоты и пузыри диаметром  $\sim 1$ -5 Мпк. Наиболее близкая из существующих космических лакун была обнаружена Талли и Фишером [6] при составлении Атласа близких галактик. Ее центральная часть располагается в созвездиях Орла и Геркулеса, в зоне сильного галактического поглощения. Тем не менее, видимый дефицит галактик в этой области лишь частично обусловлен поглощением света. Обзоры области Местной космической пустоты в линии нейтрального водорода 21 см, выполненные в Parkes и Arecibo [7-10], подтвердили низкую локальную плотность числа галактик с лучевыми скоростями менее 3000 км/с. Отождествления источников IRAS и измерения их лучевых скоростей [11,12], а также поиски карликовых галактик низкой поверхностной яркости [13] не ликвидировали наблюдаемый недобор близких галактик в зоне Местной космической пустоты, занимающей около 1/6 площади всего неба.

Размеры Местной космической пустоты в глубину и степень ее

наполненности галактиками остаются до сих пор предметом дебатов. Талли и др. [14] отмечают, что область низкой плотности простирается до расстояний  $\sim(40-60)$  Мпк. Краан-Кортевег и др. [8] полагают, что местная область депрессии может иметь еще большие размеры, стыкуясь с более далекой пустотой в созвездиях Микроскопа и Стрельца. При этом авторы отмечают наличие внутри такого объема нескольких волокон, разделяющих "сверхпустоту" на 2 или 3 более мелких войда размером в 20-30 Мпк.

Вся эта протяженная область с низкой плотностью числа галактик располагается примерно вдоль северного полюса сверхгалактической системы координат, что подчеркивает собой концентрацию близких галактик к экватору Местного сверхскопления. Согласно результатам численного моделирования в  $\Lambda$ CDM - моделях [14-16], расширение космических пустот происходит более высокими темпами и характеризуется локальным избытком постоянной Хаббла  $\Delta H \approx 0.2 H_0$ . При типичном радиусе космической пустоты  $\sim 15$  Мпк на ее границах возникают пекулярные скорости галактик около  $\pm(200-250)$  км/с. Как было аргументировано [14], наличие обширной Местной пустоты в направлении +SGZ генерирует у Местной группы компоненту скорости  $(V_{pec})_{LG} \approx 260$  км/с относительно космического микроволнового излучения. Направление этой компоненты в сторону -SGZ как раз объясняет известный феномен "Местной аномалии скоростей" [17], который оставался загадкой на протяжении 20 последних лет.

Как показывают наблюдательные данные [8,13], в области Aquila/Hercules с координатами  $RA = [17^h.0, 21^h.0]$  и  $Dec = [-30^\circ, +40^\circ]$  почти полностью

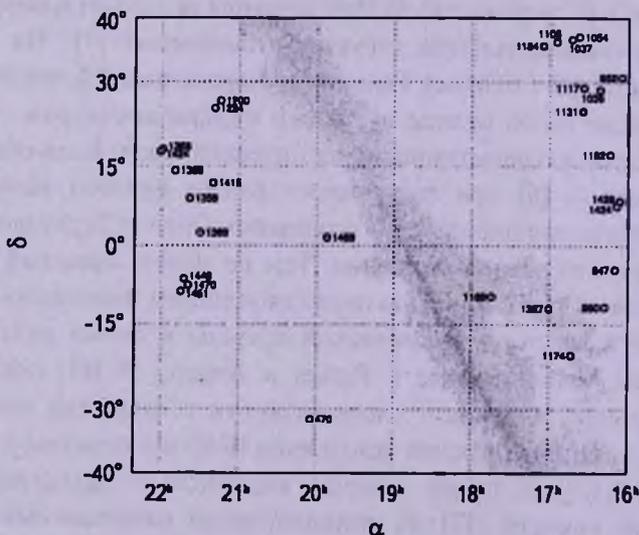


Рис.1. Распределение галактик на небе в области Местной космической пустоты в экваториальных координатах. Цифры указывают лучевую скорость галактик относительно центра масс Местной группы. Диффузная полоса обрисовывает зону сильного галактического поглощения.

отсутствуют галактики с лучевыми скоростями менее 1500 км/с. Этот участок неба представлен на рис.1, где диффузная диагональная полоса показывает зону сильного поглощения  $A_b > 2^m.0$ , согласно [18]. Галактики с лучевыми скоростями в системе Местной группы  $V_{LG} < 1500$  км/с изображены кружками, цифры при которых указывают лучевую скорость галактики. В интервале скоростей [1600–2200] км/с в этой области появляются галактики, которые, вероятно, относятся к дальней стенке ближней пустоты или же к филаменту, рассекающему на части более крупный войд.

Судя по распределению галактик на рис.1, геометрический центр Местной космической пустоты находится вблизи  $RA = 19^h.0$ ,  $Dec = +3^\circ$ , что практически совпадает с положением ее центра по данным [5]. Заметим, что в литературе появлялись и другие оценки:  $RA = 18^h.8$ ,  $Dec = -3^\circ$  [14] и  $RA = 18^h.6$ ,  $Dec = +18^\circ$  [13].

Ниже мы рассматриваем структуру и кинематику Местной космической пустоты как ближней части более протяженной зоны депрессии в числе галактик, наблюдаемой вдоль северного полюса Местного сверхскопления. Для определенности мы принимаем, что Местная космическая пустота начинается прямо от границы Местной группы и простирается до расстояния 20 Мпк, имея центром точку  $RA = 19^h.0$ ,  $Dec = +3^\circ$  на расстоянии  $R_{LV} = 10.0$  Мпк от наблюдателя.

**2. Наблюдательные данные.** Для анализа поля пекулярных скоростей в окрестностях Местной космической пустоты мы отбирали галактики с известными лучевыми скоростями и расстояниями, расположенные в пределах сферического объема радиусом  $R_{LV} = 25$  Мпк вокруг выбранного выше центра пустоты. Такой достаточно большой радиус, в 2.5 раза больше предполагаемого радиуса войда, был выбран, чтобы иметь представительную асимптотику поля скоростей вокруг него. Источником данных о лучевых скоростях галактик служили базы данных NED и HyperLEDA. Лучевые скорости выражались относительно центра масс Местной группы с параметрами апекса, использованными в NED.

Расстояния до галактик в нашей выборке были измерены разными способами. Для близких галактик наиболее универсальным и достаточно точным методом оценки расстояния является использование светимости вершины ветви красных гигантов (TRGB). Применение этого метода, предложенного в работе [19], к изображениям галактик, полученным на камерах WFPC2 и ACS космического телескопа "Хаббл", дало аккуратные расстояния для более чем 250 галактик Местного объема. Сводка расстояний, измеренных методом TRGB, содержится в Каталоге близких галактик [20]. Используя эту сводку, мы дополнили ее более поздними оценками расстояний [21,22], прибавив также к ним ряд галактик с измерениями расстояний по светимости цефеид.

Для галактик ранних типов, где доминирует старое звездное население, наиболее эффективным методом оказалось определение расстояний по флуктуациям поверхностной яркости. Тонри и др. [23] измерили этим методом расстояния до 300 галактик типов E и S0 с характерными скоростями  $cz < 4000$  км/с.

Мы включили в нашу выборку также небольшое число галактик с высокоточными измерениями расстояний по светимости сверхновых типа SNIa [24].

Кашибадзе [25] использовала многопараметрическую инфракрасную зависимость Талли-Фишера для определения расстояний у ~ 400 спиральных галактик со скоростями  $cz < 3000$  км/с из каталога 2MFGC [26]. Нуль-пункт этой зависимости был прокалиброван по 15 галактикам с оценками расстояний по TRGB и цефеидам.

Наконец, мы воспользовались сводками оценок расстояния по оптическим однопараметрическим зависимостям Талли-Фишера в различных фотометрических полосах ( $B$ ,  $R$ ,  $I$ ), представленными в [4,27,28]. Для калибровки этих данных были использованы галактики с расстояниями, измеренными по TRGB и цефеидам.

Всего наша выборка содержит 1056 галактик. Распределение их числа по методу оценки расстояния представлено в табл.1. Последние колонки таблицы указывают ошибку измерения модуля расстояния, типичную для

Таблица 1

### ЧИСЛО ГАЛАКТИК ВОКРУГ МЕСТНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПУСТОТЫ С РАССТОЯНИЯМИ, ИЗМЕРЕННЫМИ РАЗЛИЧНЫМИ МЕТОДАМИ

Выборка	Номер	$\sigma_m$	Добротность
TRGB+Ceph	264	0.15	10.8
SBF [23]	141	0.25	4.7
SNIa [24]	11	0.10	3.3
TF (NIR)	139	0.40	2.9
TF (opt)	501	0.40	5.6
Все	1056		27.3

каждого метода, а также статистическую значимость или "добротность" каждой подвыборки,  $G = (N/100)^{1/2} \sigma_m^{-1}$ .

Рис.2 показывает распределение на небе 1056 галактик нашей выборки в экваториальных координатах. Галактики с близкими ( $R < 10$  Мпк), средними (10-20 Мпк) и далекими ( $R > 20$  Мпк) расстояниями изображены кружками разного диаметра. Зона сильного поглощения ( $A_B > 2^m.0$ ) залита серым цветом. Члены Местной группы с  $R < 1.1$  Мпк были исключены. Хаббловское соотношение между лучевыми скоростями и расстояниями

1056 галактик относительно наблюдателя представлено на рис.3. Галактики с оценками расстояния, сделанными разными методами, изображены разными символами. На ближней части хаббловской диаграммы ( $R_{LG} < 10$  Мпк) доминируют галактики с высокоточными оценками расстояний по TRGB и цефеидам, а на более далеких расстояниях их оценки сделаны преимущественно по диаграммам Талли-Фишера и флуктуациям поверхностной яркости. Повышенный разброс галактик относительно прямой с наклоном  $H_0 = 73$  (км/с)/Мпк (пунктир) на  $R_{LG} \approx 15 - 20$  Мпк обусловлен

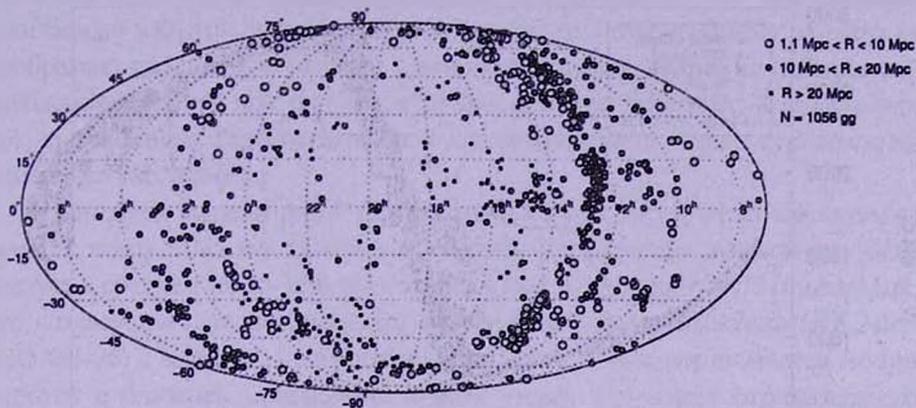


Рис.2. Распределение на небе 1056 галактик с расстояниями от центра Местной космической пустоты в пределах 25 Мпк. Галактики в трех интервалах расстояния от наблюдателя показаны кружками разного диаметра.

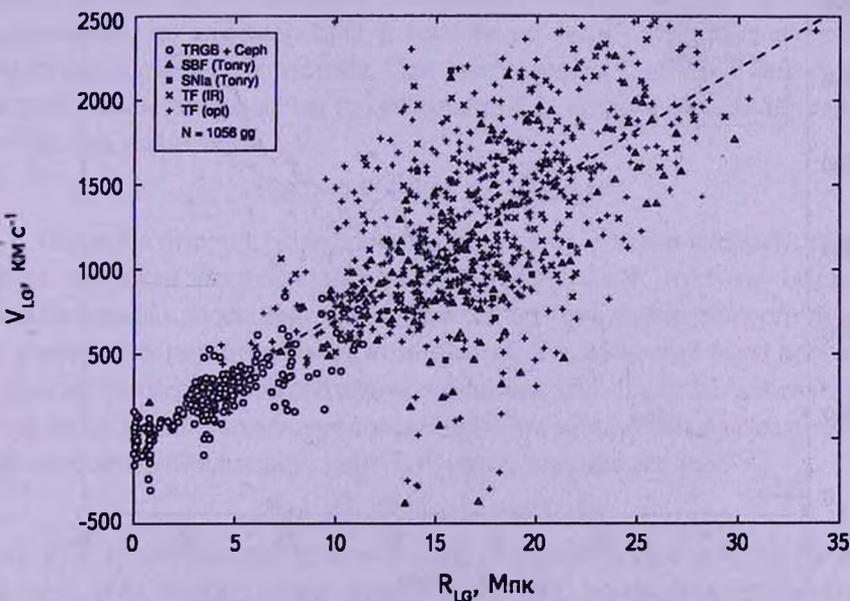


Рис.3. Распределение 1056 галактик по лучевым скоростям и расстояниям от наблюдателя. Галактики с разными источниками расстояний помечены различными символами.

вириальными скоростями членов скопления Virgo.

3. *Обсуждение.* При наличии расширения окрестностей пустоты галактики, расположенные для наблюдателя впереди пустого объема, должны иметь скорости систематически ниже хаббловских, а объекты за дальней границей пустоты будут иметь лучевые скорости выше хаббловских. Картина отклонений от чистого хаббловского потока будет характеризоваться волной, амплитуда которой обратна по знаку той, что видна в картине потоков галактик к центрам близких скоплений Virgo и Fornax [29,30]. При этом

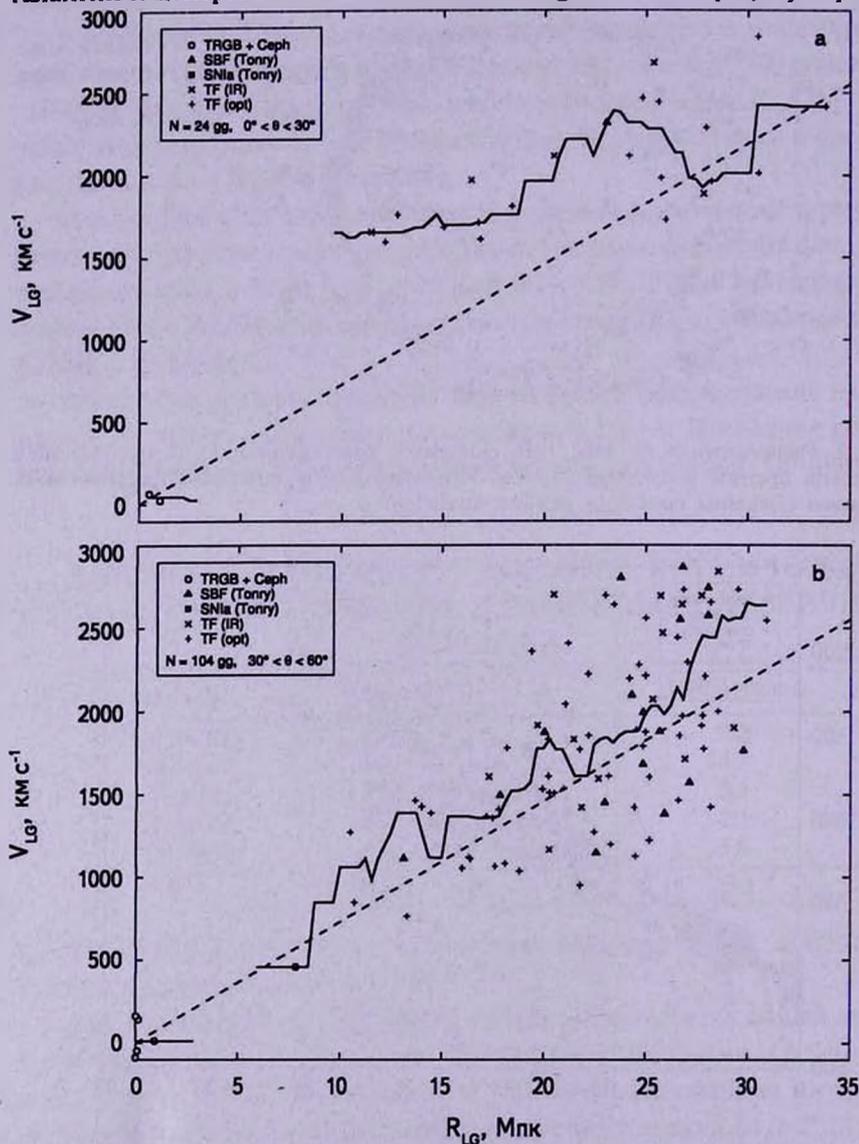


Рис.4. Хаббловская диаграмма для галактик с угловыми расстояниями от центра Местной космической пустоты менее  $30^\circ$  (верхняя панель) и  $30^\circ$ - $60^\circ$  (нижняя панель).

амплитуда скорости оттока от пустоты ожидается тем меньше, чем больше угловое расстояние галактики  $\Theta$  от центра войда.

Верхняя и нижняя панели рис. 4 воспроизводят хаббловские диаграммы для 24 и 104 галактик, расположенных в конусах  $\Theta < 30^\circ$  и  $30^\circ < \Theta < 60^\circ$ , соответственно. Поскольку Местная космическая пустота начинается буквально за порогом Местной группы, близкого участка "волны оттока" фактически не видно. Несколько самых близких галактик на  $R_{LG} = 1$  Мпк являются членами Местной группы. На дальней стороне войда в конусе  $\Theta < 30^\circ$  наблюдается ожидаемый избыток лучевых скоростей галактик. Ломаная линия на рисунке изображает скользящую медиану с окном усреднения 2 Мпк. Ее избыток над хаббловской линией при  $H_0 = 73$  (км/с)/Мпк достигает  $\sim 500$  км/с. К сожалению, все, кроме одной, галактики на этой диаграмме имеют невысокую точность измерения расстояний.

На нижней панели рис.4 эффект оттока галактик от Местной пустоты заметен всего лишь как тенденция. Медианное значение лучевой скорости следует в среднем на 10-15% выше глобальной величины  $H_0 = 73$  (км/с)/Мпк, что согласуется с теоретическими ожиданиями. Одна галактика (КК 246 = ESO 461-36) с высокоточным расстоянием  $7.8 \pm 0.6$  Мпк располагается внутри пустоты с ближней боковой восточной стороны и имеет отрицательную пекулярную скорость около 110 км/с.

Необходимо подчеркнуть, что хаббловские диаграммы рис.4 учитывают далеко не полную информацию о кинематике окружающих войд галактик. По этой причине мы использовали также другой подход: построение хаббловской диаграммы, но для скоростей и расстояний галактик относительно центра Местной космической пустоты. При расстоянии галактики от наблюдателя  $R_g$  и расстоянии центра войда от наблюдателя  $R_c$  квадрат расстояния галактики от центра войда есть

$$R_{LV}^2 = R_g^2 + R_c^2 - 2 R_g R_c \cos\Theta.$$

Однако в отличие от расстояния переход от лучевой скорости галактики к ее скорости относительно центра космической пустоты оказывается неоднозначным, поскольку нам неизвестен полный вектор скорости галактики, а именно его тангенциальная компонента. Эта проблема была рассмотрена нами на примере виргоцентрического потока [29]. В случае, когда галактики участвуют в слабо возмущенном хаббловском потоке (модель малого войда), их скорость относительно центра пустоты выражается как

$$V_{LV} = V_g \cos\lambda - V_c \cos(\lambda + \Theta),$$

где  $V_g$  и  $V_c$  обозначают лучевые скорости галактики и центра пустоты, а  $\lambda$  есть угол между лучом зрения и линией, соединяющей галактику с центром пустоты:

$$\operatorname{tg}\lambda = R_c \sin\Theta / (R_g - R_c \cos\Theta).$$

В другом крайнем случае, когда доминирующим движением галактик является их радиальное движение от центра пустоты (модель протяженного войда), скорость галактик относительно центра пустоты выражается как

$$V_{LV} = (V_g - V_c \cos\Theta) \sec\lambda$$

(см. рис.2 в [29]). Различия между двумя предполагаемыми схемами движения галактик становятся значительными при углах  $45^\circ < \lambda < 135^\circ$ .

Ситуацию поясняет рис.5, на котором представлено распределение 1056 галактик с известными скоростями и расстояниями в радиусе  $R_{VC} = 25$  Мпк вокруг центра Местной космической пустоты в декартовых координатах. Распределение этих галактик спроектировано на плоскость, проходящую через Местную группу (LG) и центр Местной космической пустоты (С).

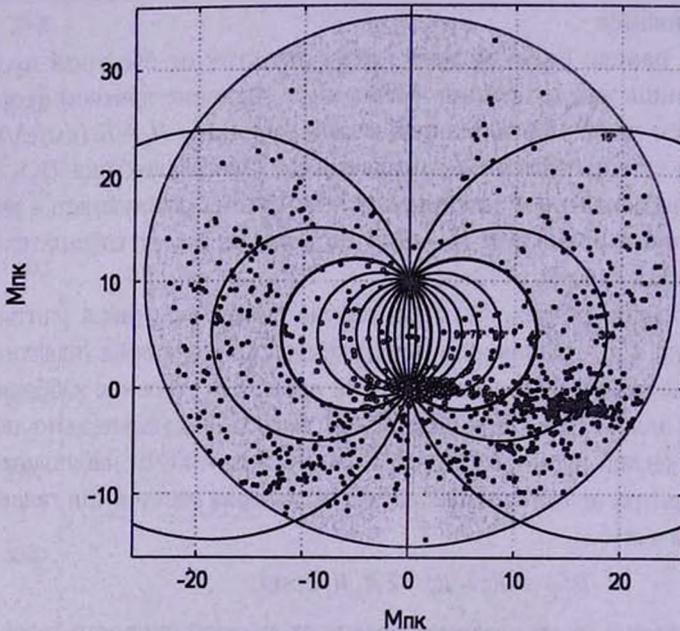


Рис.5. Распределение галактик вокруг Местной космической пустоты в проекции на плоскость, проходящую через Местную группу (LG) и центр пустоты (С). Окружности соответствуют линиям, на которых угол  $\lambda$  между лучом зрения и направлением от галактики к центру войда принимает значения:  $15^\circ, 30^\circ, \dots, 90^\circ$ . Галактики, расположенные в зоне "неблагоприятных" значений  $\lambda > 45^\circ$  и  $\lambda < 135^\circ$ , показаны пустыми кружками.

Выбранная проекция приблизительно соответствует сверхгалактической плоскости  $\{SGZ, SGY\}$ , где концентрация галактик в правой нижней части обусловлена скоплением Virgo. Линии фиксированного угла  $\lambda = 15^\circ, 30^\circ, \dots, 90^\circ$  показаны на рисунке симметричными окружностями. Галактики с углами  $45^\circ < \lambda < 135^\circ$  характеризуются наибольшей неопределенностью перехода от  $V_g$  к  $V_{LV}$  из-за неизвестной тангенциальной компоненты их скорости относительно наблюдателя. Эти "плохие" галактики изображены

открытыми кружками. В пространстве зона  $45^\circ < \lambda < 135^\circ$  имеет вид тора, проекция которого на плоскость рис.5 выглядит похожей на белое яблоко.

Распределение галактик по скоростям и расстояниям относительно центра Местной космической пустоты представлено на рис.6. Верхняя панель

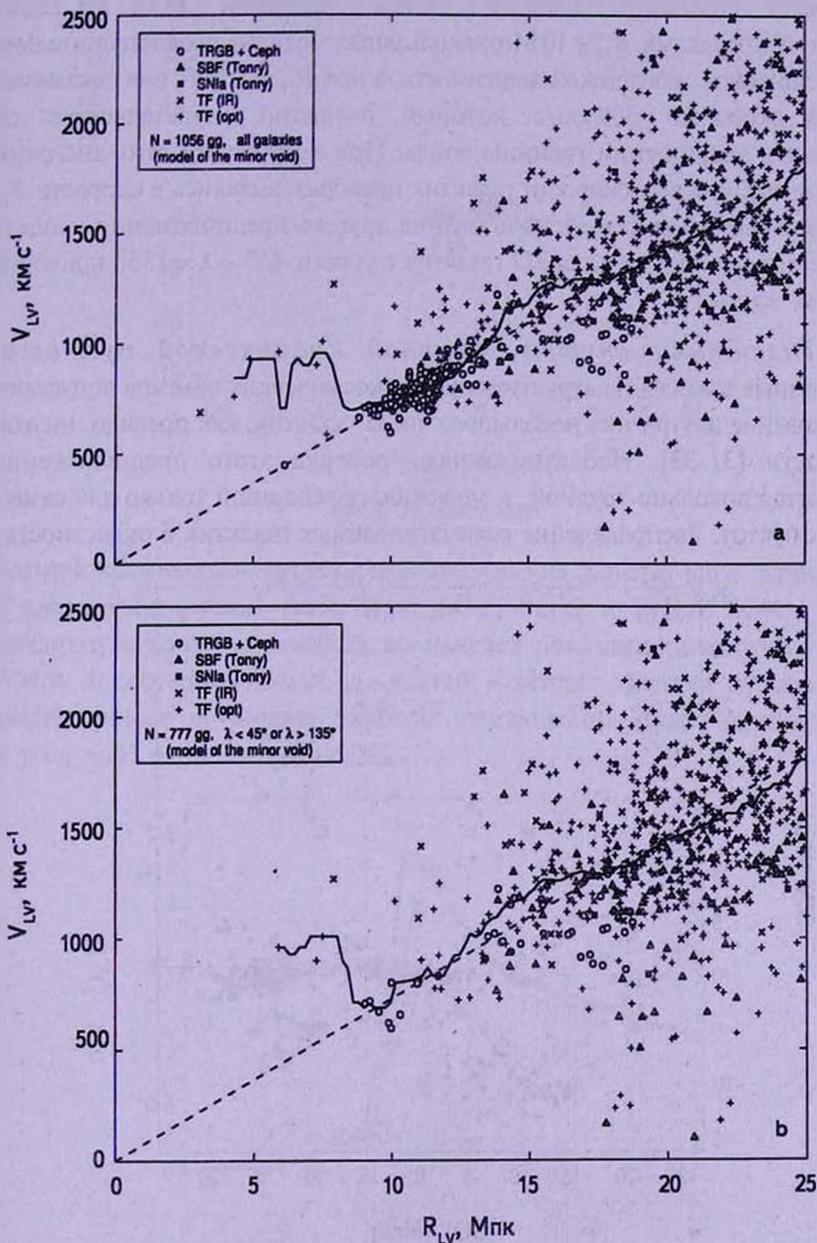


Рис.6. Соотношение между скоростями и расстояниями галактик относительно центра Местной космической пустоты. Подвыборки галактик с оценкам расстояний разными методами показаны теми же символами, что и на рис.3. На верхней панели представлены все галактики, на нижней - галактики с "благоприятными" углами ориентации  $\lambda$ .

отражает распределение всех 1056 галактик, а нижняя показывает распределение  $\{V_{LV}, R_{LV}\}$  только для 777 галактик с подходящими углами  $45^\circ < \lambda < 135^\circ$ . Пунктирная прямая на панелях соответствует невозмущенному хаббловскому потоку с параметром  $H_0 = 73$  (км/с)/Мпк, а ломаная сплошная линия изображает скользящую медиану с окном усреднения 2 Мпк. На обеих панелях за пределами  $R_{LV} = 10$  Мпк скользящая медиана удовлетворительно следует линейной хаббловской зависимости, а при  $R_{LV} < 10$  Мпк она показывает избыток скорости  $\sim 300$  км/с, который, очевидно, свидетельствует об ускоренном расширении границы войда. При построении этих диаграмм наблюдаемые лучевые скорости галактик преобразовывались в скорости  $V_{LV}$  по модели малого войда. Использование другого предположения (модель протяженного войда) дает для 777 галактик с углами  $45^\circ < \lambda < 135^\circ$  примерно такую же картину.

#### 4. Галактики внутри Местной космической пустоты.

Современные взгляды на структуру пустых космических объемов допускают существование внутри них небольшого числа галактик, как правило, низкой светимости [31-33]. Наблюдательная проверка этого предположения оказывается довольно трудной, и может быть успешной только для самых близких пустот. Распределение рассматриваемых галактик в окрестностях

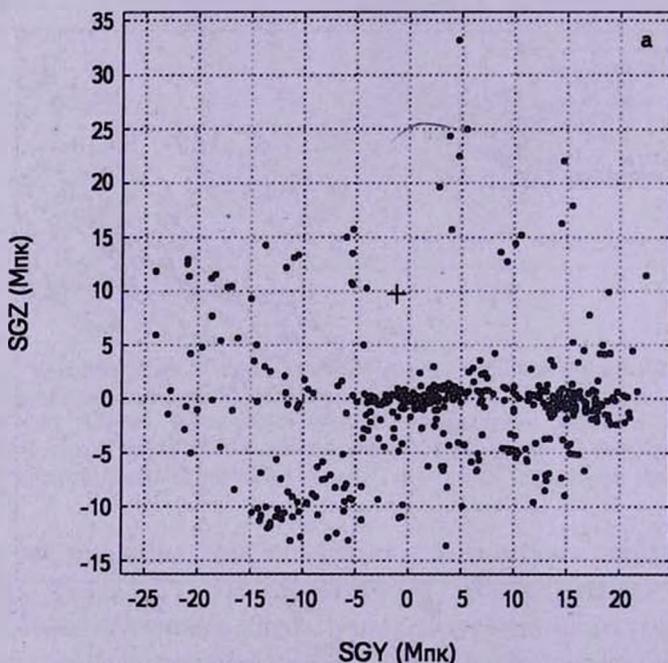


Рис.7. Распределение галактик вокруг Местной космической пустоты в проекции на сверхгалактические плоскости  $\{SGZ, SGY\}$  и  $\{SGZ, SGX\}$ . Положение центра пустоты указано крестом. На панелях а и б показаны только галактики в пределах слоя  $|SGX| < 5$  Мпк и  $|SGY| < 5$  Мпк, соответственно.

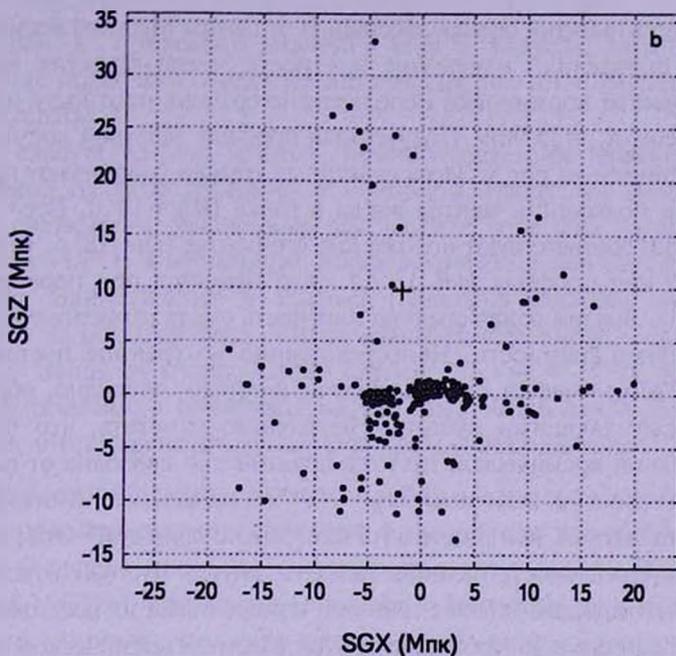


Рис.7. Продолжение.

Местной космической пустоты представлено на панелях рис.7 в проекции на сверхгалактические плоскости  $\{SGZ, SGY\}$  и  $\{SGZ, SGX\}$ . Чтобы подчеркнуть контуры пустоты, на панелях показаны галактики в слоях  $\pm 5$  Мпк от соответствующих плоскостей. Контраст Местной пустоты здесь заметен, однако он выражен наиболее отчетливо при развороте оси зрения на угол  $\sim 45^\circ$  относительно  $SGX$ .

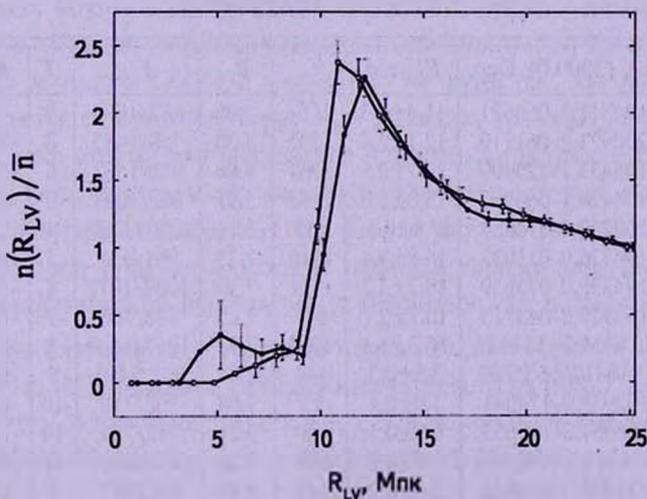


Рис.8. Профиль плотности числа галактик вдоль радиуса Местной космической пустоты при двух положениях ее центра.

Имея для всех галактик оценки расстояния от центра Местной космической пустоты, мы определили изменение плотности числа галактик вдоль ее радиуса. В качестве нормировки использована средняя плотность их числа в сфере радиусом  $R_{LV} = 25$  Мпк. Полученный профиль Местной космической пустоты представлен на рис.8. Здесь сплошные кружки очерчивают профиль плотности при положении центра войда в точке  $\{RA = 19^h.0, Dec = +3^{\circ}.0\}$ , а пустые кружки соответствуют положению его центра при  $\{18^h.6, +18^{\circ}\}$ . Как видим, общий вид профиля  $n(R_{LV})/\langle n \rangle$  мало меняется при перемещении центра пустоты. Внутри войда средняя плотность числа галактик составляет около 1/5 средней плотности. Непосредственно на границе пустоты при  $R_{LV} \approx (10 - 12)$  Мпк имеется пик плотности, который, очевидно, образован волокнами, окаймляющими пустоту. Необходимо отметить, что ближняя половина Местной космической пустоты практически свободна от галактик вплоть до их абсолютной величины  $M_B \approx -10^m$ . А на дальней половине войда присутствуют галактики, чьи расстояния измерены с ошибкой  $\sim 20\%$ , т.е.  $\sim (3-4)$  Мпк. Поэтому реальность наличия галактик внутри пустоты нуждается в дальнейшем подтверждении более точными измерениями их расстояний.

Некоторые данные о 16 галактиках внутри Местной космической пустоты представлены в табл.2. Помимо расстояний и скоростей относительно Местной группы, в колонках таблицы указаны: расстояния от центра пустоты  $R_{LV}$ , лучевые скорости относительно центра пустоты при пересчете их по схеме малого и протяженного войда, а также морфологические типы и абсолютные величины галактик. Галактики ранжированы по величине расстояния  $R_{LV}$

Таблица 2

### ГАЛАКТИКИ, БЛИЖАЙШИЕ К ЦЕНТРУ МЕСТНОЙ КОСМИЧЕСКОЙ ПУСТОТЫ

Галактика	RA (2000.0) Dec.	$R_{LG} \pm \sigma$	$V_{LG}$	$R_{LG}$	$V_{LV}$	$T$	$M_B$	$\lambda$
2MFGC15085	194311.7-065621	11.4 $\pm$ 2.3	1654	3.06	687/1683	8	-17.2	56
UGCA417	200921.2-061710	12.1 $\pm$ 2.4	1595	4.30	758/1455	8	-15.5	51
NGC6835	195433.1-123409	12.7 $\pm$ 2.5	1761	4.86	928/1567	6	-18.1	47
NGC6821	194424.1-064960	15.0 $\pm$ 3.0	1683	5.91	962/1084	8	-17.1	26
KK246	200357.4-314054	7.8 $\pm$ 0.6	458	6.14	449/11257	10	-13.7	91
CGCG371-004	194326.0-011032	16.8 $\pm$ 3.4	1610	7.29	901/931	5	-18.7	16
CGMW3-4603	194238.0-073639	16.7 $\pm$ 3.3	1711	7.50	1009/1072	8	-17.0	20
MCG-01-41-6	160936.8-043713	10.7 $\pm$ 2.1	847	7.65	588/706	9	-15.6	64
2MFGC14044	174804.5+144429	16.3 $\pm$ 3.3	1969	7.91	1267/1450	8	-17.7	27
N6789	191641.8+635822	3.6 $\pm$ 0.3	144	8.84	662/1491	9	-14.3	98
SagDIG	192959.0-174041	1.0 $\pm$ 0.1	23	9.04	708/718	10	-11.5	156
DDO210	204651.8-125053	0.9 $\pm$ 0.1	13	9.21	718/739	10	-11.1	146
KKR25	161347.6+542216	1.9 $\pm$ 0.2	68	9.26	697/891	-1	-9.9	108
IC 4662	174706.3-643825	2.4 $\pm$ 0.2	145	9.40	691/957	9	-15.6	97
IC 5152	220241.9-511743	2.0 $\pm$ 0.2	75	9.40	700/1012	9	-15.7	102
N6503	174927.6+700841	5.3 $\pm$ 0.4	301	9.41	673/177	6	-18.1	81

В колонке "λ" приведены значения угла в градусах, характеризующего положение галактики относительно луча зрения и направления от нее на центр пустоты.

Как следует из этих данных, немногочисленное население Местной космической пустоты содержит, в основном, галактики поздних типов и низкой светимости. Медианная абсолютная величина галактик в табл.2 составляет  $-15^m.7$ , а медианный морфологический тип соответствует  $T=8$  или Sdm. Единственная в таблице галактика раннего типа, KKR 25, относится к редкому типу изолированных карликовых сфероидальных галактик. Ввиду их очень низкой светимости ( $M_b = -9^m.9$ ), такие объекты с трудом поддаются обнаружению, но могут быть довольно распространенными в пространстве между группами и скоплениями [34].

**5. Заключительные замечания.** Мы не нашли в литературе каких-либо детальных сведений о структуре и кинематике типичной космической пустоты. Очевидно, численные моделирования процесса расширения пустоты в рамках  $\Lambda$ CDM -парадигмы позволяют провести на рис.4 и 6 линии регрессии, которые дадут количественное описание картины расширения. Согласно оценке [14], расширение абсолютно пустого сферически-симметричного войда при  $\Omega_\lambda = 0.76$  характеризуется локальной постоянной Хаббла  $H_b \approx H_0 + 16$  (км/с)/Мпк. Тогда на принятом нами значении диаметра Местной космической пустоты 20 Мпк амплитуда перепада скоростей оттока из нее составит  $\sim 320$  км/с. Эта величина вполне согласуется с имеющимися наблюдательными данными. Разумеется, кинематика реального несимметричного войда может существенно отличаться от этой простейшей схемы.

Следует отметить, что наблюдательные возможности для уточнения картины расширения Местной космической пустоты пока не исчерпаны. На ближней ее стороне имеются несколько галактик, расстояния до которых могут быть измерены методом TRGB с точностью не хуже 5%. На дальней границе войда остается еще много спиральных галактик, видимых почти с ребра, для которых пока отсутствует аккуратное измерение профилей HI-линий и нет надежной фотометрии. С учетом ведущейся сейчас программы обзора таких галактик на радиотелескопе GBT [35] и фотометрического обзора неба PanStart, новые и более надежные наблюдательные данные о кинематике Местной космической пустоты могут появиться уже в ближайшем будущем.

Авторы благодарят Б.Талли за полезные дискуссии и ценные советы.

В работе использованы базы данных HyperLEDA (<http://leda.univ-lyon1.fr>) и NED (<http://nedwww.ipac.caltech.edu/>). Эта работа была поддержана грантами РФФИ 09-02-90414-Укр-ф-а и РФФИ 10-02-92650.

Специальная астрофизическая обсерватория РАН, Россия,  
e-mail: phiruzi@gmail.com



## ON THE KINEMATICS OF THE LOCAL COSMIC VOID

O.G.NASONOVA, I.D.KARACHENTSEV

We collected the existing data on distances and radial velocities of galaxies around the Local void in Aquila/Hercules to examine the peculiar velocity field induced by its underdensity. A sample of 1056 galaxies with distances from the Tip of the Red Giant Branch, the Cepheid luminosity, the SNIa luminosity, the surface brightness fluctuation method, and the Tully-Fisher relation has been used for such a purpose. The amplitude of outflow is found to be  $\sim 300 \text{ km s}^{-1}$ . The galaxies located inside the void produce the mean intra-void number density about 1/5 the mean external number density of galaxies. The void population has lower luminosity and later morphological type with the medians:  $M_B = -15^m.7$  and  $T = 8$  (Sdm), respectively.

Key words: *galaxies:large-scale structure of Universe*

## ЛИТЕРАТУРА

1. M.Joeveer, J.Einasto, E.Tago, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **185**, 357, 1978.
2. S.A.Gregory, L.A.Thompson, Astrophys. J., **222**, 784, 1978.
3. V. de Lapparent, M.J.Geller, J.P.Huchra, Astrophys. J., **302**, L1, 1986.
4. R. van de Weygaert, E. van Kampen, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **263**, 481, 1993.
5. A.V.Tikhonov, I.D.Karachentsev, Astrophys. J., **653**, 969, 2006.
6. R.B.Tully, J.R.Fisher, Nearby Galaxies Atlas, Cambridge Univ. Press, Cambridge, 1987.
7. M.A.Zwaan, L.Staveley-Smith, B.S.Koribalski et al., Astron. J., **125**, 2842, 2003.
8. R.C.Kraan-Korteweg, N.Shafi, B.S.Koribalski et al., in "Galaxies in the Local Volume", ASSP, p.13, 2008.
9. R.Giovanelli et al., Astron. J., **130**, 2598, 2005.
10. A.Saintonge, R.Giovanelli, M.P.Haynes et al., Astron. J., **135**, 588, 2008.
11. A.T.Roman, K.Nakanishi, A.Tomita, M.Saito, Publications of the Astronomical Society of Japan, **48**, 679, 1996.
12. K.Nakanishi, T.Takata, Y.T.Yamada et al., Astrophys. J. Suppl. Ser., **112**, 245, 1997.
13. V.E.Karachentseva, I.D.Karachentsev, G.M.Richter, Astron. Astrophys. Suppl. Ser., **134**, 1, 1998.
14. R.B.Tully, E.J.Shaya, I.D.Karachentsev et al., Astrophys. J., **676**, 184, 2008.
15. L.Ceccarelli, N.D.Padilla, C.Valotto, D.G.Lambas, arXiv:0805.0797, 2008.
16. W.Schaap, PhD Thesis, Groningen Univ., 2007.

17. *S.M.Faber, D.Burstein*, in "Large-Scale Motions in the Universe", A Vatican study Week, p.115, 1988.
18. *D.J.Schlegel, D.P.Finkbeiner, M.Davis*, *Astrophys. J.*, **500**, 525, 1998.
19. *M.G.Lee, W.L.Freedman, B.F.Madore*, *Astrophys. J.*, **417**, 553, 1993.
20. *I.D.Karachentsev, V.E.Karachentseva, W.K.Huchtmeier, D.I.Makarov*, *Astron. J.*, **127**, 2031, 2004. (=CNG)
21. *I.D.Karachentsev, A.E.Dolphin, R.B.Tully et al.*, *Astron. J.*, **131**, 1361, 2006.
22. *R.B.Tully, L.Rizzi, A.E.Dolphin et al.*, *Astron. J.*, **132**, 729, 2006.
23. *J.L.Tonry, A.Dressler, J.P.Blakeslee et al.*, *Astrophys. J.*, **546**, 681, 2001.
24. *J.L.Tonry, B.P.Schmidt, B.Barris et al.*, *Astrophys. J.*, **594**, 1, 2003,
25. *O.G.Kashibadze*, *Astrofizika*, **51**, 409, 2008.
26. *S.N.Mitronova, I.D.Karachentsev, V.E.Karachentseva, T.H.Jarren, Yu.N.Kudrya*, *Bull. Spec. Astrophys. Obs.*, **57**, 5, 2004. (2MFGC)
27. *R.B.Tully, L.Rizzi, E.J.Shaya, H.M.Courtois, I.D.Makarov, B.A.Jacobs*, *Astron. J.*, **138**, 323, 2009.
28. *C.M.Springob, M.P.Haynes, R.Giovanelli, B.R.Kent*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **160**, 149, 2005.
29. *I.D.Karachentsev, O.G.Nasonova (Kashibadze)*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **405**, 1075, 2010.
30. *O.G.Nasonova, J.A. de Freitas Pacheco, I.D.Karachentsev*, *Astron. Astrophys.*, 2011, submitted
31. *P.J.E.Peebles*, *Astrophys. J.*, **557**, 495, 2001.
32. *S.G.Patiri, J.Betancort-Rijo, F.Prada et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **372**, 1710, 2006.
33. *M.Hoefl, S.Gottloeber*, arXiv:1001.4721, 2010.
34. *I.D.Karachentsev, O.G.Kashibadze, D.I.Makarov, R.B.Tully*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **393**, 1265, 2009.
35. *H.Courtois, B.Tully, R.Fisher et al.*, *Astron. J.*, **138**, 1938, 2009.