

## МЕТОД АНАЛИЗА ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЛАКТИК НА МАСШТАБАХ В ГИГАПАРСЕКИ. II. ПРИМЕНЕНИЕ К СЕТКЕ ОБЗОРОВ HUDF-FDF-COSMOS-HDF

Н.В.НАБОКОВ, Ю.В.БАРЫШЕВ

Поступила 30 июня 2009

Принята к печати 25 ноября 2009

На примере глубоких полей COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N показаны возможности и ограничения метода поиска сверхбольших структур в пространственном распределении галактик, предложенного в предыдущей работе этой серии. Анализ распределений фотометрических красных смещений  $N(z)$  в сетке глубоких полей HUDF-FDF-COSMOS-HDFN показал, что возможно существование сверхбольших структур с контрастом  $dN/N \sim 50\%$  и с размерами около 1000 Мпк в радиальном и тангенциальном направлениях. Реальность обнаруженных кандидатов в сверхбольшие структуры во Вселенной может быть проверена проведением дополнительных наблюдений в более мелкой сетке глубоких полей. Для уменьшения влияния систематических ошибок необходимо наблюдать одинаковые глубокие поля на нескольких телескопах класса 3-10 м с использованием разных методик определения фотометрических красных смещений.

**Ключевые слова:** *космология:глубокие поля:далекие галактики:  
крупномасштабная структура Вселенной*

1. **Введение.** В предыдущей работе этой серии [1] был предложен метод оценки размеров и контраста сверхбольших неоднородностей в крупномасштабной структуре Вселенной в широком интервале красных смещений. С помощью этого метода на основе наблюдений глубоких полей могут быть получены прямые наблюдательные ограничения на наличие сверхбольших структур в пространственном распределении галактик в интервале красных смещений 0.5-5.

В настоящей работе, в качестве первого шага применения метода поиска сверхбольших структур [1], мы рассматриваем сетку полей образуемых глубокими обзорами COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N. В разделе 2 проводится анализ радиальных распределений галактик в глубоких полях COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N, и показана возможность обнаружения областей повышенной и пониженной плотности видимой материи на масштабах, достигающих 1000 Мпк. В разделе 3 дается оценка возможных размеров сверхбольших структур в тангенциальном направлении на основе угловых расстояний между отдельными глубокими полями. В разделе 4 обсуждаются дополнительные тесты реальности существования сверхбольших

структур во Вселенной. В разделе 5 дается заключение и основные выводы.

## 2. Радиальные распределения галактик в глубоких полях COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N.

2.1. *Параметры полей COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N.* В качестве примера применения метода объемной космической томографии [1] рассмотрим распределение фотометрических красных смещений в глубоких обзорах галактик COSMOS (Cosmic Evolution Survey [2]), FDF (FORs Deep Field of the ESO VLT, [3]), HUDF (Hubble Ultra Deep Field, [4]), HDF-N (Hubble Deep Field North [5]). Для этих полей проведено сравнение наблюдаемого распределения красных смещений галактик в бинах  $\Delta z = 0.1, 0.2, 0.3$  с ожидаемым в случае однородного пространственного распределения в ограниченной по видимой звездной величине выборке. В табл.1 представлены некоторые параметры изучаемых полей.

Таблица 1

### ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ ИЗУЧАЕМЫХ ПОЛЕЙ. COSMOS, FDF, HUDF И HDF-N

Поле	$\alpha$	$\delta$	Угловой размер	$m_{\text{lim}}$ (фильтр B)
COSMOS	10 <sup>h</sup> 00 <sup>m</sup>	+02°12'	77' x 77'	25
FDF	01 <sup>h</sup> 06 <sup>m</sup>	-25°46'	7' x 7'	27
HUDF	03 <sup>h</sup> 32 <sup>m</sup>	-27°47'	3' x 3'	30
HDF-N	12 <sup>h</sup> 36 <sup>m</sup>	+62°13'	2.3' x 2.3'	29

В табл.2-5 представлены обнаруженные кандидаты в сверхбольшие структуры, а также значения ожидаемых среднеквадратических отклонений для пуассоновских флуктуаций и для коррелированных структур с параметрами  $r_0 = 5$  Мпк и  $\gamma = 1.8$ , в случае полей COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N для бинов  $\Delta z = 0.3$  на основе формул (6,1)-(10,1)(здесь и далее так приводятся ссылки на формулы из работы [1]). Основной проблемой, которую еще предстоит решить, является отделение флуктуаций, связанных со структурами, от флуктуаций, связанных с систематическими ошибками метода определения фото- $z$

2.2. *N(z) для выборки COSMOS.* Обзор COSMOS в настоящее время является самым большим глубоким многополосным обзором галактик. Он содержит около полумиллиона фотометрических красных смещений, оцененных по 30 фильтрам для 607617 галактик с  $i < 26$  [6]. С апреля 2008г. в Интернете [7] доступен каталог фотометрических красных смещений для 385065 галактик в ограниченной по видимой звездной величине выборке с  $i < 25$ .

Согласно [6] точность оценки фото- $z$  для  $z < 1.25$  составляет

$\sigma_z = 0.02, 0.04, 0.07$  для  $i \sim 24, i \sim 25, i \sim 25.5$ , пока бальмеровский скачок (на  $4000 \text{ \AA}$ ) не выходит за область  $9000 \text{ \AA}$ . Для  $z > 1.25$  точность падает до  $\sigma_z \approx 0.14$  ( $i \sim 24$ ) и достигает  $\sigma_z \leq 0.19$  для  $z \sim 2.2$ . Для  $z > 2.5$  точность улучшается  $\sigma_z \leq 0.1$  ( $24 < i < 25$ ), когда бальмеровский скачок входит в фильтр  $J$  ( $z \sim 2$ ). На рис.1 изображено радиальное распределение  $N(z)$  для

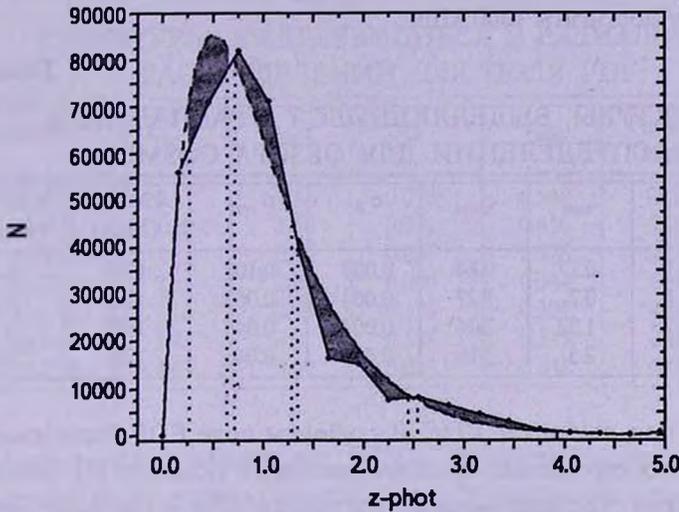


Рис.1. Радиальное распределение галактик в обзоре COSMOS по красным смещениям и возможные сверхбольшие области повышенной и пониженной плотности в случае  $\Delta z = 0.3$ . Пунктирный график - ожидаемое распределение по красным смещениям для однородного пространственного распределения галактик. Число галактик 382143.

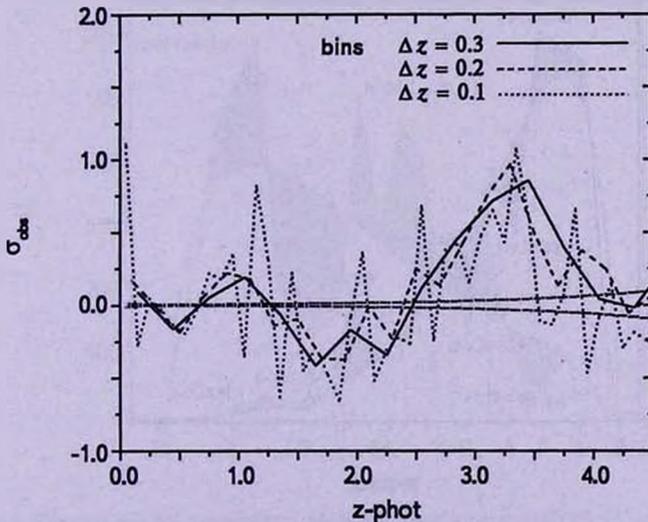


Рис.2. Наблюдаемые отклонения от однородного распределения для радиальных распределений галактик обзора COSMOS по красному смещению для бинов  $\Delta z = 0.1, 0.2, 0.3$  (штриховой, пунктирный и сплошной графики, соответственно). Штрихпунктирный график - пуассоновский шум  $\sigma_p$  в случае  $\Delta z = 0.3$ . Число галактик 382143.

бина 0.3. Наблюдаемые отклонения от теоретического радиального распределения ( $S, D$ ) приведены на рис.2 для ширины бина  $\Delta z = 0.1, 0.2, 0.3$ , соответственно.

В табл.2 приведены кандидаты в области повышенной и пониженной концентрации галактик в глубоком поле COSMOS. Согласно рис.2, величины относительных отклонений  $\sigma_{obs}$  составляют до 50%, а их размеры могут достигать 1000 Мпк.

Таблица 2

### СТРУКТУРЫ, ВЫДЕЛЯЮЩИЕСЯ В РАДИАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ДЛЯ ОБЗОРА COSMOS

Название	$z_{start}$	$z_{finish}$	$\sigma_p$	$\sigma_{corr}$	Размер (Мпк)	Контраст (модуль)
COSMOS-SLV-1	0.27	0.64	0.003	0.101	1203	0.16
COSMOS-SLC-1	0.7	1.27	0.004	0.063	1359	0.18
COSMOS-SLV-2	1.32	2.44	0.007	0.048	1683	0.42
COSMOS-SLC-2	2.5	3.99	0.019	0.041	1291	0.82

2.3.  $N(z)$  для выборки FDF. В глубоком поле FDF было измерено около 7000 фотометрических красных смещений галактик [3], используя  $UBgRIJK$ -фильтры. Мы использовали эти данные, чтобы построить распределение красных смещений и чисел отклонений для бинов  $\Delta z = 0.1, 0.2, 0.3$ . На рис.3 приведены параметры радиального распределения ( $S, D$ )  $A=2455.67$ ,  $\alpha = 0.82$ ,  $\beta = 1.14$ ,  $z_0 = 1.03$ , для бина  $dz=0.3$ .

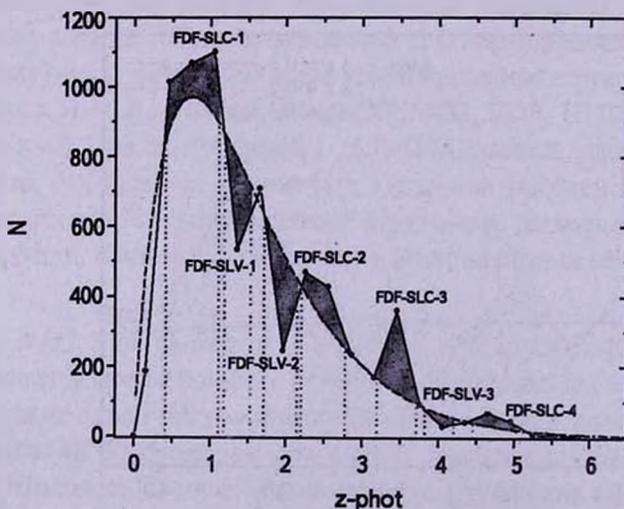


Рис.3. Радиальное распределение галактик в поле FDF по красным смещениям и возможные сверхбольшие области повышенной и пониженной плотности в случае  $\Delta z = 0.3$ . Пунктирный график - ожидаемое распределение по красным смещениям для однородного пространственного распределения галактик. Число галактик 6815.

В табл.3 приведены кандидаты в области повышенной и пониженной концентрации галактик в глубоком поле FDF. Наблюдаемое относительное отклонение (10, I) чисел галактик от ожидаемого однородного распределения в ограниченной по видимой звездной величине выборке галактик для поля FDF представлено на рис.6 (см. раздел 3) для ширины бина  $\Delta z = 0.3$ .

Таблица 3

СТРУКТУРЫ, ВЫДЕЛЯЮЩИЕСЯ В РАДИАЛЬНОМ  
РАСПРЕДЕЛЕНИИ ДЛЯ ПОЛЯ FDF

Название	$z_{start}$	$z_{finish}$	$\sigma_p$	$\sigma_{corr}$	Размер (Мпк)	Контраст (модуль)
FDF-SLC-1	0.4	1.12	0.033	0.548	1966	0.20
FDF-SLV-1	1.18	1.56	0.044	0.416	728	0.33
FDF-SLV-2	1.71	2.18	0.057	0.378	675	0.53
FDF-SLC-2	2.21	2.8	0.090	0.344	664	0.37
FDF-SLC-3	3.16	3.73	0.125	0.329	455	1.88
FDF-SLV-3	3.83	4.3	0.178	0.317	309	0.53
FDF-SLC-4	4.4	5.09	0.033	0.548	377	1.14

2.4.  $N(z)$  для выборок из HUDF. В работе [8] на основе  $BVIzJH$ -фотометрии было изучено сверхглубокое хаббловское поле HUDF. Для определения фотометрических красных смещений использовались фильтры  $J$  и  $H$  инфракрасной камеры NICMOS. Используя собственное программное обеспечение, авторы статьи [8] определили фото- $z$  для 7560 галактик.

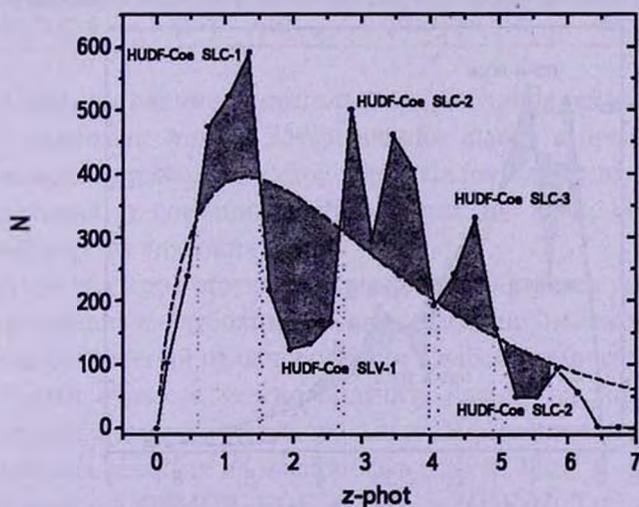


Рис.4. Радиальное распределение 5446 галактик в поле HUDF по красным смещениям для выборки [8] и возможные сверхбольшие области повышенной и пониженной плотности в случае  $\Delta z = 0.3$ . Пунктирный график - ожидаемое распределение по красным смещениям для однородного пространственного распределения галактик. Число галактик 5446.

При построении модельного распределения  $N(z)$  мы отобрали галактики с вероятностью определения фото- $z > 70\%$ , в результате чего получили выборку 5446 галактик с фотометрическими красными смещениями. На рис.4 приведено распределение фото- $z$  галактик HUDF [8], параметры однородного модельного радиального распределения  $A=464396.13$ ,  $\alpha = 0.71$ ,  $\beta = 1.03$ ,  $z_0 = 1.86$ . В табл.4 приведены кандидаты в области повышенной и пониженной концентрации галактик в глубоком поле HUDF. На рис.6 приведены относительные отклонения от ожидаемого однородного распределения.

Таблица 4

### СТРУКТУРЫ, ВЫДЕЛЯЮЩИЕСЯ В РАДИАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ДЛЯ ПОЛЯ HUDF

Название	$z_{start}$	$z_{finish}$	$\sigma_p$	$\sigma_{corr}$	Размер (Мпк)	Контраст (модуль)
HUDF <sub>coe</sub> -SLC-1	0.61	1.48	0.051	0.451	2019	0.42
HUDF <sub>coe</sub> -SLV-1	1.54	2.65	0.052	0.342	1507	0.62
HUDF <sub>coe</sub> -SLC-2	2.7	3.13	0.056	0.305	412	0.61
HUDF <sub>coe</sub> -SLC-3	3.17	3.99	0.061	0.290	628	0.78
HUDF <sub>coe</sub> -SLC-3	4.18	4.95	0.079	0.261	442	0.98

2.5.  $N(z)$  для выборки HDF-N. Данные фотометрических наблюдений в фильтрах *uvgr* доступны на сайте [5]. В настоящей работе мы провели обработку этих данных от выделения объектов (SExtractor) до оценки фото- $z$  (Hyper  $z$ ). Первоначальный каталог обнаруженных галактик содержит 3301 галактику. Проведя процедуру определения фото- $z$ , и наложив условие -

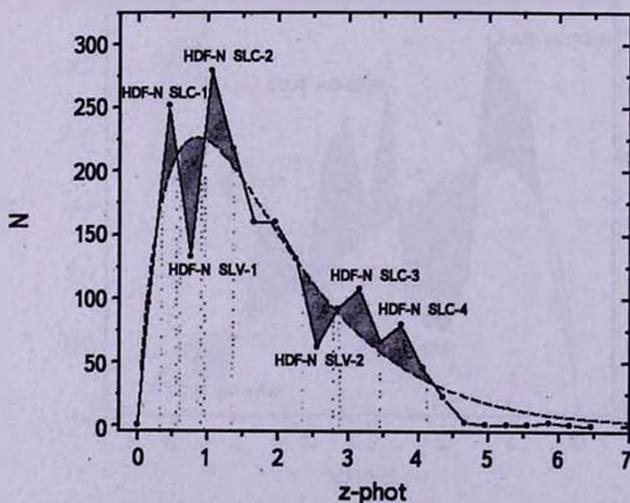


Рис.5. Радиальное распределение галактик в поле HDF-N по красным смещениям и сверхбольшие области повышенной и пониженной плотности в случае  $\Delta z = 0.3$ . Штриховой график - ожидаемое распределение по красным смещениям для однородного пространственного распределения галактик, сплошной - наблюдаемое. Число галактик 1916.

вероятность правдоподобия  $> 70\%$ , мы получили каталог, содержащий 1916 галактик. При определении фото- $z$  мы использовали 4-х полосную фотометрию (фильтры с эффективными длинами волн (в Å)  $u(\lambda_{u, \text{эф}} = 3011.6)$ ,  $b(\lambda_{b, \text{эф}} = 4573.6)$ ,  $v(\lambda_{v, \text{эф}} = 6033.9)$  и  $r(\lambda_{r, \text{эф}} = 8009.1)$ ). Теоретическое радиальное распределение удовлетворяет формуле (5,1), где параметры были найдены с помощью МНК.

На рис.5 показано радиальное наблюдаемое и теоретическое распределения галактик для поля HDF-N в бинах красных смещений  $\Delta z = 0.3$ . Пунктиром показан график теоретического распределения с параметрами  $A = 584.68$ ,  $\alpha = 0.81$ ,  $\beta = 1.01$ ,  $z_0 = 1.04$  (согласно формуле (5, 1)), сплошной линией - наблюдаемое распределение. В табл.5 приведены кандидаты в области повышенной и пониженной концентрации галактик в глубоком поле HDF-N. На рис.7 приведены относительные отклонения от ожидаемого однородного распределения.

Таблица 5

СТРУКТУРЫ, ВЫДЕЛЯЮЩИЕСЯ В РАДИАЛЬНОМ РАСПРЕДЕЛЕНИИ ДЛЯ ПОЛЯ HDF-N

Название	$z_{\text{start}}$	$z_{\text{finish}}$	$\sigma_p$	$\sigma_{\text{corr}}$	Размер (Мпк)	Контраст (модуль)
HDF-N-SLC-1	0.3	0.54	0.071	0.886	796	0.27
HDF-N-SLV-1	0.59	0.9	0.069	0.771	848	0.41
HDF-N-SLC-2	0.95	1.35	0.069	0.517	865	0.26
HDF-N-SLV-2	2.32	2.76	0.088	0.394	485	0.43
HDF-N-SLC-3	2.89	3.42	0.106	0.364	466	0.5
HDF-N-SLC-4	3.42	4.09	0.131	0.344	484	0.72

3. *Сопоставление радиальных распределений галактик в сетке глубоких полей.* Завершающим шагом в предложенном в [1] методе поиска сверхбольших структур является сопоставление радиальных распределений в соседних направлениях на небе, соответствующих имеющейся сетке глубоких полей.

В случае размеров структур, превышающих угловое расстояние между соответствующими глубокими полями, должно наблюдаться подобное поведение отклонений от однородности с небольшими смещениями вдоль оси  $z$ . Таким образом, можно получить оценку на линейные размеры сверхбольших структур в тангенциальных направлениях пространственного распределения галактик на масштабах в тысячи Мпк. В нашем случае мы имеем 4 поля - COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N. Так, например, поля HUDF и FDF находятся на угловом расстоянии  $36^\circ$  друг от друга, что соответствует примерно  $1700 \text{ Мпк}/h$  для  $z = 1$ .

На рис.6, 7 проведено сопоставление относительных отклонений  $\sigma_{\text{obs}}(z)$

для полей COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N с шагом по красному смещению 0.3. В табл.2-5 приведены обнаруженные кандидаты в сверхбольшие структуры - возможные области повышенной и пониженной концентрации галактик относительно пуассоновского шума  $\sigma_p$ .

Согласно рис.6 существует подобие поведения наблюдаемых флуктуаций на сверхбольших масштабах в полях COSMOS - HUDF - FDF. Поскольку

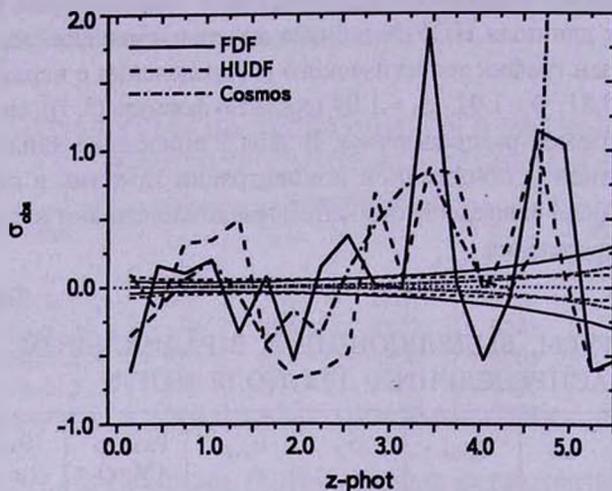


Рис.6. Наблюдаемые отклонения и пуассоновский шум FDF, HUDF и COSMOS полей. Жирными линиями показаны наблюдаемые отклонения, тонкими линиями - пуассоновские шумы  $\sigma_p$  для полей FDF, HUDF и COSMOS.

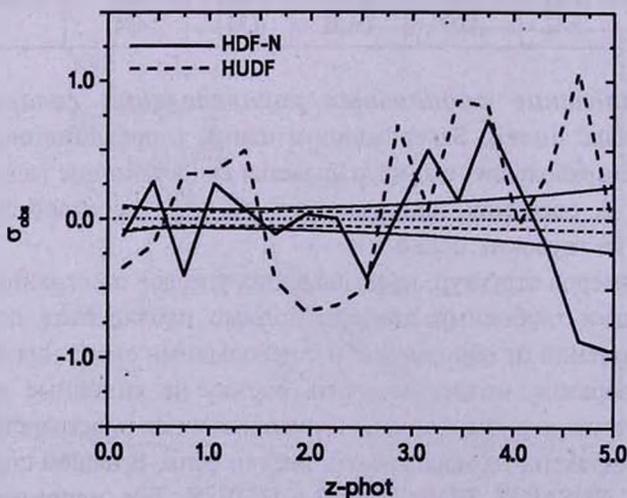


Рис.7. Наблюдаемые отклонения и пуассоновский шум HDF-N и HUDF. Жирный пунктирный график - наблюдаемые отклонения, тонкий пунктирный график - пуассоновский шум  $\sigma_p$  для поля HUDF, жирный сплошной график - наблюдаемые отклонения, тонкий сплошной график - пуассоновский шум  $\sigma_p$  для поля HDF-N.

наблюдения полей COSMOS, HUDF и FDF выполнены на разных инструментах и обработаны с помощью разных методик, то представляется возможным, что вклад реальных неоднородностей может превышать вклад эффектов селекции и систематических ошибок в определении фото- $z$ . Во всех полях в распределении галактик по красным смещениям, построенным с меньшими ширинами бинов, выявляются подструктуры с большими контрастами плотности.

Наиболее надежным является радиальное распределение  $N(z)$  и отклонения от однородности, обнаруженные в обзоре COSMOS, где число галактик составляет сотни тысяч и точность измерения фото- $z$  лучше 0.1 для  $z < 4.5$ . Таким образом, подобие областей повышенной и пониженной плотности в полях COSMOS-HUDF-FDF возможно интерпретировать как следствие большой протяженности сверхбольших структур в поперечном направлении, достигающим 3000 Мпк. Наблюдаемые сдвиги структур по  $z$  в разных полях могут соответствовать реальному сдвигу сверхбольших структур в радиальном направлении при изменении направления луча зрения.

С другой стороны, при сравнении радиальных распределений полей HDF-N и HUDF видно, что корреляции структур в интервале  $z$  1.5-2.5 не наблюдается (см. рис.7). Это может свидетельствовать об ограничении поперечного размера сверхбольшей структуры, видимой в полях COSMOS-HUDF-FDF.

4. *Наблюдательные тесты реальности сверхбольших структур.* Наблюдаемые отклонения от однородного распределения в глубоких полях COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N, согласно выражению (11, I), содержат вклады от пуассоновских флуктуаций, коррелированных структур и систематических ошибок. Для надежного обнаружения сверхбольших структур необходимым условием является малое значение как пуассоновских, так и систематических ошибок. Проведенный анализ показывает, что пуассоновские ошибки меньше наблюдаемых отклонений, однако, вопрос о величине систематических ошибок остается открытым и требует дальнейшего изучения. Поскольку задача количественной оценки величины систематических ошибок пока остается нерешенной, то важную роль играют дополнительные аргументы в пользу реальности существования сверхбольших структур.

4.1. *Реальные скопления галактик в спектральных наблюдениях.* Важным наблюдательным свидетельством реальности больших флуктуаций в распределении галактик по фотометрическим красным смещениям являются спектральные наблюдения галактик в полях COSMOS [9,10] и FDF [3].

Согласно [9, Fig.2] [10, Fig.5], в распределении  $N(z)$  для выборки  $10^4$  галактик со спектрально измеренными красными смещениями видны

радиальные неоднородности с размерами около 1000 Мпк, что интерпретируется как "large cosmic variance".

Согласно [3], распределение измеренных спектральных красных смещений 340 галактик поля FDF повторяет распределение фотометрических красных смещений, включая заметные максимумы плотности галактик на красных смещениях 0.3, 0.8, 2.4, 3.4, что, по мнению авторов этой работы, очевидно, отражает реальность больших структур в пространственном распределении галактик "похожем на губку". Наш анализ распределения фото- $z$  в поле FDF на основе критерия  $|\Delta N/N| > +\sigma_p$  также показывает наличие сверхбольших структур с максимумами на  $z$  около 2.5, 3.0 и 4.7. Однако в нашем случае это локальные максимумы внутри огромных структур протяженных по  $z$  в интервалах 2.1-3.7 и 4.2-5.2.

**4.2. Другие глубокие обзоры.** В настоящее время уже в процессе завершения находится проект ALHAMBRA [11], в котором планируется провести наблюдения 8 глубоких полей в 20 фильтрах, с общим числом галактик  $6.6 \times 10^5$ .

Для изучения систематических эффектов, наблюдения глубоких полей должны сопровождаться построением искусственных каталогов однородно распределенных галактик с параметрами соответствующими данным обзорам, так чтобы получить количественные оценки эффектов селекции и систематических искажений, входящих в наблюдаемые распределения фотометрических красных смещений.

Наблюдения распределения красных смещений гамма-всплесков могут также играть роль сетки покрывающей все небо. Имеющиеся данные об измеренных красных смещениях у более 100 SWIFT гамма-всплесков совместимы с наличием сверхбольших структур в распределении родительских галактик GRB [12]. Возможна также привязка сетки полей к известным глубоким полям с центрами в родительских галактиках гамма-всплесков [13-15].

**5. Заключение.** В наблюдательной космологии в последнее время заметна тенденция к открытию все больших размеров структур в пространственном распределении галактик. В настоящей работе на основе метода, предложенного в [1], мы показали, что распределения галактик по фотометрическим красным смещениям в сетке глубоких обзоров галактик могут быть использованы в качестве инструмента исследования сверхбольших структур во Вселенной с размерами, достигающими тысяч Мпк.

Анализ распределений галактик по фотометрическим красным смещениям в глубоких полях COSMOS, FDF, HUDF и HDF-N показал, что наблюдаемые флуктуации чисел галактик в больших бинах красных смещений (0.1-0.3) значительно превышает уровень  $\sigma_p$  и, следовательно,

могут быть обусловлены коррелированными структурами. Существенный вклад в наблюдаемые флуктуации также могут давать систематические эффекты, которые требуют дополнительного исследования.

Интересным фактом является то, что относительные флуктуации плотности в полях COSMOS-HUDF-FDF имеют похожее поведение. Поскольку данные по этим полям получены на разных инструментах и обработаны с помощью разных программных систем, то представляется возможным, что существенный вклад в наблюдаемые флуктуации дают реальные сверхбольшие структуры. Таким образом, мы предполагаем, что наблюдаемые флуктуации могут содержать также сигнал соответствующий сверхбольшим структурам в пространственном распределении галактик с масштабами в Гигапарсеки. Например, поля HUDF и FDF разнесены на небе друг относительно друга на 36 градусов, следовательно поперечный размер сверхбольшой структуры на расстоянии  $z=1$  составляет около 1700 Мпк/ч.

Существование сверхбольших структур согласуется с уже известными большими структурами во Вселенной, полученными различными наблюдательными методами. Например, хорошо известна структура размером около 500 Мпк/ч, открытая в обзоре SDSS (Sloan Great Wall [16]). В работе [17] на основе каталогов красных смещений, доступных до 1998г., найдено свидетельство наличия структур с размерами до 1000 Мпк/ч. Из анализа каталога SDSS LRG DR5 в работе [18] обнаружены большие флуктуации концентрации галактик на масштабах 100-300 Мпк/ч. В работе [19], используя фотометрические красные смещения выборки галактик SDSS LRG, найдено, что степенной закон спектра мощности продолжается до масштабов  $\lambda = 1200$  Мпк.

Отметим, что неожиданное открытие крупномасштабного "темного потока", как на основе наблюдений эффекта Сюняева-Зельдовича для рентгеновских скоплений галактик [20], так и пекулярных скоростей галактик [21], означает существование крупномасштабного движения всего местного объема размером 300 Мпк/ч, что согласуется с существованием сверхбольших структур с масштабами в 1000 Мпк/ч.

Для будущего изучения пространственного распределения галактик на Гигапарсеках необходимы:

- организация наблюдений сетки глубоких многополосных обзоров, покрывающих большую область небесной сферы, с ячейкой  $\sim 10^\circ \times 10^\circ$ , в узлах которых находятся поля размером  $\sim 10' \times 10'$ ;
- использование разных телескопов и методик оценки фото- $z$  для наблюдений одних и тех же глубоких полей;
- использование модельных радиальных распределений галактик, получаемых из  $\Lambda$ CDM-моделей эволюции крупномасштабной структуры в интервале красных смещений 0.1-6;

- изучение распределения красных смещений гамма-всплесков (GRB) в различных областях неба,
- построение искусственных каталогов однородно распределенных галактик, в которых моделируется процесс наблюдения глубоких полей и систематические эффекты, связанные с оценкой фотометрических красных смещений.

Мы благодарны рецензенту за полезные замечания, позволившие существенно улучшить изложение материала. Также благодарим за частичную финансовую поддержку фонды Ведущая Научная Школа НШ 1318.2008.2 и грант РФФИ 09-02-00-143.

Астрономический ин-т Санкт-Петербургского государственного университета, Россия,  
e-mail: NabokovNikita@yandex.ru      yubaryshev@mail.ru

## A METHOD OF ANALYSIS OF THE SPATIAL GALAXY DISTRIBUTION AT GIGAPARSEC SCALES. II. APPLICATION TO THE NET OF DEEP FIELDS HUDF-FDF-COSMOS-HDF

N.V.NABOKOV, Yu.V.BARYSHEV

Using deep fields COSMOS, FDF, HUDF and HDF-N we demonstrate advantage and restrictions of the method for a search of superlarge structures in the spatial galaxy distribution suggested in the first paper of this series. Analysis of radial distributions  $N(z)$  for the net of the deep fields HUDF-FDF-COSMOS-HDFN shows that there are possible super large structures with contrast  $dN/N \sim 50\%$  and linear sizes about 1000 Mpc. The reality of detected super large galaxy structures in the Universe may be tested by performing additional observations of deep fields within the net of surveys having smaller angular size of the cells. For decreasing the systematic errors observations of the same fields should be performed by using several telescopes 3-10m and utilizing different methodic of the photo- $z$  determination.

Key words: *cosmology:deep fields:high redshift galaxies:large scale structure of the Universe*

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Н.В.Набоков, Ю.В.Барышев*, *Астрофизика*, **53**, 105, 2010.
2. *R.Massey, J.Rhodes, R.Ellis et al.*, *Nature*, **445**, 286, 2007.
3. *I.Appenzeller, R.Bender, A.Bohm et al.*, *Messenger*, **116**, 8, 2004.
4. *S.V.W.Beckwith, M.Stivelli, A.M.Koekemoer et al.*, *Astrophys. J.*, **132**, 1729, 2006.
5. <http://www.stsci.edu/ftp/science/hdf/hdf.html>
6. *O.Ibert, P.Capak, M.Salvato et al.*, *Astrophys. J.*, **690**, 1236, 2009.
7. <http://cosmos.astro.caltech.edu/>
8. *D.Coe, N.Benitez, S.F.Sanchez et al.*, *Astrophys. J.*, **132**, 926, 2006.
9. *K.Kovac, S.Lilly, O.Cucciati et al.*, *astro-ph/0903.3409*, 2009.
10. *B.Meneux, L.Guzzo, S.Torre et al.*, *astro-ph/0906.1807*, 2009.
11. *M.Moles, N.Benitez, J.A.L.Agueri et al.*, *Astrophys. J.*, **136**, 1325, 2008.
12. *N.Nabokov, Yu.Baryshev*, In *Practical Cosmology*, **1**, 69, 2008.
13. *Т.А.Фатхуллин, А.А.Васильев, В.П.Решетников*, *Письма в Астрон. ж.*, **30**, 323, 2004.
14. *A.S.Moskvitin, E.Sonbas, I.V.Sokolov, T.A.Fatkhullin*, In *Practical Cosmology*, **2**, 228, 2008.
15. *И.В.Соколов и др.*, *Астрофиз. Бюлл.*, 2009 (в печати).
16. *J.R.Gott III, M.Juric, D.Schlegel*, *Astrophys. J.*, **624**, 463, 2005.
17. *F.Sylos Labini et al.*, *Phys. Rep.*, **293**, 66, 1998.
18. *Н.Васильев*, *Астрофизика*, **51**, N3, 320, 2008
19. *N.Padmanabhan, D.J.Schlegel, U.Seljak et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **378**, 852, 2007.
20. *A.Kashlinsky, F.Atrio-Barandela, D.Kocevski, H.Ebeling*, *Astrophys. J.*, **686**, 49, 2008.
21. *R.Watkins, H.A.Feldman, M.J.Hudson*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **392**, 743, 2009