

РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ
ОБЪЕКТОВ BIG

А.М.МИКАЕЛЯН, Л.А.САРГСЯН

Поступила 10 марта 2010

Принята к печати 8 сентября 2010

В работе представлены суммарные результаты и общий анализ оптической спектроскопии 172 объектов BIG (Byurakan-IRAS Galaxies), полученные на телескопах БАО-2.6-м, САО-6-м и ОНР-1.93-м. Были выявлены 102 галактики с областями звездообразования, 29 галактик с активными ядрами, 19 галактик с составным спектром. Спектры 12 галактик показывают признаки эмиссии, но без возможности более точного определения класса активности, 9 галактик представлены как галактики, у которых скорость звездообразования не превышает нормальную, и 1 абсорбционная галактика. Чтобы выяснить природу этих галактик и место, которое они занимают в общей картине эволюции Вселенной, мы сравниваем их с 128 инфракрасными галактиками.

Ключевые слова: *галактики; спектры; активные ядра*

1. *Введение.* Одним из важнейших открытий во внегалактических наблюдениях в близком и среднем инфракрасном (далее ИК) диапазонах, является обнаружение Инфракрасным Астрономическим Спутником (Infrared Astronomical Satellite, далее IRAS) нового класса галактик, так называемых ИК-галактик [1]. Было показано, что ИК-излучение этих галактик, которое до ~1000 раз превышает оптическое излучение, является переизлучением со стороны пыли, которая перерабатывает коротковолновое излучение от звезд. Данные от IRAS на длинах волны 12, 25, 60 и 100 мкм каталогизированы в Каталоге Точечных Источников (ок. 246000 ИК-источников) [2], а более слабые источники приведены в Каталоге Слабых Источников (ок. 173000 ИК-источников) [3]. Однако большинство источников IRAS не имеют оптического отождествления. т.е. их физическая природа остается неясной. Таким образом, возник вопрос об отождествлении этих объектов в оптическом диапазоне и получении оптических спектров для их классификаций, что возможно приведет к пересмотру предыдущих предположений об относительном распределении разных типов галактик.

В 1995г. в Бюраканской астрофизической обсерватории начата работа по оптическому отождествлению точечных источников IRAS с помощью низкодисперсионных спектров Первого Бюраканского Обзора (First Byurakan Survey, FBS) [4,5] (в последние годы также были использованы оцифрованные пластинки этого обзора (Digitized First Byurakan Survey, DFBS) [6]) с целью

выявления новых галактик со вспышкой звездообразования в центральных областях (далее SB - Starburst) [7], галактик с активными ядрами (далее AGN - Active Galactic Nuclei) [8], взаимодействующих пар, галактик с высокой ИК-светимостью (далее ULIRG - Ultra Luminous IR Galaxies). Отождествленные объекты классифицировались с помощью оптических спектров, полученных на трех телескопах: на 2.6-м телескопе Бюраканской астрофизической обсерватории (БАО, Армения) [9,10], 6-м телескопе Специальной астрофизической обсерватории (САО, Россия) [11,12] и 1.93-м телескопе Обсерватории Верхнего Прованса (ОНР, Франция) [13].

В данной работе представлены суммарные результаты и общий анализ 172 объектов BIG (Byurakan-IRAS Galaxies). Важно также выяснить какое место занимают эти объекты в общей картине эволюции Вселенной. Для этого мы сравниваем их с 129 ИК-галактиками. Наблюдения объектов тремя телескопами представлены в разделе 2, в разделе 3 представлена контрольная выборка, а в разделе 4 представлены результаты сравнения.

2. Спектральные наблюдения объектов BIG. В общей сложности было получено 199 спектров: 79 - на телескопе БАО [9,10], 54 - на телескопе САО [11,12] и 66 - на телескопе ОНР [13]. Общие сведения спектральных наблюдений приведены в табл.1.

Таблица 1

РЕЗУЛЬТАТЫ СПЕКТРАЛЬНЫХ НАБЛЮДЕНИЙ ОБЪЕКТОВ BIG

Телескоп	Спектрограф	Годы	Спектры	Ссылки
БАО-2.6-м	ByuFOSC, SCORPIO	1998-2000, 2002	63, 16	[9,10]
САО-6-м	UAGS	1997, 1997-1998	13, 41	[11,12]
ОНР-1.93-м	CARELEC	1997, 1999	66	[13]
Всего		1997-2002	199	

Спектры 20 объектов имеют большие шумы и их класс активности и красные смещения невозможно было определить. Эти объекты не рассматриваются в данной работе. В случае 3-х объектов одновременно имеются спектры как от БАО, так и от ОНР, но поскольку спектры от ОНР лучшего качества, то были использованы эти результаты. Только 18 из наших 199 объектов имеют спектры из архива SDSS, причем эти спектры появились позже, чем наши наблюдения. Классификации по спектрам SDSS совпадают с нашими классификациями.

Были выявлены 102 галактики с областями звездообразования, 29 AGN, 19 галактик с составным спектром (далее, Composite или Comp), 12 "Ем" галактик (этот тип относится к спектру с признаками эмиссии без возможности более точного определения класса активности объекта), 9 галактик представлены как Norm (галактики, у которых скорость

звздообразования не превышает нормальную) и 1 абсорбционная галактика. На рис.1 приведены диагностические диаграммы, построенные только для тех объектов, для которых были измерены отношения интенсивностей линий $[OIII] \lambda 5007/H\beta$, $[NII] \lambda 6584/H\alpha$ и $[OI] \lambda 6300/H\alpha$.

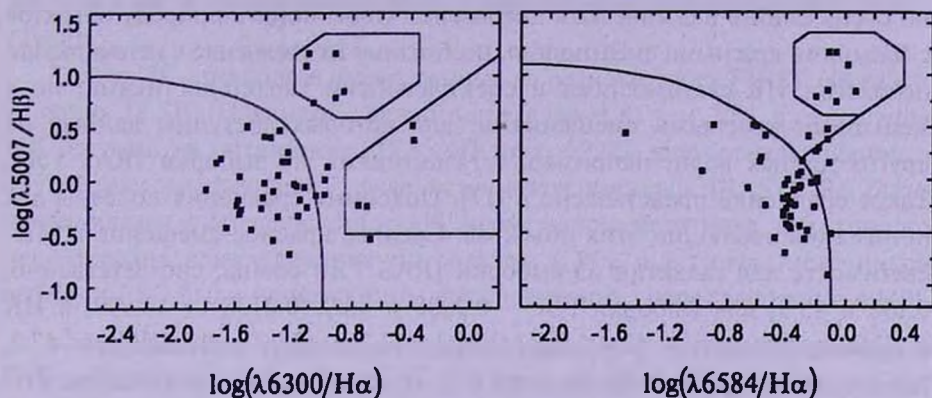


Рис.1. Диагностические диаграммы для объектов BIG, построенные на основе отношений интенсивностей эмиссионных линий $[OIII] \lambda 5007/H\beta$, $[NII] \lambda 6584/H\alpha$ и $[OI] \lambda 6300/H\alpha$.

Объекты имеют красные смещения в диапазоне $0.0092 < z < 0.1734$, а ИК и далекие инфракрасные (далее ДИК) светимости лежат в диапазонах $43.4 < \log[L(\text{ИК})] < 46.1$ и $42.9 < \log[L(\text{ДИК})] < 45.7$ в эрг с^{-1} . В данной работе расстояния объектов были переопределены с помощью космологического калькулятора, где было принято $H_0 = 71 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$, $\Omega_M = 0.27$ и $\Omega_\Lambda = 0.73$.

Только 18 источников имеют потоки на 1.4 ГГц из архива радиообзора FIRST (1 AGN, 1 погн, 1 comp, 15 SB) [14]. Были использованы так называемые потоки на пике, поскольку наши источники не протяженные. Был определен параметр q , который является логарифмом отношения потоков на 25 мкм и 1.4 ГГц, т.е. $q = \log[f_\nu(25 \text{ мкм})/f_\nu(1.4 \text{ ГГц})]$. Значения параметра q лежат в пределах $1.64 < q < 3.06$.

3. Контрольная выборка ИК-галактик. В качестве контрольной выборки мы создали выборку из ИК-галактик. Выборка состоит из 111 ярких галактик IRAS с потоками на 60 мкм превышающими 1 Ян (т.е. есть ограничение в потоках при составлении выборки, 69 из них являются AGN, 12 - Comp, 30 - SB) [15,16], далее назовем эту выборку IRAS 1 Ян, 17 объектов из выборки IRAS FSC [17] с большими отношениями потоков ИК/опт. (14 из них являются AGN, 2 - Comp, 1 - SB, далее назовем эту выборку FSC). В общей сложности 128 источников (83 - AGN, 14 - Comp, 31 - SB). Объекты из выборки IRAS 1 Ян являются самыми близкими и яркими ULIRG., т.е. для них доступны многоволновые данные и большинство из них имеют ИК-спектры, полученные с помощью ИК спектрографа

космического телескопа Спитцер. В своих ИК-спектрах эти галактики имеют те же характеристики, что и источники с большими красными смещениями. Например, объекты из выборки FSC, которые тоже имеют ИК-спектры и являются источниками, которые очень яркие в ИК-диапазоне, но очень слабые в оптическом диапазоне. Чтобы понять природу объектов с большими красными смещениями, необходимо их сравнение с источниками, похожими ИК-светимостями и спектральными характеристиками, но с меньшими красными смещениями, для которых доступны данные на других длинах волн, например, с галактиками из выборки IRAS 1 Ян. Такое сравнение представлено в [17]. Подобные сравнения полезны для понимания эволюции этих объектов. Среднее красное смещение и ИК-светимость для галактик из выборки IRAS 1 Ян равны, соответственно, 0.138 и 45.9, для выборки FSC - 0.2238 и 45.9 ($0.0138 < z < 0.997$, а ИК и ДИК-светимости - $43.4 < \log[L(\text{ИК})] < 47.7$ и $43.2 < \log[L(\text{ДИК})] < 47.2$, где светимости представлены в эрг с⁻¹). Те же значения для галактик BIG равны 0.0559 и 45.05, т.е. имеют меньшие красные смещения, но схожие ИК-светимости. В отличие от выборки IRAS 1 Ян, при составлении выборки FSC не было применено ограничение в ИК-потоке. Подробное описание о том, как была составлена выборка FSC, представлено в [17]. Распределение источников по красным смещениям приведено на рис.2. Три объекта из выборки FSC имеют красные смещения $z > 0.3$ (а, имеено, 0.670, 0.844 и 0.927) и для упрощения рисунка не приводятся, но эти объекты включены в последующие графики. Для определения ИК и ДИК-светимостей были использованы следующие формулы из [18]:

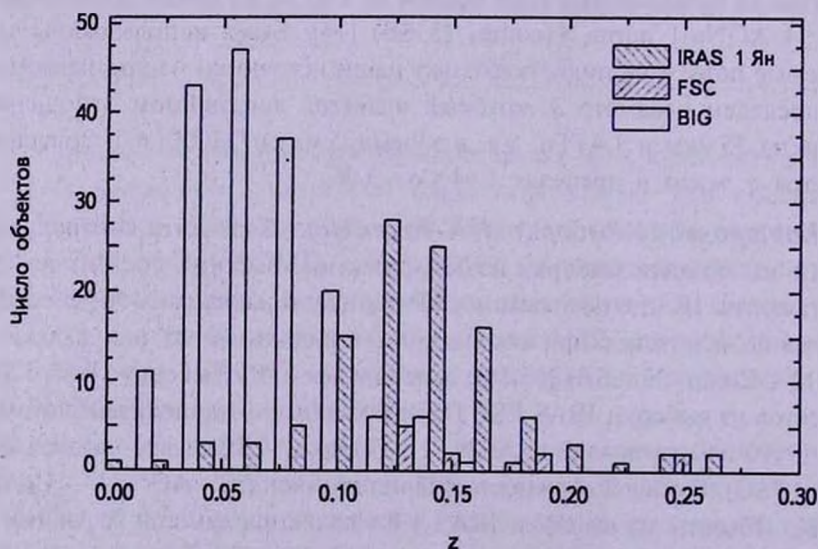


Рис.2. Распределение объектов по красным смещениям.

$$L(\text{ИК}) = 5.6 \cdot 10^5 \cdot R^2 (13.56 \cdot f_{12} + 5.26 \cdot f_{25} + 2.54 \cdot f_{60} + f_{100}),$$

$$L(\text{ДИК}) = 5.6 \cdot 10^5 \cdot R^2 (2.58 \cdot f_{60} + f_{100}),$$

где светимости f_{12} , f_{25} , f_{60} , f_{100} - соответствующие потоки на 12, 25, 60 и 100 мкм в Ян, R - расстояние в Мпк, а светимости получаются в светимостях Солнца.

Только 78 источников имеют данные из радиокаталога FIRST (49 AGN, 11 comp, 18 SB). Параметр q лежит в пределах $-1.81 < q < 2.86$, а отношения ИК-потоков на оптические: $25.3 < \text{ИК}/\text{опт.} < 2282$. Для классификации в оптическом диапазоне в случае источников выборки IRAS 1 Ян были использованы классификации из [16] кроме одного источника, для которого использована классификация по спектру SDSS, а в случае источников выборки FSC были использованы классификации, представленные в [19].

4. *Результаты сравнения.* Среднее отношение потока ИК-диапазона к оптическому потоку или к потоку в близком ИК-диапазоне показывает насколько в источнике преобладает поглощение пылью и как оно действует на светимость континуума. Очень богатые пылью источники будут иметь отношения, повышенные и из-за ослабления на коротких длинах волн, и из-за возрастания континуума, обусловленного излучением пылью на больших длинах волн. Для такой оценки в качестве ИК-потока нами использован IRAS-поток на 25 мкм, а в качестве оптического потока - поток от 2MASS J величин [20]. На рис.3 приведено распределение всех источников по красным смещениям и отношениям ИК к оптическим потокам. Обозначения на рисунке следующие: звездочки - галактики со вспышкой звездообразования в центральных

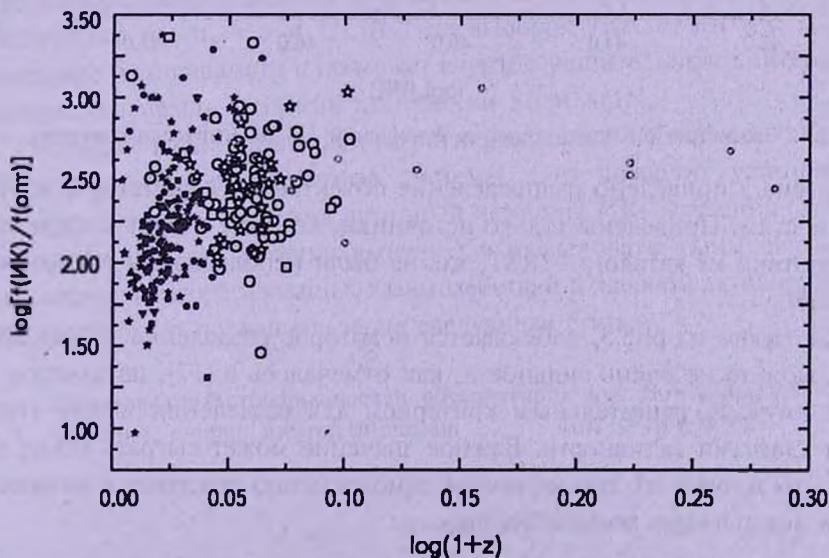


Рис.3. Распределение объектов по красным смещениям и отношениям ИК к оптическим потокам.

областях (среди них большие незаполненные - объекты выборки IRAS 1 Ян, маленькие незаполненные - FSC, заполненные - объекты BIG), кружки - AGN (с тем же разделением, что и для SB), квадраты - сопр объекты (также с подобным разделением), треугольники, направленные углом вверх - объекты Eт среди BIG, а треугольники, направленные углом вниз - объекты Nотт среди BIG. На рис.4 сравниваются ИК-светимости и отношение ИК к оптическим потокам. Обозначения те же, что и на рис.3. Сходство соотношений $f_i(25 \text{ мкм})/f_i(J)$ указывает на то, что выборка BIG включает в себя источники с похожим количеством пыли, как и источники из выборок IRAS 1 Ян и FSC, которые являются яркими ULIRG с большими ИК-светимостями, чем источники BIG. Отношения ИК-потоков галактик BIG лежат в $9.4 < \text{ИК}/\text{опт} < 2377$.

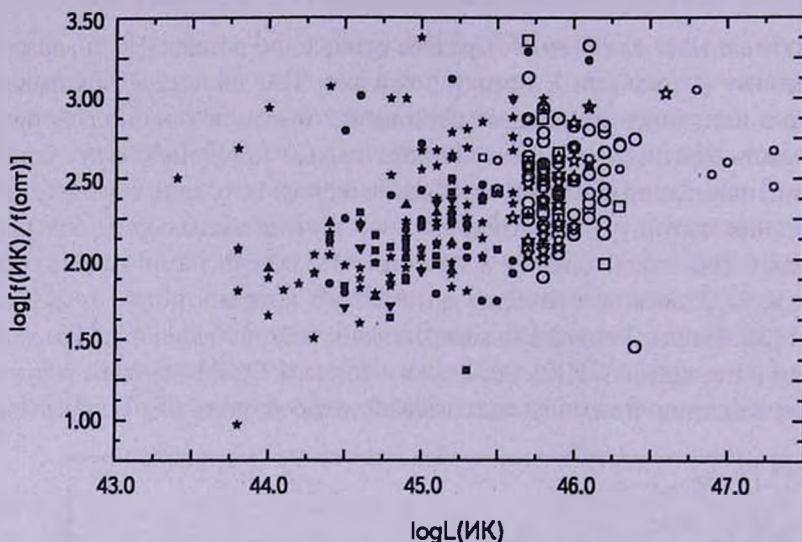


Рис.4. Сравнение ИК-светимостей и отношений ИК к оптическим потокам.

На рис.5 приведено распределение объектов по параметру q и ИК-светимостям. Приведены только источники, которые имеют конкретные радиопотоки из каталога FIRST, т.е. не были использованы предельные значения.

Как видно из рис.5, наблюдается некоторое разделение между SB и AGN, но оно не очень сильное и, как отмечалось в [17], параметр q не может служить решительным критерием для разделения между этими двумя классами активности. Важное значение может сыграть также тот факт, что многие из этих объектов одновременно содержат и активные ядра и повышенное звездообразование.

5. Заключение. В результате спектральных наблюдений объектов BIG на телескопах БАО - 2.6-м, CAO - 6-м и ОНР - 1.93-м накоплен достаточно

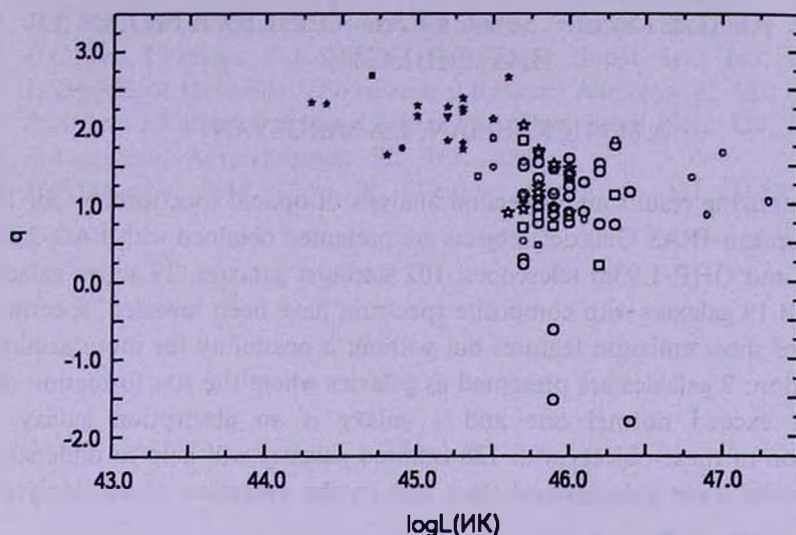


Рис.5. Распределение объектов по параметру q и ИК-светимостям.

богатый материал для изучения ИК-галактик. Этот материал использован для изучения выборки BIG, а также сравнения этих объектов с ИК-галактиками из других выборок. Всего наблюдалось 172 объекта BIG и были выявлены 102 SB-галактики, 29 AGN, 19 Composite, 12 Em, 9 "нормальных" и 1 абсорбционная галактика. Мы сравнили их с выборкой из 128 инфракрасных галактик. Галактики BIG имеют меньшие красные смещения, чем источники из выборок IRAS 1 Ян и FSC. Было показано, что выборка BIG включает в себя источники, которые имеют похожее количество пыли, что и ULIRG из выборок IRAS 1 Ян и FSC. Было выявлено, что параметр q не может служить решительным критерием для разделения между классами активности SB и AGN.

Наряду с изолированными галактиками, среди наблюдаемых объектов имеются двойные и кратные системы. Это позволит установить их физическую связь, уточнить истинный источник ИК-излучения (отдельная галактика или вся система в целом) и исследовать взаимосвязь между явлениями звездообразования, взаимодействий и ядерной активности. Этим вопросам будет посвящена наша следующая статья.

THE RESULTS OF SPECTRAL OBSERVATIONS OF BIG OBJECTS

A.M.MICKAELIAN, L.A.SARGSYAN

Summarizing results and a general analysis of optical spectroscopy for 172 BIG (Byurakan-IRAS Galaxies) objects are presented obtained with BAO-2.6m, SAO-6m and OHP-1.93m telescopes. 102 starburst galaxies, 29 active galactic nuclei and 19 galaxies with composite spectrum have been revealed, spectra of 12 galaxies show emission features but without a possibility for more accurate classification, 9 galaxies are presented as galaxies where the star formation rate does not exceed normal one and 1 galaxy is an absorption galaxy. A comparison of these objects with 128 infrared galaxies will help to understand the nature of these galaxies and their role in the evolution of the Universe.

Key words: *galaxies:spectra:active nuclei*

ЛИТЕРАТУРА

1. *D.B.Sanders, I.F.Mirabel*, Ann. Rev. Astron. Astrophys., **34**, 749, 1996.
2. Joint IRAS Science Working Group. Infrared Astronomical Satellite Catalogs, The Point Source Catalog, Version 2.0, NASA RP-1190, 1988.
3. *M.Moshir, G.Kopan, T.Conrow et al.*, Infrared Astronomical Satellite Catalogs, The Faint Source Catalog, Version 2.0, 1990.
4. *B.E.Markarian*, "Galaxies with an Ultraviolet Continuum", Астрофизика, **3**, 55, 1967.
5. *B.E.Markarian, V.A.Lipovetski, J.A.Stepanian, L.K.Erastova, A.I.Shapovalova*, Commun. Special Astrophys. Obs., **62**, 5, 1989.
6. *A.M.Mickaelian, H.-J.Hagen, L.Sargsyan, G.A.Mikayelyan*, VizieR On-line Data Catalog: VI/116. Originally published in: Byurakan Observatory, 2005.
7. *D.W.Weedman, F.R.Feldman, V.A.Balzano et al.*, Astrophys. J., **248**, 105, 1981.
8. *V.A.Ambartsumian*, Editions Stoops, XI Solvay Conference, Brussels, 1958.
9. *А.М.Микаелян, Л.Р.Оганесян, Л.А.Саргсян*, Астрофизика, **46**, 221, 2003.
10. *Л.А.Саргсян, А.М.Микаелян*, Астрофизика, **49**, 19, 2006.
11. *А.М.Микаелян, С.А.Акопян, С.К.Балаян, А.Н.Буренков*, Письма в Астрон. ж., **24**, 736, 1998.
12. *А.М.Микаелян, С.А.Акопян, С.К.Балаян, А.Н.Буренков*, Письма в Астрон. ж., **27**, 330, 2001.
13. *А.М.Микаелян*, Астрофизика, **47**, 425, 2004.
14. *R.H.Becker, D.J.Helfand, R.L.White*, Astrophys. J., **475**, 479, 1997.

15. *D.C.Kim, S.Veilleux, D.B.Sanders*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **143**, 277, 2002.
16. *D.C.Kim, S.Veilleux, D.B.Sanders*, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, **143**, 315, 2002.
17. *L.Sargsyan, A.Mickaelian, D.Weedman, J.R.Houck*, *Astrophys. J.*, **683**, 114, 2008.
18. *P.-A.Duc, I.F.Mirabel, J.Maza*, *Astron. Astrophys. Suppl. Ser.*, **124**, 533, 1997.
19. *Л.А.Саргсян*, *Астрофизика*, **52**, 413, 2009.
20. *M.F.Skrutskie, R.M. Cutri, R. Stiening*, *Astron. J.*, **131**, 1163, 2006.