

УДК: 524.74

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РЕНТГЕНОВСКОГО И  
РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ В ОН-МЕГАМАЗЕРНЫХ  
ГАЛАКТИКАХ

Р.А.КАНДАЛЯН

Поступила 28 июля 2004

Принята к печати 6 апреля 2005

Обсуждаются свойства ОН-мегамазерных галактик в рентгеновском- и радиодиапазонах. На основе выборки ОН-мегамазерных галактик показано, что рентгеновское излучение и ширина радиолинии ОН тесно связаны. Ширина линии также связана с радиоизлучением мегамазеров, но она слабо зависит от инфракрасного излучения и эта связь статистически менее значима. Ширина ОН линии, радио и рентгеновское излучения зависят от центральной массы мегамазеров. Существует слабая связь между радио и рентгеновским излучениями, что является результатом многократных рассеяний синхротронных фотонов и выбросов из ядра галактики. Эти результаты предполагают, что в ОН-мегамазерных галактиках активное ядро может быть доминирующим.

1. *Введение.* Радио и рентгеновское наблюдения являются подходящими методами для исследования центральной части галактик, т.к. радиоволны и жесткое рентгеновское излучение могут проникать в глубь плотной материи, обнаруженной в ОН-мегамазерных галактиках. Многие радиоисточники в ОН-мегамазерных галактиках показывают относительно плоские ( $\alpha \geq -0.5$ ) радиоспектры между частотами 1.49 и 8.44 ГГц, а также высокие яркостные температуры ( $T_b \geq 10^4$  К) [1]. Наблюдаемые плоские радиоспектры и высокие яркостные температуры предполагают наличие активного ядра в этих галактиках (AGN), хотя часть мегамазеров может быть связана с активным звездообразованием (SB). Переменность мазерного ОН-излучения в галактике IRAS 21272+2514 [2] также указывает на наличие активного ядра в этом объекте. VLBI-наблюдения в линии ОН-мегамазерных галактик III Zw 35 [3], Mkn 273 [4-6], Mkn 231 [5-7], Apr 220 [8], IRAS 12032+1707 и 14070+0525 [9] обнаружили молекулярные вращающиеся диски в центрах этих галактик. Градиент поля скоростей излучения предполагает, что компактное ОН-мазерное излучение в этих галактиках связано с массивным центральным объектом. Обнаруженная взаимосвязь между рентгеновским излучением мегамазеров и шириной линии ОН-излучения [10] указывает, что молекулярный диск в этих галактиках может быть ответственным также за рентгеновское излучение. Кроме этого, хорошо известно, что в активных галактиках радио и рентгеновское излучения взаимосвязаны (см., например, [11] и там же

ссылки), и области их излучения совпадают.

Целью настоящей работы является исследование вопросов взаимосвязи рентгеновского и ОН-излучений, с одной стороны, рентгеновского и радиоизлучения, с другой, в ОН-мегамазерных галактиках, а также роли инфракрасного излучения. Для этой цели нами использованы новые рентгеновские данные ОН-мегамазеров. В разделе 2 будет обсуждаться выборка ОН-мегамазеров и данные рентгеновских наблюдений, а также результаты анализа данных. В разделе 3 обсуждаются рентгеновское излучение и молекулярный диск. Раздел 4 посвящен анализу связи рентгеновского и радиоизлучения. В разделе 5 обсуждаются результаты настоящей работы.

## 2. Выборка ОН-мегамазеров в рентгеновском диапазоне.

Интересная корреляция была получена между рентгеновской светимостью ОН-мегамазеров и шириной линии ОН-излучения [10]. Была получена следующая зависимость между полушириной линии ( $W$ , в км с<sup>-1</sup>) и рентгеновской монохроматической светимостью на частоте 1 кэВ ( $L_{1\text{кэВ}}$ , в эрг с<sup>-1</sup> Гц<sup>-1</sup>):

$$\log W = (0.65 \pm 0.18) \log L_{1\text{кэВ}} - (13.10 \pm 4.28) \text{ или}$$

$$\log L_{1\text{кэВ}} = (1.06 \pm 0.29) \log W + (21.36 \pm 0.66)$$

для 8 объектов, рентгеновское излучение которых было обнаружено спутником ROSAT. В этой статистике верхние пределы рентгеновского излучения для трех мегамазеров были приняты как настоящие измерения.

Таблица 1

## СПИСОК ОН-МЕГАМАЗЕРНЫХ ГАЛАКТИК С РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

IRAS	$\log L_{2-10\text{кэВ}}$ эрг с <sup>-1</sup>	$\log L_{1.49}$ эрг с <sup>-1</sup>	$\log W$ км с <sup>-1</sup>	Замечания
00509+1225	43.71	38.97	2.61	ROSAT [31], ASCA [32]
09320+6134	41.67	39.79	2.08	Chandra [24], ROSAT [33]
10173+0828	39.15	38.72	1.59	XMM-Newton [34]
11257+5850	41.37	39.00	2.39	Chandra [25], ROSAT [33], ASCA [32], Beppo-SAX [26]
12112+0305	41.20	39.56	2.45	XMM-Newton [21], ROSAT [33]
12243-0036	39.25	37.79	1.85	Chandra [35]
12540+5708	42.40	40.11	2.46	Chandra [24], XMM-Newton [21], ROSAT [33]
13428+5608	42.36	39.69	2.15	Chandra [24], ROSAT [33]
15250+3609	41.14	39.08	2.00	XMM-Newton [21], ROSAT [33]
15327+2340	40.90	39.47	2.07	Chandra [24], ROSAT [33]
17208-0014	41.33	39.70	2.22	Chandra [24], XMM-Newton [21]
20100-4156	39.78	37.96	1.93	XMM-Newton [21]
22491-1808	40.88	38.83	2.23	XMM-Newton [21], ROSAT [33]

Благодаря рентгеновским спутникам Chandra, XMM-Newton, ASCA<sup>1</sup> и Верро-SAX число мегамазеров с рентгеновским излучением составляет 13 как в диапазоне мягкого (0.5-2 кэВ), так и в диапазоне жесткого (2-10 кэВ) рентгеновского излучения. Плотности потоков рентгеновского излучения были измерены у всех 13 галактик. Поэтому имеет смысл переанализировать зависимость между шириной ОН-линии и рентгеновской светимостью, полученной в работе [10]. В табл.1 приведен список 13 мегамазеров с рентгеновским излучением. В столбцах табл.1 последовательно даны: 1. Название галактики по каталогу IRAS. 2. Рентгеновская светимость в диапазоне 2-10 кэВ,  $L_{2-10\text{кэВ}}$ . 3. Радиосветимость на частоте 1.49 ГГц,  $L_{1.49}$ . 4. Полуширина ( $FWHM$ ) линии ОН в системе покоя галактики,  $W$ . 5. Ссылки на рентгеновские наблюдения. Рентгеновские и радиосветимости были вычислены согласно формулам, приведенным в работе [10]. В тех случаях, когда некоторые рентгеновские измерения были приведены в литературе для отдельных источников, в табл.1 включены их усредненные значения. Данные радионаблюдений на частоте 1.49 ГГц были взяты из работ [12,13]. Красные смещения галактик и плотности IRAS потоков на волне 60  $\mu\text{m}$  (см. раздел 4) были собраны из каталога NED<sup>2</sup>. Полуширины ОН-линии были взяты из работы [14]. Постоянная Хаббла принята  $H_0 = 75 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$ . В табл.2 приведены коэффициенты корреляций между полушириной линии и другими параметрами ( $L_{2-10\text{кэВ}}$ ,  $L_{1.49}$ ,  $L_{60}$ ,

Таблица 2

КОЭФФИЦИЕНТ КОРРЕЛЯЦИИ  $r$ , ЗНАЧИМОСТЬ  $p$  И ЧИСЛО ГАЛАКТИК  $N$  ДЛЯ ОН-МЕГАМАЗЕРОВ

	$\log L_{2-10\text{кэВ}}$	$\log L_{1.49}$	$\log L_{60}$
$\log W$	$r = 0.84$ $p = 0.0004$ $N = 13$	$r = 0.30$ $p = 0.008$ $N = 87$	$r = 0.23$ $p = 0.03$ $N = 87$

где  $L_{60}$  - инфракрасная светимость на волне 60  $\mu\text{m}$ ). Коэффициенты корреляций  $r$  и их значимости  $p$  ( $p$  - вероятность того, что корреляция между двумя переменными случайная), число галактик  $N$  (в литературе приведены данные полуширины линии гидроксила и ее интенсивности одновременно только у 87 мегамазерных галактик, хотя известны более чем 110 мегамазеров (см. [1,10] более подробно)). Из табл.2 видно, что ширина линии и рентгеновское излучение сильно коррелированы. Ширина линии также коррелирована со светимостями в радио и инфракрасном диапазонах, однако эти корреляции слабее, более того,

<sup>1</sup> <http://www.astro.isas.ac.jp/asca/catalog>

<sup>2</sup> The NASA-IPAC Extra-galactic Database (NED) which is operated by the Jet Propulsion Laboratory, Caltech under contract with the National Aeronautics and Space Administration (USA).

корреляция между  $W$  и  $L_{60}$  менее значима, чем корреляция между  $W$  и  $L_{2-10\text{кэВ}}$ . Дарлинг и Дживанелли [15] определили коэффициенты корреляций между  $(W, L_{1.49})$  и  $(W, L_{60})$  как 0.52 и 0.38, соответственно, для 34 OH-мегамазеров.

Уравнение линейной регрессии между  $L_{2-10\text{кэВ}}$  и  $W$  для 13 мегамазеров имеет следующий вид:

$$\log L_{2-10\text{кэВ}} = (3.78 \pm 0.75)\log W + (33.01 \pm 1.63). \quad (1)$$

Видно, что наклон этой зависимости близок к 4,  $s \approx 4$ . На рис.1 приведена эта зависимость. Нетрудно заметить, что эта зависимость существенно отличается от приведенной в работе [10] для 8 галактик.

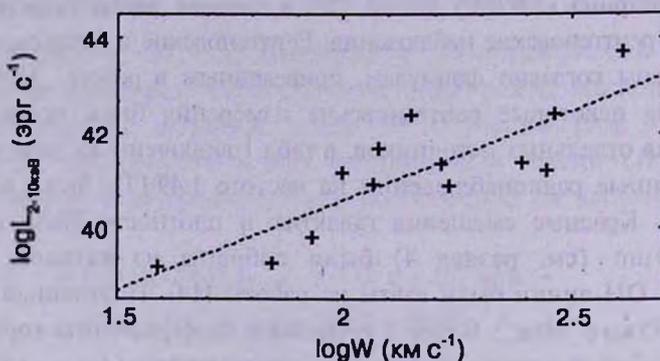


Рис.1. Зависимость между рентгеновской светимостью и шириной OH-линии. Линейная регрессия указана.

Это отличие коэффициентов регрессии имеет несколько причин. Во-первых, в нашей предыдущей статистике [10], как отмечалось выше, верхние пределы рентгеновского излучения (ROSAT) для IRAS 12112+0305, 15250+3609 и 22491-1808 были приняты как настоящие измерения плотностей потоков, в то время как XMM-Newton наблюдения измерили рентгеновские потоки этих галактик (табл.1). Во-вторых, число объектов с измеренными рентгеновскими потоками более чем в два раза больше, чем в работе [10]. Поэтому приведенная зависимость (1) более точная, чем определенная в работе [10]. Кроме этого, в работе [10] были использованы монохроматические рентгеновские светимости на 1 кэВ, а в данной работе приведены интегральные рентгеновские светимости в диапазоне 2-10 кэВ.

3. *Вращающийся молекулярный диск и рентгеновское излучение.* В этом разделе мы обсудим связь между  $L_{2-10\text{кэВ}}$  и  $W$  (1), которая показывает, что с уширением линии OH рентгеновская светимость растет. Профиль линии излучения является результатом распределения и кинематики газа. Уширение линии является следствием либо дисперсии скоростей между отдельными облаками, либо вращения галактики. Обычно OH-излучение сосредоточено в центре галактики в пределах 100 пк. Поэтому

молекулярный ОН-газ показывает вращение или дисперсию скоростей облаков в центральной части галактики, включая вращающийся ядерный диск. В ОН-мегамазерных галактиках могут существовать вращающийся ядерный диск или расширяющиеся облака, которые образуются вследствие энергии звездообразования или активности ядра. Как отмечалось во Введении, у ряда ОН-мегамазеров были обнаружены вращающиеся молекулярные диски, и уширение ОН-линии обусловлено этим вращением. У индивидуальных ОН-мазерных конденсаций обычно ширины линий составляют несколько десятков км с<sup>-1</sup>, в то время как истинная ширина линии намного меньше, чем 1 км с<sup>-1</sup>. Используя результаты *VLBI*-наблюдений мегамазерных галактик и уравнение (1), можно вывести зависимость рентгеновской светимости от параметров молекулярного диска, в частности, от центральной массы диска. Авторы работ [3-8] определили центральные массы молекулярных дисков у ОН-мегамазеров III Zw 35, Mkn 231, Mkn 273 и Agr 220, принимая, что молекулярный диск представляет вращающийся кеплеровский диск. Для кеплеровского вращающегося диска, наблюдаемого сбоку, ширину линии излучения в системе покоя галактики можно определить по следующей формуле:

$$W = (GM/R)^{0.5}(1+z)\sin\phi, \quad (2)$$

где  $G$  - гравитационная постоянная,  $M$  - центральная масса,  $R$  - радиус диска,  $z$  - красное смещение, а  $\phi$  - азимутальный угол в диске, определенный по отношению линии, соединяющей центр диска и наблюдателя ( $\sin\phi = d/R$ , где  $d$  - так называемый параметр воздействия (*impact parameter*) - проекция расстояния на небе вдоль большого диаметра, измеренная от центра диска). С другой стороны, согласно (1)  $L_{2-10\text{кэВ}} = kW^s$ , где  $\log k = 33.01$  и  $s = 3.78 \approx 4$ . Объединяя (1) и (2), можно записать

$$L_{2-10\text{кэВ}} = k \frac{(GM)^{s/2}}{R^{3s/2}} (1+z)^s d^s \approx k \frac{(GM)^2}{R^6} (1+z)^4 d^4. \quad (3)$$

Видно, что рентгеновская светимость зависит от параметров диска, в частности, она пропорциональна квадрату массы, сосредоточенной в центре диска. Хорошо известно, что рентгеновское излучение галактик с активным ядром и галактик с активным звездообразованием является результатом теплового излучения (*thermal bremsstrahlung*) или комптоновского рассеяния. То обстоятельство, что рентгеновская светимость ОН-мегамазеров зависит от центральной массы диска, по нашему мнению, вполне естественно, т.к. светимость любого астрономического объекта зависит от его массы. В данном случае эта зависимость имеет почти квадратичную форму. Следует отметить, что зависимость  $L_{2-10\text{кэВ}} \propto W^4$  напоминает хорошо известную зависимость Талли-Фишера, которая связывает светимость спиральной галактики и ее скорость

вращения ( $L \propto V^4$ , где  $V$  - скорость вращения).

4. *Радио и рентгеновское излучения.* Как отмечалось, в активных галактиках и в галактиках с активным звездообразованием радио и рентгеновское излучения взаимосвязаны (см., например, [11] и там же ссылки). Поэтому есть смысл исследовать эту же связь для ОН-мегамазеров. Анализ наших данных (табл.1) показывает, что линейная регрессионная связь между  $L_{1.49}$  и  $L_{2-10\text{кэВ}}$  имеет следующую форму:

$$\log L_{1.49} = (0.35 \pm 0.12) \log L_{2-10\text{кэВ}} + (24.61 \pm 5.15), \quad (4)$$

( $r=0.65$ ,  $p=0.01$ ,  $N=13$ ). Используя (1), можно оценить ожидаемые рентгеновские светимости ОН-мегамазеров для выборки 87 галактик, что также увеличит число рентгеновских данных. Линейная связь между  $L_{1.49}$  и  $L_{2-10\text{кэВ}}^*$  (оцененная рентгеновская светимость) имеет следующую форму:

$$\log L_{1.49} = (0.16 \pm 0.06) \log L_{2-10\text{кэВ}}^* + (32.60 \pm 2.44) \quad (5)$$

( $r=0.3$ ,  $p=0.008$ ,  $N=87$ ). На рис.2 приведена эта зависимость. Видно, что наклон зависимости между радио и рентгеновским излучениями становится более плоским, а корреляция - более слабой. Это обстоятельство имеет свое объяснение. Обычно в активных галактиках рентгеновское излучение имеет тепловую природу. Однако, согласно теоретическим

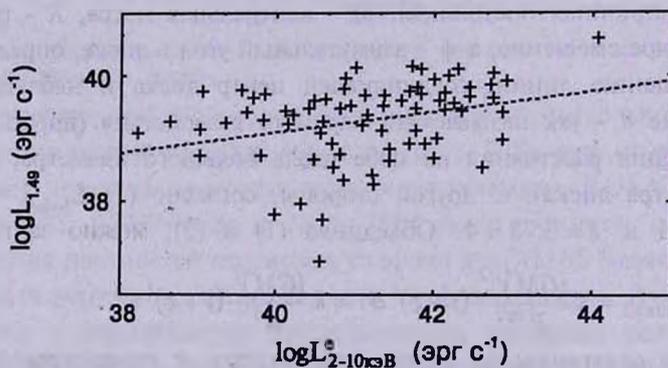


Рис.2. Связь между радио и рентгеновской светимостями. Линейная регрессия указана.

расчетам ([16] и там же ссылки), синхротронные фотоны могут рассеиваться (обратный комптон-эффект)  $n$  раз и это приведет к ослаблению корреляции между светимостями в радио и рентгеновском диапазонах. В то же время наклон зависимости становится более плоским, чем в случае чисто теплового рентгеновского излучения. Согласно [16], в активных галактиках связь между радио и рентгеновской светимостями дается следующим выражением:

$L_R \propto M L_X^{6/5(n+1)}$ , где  $L_R$  и  $L_X$  - радио и рентгеновская светимости соответственно,  $M$  - масса центральной части галактики,  $n$  - число рассеяний фотонов. Видно, что при увеличении числа рассеяний наклон становится более плоским. Для разных значений  $M$  эта зависимость хорошо аппрок-

симируется выражением  $L_R \propto ML_X^{0.1}$  [16], что очень близко к (5). Выбросы из активного ядра также могут уменьшать наклон зависимости  $L_R - L_X$  [16]. В том случае, когда радиоизлучение обусловлено активностью выбросов из ядра, связь между радио и рентгеновским излучениями дается выражением  $L_{R, jet} \propto M^{(x-1)/x} L_X^{1/x}$ , где  $2 \leq x \leq 10$ , и в широком диапазоне значений  $x$  корреляция между светимостями слабая. Авторы работы [17] полагают, что в активных галактиках радио и рентгеновское излучения обусловлены выбросами из ядра. В этом случае связь между  $L_R$  и  $L_X$  имеет вид  $L_{R, jet} \propto M^{\alpha_R - m\alpha_X} L_{X, jet}^m$ , где  $\alpha_R$  и  $\alpha_X$  являются радио и рентгеновскими спектральными индексами соответственно, а  $m = \frac{(17/12) - (2/3)\alpha_R}{(17/12) - (2/3)\alpha_X}$ . Для выборки ОН-мегамазеров  $\alpha_R \approx 0.36$  [1] и  $\alpha_X \approx -0.6$  (это характерное значение для активных галактик [17]), следовательно  $L_{R, jet} \propto M^{0.74} L_{X, jet}^{0.64}$ . Значение наклона этой зависимости 0.64 больше, чем наблюдаемое значение 0.35 (уравнение (4)) и значительно больше, чем ожидаемое значение 0.16 (уравнение (5)). Поэтому, по нашему мнению, в ОН-мегамазерных галактиках рентгеновское излучение, в основном, имеет тепловую природу, а радиоизлучение - нетепловую природу [1] и их связь осуществляется через центральный источник энергии с массой  $M$ , обратным комптон-эффектом и выбросами из ядра. Согласно [18], в ОН-мегамазерах Mkn 231 и UGC 5101 были обнаружены выбросы, связанные с активностью ядер этих галактик. Подобные выбросы также обнаружены у мегамазера Mkn 273 [19].

5. *Обсуждение.* Мегамазерное излучение гидроксила (ОН) обнаружено у мощных инфракрасных галактик. Галактики с мегамазерным излучением имеют либо активное ядро, либо высокую степень активности звездообразования в центральной части галактики. Активное ядро и активное звездообразование могут производить излучения во всем спектре электромагнитных волн. Оба источника энергии могут существовать в одной и той же галактике. Однако только на основе качественного анализа можно заключить, какой источник энергии является основным в той или иной галактике. Жесткое рентгеновское излучение и линия излучения Fe-K на волне 6.4 кэВ являются характерными индикаторами скрытых AGN. Более того, наличие широкой Fe-K линии указывает на существование низкотемпературной материи в окрестностях ядра галактики. Рентгеновские наблюдения с помощью спутников XMM-Newton и Beppo-SAX обнаружили скрытое AGN в галактике Mkn 231 [20, 21]. Иманиши и др. [22] обнаружили как скрытое ядро, так и Fe-K линию в галактике UGC 5101. В галактике Mkn 273 были обнаружены и скрытое ядро [23, 24], и Fe-K линии [24]. Жесткое рентгеновское излучение обнаружено от обоих ядер Mkn 171 [25]. Линия Fe-K также присутствует в этой галактике [26,27]. В галактике Agr 220 также

может существовать скрытое ядро [28]. Эти результаты показывают, что в мегамазерных галактиках наличие скрытого активного ядра является характерным явлением.

Авторы работы [29] показали, что в галактиках с мощным инфракрасным излучением, инфракрасное излучение, в основном, исходит от областей, расположенных на расстоянии нескольких сот пк от центра галактики, и оно связано с процессом звездообразования, а не активностью ядра [30]. Поэтому можно предположить, что инфракрасное излучение этих галактик слабо зависит от центральной массы, в то время как часть радио и рентгеновского излучений, которая генерируется в окрестностях центра, может быть связана с активностью ядра и более тесно коррелирована с центральной массой, как указывалось выше.

Хорошо известно, что AGN-галактики имеют либо плоские, либо инвертированные спектральные индексы, а также высокие яркостные температуры. В связи с тем, что принципом отбора галактик настоящей выборки является ее мегамазерная активность и многие из них имеют относительно плоские спектральные индексы и высокие яркостные температуры [1], можно предположить, что мегамазерная и ядерная активности взаимосвязаны. Более того, наблюдаемые корреляции между переменными  $L_{2-10\mu\text{B}}$ ,  $W$  и  $L_{1.49}$  (табл.2) подразумевают наличие AGN в этих галактиках. Корреляции между этими переменными, в основном, обусловлены тем, что все они зависят от центральной массы. Тот факт, что FIR-излучение и ширина OH-линии не коррелируют (или коррелируют слабо), может означать, что FIR-излучение этих галактик происходит на относительно большом расстоянии от центра галактики (несколько сот пк). Для настоящей выборки OH-мегамазеров FIR и рентгеновское излучения не коррелируют. Наблюдения в радиоконтинууме (VLBI) OH-мегамазерных галактик Mkn 231 и UGC 5101 показали, что в масштабе  $\sim 100$  пк радиоизлучение этих объектов связано с AGN, а не со звездообразованием [18]. Радиоизлучение за пределами  $\sim 100$  пк может быть обусловлено звездообразованием.

**6. Заключение.** На основе выборки OH-мегамазерных галактик показано, что рентгеновское излучение и ширина радиолнии OH тесно связаны. Ширина линии также связана с радиоизлучением мегамазеров, но она слабо зависит от инфракрасного излучения и эта связь статистически менее значима. Ширина OH-линии, радио и рентгеновское излучения зависят от центральной массы мегамазеров. Существует слабая связь между радио и рентгеновским излучениями, что является результатом многократных рассеяний синхротронных фотонов и выбросов из ядра галактики. Эти результаты предполагают, что в OH-мегамазерных галактиках активное ядро может быть доминирующим, хотя к этому

вопросу нужно относиться довольно осторожно и он нуждается в дальнейшем исследовании.

Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения  
Институт астрономии и космических наук университета Ал-Ал-Бейт,  
Иордания, e-mail: kandalyan@yahoo.com

## SOME PROPERTIES OF THE X-RAY AND RADIO EMISSION OF THE OH MEGAMASER GALAXIES

R.A.KANDALYAN

The properties of OH megamaser galaxies in the X-ray and radio continuum domains are discussed. On the basis of a sample of megamaser galaxies it is found that X-ray emission is tightly related to the OH line width. The OH line width is related to both radiocontinuum and FIR emission, however the last correlation is tiny and less significant. The OH line width, radio continuum and the X-ray are related to the central mass of megamaser galaxies. There is a weak correlation between the X-ray and radio continuum in megamaser galaxies, which may be due to multiple up-scattered synchrotron photons and nuclear jet activity. These results suggest that in OH megamaser galaxies an active nucleus may dominate.

Key words: *masers: galaxies: X-ray: radiocontinuum*

## ЛИТЕРАТУРА

1. P.A.Кандалян, *Астрофизика*, **48**, 281, 2005.
2. J.Darling, R.Giovanelli, *Astrophys. J.*, **569**, L87, 2002.
3. Y.M.Pihlstrom, J.E.Conway, R.S.Booth, P.J.Diamond, A.G.Polatidis, *Astron. Astrophys.*, **377**, 413, 2001.
4. J.A.Yates, A.M.S.Richards, M.M.Wright et al., *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **317**, 28, 2000.
5. A.M.S.Richards, R.J.Cohen, G.H.Cole et al., in "Galaxies and their Constituents at the Highest Angular Resolutions", *Proc. IAU Symp.*, **205**, 2001, ed. R.T.Schilizzi, (Manchester, UK), 212.
6. H.R.Klockner, W.A.Baan, *Astron. Astrophys.*, **419**, 887, 2004.
7. H.R.Klockner, W.A.Baan, M.A.Garrett, *Nature*, **421**, 821, 2003.

8. *E.Rovilos, P.J.Diamond, C.J.Lonsdale, C.J.Lonsdale, H.E.Smith*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **342**, 373, 2003.
9. *Y.M.Pihlstrom, W.A.Baan, J.Darling, H.R.Klockner*, AAS Meeting, **203**, 146.02, 2003.
10. *R.A.Kandalyan*, Astron. Astrophys., **404**, 513, 2003.
11. *Р.А.Кандалян, Х.М.К.Ал-Нами*, Астрофизика, **45**, 341, 2002.
12. *Р.А.Кандалян*, Астрофизика, **48**, 125, 2005.
13. *J.J.Condon, W.D.Cotton, E.W.Greisen et. al.*, Astron. J., **115**, 1693, 1998.
14. *J.-M.Martin*, PhD thesis, University de Paris VII, France, 1989.
15. *J.Darling, R.Giovanelli*, Astron. J., **124**, 100, 2002.
16. *I.Yi, S.P.Boughn*, Astrophys. J., **499**, 198, 1998.
17. *H.Falcke, E.Kording, S.Markoff*, Astron. Astrophys., **414**, 895, 2004.
18. *C.J.Lonsdale, C.J.Lonsdale, H.E.Smith, P.J.Diamond*, Astrophys. J., **592**, 804, 2003.
19. *H.R.Klockner, W.A.Baan*, in "The 6th European VLBI Network Symposium", 2002, eds. E.Ros, R.W.Porcus, A.P.Lobanov, J.A.Zensus, (Bonn, Germany), 175.
20. *V.Braito, R.Della Ceca, E.Piconcelli et al.*, Astron. Astrophys., **420**, 79, 2004.
21. *A.Franceschini, V.Braito, M.Persic et al.*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **343**, 1181, 2003.
22. *M.Imanishi, Y.Terashima, N.Anabuki, T.Nakagawa*, Astrophys. J., **596**, L167, 2003.
23. *X.Y.Xia, S.J.Xue, S.Mao et al.*, Astrophys. J., **564**, 196, 2002.
24. *A.Ptak, T.Heckman, D.Strickland, N.A.Levenson, K.Weaver*, Astrophys. J., **592**, 782, 2003.
25. *A.Zezas, M.J.Ward, S.S.Murray*, Astrophys. J., **594**, 31, 2003.
26. *R.Della Ceca, L.Ballo, F.Tavecchio et al.*, Astrophys. J., **581**, 9, 2002.
27. *L.Ballo, V.Braito, R.Della Ceca et al.*, Astrophys. J., **600**, 634, 2004.
28. *D.L.Clements, J.C.MacDowell, S.Shaked et al.*, Astrophys. J., **581**, 974, 2002.
29. *J.K.Kuraszkiewicz, B.J.Wilkes, E.J.Hooper et al.*, Astrophys. J., **590**, 128, 2003.
30. *D.Farrah, J.Afonso, A.Efstathiou et. al.*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **343**, 585, 2003.
31. *T.Wang, W.Brinkman, J.Bergeron*, Astron. Astrophys., **309**, 81, 1996.
32. *Y.Ueda, Y.Ishisaki, T.Takahashi, K.Makishima, T.Ohashi*, 2003, <http://www.astro.isas.ac.jp/asca/catalog>.
33. *D.Rigopoulou, A.Lawrence, M.Rowan-Robinson*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **278**, 1049, 1996.
34. *M.G.Watson et al.*, The First XMM-Newton Serendipitous Source Catalogue, XMM-Newton Survey Science Center (SSC), 2003, <http://xmmssc-www.star.le.ac.uk>.
35. *R.Maiolino, A.Comastri, R.Gilli et al.*, Mon. Notic. Roy. Astron. Soc., **344**, L59, 2003.