

О РЕНТГЕНОВСКОМ ИЗЛУЧЕНИИ ОН-МЕГАМАЗЕРНЫХ ГАЛАКТИК

Р.А.КАНДАЛЯН^{1,2}, В.В.АМБАРЯН³, Х.А.САБАТ²

Поступила 10 декабря 2006

Принята к печати 15 февраля 2007

Обсуждаются свойства ОН-мегамазерных галактик в рентгеновском диапазоне. В работе приведены результаты наблюдений трех мегамазеров IRAS 01418+1651, IRAS 11010+4107 и IRAS 13218+0552, полученных с помощью рентгеновского спутника XMM-Newton. На основе выборки ОН-мегамазерных галактик показано, что рентгеновское и ОН-излучения тесно связаны. Мегамазерное излучение также коррелирует с поверхностной плотностью среды и ОН-светимость растет как квадрат поверхностной плотности. Результаты настоящей работы предполагают, что в ОН-мегамазерных галактиках активное ядро, рентгеновский нагрев молекул и насыщенный механизм мазерного излучения могут играть важную роль. В некоторых мегамазерах активное звездообразование может быть доминирующим источником.

Ключевые слова: *мазеры - галактики: рентгеновское излучение*

1. *Введение.* В работах [1,2] нами была обнаружена интересная взаимосвязь между рентгеновской светимостью ОН-мегамазеров и шириной линии ОН-излучения. Было высказано предположение, что рентгеновское и ОН-излучения зависят от центральной массы мегамазеров. Ввиду малочисленности мегамазеров, обнаруженных в рентгеновских лучах (13 источников), в работе [2] нам не удалось исследовать взаимосвязь между рентгеновским и ОН-излучениями, а также зависимость ОН-излучения от поверхностной плотности излучающей среды. В настоящее время (декабрь 2006), благодаря рентгеновским спутникам Chandra и XMM-Newton, число мегамазеров с рентгеновским излучением составляет 22 в диапазоне жесткого (2-10 кэВ) рентгеновского излучения (в диапазоне мягкого (0.5-2 кэВ) рентгена число мегамазеров составляет 21). Поэтому имеет смысл более детально исследовать взаимосвязь между рентгеновским и ОН-излучениями.

Недавно 7 ОН-мегамазеров были наблюдаемы с помощью Chandra спутника [3]. Только у одной галактики было обнаружено рентгеновское излучение (IRAS 03521+0028). В работе [4] были обнаружены рентгеновские излучения у галактик IRAS 03521+0028, 12071-0444, 16090-0139 и 23365+3604 с помощью Chandra спутника. Также с помощью Chandra спутника рентгеновские излучения были измерены у мегамазеров IRAS 02483+4302 [5] и IRAS 04332+0209 [6]. Рентгеновские излучения мега-

мазеров IRAS 01418+1651, IRAS 11010+4107 и IRAS 13218+0552 были измерены нами, используя архивные данные спутника XMM-Newton (см., раздел 26).

Целью настоящей работы является исследование вопросов взаимосвязи рентгеновского и ОН-излучения, с одной стороны, ОН-излучения и поверхностной плотности, с другой. 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 разделах 3, 4 и 5 обсуждаются результаты статистического анализа, в 6 обсуждаются результаты настоящей работы.

2. Выборка ОН-мегамазеров в рентгеновском диапазоне и результаты анализа данных.

2а. *Выборка ОН-мегамазеров.* В табл.1 приведен список 22 мегамазеров с рентгеновским излучением. В столбцах табл.1 последовательно даны: 1. Название галактики по каталогу IRAS. 2. Рентгеновская светимость в диапазоне 0.5-2 кэВ, $L_{0.5-2\text{кэВ}}$, в единицах эрг с^{-1} . 3. Рентгеновская светимость в диапазоне 2-10 кэВ, $L_{2-10\text{кэВ}}$, в единицах эрг с^{-1} . 4. Светимость линии ОН-излучения, $L_{\text{ОН}}$, в солнечных единицах. 5. Полуширина (FWHM) линии ОН в системе покоя галактики, W , в км с^{-1} (полуширины линии ОН у галактик IRAS 12071-0444 и IRAS 16090-0139 были измерены нами, используя опубликованные спектры этих мегамазеров [7], полуширины у остальных галактик были взяты из работы [8]). 6. Поверхностная плотность водорода, N_{H} , в см^{-2} , определенная по поглощению рентгеновского излучения. У четырех галактик поверхностная плотность была определена с низкой точностью, ввиду слабости рентгеновского излучения, на что указывают авторы соответствующих работ. Значения поверхностных плотностей этих объектов взяты в круглые скобки. 7. Ссылки на новые рентгеновские наблюдения. Для остальных мегамазеров ссылки на рентгеновские наблюдения приведены в работе [2]. Рентгеновские и радиосветимости были вычислены согласно формулам, приведенным в работе [1]. Постоянная Хаббла принята $H_0 = 75 \text{ км с}^{-1} \text{ Мпк}^{-1}$. В работе [2] была допущена досадная ошибка в значениях светимостей для галактики IRAS 20100-4156, из-за ошибочного значения красного смещения в расчетах (вместо 0.13 ошибочно было принято значение 0.013). Однако эта ошибка мало повлияла на основные результаты работы [2].

В частности, допущенная ошибка привела лишь к переоценке наклона зависимости между $L_{2-10\text{кэВ}}$ и W , но она не повлияла на значимость и достоверность обсуждаемых в работе [2] зависимостей (см. ниже).

Таблица 1

СПИСОК 22 ОН-МЕГАМАЗЕРНЫХ ГАЛАКТИК С
РЕНТГЕНОВСКИМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

IRAS	$\log L_{0.5-2\text{кэВ}}$ (эрг с ⁻¹)	$\log L_{2-10\text{кэВ}}$ (эрг с ⁻¹)	$\log L_{\text{ОН}}$ (L_{\odot})	$\log W$ (км с ⁻¹)	$\log N_{\text{H}}$ (см ⁻²)	Замечания
00509+1225	43.37	43.70	2.31	2.61	(21.03) [15]	
01418+1651	39.93	40.13	2.75	2.04		XMM-Newton, настоящая работа
02483+4302		40.40	2.53	2.18	21.59 [16]	Chandra [5]
03521+0028	40.98	41.25	2.05	1.77	21.40 [4]	Chandra [3,4]
04332+0209	38.78	39.13	0.49	2.00		Chandra [6]
09320+6134	40.78	41.68	1.80	2.08	21.48 [17]	
10173+0828	39.35	39.15	2.41	1.59		
11010+4107	40.52	40.71	2.09	2.30		XMM-Newton, настоящая работа
11257+5850	41.23	41.37	1.18	2.39	21.28 [18]	
12071-0444	41.88	41.12	2.68	2.37		Chandra [4]
12112+0305	41.10	41.20	3.11	2.45	(21.04) [4]	
12243-0036	38.95	39.25	-0.14	1.85		
12540+5708	41.54	42.43	2.87	2.46	21.87 [19]	
13218+0552	41.82	41.67	3.21	2.50		XMM-Newton, настоящая работа
13428+5608	41.48	42.36	2.60	2.15	22.00 [17]	
15250+3609	41.09	41.15	2.55	2.00		
15327+2340	40.58	40.91	2.49	2.07	21.78 [17]	
16090-0139	41.64	41.84	3.23	2.54	(21.18) [4]	Chandra [4]
17208-0014	40.86	41.33	2.99	2.22	21.72 [17]	
20100-4156	41.27	41.82	3.94	1.93	(22.34) [19]	
22491-1808	41.07	40.88	2.49	2.23		
23365+3604	40.95	41.50	2.77	2.48	21.70 [4]	Chandra [4]

26. Рентгеновские излучения мегамазеров IRAS 01418+1651, IRAS 11010+4107 и IRAS 13218+0552. Мы использовали архивные данные спутника XMM-Newton¹, чтобы измерить рентгеновские излучения мегамазерных галактик IRAS 01418+1651, IRAS 11010+4107 и IRAS 13218+0552. В табл.2 последовательно приведены: 1. Название галактики по каталогу IRAS. 2. Красное смещение галактики, z . 3. Плотность потока в диапазоне 0.5-2 кэВ, $F_{0.5-2\text{кэВ}}$, в единицах эрг см⁻² с⁻¹. 4. Плотность потока в диапазоне 2-10 кэВ, $F_{2-10\text{кэВ}}$, в единицах эрг см⁻² с⁻¹. 5. Номер наблюдательной программы по XMM-Newton. Наблюдательные данные были получены с помощью камеры EPIC PN (European Photon Imaging Camera). Данные были обработаны с помощью системы SAS-7.0.0 (Science Analysis System). Вокруг каждой галактики была выделена окружность с радиусом

¹ "The Second XMM-Newton Serendipitous Source Pre-release Catalogue, XMM-Newton Survey Science Centre (SSC), 2006. http://xmm.esac.esa.int/external/xmm_data_acc/xsa/index.shtml"

30" и в этой окрестности исследовались спектры EPIC PN. Фон рентеновского излучения был исследован в близлежащей от галактики области с тем же радиусом. Рентгеновское излучение было исследовано в диапазоне 0.2-12 кэВ, однако в табл.2 приведены лишь плотности потоков в стандартных диапазонах мягкого и жесткого рентгенов. Рентгеновские спектры галактик IRAS 01418+1651 и IRAS 11010+4107 были аппроксимированы, принимая модель однокомпонентной поглощающей среды и степенной закон распределения энергии фотонов, включая поправку на красное смещение фотоэлектрического поглощения. Из спектрального моделирования были определены плотности потоков в соответствующих диапазонах. Спектральное моделирование было выполнено с помощью программы XSPEC-12.0.0 (X-ray Spectral Fitting Programme). Следует отметить, что результаты спектрального анализа имеют высокую достоверность (значение χ^2 на степень свободы меньше, чем 1.5, $\chi^2/\text{dof} < 1.5$). Что же касается IRAS 13218+0552, то нам не удалось провести детальное спектральное

Таблица 2

XMM-NEWTON НАБЛЮДЕНИЯ ТРЕХ МЕГАМАЗЕРОВ

IRAS	z	$F_{0.5-2\text{кэВ}} \times 10^{-15}$ (эрг см ⁻² с ⁻¹)	$F_{2-10\text{кэВ}} \times 10^{-15}$ (эрг см ⁻² с ⁻¹)	Номер наблюдательной программы
01418+1651	0.027	16.98	20.96	0203390201
11010+4107	0.035	24.29	19.83	0203390501
13218+0552	0.205	7.36	5.20	0200660301

моделирование рентгеновского излучения этой галактики, так как количество зарегистрированных фотонов было недостаточно. В этом случае плотности потоков были определены преобразованием частот подсчетов (count rate) фотонов в потоки, используя калибровочные коэффициенты EPIC PN и степенной закон распределения энергии, с каноническим значением фотон индекса $\Gamma = 2.0$. В этих расчетах было учтено также поглощение фотонов в Галактике в направлении IRAS 13218+0552.

3. *Взаимосвязь между рентгеновским излучением и полушириной OH-линии.* Уравнение линейной регрессии между $L_{2-10\text{кэВ}}$ и W для 22 мегамазеров имеет следующий вид:

$$\log L_{2-10\text{кэВ}} = (2.56 \pm 0.68) \log W + (35.53 \pm 1.49),$$

с коэффициентом корреляции $r = 0.65$, со значимостью $p = 10^{-3}$ (p - вероятность того, что корреляция между двумя переменными случайная). На рис.1 приведена эта зависимость. Подобная зависимость в мягком рентгеновском диапазоне для 21 мегамазера имеет следующий вид:

$$\log L_{0.5-2\text{кэВ}} = (2.58 \pm 0.59) \log W + (35.29 \pm 1.30), \quad (r = 0.71 \text{ и } p = 3 \cdot 10^{-4}).$$

Таким образом жесткое и мягкое рентгеновские излучения тесно связаны с полушириной ОН-линии. В работе [2] эта зависимость была объяснена как результат зависимости рентгеновского и мазерного излучений от центральной массы галактики.

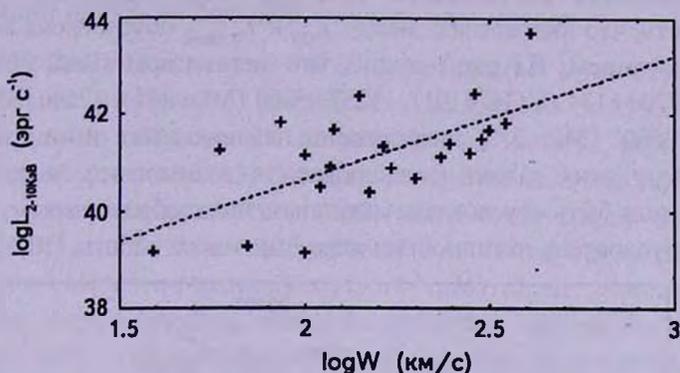


Рис.1. Зависимость между рентгеновской светимостью и шириной ОН-линии. Линейная регрессия указана.

4. *Взаимосвязь между рентгеновским и ОН-излучениями.* В работе [2] нам не удалось обнаружить взаимосвязь между рентгеновским и ОН-излучениями ввиду малочисленности объектов. В данной работе такая возможность есть, так как число мегамазеров с рентгеновским излучением существенно больше, чем в работе [2]. Уравнение линейной регрессии между $L_{\text{ОН}}$ и $L_{2-10\text{кэВ}}$ для 22 мегамазеров имеет следующий вид:

$$\log L_{\text{ОН}} = (0.44 \pm 0.16) \log L_{2-10\text{кэВ}} - (15.73 \pm 6.64),$$

с коэффициентом корреляции $r = 0.52$ и $p = 10^{-2}$. Видно, что эта связь слабая, но значима. Подобная зависимость в мягком рентгеновском диапазоне для 21 галактики имеет следующий вид:

$$\log L_{\text{ОН}} = (0.54 \pm 0.17) \log L_{0.5-2\text{кэВ}} - (19.64 \pm 6.99), \quad (r = 0.59 \text{ и } p = 5 \cdot 10^{-3}).$$

Опять же эта зависимость относительно слабая, но значима. Если из списка мегамазеров удалить галактику IRAS 00509+1225 (1Zw 1), которая по многим характеристикам является особой галактикой, чем остальные источники табл.1 (см., например, [9]), то вышеприведенные зависимости имеют следующий вид:

$$\log L_{\text{ОН}} = (0.62 \pm 0.18) \log L_{2-10\text{кэВ}} - (23.11 \pm 7.32) \quad (r = 0.62, \quad p = 2 \cdot 10^{-3}),$$

$$\log L_{\text{ОН}} = (0.78 \pm 0.18) \log L_{0.5-2\text{кэВ}} - (29.38 \pm 7.44) \quad (r = 0.71, \quad p = 5 \cdot 10^{-4}).$$

Видно, что взаимосвязь между рентгеновским и ОН-излучениями становится более тесной и значимой.

Предположим, что взаимосвязь между рентгеновским и ОН-излучениями обусловлена активным звездообразованием. В этом случае можно ожидать

линейную зависимость между этими переменными ($L_{OH} \propto L_{2-10\text{кэВ}}$). На рис.2 приведена зависимость между L_{OH} и $L_{2-10\text{кэВ}}$, где пунктирная линия представляет не линию регрессии ($\log L_{OH} = 0.62 \log L_{2-10\text{кэВ}} - 23.11$), а линию равенства светимостей ($\log L_{OH} = \log L_{2-10\text{кэВ}} - 38.75$), если предположить, что взаимосвязь между L_{OH} и $L_{2-10\text{кэВ}}$ обусловлена активным звездообразованием. Из рис.2 видно, что мегамазеры IRAS 00509+1225 (1Zw 1), 09320+6134 (UGC 5101), 11257+5850 (Mkn 171), 12540+5708 (Mkn 231), 13428+5608 (Mkn 273) расположены намного ниже линии равенства.

Поэтому у этих галактик наблюдаемая взаимосвязь между L_{OH} и $L_{2-10\text{кэВ}}$ не может быть обусловлена активным звездообразованием, а скорее всего она обусловлена активностью ядра (см. также работы [10,11]). В эту

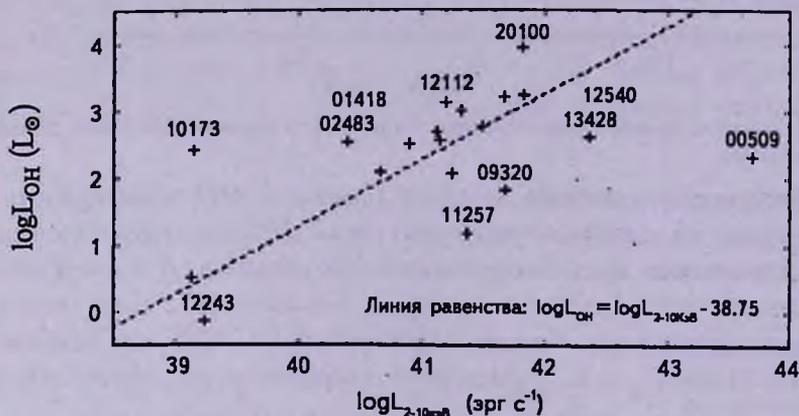


Рис.2. Связь между ОН и рентгеновской светимостями. Линия равенства светимостей указана. Сокращенные названия 11 галактик также указаны.

группу также входит необычная галактика IRAS 12243-0036. Эта галактика является одной из самых слабых источников как в линии ОН, так и в рентгеновском диапазоне. Авторы работы [12] предполагают, что в этой галактике из-за высокого поглощения (поверхностная плотность поглощающей среды превосходит 10^{24} см^{-2}) в оптических лучах трудно выделить и классифицировать ядро галактики, в то время как в рентгеновских лучах активное ядро присутствует. Что же касается мегамазеров, расположенных намного выше линии равенства (IRAS 01418+1651, 02483+4302, 10173+0828, 12112+0305 и 20100-4156), то в этих галактиках сверхактивное звездообразование может быть доминирующим источником. Среди этих четырех галактик IRAS 10173+0828 является довольно необычным источником, так как он имеет очень слабое рентгеновское излучение. У остальных галактик $L_{OH} \propto L_{2-10\text{кэВ}}$ зависимость может быть обусловлена активным звездообразованием. Конечно, такое разделение мегамазеров довольно условное. Оно лишь отражает тот факт, что мегамазерное излучение при благоприятных условиях (инверсия мазерных уровней, необходимое

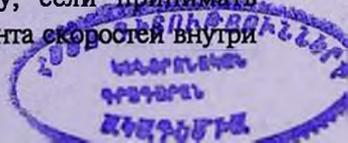
количество молекул для усиления излучения, направленность излучения и т.п.) может возникать как в галактиках с активным ядром, так и в галактиках с интенсивным звездообразованием. Отличаются ли эти группы по свойствам линии излучения ОН? Этот вопрос нуждается в дальнейшем детальном исследовании на основе большой выборки мегамазеров.

5. *Взаимосвязь между ОН-излучением и поверхностной плотностью водорода.* Светимость мазерного излучения растет экспоненциально с поверхностной плотностью молекул, если излучение является ненасыщенным [13]. Если же излучение является насыщенным, то в отсутствии градиента скоростей (статическая среда) $L_{ОН} \propto N_{ОН}^3$, но $L_{ОН} \propto N_{ОН}^2$ в случае присутствия градиента скоростей [14]. К сожалению значение поверхностной плотности в мегамазерных источниках плохо известно, чтобы исследовать зависимость $L_{ОН}$ от $N_{ОН}$. Исходя из того, что в мегамазерных галактиках рентгеновское и ОН-излучения взаимосвязаны, можно предположить, что эти области излучения пространственно совпадают. В этом случае в качестве меры оценки $N_{ОН}$ можно использовать поверхностную плотность водорода N_H , определенную по поглощению рентгеновского излучения, так как эти поверхностные плотности должны быть пропорциональны друг другу. Для изучения зависимости $L_{ОН}$ от N_H в табл.1 приведены значения N_H . В отборе N_H приоритет был дан тем результатам, которые были получены с помощью спутника Chandra, так как его угловое разрешение (~1") выше, чем таковое у других рентгеновских спутников. В дальнейшем анализе четыре галактики с низкой точностью значений N_H (см. табл.1) не будут учитываться. Уравнение линейной регрессии между $L_{ОН}$ и N_H для 9 мегамазеров имеет следующий вид:

$$\log L_{ОН} = (2.06 \pm 0.56) \log N_H - (42.14 \pm 12.06) \quad (r = 0.81, p = 8 \cdot 10^{-3}).$$

На рис.3 приведена эта зависимость.

Профиль линии ОН-излучения является результатом распределения и кинематики газа. Уширение линии является либо следствием дисперсии скоростей между отдельными облаками, либо вращением центральной части галактики. Их одновременное присутствие также может привести к уширению линии. Обычно ОН-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. Поэтому, если принимать полуширину линии ОН-излучения W как меру градиента скоростей внутри



облака, то согласно теоретическим оценкам должна быть линейная связь между L_{OH} и N_H^2/W [14]. Для 9 мегамазеров эта зависимость имеет следующий вид:

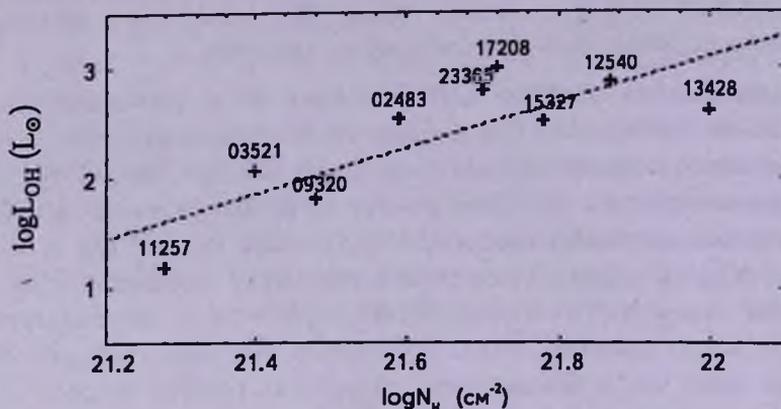


Рис.3. Зависимость OH-светимости от поверхностной плотности. Линейная регрессия указана. Сокращенные названия галактик также указаны.

$$\log L_{OH} = (0.91 \pm 0.33) \log \frac{N_H^2}{W} - (30.31 \pm 11.94) \quad (r = 0.72, p = 3 \cdot 10^{-2}),$$

что близко к линейной зависимости. Из данного анализа следует, что в мегамазерных галактиках зависимость между L_{OH} и N_H близка к той, что ожидается при насыщенном излучении, в то время как ненасыщенное излучение подразумевает экспоненциальную зависимость между ними.

Следует сделать некоторые замечания об обсуждаемой корреляции между L_{OH} и N_H

а) Как отмечалось выше, эта корреляция подразумевает, что области излучения гидроксила и рентгеновского излучения пространственно совпадают. К сожалению, в настоящее время нет возможности проводить наблюдательную проверку этого предположения, так как современные рентгеновские телескопы обеспечивают лишь угловое разрешение $\sim 1''$. Это соответствует примерно 4 кпк на расстоянии самого удаленного источника из нашего списка IRAS 13218+0552 ($z = 0.205$), что недостаточно для детального анализа рентгеновского излучения, которое исходит от областей порядка 1 пк и меньше, тогда как радионаблюдения в линии OH могут обеспечить угловое разрешение порядка $0''.001$ (VLBI).

б) Замена поверхностной плотности молекул OH на поверхностную плотность водорода нуждается в некоторых замечаниях. Во-первых, абсолютное (n_{OH}) и относительное (n_{OH}/n_{H_2}) содержания гидроксила в мегамазерных галактиках плохо известны. Из косвенных соображений оценивается, что относительное содержание OH составляет $n_{OH}/n_{H_2} \sim 10^{-4} - 10^{-7}$ (см., например, [20] и там же ссылки). Во-вторых,

существуют также неопределенности в оценке N_H из рентгеновских наблюдений, в частности, предполагается что часть рентгеновского излучения может иметь звездное происхождение и не связана с ядром галактики (см., например, [21] где более подробно обсуждаются эти вопросы). Однако следует отметить, что неопределенности в оценках $L_{2-10\text{эВ}}$, N_H или в оценках $L_{\text{ОН}}$, W , могут привести к увеличению разброса точек в соответствующих зависимостях, обсуждаемых в настоящей работе, и даже к их полному исчезновению. Но эти неопределенности не могут привести к появлению корреляций между рентгеновским и ОН-излучениями, так как неопределенности некоррелированы. Корреляцию между $L_{\text{ОН}}$ и N_H следует рассматривать предварительно, так как число галактик с известными значениями N_H невелико.

6. *Обсуждение.* Мегамазерное излучение гидроксила обнаружено, в основном, среди мощных инфракрасных галактик. Мощные инфракрасные галактики являются более слабыми рентгеновскими источниками, чем классические галактики с активным ядром (см., например, обзор [22] и там же ссылки). Последние годы мощные инфракрасные галактики (часть которых также является ОН-мегамазерами) исследовались в рентгеновских лучах с помощью *Chandra* и *XMM-Newton* спутников в работах [4,17,19]. Обычно рентгеновские светимости у этих галактик не превосходят 10^{43} эрг с^{-1} , что составляет примерно 1% от их инфракрасной светимости. В мягких рентгеновских лучах излучение является протяженным и тепловым. В жестких рентгеновских лучах у этих галактик чаще встречаются компактные компоненты с характерными особенностями AGN [17] и светимости последних выше, чем светимости протяженных компонентов. Авторы работ [23-25] предположили, что слабое ненасыщенное усиление и ИК-накачка могут объяснить излучение диффузного компонента мазерного источника, в то время как насыщенное усиление и столкновительная накачка могут быть ответственными за мазерное излучение компактного компонента [1,24,25]. ОН-мегамазерное [26] и рентгеновское (см., например, [22]) излучения могут "отследить" пространственные структуры порядка 1 пк и меньше (область ядра). Обсуждаемые в предыдущих разделах корреляции между ОН и рентгеновским излучениями, по всей вероятности, свидетельствуют, что процессы, приводящие к взаимозависимостям между ОН и рентгеновским излучениями, происходят в околоядерной области, хотя нельзя исключить также взаимосвязь протяженных компонентов (несколько десятков парсек) ОН и рентгеновского излучений, обусловленных активным звездообразованием.

О чем свидетельствует взаимосвязь между ОН и рентгеновским

излучениями? Во-первых, тесная корреляция между рентгеновским излучением и полушириной линии указывает, что эти излучения происходят во вращающемся молекулярном диске в центре галактики. Такие диски были обнаружены у галактик III Zw 35, Mkn 231, 273, Agr 220, IRAS 12032+1707, 14070+0525 (см., например, обзор [22] и там же ссылки). Во-вторых, взаимосвязь между ОН и рентгеновским излучениями свидетельствует о том, что рентгеновское излучение может увеличить нагрев молекулярного облака в центре галактики [27], что в свою очередь может стимулировать столкновительную накачку мазерных уровней молекулы гидроксила [20]. В-третьих, отсутствие экспоненциальной зависимости между $L_{ОН}$ и N_H свидетельствует, что мазерное излучение является насыщенным, так как зависимость $L_{ОН}$ от N_H почти квадратичная.

7. *Заключение.* В работе приведены результаты наблюдений трех мегамазеров IRAS 01418+1651, IRAS 11010+4107 и IRAS 13218+0552, полученных с помощью рентгеновского спутника XMM-Newton. На основе выборки ОН-мегамазерных галактик показано, что рентгеновское и ОН-излучения тесно связаны. Тесная корреляция между рентгеновским излучением и полушириной линии указывает, что эти излучения происходят во вращающемся молекулярном диске в центре галактики. Взаимосвязь между ОН и рентгеновским излучениями свидетельствует о том, что рентгеновское излучение может увеличить рентгеновский нагрев молекулярного облака в центре галактики, что в свою очередь может стимулировать столкновительную накачку мазерных уровней молекулы гидроксила. Мегамазерное излучение также коррелирует с поверхностной плотностью излучающей среды, в частности ОН-светимость растет как квадрат поверхностной плотности. Эти результаты предполагают, что в ОН-мегамазерных галактиках активное ядро, рентгеновский нагрев молекул и насыщенный механизм мазерного излучения могут играть важную роль. В некоторых мегамазерах активное звездообразование может быть доминирующим источником.

¹ Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: kandalyan@yahoo.com

² Институт астрономии и космических наук университета Ал Ал-Бейт, Иордания

³ Потсдамский Институт Астрофизики, Германия

ABOUT THE X-RAY PROPERTIES OF THE
OH MEGAMASER GALAXIESR.A. KANDALYAN^{1,2}, V.V.HAMBARYAN³, H.A.SABAT²

The properties of OH megamaser galaxies in the X-ray band are discussed. The results of XMM-Newton observations of three megamaser galaxies IRAS 01418+1651, IRAS 11010+4107 and IRAS 13218+0552 are discussed. Based on a sample of megamaser galaxies it is shown that X-ray and OH emissions are tightly correlated. The megamaser emission is correlated with column density of medium as well. The OH-luminosity increases as a square of column density. The results of current study suggest that in OH megamaser galaxies an active nucleus, X-ray heating and saturated maser emission may play an important role. The active starburst may dominate in some megamasers.

Key words: *maser: galaxies: X-ray radiation*

ЛИТЕРАТУРА

1. R.A.Kandalyan, *Astron. Astrophys.*, **404**, 513, 2003.
2. P.A.Кандалян, *Астрофизика*, **48**, 421, 2005.
3. C.Vignali, W.N.Brandt, A.Comastri, J.Darling, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **364**, 99, 2005.
4. S.H.Teng, A.S.Wilson, S.Veilleux, A.J.Young, D.B.Sanders, N.M.Nagar, *Astrophys. J.*, **633**, 664, 2005.
5. S.Satyapal, R.M.Sambruna, R.P.Dudik, *Astron. Astrophys.*, **414**, 825, 2004.
6. G.P.Garmire et al., *Chandra Data Archive*, <http://cxc.harvard.edu/cda>, 2006.
7. B.Kent, J.Braatz, J.Darling, <http://www.gb.nrao.edu/~bkent/ohmaser.html>, 2006.
8. J.-M.Martin, PhD thesis, Universty de Paris VII, France, 1989.
9. T.J.Turner, I.M.George, K.Nandra, D.Turcan, *Astrophys. J.*, **524**, 667, 1999.
10. P.A.Кандалян, *Астрофизика*, **48**, 125, 2005.
11. P.A.Кандалян, *Астрофизика*, **48**, 281, 2005.
12. R.Maiolino, A.Comastri, R.Gilli et al., *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **344**, L59, 2003.
13. P.Goldreich, D.A.Keeley, *Astrophys. J.*, **174**, 517, 1972.
14. N.D.Kylafis, C.N.Norman, *Astrophys. J.*, **373**, 525, 1991.
15. L.C.Gallo, Th.Boller, W.N.Brandt, A.C.Fabian, S.Vaughan, *Astron. Astrophys.*, **417**, 29, 2004.

16. *D.A.Turnshek, S.M.Rao, A.F.Ptak, R.E.Griffiths, E.M.Monier*, *Astrophys. J.*, **590**, 730, 2003.
17. *A.Ptak, T.Heckman, D.Strickland, N.A.Levenson, K.Weaver*, *Astrophys. J.*, **592**, 782, 2003.
18. *A.Zezas, M.J.Ward, S.S.Murray*, *Astrophys. J.*, **594**, 31, 2003.
19. *A.Franceschini, V.Braitto, M.Persic et al.*, *Mon. Notic. Roy. Astron. Soc.*, **343**, 1181, 2003.
20. *Р.А.Кандалян*, *Астрофизика*, **47**, 87, 2004.
21. *J.S.Zhang, C.Henkel, M.Kadler et al.*, *Astron. Astrophys.*, **450**, 933, 2006.
22. *C.J.Lonsdale, D.Farrah, H.E.Smith*, *astro-ph/0603031*, 2006.
23. *C.J.Lonsdale, P.J.Diamond, H.E.Smith, C.J.Lonsdale*, *Astrophys. J.*, **493**, L13, 1998.
24. *P.J.Diamond, C.J.Lonsdale, C.J.Lonsdale, H.E.Smith*, *Astrophys. J.*, **511**, 178, 1999.
25. *J.Darling, R.Giovanelli*, *Astron. J.*, **124**, 100, 2002.
26. *J.Darling, R.Giovanelli*, *Astrophys. J.*, **569**, L87, 2002.
27. *D.A.Neufeld, P.R.Maloney, S.Conger*, *Astrophys. J.*, **436**, L127, 1994.