

УДК 521.2

Наблюдения на РТ-22 КрАО мазерных линий ОН на длине волны 18 см в кометах 9P/Tempel 1 и Lulin C/2007 N3

А.Е. Вольвач¹, А.А. Бережной², Л.Н. Вольвач¹, И.Д. Стрепка¹, Е.А. Вольвач³

¹ Лаборатория радиоастрономии НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98688, Украина, Крым, Ялта
volvach@ukrpost.ua

² Государственный астрономический институт им. П.К. Штернберга, МГУ, Москва, Россия

³ Национальный технический университет Украины “Киевский политехнический институт”, Киев, Украина

Поступила в редакцию 27 декабря 2010 г.

Аннотация. С помощью РТ-22 в лаборатории радиоастрономии НИИ “КрАО” начаты работы по исследованию мазерных линий в кометах. Представлены результаты наблюдений комет 9P/Tempel 1 и Lulin C/2007 N3 в линии молекулы ОН на длине волны 18 см. Разработана оригинальная методика анализа данных наблюдений. Определена газопроизводительность молекул ОН в этих кометах.

OBSERVATIONS OF OH MASER LINES AT 18 CM IN COMETS 9P/TEMPEL 1 AND LULIN C/2007 N3 AT RT-22 CRAO, by A.E. Volvach, A.A. Berezhnoj, L.N. Volvach, I.D. Strepka, E.A. Volvach. Observations of OH maser lines in comets were performed with RT-22 of the Radio Astronomy Laboratory of SRI CrAO. The results of observations of comets 9P/Tempel and Lulin C/2007 N3 in line of OH molecule at 18 cm are presented. The original technique of analysis of observational data is developed. The OH gas production rate of these comets is estimated.

Ключевые слова: кометы, мазеры, радиоизлучение

1 Введение

Данные наблюдений комет в линии ОН в радиодиапазоне позволяют получить значения ряда физических параметров, характеризующих газовую и пылевую компоненты кометных атмосфер, а также проследить их временную и пространственную эволюцию, что актуально для определения времен жизни комет, их происхождения и определения масштабов уровня опасности при столкновениях кометных ядер с Землей.

Впервые наблюдения комет в линии ОН на волне 18 см были выполнены для кометы C/1973 E1 Kohoutek в 1973 году (Тернер, 1974). В период 1973–1999 гг. с помощью радиотелескопа Радиоастрономической обсерватории Нансэ (Франция) успешно проведены наблюдения 52 комет (Кровисиер и др., 2002). В 2000 году выполнена модернизация радиотелескопа и с чувствительностью, возросшей примерно в два раза, проведены исследования более 40 комет (<http://www.lesia.obspm.fr>).

На 22-метровом радиотелескопе РТ-22 НИИ “КрАО” была реализована возможность проведения исследований практически всех космических мазеров (ОН-мазеры, H₂O-мазеры, метаноловые мазеры, SiO-мазеры), а также спектральных наблюдений в диапазоне частот от 85 ГГц до 115 ГГц

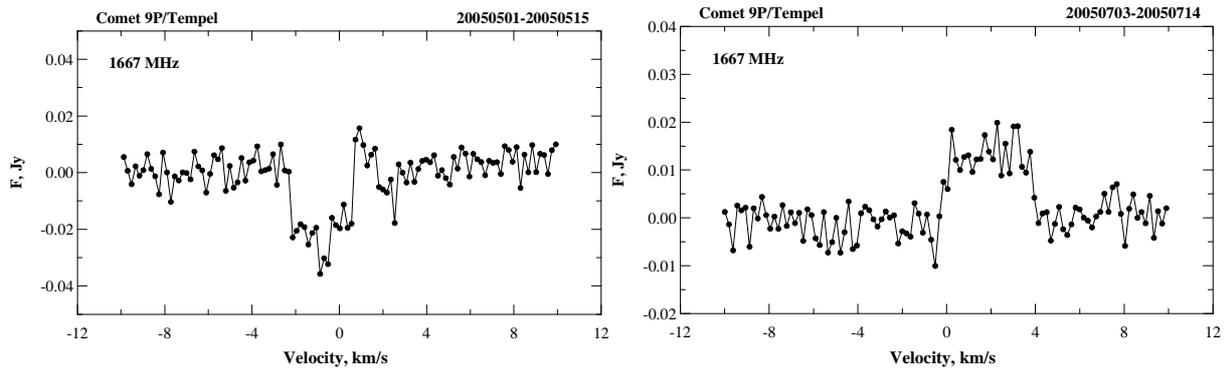


Рис. 1. Усредненные спектры кометы 9P/Tempel 1 по результатам наблюдений 1–15 мая (слева) и 3–14 июля 2005 года (справа)

(Вольвач и др., 2009). Следует отметить, что лишь на нескольких радиотелескопах мира реализованы такие широкие возможности для наблюдений мазерных источников. За последние годы с помощью РТ-22 проведен мониторинг в линиях ОН и H_2O около 100 объектов со спектральным разрешением 0.1 и 0.02 км/с соответственно (Вольвач и др., 2006.; Вольвач и др., 2008). Проведен поиск и обнаружены свидетельства наличия сверхбыстрых флуктуаций потока галактических источников мазерного излучения в линии водяного пара на длине волны 1.35 см на масштабах от нескольких минут до часа в источниках Сер А, W43M3, W49N и W33B (Вольвач и др., 2009; Самодуров и др., 2010).

В 2005 году в лаборатории радиоастрономии НИИ “КрАО” разработана методика и с помощью РТ-22 начаты наблюдения комет в линии ОН на волне 18 см. В данной работе представлены результаты исследования комет 9P/Tempel 1 и Lulin C/2007 N3 на частотах 1665 и 1667 МГц.

2 Наблюдения и обработка данных

На РТ-22 КрАО для дециметрового и сантиметрового диапазонов длин волн разработана приемная аппаратура для наблюдений источников мазерного излучения на молекулах гидроксила. Для проведения наблюдений излучения основного состояния 2П1/2 молекулы ОН (на частотах 1.612 ГГц, 1.665 ГГц, 1.667 ГГц, 1.720 ГГц) использовались как криогенный, так и неохлаждаемый приемники, имеющие собственную шумовую температуру приемных систем $T \approx 10$ К и $T \approx 30$ К соответственно.

Для проведения регистрации спектров источников использовался Фурье-спектр анализатор параллельного типа.

С имеющимися параметрами системы радиотелескоп-радиометр с помощью РТ-22 можно уверенно зарегистрировать излучение кометы в линиях ОН, если блеск кометы превышает 6^m . В среднем на РТ-22 можно наблюдать одну комету в линиях ОН в течение 1–2 лет.

2.1 Наблюдения кометы 9P/Tempel 1

4 июля 2005 года было проведено падение 370 кг медного ударника на комету 9P/Tempel 1 со скоростью 10.3 км/с с целью исследования параметров кометного ядра. Международная кампания наблюдений данного события включала в себя более чем 20 обсерваторий, проводивших исследование в различных диапазонах длин волн.

Наблюдения кометы с помощью РТ-22 на длине волны 18 см были проведены в апреле – июне

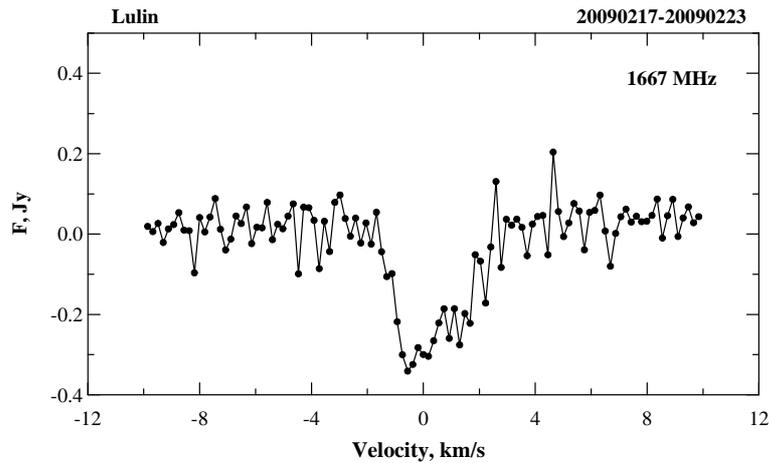


Рис. 2. Усредненный спектр кометы Lulin C/2007 N3 в период 17.02.2009–23.02.2009

2005 года. На рис. 1 приведены спектры кометы для двух сетов наблюдений – до и после столкновения. Спектры получены с усреднением в течение нескольких дней, чтобы улучшить отношение сигнала к шуму. Время накопления сигнала в течение одного сеанса наблюдений составляло 1–2 часа.

2.2 Наблюдения кометы Lulin C/2007 N3

Комета была открыта в июле 2007 года и получила название в честь тайваньской обсерватории Lulin. Наблюдения кометы с помощью РТ-22 на длине волны 18 см были проведены 17–23 февраля 2009 г. На рис. 2 приведен спектр кометы. Спектр получен с усреднением в течение нескольких дней, чтобы улучшить отношение сигнала к шуму. Время накопления сигнала в течение одного сеанса наблюдений составляло 4–5 часов.

3 Анализ данных

Полученные профили излучения комет в линиях ОН аппроксимировались параболой, чтобы получить площадь линии (единицы измерения – Янский · км/с). Для оценки величины газопроизводительности комет (число радикалов ОН, доставляемых в кому кометы ежесекундно) применялось уравнение (4) из статьи (Бокили-Морван и др., 1990):

$$f\Gamma = 2.33 \cdot 10^{34} \Delta^2 S / iT_{bg}, \quad (1)$$

где Γ – общее количество радикалов ОН в коме, S – площадь 1667 МГц линии ОН в Ян км/с, $f = 1$ для нашего случая, так как линии ОН не разрешены, Δ – расстояние между кометой и Землей в астрономических единицах, $i = -0.3 \sim 0.5$ – инверсия основного состояния Λ – дублета (зависит от гелиоцентрической скорости кометы), $T_{bg} = 3 - 5$ К – температура фона радиоизлучения.

Газопроизводительность кометы определяется выражением

$$Q(OH) = \Gamma(OH) / \tau(OH), \quad (2)$$

где время жизни ОН, $\tau(OH) = \tau(OH, 1 \text{ а. е.}) \cdot r^2$, где $\tau(OH, 1 \text{ а. е.}) = 1.1 \cdot 10^5$ – время жизни ОН на расстоянии в 1 а. е. от Солнца, r – расстояние между кометой и Солнцем в а. е.

В таблице 1 приведены величины газопроизводительности комет Lulin C/2007 N3 и 9P/Tempel 1 в линии ОН.

Таблица 1. Результаты наблюдений комет 9P/Tempel 1 и Lulin C/2007 N3

Комета	Дата наблюдений	Площадь линии, Ян км/с	Фактор i	Q(OH), мол. OH/с	V(OH), км/с
9P/Tempel 1	01.05.2005–15.05.2005	–0.13	–0.28	$1.4 \cdot 10^{28}$	–0.8
9P/Tempel 1	03.07.2005–14.07.2005	0.073	0.08	$5.3 \cdot 10^{28}$	1.8
Lulin C/2007 N3	17.02.2009–23.02.2009	–1.61	–0.18	$1.7 \cdot 10^{29}$	–0.1

Наша оценка газопродуктивности молекул OH для комет 9P/Tempel 1 и Lulin C/2007 N3 хорошо согласуется с результатами других наблюдений.

Наблюдения кометы 9P/Tempel 1 в Нансэ в линии OH на 18 см позволили оценить газопродуктивность кометы по OH на уровне 1028 молекул/с (Джонс и др., 2006; Бивер и др., 2009). Наблюдения кометы в линии H₂O на частоте 557 ГГц с помощью спутника ODIN выявили, что во время падения медного ударника произошло выделение в кому кометы порядка 5 000 тонн воды, что соответствует газопродуктивности кометы за 5 часов, в виде пылинок из водяного льда, испарившихся за 4 часа (Бивер и др., 2009).

По данным УФ-спектроскопии кометы Lulin C/2007 N3 газопродуктивность кометы по OH была получена на уровне $5.8 \pm 0.7 \cdot 10^{28}$ OH молекул/с в 00:03 UT и $6.9 \pm 0.7 \cdot 10^{28}$ молекул/с в 01:32 UT 28 января 2009 года. Отсюда следует, что газопродуктивность кометы по H₂O равна $6.7 \pm 0.7 \cdot 10^{28}$ и $7.9 \pm 0.7 \cdot 10^{28}$ молекул/с соответственно (Бодевиц и др., 2011). В работе (Комби и др., 2009) на основании измерения интенсивности линии $L_{y\alpha}$ с борта обсерватории SOHO газопродуктивность кометы Lulin C/2007 N3 по воде была равна 7.9 ± 2.4 27.5 января 2009 года и $7.7 \pm 2.3 \cdot 10^{28}$ молекул/с 28.5 января 2009 года. На основании данных мониторинга интенсивности линии OH на 18 см с сентября 2008 года до марта 2009 года газопродуктивность кометы Lulin C/2007 N3 оставалась на уровне $1.0\text{--}1.5 \cdot 10^{29}$ молекул/с (Бивер и др., 2009).

4 Выводы

С помощью РТ-22 начаты работы по исследованию комет в линии OH на волне 18 см. Проведены наблюдения комет 9P/Tempel 1 и Lulin C/2007 N3, разработана оригинальная методика анализа данных наблюдений. Получена оценка газопродуктивности OH. Мы планируем продолжить программу мониторинга излучения OH ярких комет на радиотелескопе РТ-22.

Благодарности. Авторы благодарны персоналу пульта управления РТ-22 за помощь в проведении измерений. Работа поддержана грантом НАН Украины-РФФД 09–02–10 (10–02–90457).

Литература

- Бивер и др. (Biver N., Bockelee-Morvan D., Boissier J., et al.) // Icarus. 2007. V. 187. Is. 1. P. 253.
 Бивер и др. (Biver N., Bockelee-Morvan D., Colom P., et al.) // American Astron. Society. 2009. DPS meeting 41. P. 23.
 Бодевиц и др. (Bodewits D., Villanueva G.L., Mumma M.J., et al.) // Astron. J. 2011. V. 141. P. 13.
 Бокили-Морван и др. (Bockelee-Morvan D., Crovisier J., Gerard E.) // Astron. Astrophys. 1990. V. 238. P. 382.
 Вольвач А.Е., Вольвач Л.Н., Стrepка И.Д. и др. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 2009. Т. 104. №. 6. С. 72.
 Вольвач и др. (Volvach L.N., Volvach A.E., Strepka I.D.) // Astron. Astrophys. Trans. 2006. V. 25. Is. 5–6. P. 379.

- Вольвач А.Е., Самодуров В.А., Толмачев А.М. и др. // Радиофиз. и радиоастрон. 2008. Т. 13. №. 3. С. 86.
- Вольвач А.Е., Самодуров В.А., Толмачев А.М. и др. // Кинем. и физ. небесн. тел. 2009. №. 6. С. 426.
- Джонс и др. (Jones P.A., Sarkissian J.M., Burton M.G., et al.) // Mon. Not. Roy. Astron. Soc. 2006. V. 369. Is. 4. P. 1995.
- Комби и др. (Combi M.R., Bertaux J.L., Quemerais E., et al.) // IAU Circ. 2009. V. 9020. P. 1.
- Кровисиер и др. (Crovisier J., Colom P., Gerard E., et al.) // Astron. Astrophys. 2002. V. 393. P. 1053.
- Самодуров и др. (Samodurov V.A., Volvach A.E., Siparov S.V., et al.) // American Institute of Physics Conf. Proc. Melville. New York. USA. 2010. V. 1206. P. 346. ISBN 978-0-7354-0746-6.
- Тернер (Turner B.E.) // Astrophys. J. 1974. V. 189. P. 137.