ПРЕДЛОЖЕНИЯ АСТРОНОМИЧЕСКОЙ ОБСЕРВАТОРИИ КИЕВСКОГО НАЦИОНАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА К НАБЛЮДАТЕЛЬНЫМ ПРОГРАММАМ МЦ АМЭИ

И. Б. Вавилова, Б. И. Гнатык, В. И. Жданов, В. В. Клещенок

Астрономическая обсерватория
Киевского национального университета имени Тараса Шевченко
ул. Обсерваторная, 3, 04053 Киев, Украина
e-mail: ivavi@observ.univ.kiev.ua

Обсуждаются предложения АО КНУ по кооперативной наблюдательной программе, которая может быть реализована на 2-м телескопе и АЦУ-26 высокогорной обсерватории МЦ АМЭИ на пике Терскол.

PROPOSALS OF THE ASTRONOMICAL OBSERVATORY OF THE KYIV NATIONAL UNIVERSITY TO THE OBSERVATIONAL PROGRAM OF ICAMER, by Vavilova I. B., Hnatyk B. I., Zhdanov V. I., Kleshchonok V. V. – The proposals of AO KNU to the co-operative observational program, which could be realized at the 2-m telescope and ACM-26 of the high-altitude observatory of ICAMER at Terskol Peak, are discussed.

ВВЕДЕНИЕ

Наиболее перспективными направлениями совместных исследований Астрономической обсерватории Киевского национального университета имени Тараса Шевченко (АО КНУ) и МЦ АМЭИ на пике Терскол, с точки зрения актуальности предлагаемых научных задач, имеющегося опыта проведения наблюдений, характеристик 2-м телескопа и АЦУ-26, нам представляются следующие: спектральные исследования комет, измерение точного диаметра Солнца и его вариаций, исследование покрытий звезд астероидами, исследование гравитационно-линзовых систем, поиск оптического послесвечения гамма-вспышек.

СПЕКТРАЛЬНЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ КОМЕТ

Для понимания физических процессов в кометных атмосферах, для исследования еще неизученных явлений активности и спектральной переменности, а также проблемы происхождения комет наиболее ценную информацию дают спектральные наблюдения комет.

Спектры разных комет существенно различаются. Кроме "стандартных" спектров комет с типичными кометными эмиссиями, есть спектры с различными аномалиями, указывающими на значительные различия в химическом составе ядер комет. Иногда наблюдаются редкие эмиссии C_2^-, CO и других молекул [1]. Само появление отрицательных ионов C_2^- свидетельствует о возможности протекания химических реакций в условиях околоядерной кометной атмосферы. Основные линии молекул CO, которые получаются при резонансных переходах, наблюдаются в ультрафиолетовом участке спектра. В видимом диапазоне спектра полосы молекул CO должны иметь очень маленькую интенсивность. Их появление можно объяснить только рождением этих радикалов в возбужденном состоянии путем распада родительских молекул. Поскольку появление полос CO в видимой области зарегистрировано для небольшого числа активных комет [2–4], то, скорее всего, родительские молекулы появляются при обнажении внутренних кометных слоев в результате ее активности. Детальный анализ интенсивностей отдельных линий, особенно внутри вращательных полос, и их пространственное распределение позволит определить ряд физических параметров молекулы и отождествить родительскую молекулу, ответственную за возникновение радикалов CO.

Несомненный интерес для кометных исследований имеет изучение люминесцентного континуума, впервые обнаруженного в комете Галлея. Этот эффект можно выявить в кометах в околоядерной области только по наблюдениям на крупных телескопах, которые дают высокое пространственное разрешение [5–6]. Считается, что источником люминесцентного континуума являются легколетучие частицы, которые действительно были обнаружены при прямых космических исследованиях кометы Галлея как CHON-частицы. Из-за сложности исследования люминесцентного континуума его основные спектральные и пространственные характеристики, а следовательно, и вклад этих частиц в формирование кометной комы известны плохо.

Для продолжения традиционных спектральных исследований перечисленных сложных процессов, наблюдающихся в кометах, представляет значительный интерес проведение спектральных исследований комет с эшеле-спектрографом, установленным в кудэ-фокусе 2-м телескопа обсерватории Терскол. Использование высокой разрешающей способности указанного спектрографа позволит детально исследовать распределение интенсивности отдельных линий, определять изотопный состав комет, более точно исследовать спектральные характеристики, проводить как уверенное отождествление различных кометных эмиссий, так и поиск неизвестных. Особый интерес к таким исследованиям вызван в связи с предстоящей миссией космического аппарата РОЗЕТТА в феврале 2004 г. к периодической комете Чурюмова–Герасименко.

ИЗМЕРЕНИЕ ТОЧНОГО ДИАМЕТРА СОЛНЦА. ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКРЫТИЙ ЗВЕЗД АСТЕРОИДАМИ

Исследования распределения яркости на краю видимого диска Солнца в его приэкваториальной зоне методом дрейфового сканирования для определения вариаций диаметра и формы целесообразно проводить на солнечных телескопах на высокогорных обсерваториях. Для этой цели можно использовать горизонтальный солнечный телескоп АЦУ-26 на пике Терскол. Значительная высота места расположения телескопа позволяет уменьшить влияние размывания и дрожания изображения края диска на точность измерения яркости при значениях косинуса угла между направлениями нормали к солнечной поверхности и линией зрения $\mu < 0.10$ и, возможно, за границей видимого диска. Указанный метод позволяет по данным измерений в течение дня достичь точности порядка $0.01''$ при определении диаметра солнечного диска.

Для измерения может быть использована ПЗС-камера с интеренференционным фильтром (с полосой пропускания порядка 1 нм), установленная в фокальной плоскости телескопа, или же ПЗС-камера (ПЗС-линейка), установленная после выходной щели монохроматора или спектрографа.

Кроме измерения диаметра Солнца, астрометрический отдел АО КНУ предлагает включить в наблюдательную программу исследование покрытий звезд астероидами, которое можно реализовать на высокоскоростном двухканальном звездном фотометре. По этим наблюдениям можно уточнить диаметр, форму, орбиту астероида, а также исследовать параметры связи динамической и звездной реализаций систем координат.

НАБЛЮДЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННО-ЛИНЗОВЫХ СИСТЕМ

Во внегалактических гравитационно-линзовых системах (ГЛС) наблюдаются два и более изображений одного квазара, возникающие под действием гравитационного поля галактики-линзы. Это обстоятельство позволяет получать уникальную информацию о структуре центральной области квазара, о распределении масс в линзовой галактике, о поперечных скоростях и т. п. [7]. Как правило, разделение между изображениями составляет несколько секунд дуги, а звездные величины объектов – 17^m и выше. До сих пор достаточно подробно исследована лишь небольшая часть известных гравитационных линз. Кратко перечислим типичные задачи наблюдений ГЛС.

Первым этапом изучения внегалактической ГЛС включает исследование ее морфологии, окружения, а также отождествление линзирующего объекта. Важнейшим элементом является сравнение спектров разных изображений. Следует отметить, что эти спектры не обязаны быть тождественными при наличии микролинзирования. Следующим этапом является определение времени относительной задержки между изображениями. Для этого одним из основных методов служит мониторинг кривых яркости каждого изображения в отдельности. В качестве примера приведем недавно выполненные наблюдения “Первой Линзы” Q0957+561 [8], в которых участвовали 12 обсерваторий разных стран. В будущем фотометрические программы было бы целесоообразно дополнить более информативными наблюдениями спектров изображений.

Определение времен относительной задержки делает возможным относительное сравнение яркостных и спектральных вариаций блеска в разных изображениях, обусловленных эффектами микролинзирования. Неоднократные наблюдения эффектов микролинзирования дадут ключ к решению ряда задач, которые сейчас интенсивно обсуждаются. Отметим некоторые из них.

• Сравнение кривых яркости в четырехкратной системе Q2237+030 с модельными расчетами событий микролинзирования с сильным усилением вплотную приближает к определению структуры излучающей области квазара [9]. Для достоверного выбора среди имеющихся теоретических моделей распределения яркости по диску источника необходимо иметь кривые блеска с точностью на уровне $\Delta m = 0.01$.

• Анализ кривых яркости в изображениях Q0957+561 показывает наличие небольших колебаний яркости (порядка несколько сотых по Δm) с характерным временем около 100 дней, интерпретация которых важна для понимания как модели квазара, так и структуры темной материи в линзовой галактике. Чтобы выяснить природу этих флуктуаций, необходимы новые экспериментальные и теоретические исследования. Заметим, что подобные явления наблюдались и в других системах. Возможно, что флуктуации обусловлены мелкомасштабными неоднородностями источника; с другой стороны, в работе [10] предложена интерпретация в модели микролинзирования с планетарными массами ($\sim 10^{-5} M_{\odot}$).

• Гравитационная линза по-разному усиливает широкие эмиссионные линии (ШЭЛ) и непрерывной спектр квазара из-за разных размеров излучающих областей. Благодаря этому возможно отождествление эффектов микролинзирования путем сравнения спектров изображений, разделенных на время задержки. Сравнивая отношения интенсивности ШЭЛ и непрерывного спектра, можно получить независимую информацию о размерах источника, а также оценить оптическую плотность микролинз. Соответствующие эффекты отмечены, например, в ГЛС Q2237+030, однако систематического мониторинга для нее не проводилось. Микролинзирование должно немного искажать и профили ШЭЛ, но этот эффект пока не наблюдался.

Необходимость разделения изображений предъявляет соответствующие требования как к аппаратуре, так и к условиям наблюдения, определяющим ширину функции рассеяния точки. Последнее обстоятельство значительно усложняет наблюдение ГЛС с расстоянием между изображениями 1–2$''$. Вместе с тем имеются и более удобные в этом смысле системы. В частности, в Q0957+561 изображения разделены на 6$''$; причем несмотря на то, что эта линза – одна из наиболее изученных, здесь тоже требуется проведение детальных фотометрических и спектральных наблюдений.

Требования к условиям наблюдения плюс дефицит времени на больших телескопах заставляют искать возможности исследования ГЛС на более доступных небольших телескопах, не прибегая при этом к разделению изображений. На больших телескопах с хорошим астроклиматом организовать непрерывные длительные наблюдения в рамках одной программы практически невозможно, и независимые наблюдения суммарного потока позволят заполнить соответствующие пробелы во времени. Сотрудниками отдела астрофизики АО КНУ показана принципиальная возможность использования интегрального потока от всех изображений, наблюдаемых в ГЛС, и предложен метод восстановления кривых яркости отдельных изображений и определения времени задержки, когда данные по яркости этих изображений не образуют непрерывного временного ряда, но имеется непрерывная информация о суммарном потоке от всех изображений. Такая информация может быть получена в результате независимых наблюдений на небольших телескопах, где разделение изображений невозможно, но интегральный поток можно измерять с достаточно высокой точностью.

ПОИСКИ ОПТИЧЕСКОГО ПОСЛЕСВЕЧЕНИЯ ГАММА-ВСПЫШЕК

30 лет назад было открыто новое астрофизическое явление [11] – кратковременные (0.1 – 700 с) спорадические вспышки гамма-излучения (ВГИ) в диапазоне 10 – 1000 КэВ, характеризующиеся нетепловым (приблизительно со степенным спектральным индексом $\alpha = 1.8 \ldots 2.0$) спектром и значительной переменностью на протяжении вспышки (в ярчайших вспышках проинтегрированный по времени поток достигал 10^{-11} Дж/см^2). Главной неожиданностью стало изотропное распределение ВГИ по небу и отсутствие корреляции с какими-либо астрофизическими объектами [12]. Природа вспышек оставалась неясной вплоть до 1997 г., когда КА “BeppoSAX” зарегистрировал рентгеновское излучение от гамма-вспышки GRB970228 [13]. По известному с высокой точностью положению рентгеновского источника удалось пронаблюдать оптическое послесвечение ВГИ – транзиентный объект 20^m на фоне далекой галактики с $m_V = 25.7$. Ряд подобных последующих регистраций подтвердил связь источников гамма-вспышек с далекими галактиками на космологических расстояниях z$\sim$1 и, тем самым, их уникальность. А именно, светимости вспышек оказались порядка 10^{44} Дж/с: на несколько секунд гамма-источник становится ярчайшим объектом Вселенной.

Считается, что гамма-излучение генерируется в результате неизвестного еще механизма быстрого выделения энергии ($\sim 10^{45}$ Дж) в малом объеме ($\sim 10^6$ см). Возникающее при этом релятивистское облако плазмы – фейербол – расширяется во внешнюю среду, генерируя ультрарелятивистскую ударную волну с Лоренц-фактором порядка 100 – 1000. Ускоренные на фронте волны частицы (электроны) генерируют синхротронное излучение, которое фиксируется удаленным наблюдателем как гамма-вспышка [12]. По мере замедления ударной волны излучение смещается в длинноволновую область: в рентгеновский, оптический, радиодиапазон. Поэтому исследование оптического послесвечения дает уникальную информацию о динамике фейербола и о физических условиях в области вспышки.

В оптическом диапазоне послесвечение затухает по степенному закону с показателем степени 0.8 – 2.0, достигая величины $19^m – 21^m$ к концу первого дня после гамма-вспышки. При временах порядка 1 часа после вспышки блеск достигает величины 14^m, доступной для наблюдений, в том числе на 2-м телескопе. Более того, фейербольная модель предсказывает в некоторых случаях оптическую вспышку, почти синхронную с гамма-вспышкой. Такая вспышка была зарегистрирована: телескоп ROTSE зафиксировал через 22 с после гамма-вспышки GRB990123 оптическую вспышку с $m \approx 11.7$, возросшую до $m \approx 8.9$ на 47-й секунде [14].

Изучение природы ВГИ – одна из актуальных проблем астрофизики, для ее решения космические гамма-телескопы HETE II, Swift, AGILE, INTEGRAL и др., ведущие постоянный мониторинг гамма-вспышек, ориентированы на срочную передачу координат источников наземным обсерваториям. Первые работы с участием украинских ученых по регистрации оптического послесвечения ВГИ уже сделаны в МЦ АМЭИ и КрАО. АО КНУ, где ведутся теоретические исследования ВГИ, готова уточнить предложения по организации кооперативных наблюдений оптического послесвечения ВГИ на 2-м телескопе, а также на АЗТ-8 в с. Лесники Киевской области.

[1] *Churyumov K. I., Chorny G. F.* The first identification of C_2^- emission bands in comet Scorichenko–George (1989e1) spectrum // Asteroids, Comets, Meteors 1991: Proc. Intern. Conf.–1992.– P. 117–120.

[2] *Churyumov K. I., Lukyanyk I. V., Vlassyuk V. V., Borisov N. V.* Spectra of split comet C/1999 S4 (LINEAR) // Earth, Moon and Planets.–2002.–**90**.– P. 141–146.

[3] *Churyumov K. I., Lukyanyk I. V., Berezhnoi A. A., et al.* Optical spectroscopy of comet C/2000 WM1 (LINEAR) at the Guillermo Harro Astrophysical Observatory in Mexico // Earth, Moon and Planets.–2002.–**90**.– P. 361–368.

[4] *Picazzio E., de Almeida A., Churyumov K. I., et al.* The optical spectroscopy and near infrared observations of comet C/2000 WM1 (Linear) in December, 2001 in Chile and Brazil // Earth, Moon and Planets.–2002.–**90**.–P. 391–400.

[5] *Churyumov K. I., Kleshchonok V. V., Mussaev F. A., et al.* Observations of high resolution spectra of comet Hale–Bopp (C/1995 O1) at the SAO of the RAS // Earth, Moon and Planets.–1999.–**78**, N 1.– P. 105–110.

[6] *Churyumov K. I., Kleshchonok V. V., Vlassyuk V. V.* Spectra of comet Hale–Bopp (C/1995 O1) obtained with the 6-m BTA reflector at Mount Pastukhov // Earth, Moon and Planets.–1999.–**78**, N 2.– P. 111–117.

[7] *Schneider P., Ehlers J., Falco E. E.* Gravitational Lenses.–New York: Springer, 1992.–422 p.

[8] *Coley W. N., Schild R. E., Abajas C., et al.* Around the clock observations of the Q0957+561 A, B gravitationally lensed quasar. II. // http://xxx.sissa.it, astro-ph/02104000.–2002.

[9] *Богданов М. В., Черепащук А. М.* // Астрон. журн.–2002.–**79**, № 8.–С. 691.

[10] *Schild R., Vakulik V.* Microlensing of a ring model for quasar structure // http://xxx.sissa.it, astro-ph/0303356–2003.–**1**.

[11] *Klebesadel R. W., Strong I. B., Olson R. A.* Observation of gamma-ray bursts of cosmic origin // Astrophys. J. Lett.–1973.–**182**.–L85–L88.

[12] *Piran T.* Gamma-ray bursts and the fireball model // Phys. Rep.–1999.–**314**.–P. 575.

[13] *Costa E., Frontera F., Heise J., et al.* Discovery of an X-ray afterglow associated with the gamma-ray burst of 28 February 1977 // Nature.–1997.–**387**.–P. 783–785.

[14] *Akerlof C., Balsano R., Barthelemy S., et al.* Observation of contemporaneous optical radiation from a gamma-ray burst // Nature.–1999.–**398**.–P. 400–402.