

О ПЕРЕМЕННОСТИ ЭМИССИОННОГО СПЕКТРА Sy2 ГАЛАКТИКИ МАРК6

Э.Е.ХАЧИКЯН¹, Н.С.АСАТРЯН¹, А.Н.БУРЕНКОВ²

Поступила 3 декабря 2010

Одной из форм активности галактик, согласно Амбарцумяну, является извержение газовой материи в виде джетов или облаков из области ядра со скоростью до сотен и тысячи км/с, приводящее в некоторых случаях к делению ядра и выбросу из нее больших сгустков вещества. Результатов таких извержений известно достаточно много, в особенности у квазаров и активных галактик. Они обнаружены и интенсивно исследуются с точки зрения изменения их внешнего вида. Однако время их извержения точно не известно, хотя по статистике они происходят часто и не регулярно. Особый интерес представляет обнаружение изменений в спектрах галактик, которое значительно труднее обнаружить за короткое время. Тем не менее, вероятность обнаружения момента извержения в течение небольшого срока не равна нулю. Появление дополнительных новых эмиссионных компонентов водородных линий H α , H β , H γ в течение одного года в спектре Sy2 галактики Марк6 были впервые обнаружены Хачикяном и Видманом в 1969г. В представленной статье приводится описание возникновения и дальнейшая интересная судьба этого водородного новообразования (облака).

Ключевые слова: *галактики:переменность - объект:Марк6*

1. Введение. Согласно концепции Амбарцумяна, одной из форм активности галактик является извержение газовой материи в виде джетов или облаков из области ядра со скоростью до сотен и тысячи км/с. В некоторых случаях эта активность приводит даже к делению ядра. В этом случае может возникнуть двудерная и даже многоядерная галактика, которая в дальнейшем может образовать систему из двух или нескольких галактик, а также очагов звездообразования.

На рис.1 приведены несколько примеров таких галактик. Однако время образования новых структур в центральных областях галактик не известно. Фактически первую явную активность ядра галактики зафиксировали американские астрофизики Линдс и Сэндич [1]. Они обнаружили и описали огромного масштаба взрыв, происшедший в ядре галактики M82 полтора миллиона лет назад, в результате которого из ядра этой галактики во все стороны была выброшена огромная масса вещества со скоростью порядка 1000 км/с. Масса выброшенного вещества оценивается в миллионы солнечных масс (рис.2).

2. Переменность ядер AGN. Давно известно, что в ядрах некоторых активных галактик наблюдаются быстрые и нерегулярные изменения



Рис.1. Некоторые галактики из списка Маркаряна, имеющие сложные ядра.

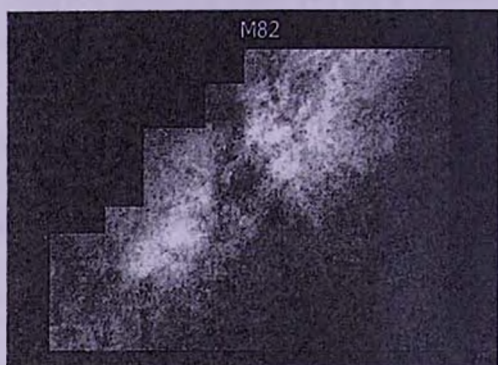


Рис.2. Центральная область галактика M82.

интенсивности излучения. Так, например, Суффрин [2] на основе анализа переменности интенсивности линий в галактике NGC3516 приходит к выводу, что в ее ядре образовалось, по крайней мере, одно высокоплотное облако газа менее чем за 25-летний период. Наблюдения Андерсона и Крафта [3], Кромвелла и Вейманна [4] линий поглощения в спектре NGC 4151 указывают на их кратковременные изменения, указывающие на иррегулярные истечения газа из ядра. Наблюдения переменных радиоисточников (Келлерманн, Паулина-Тод [5]) предположительно также можно объяснить периодическими

извержениями ограниченных по массе облаков в область, где возникает радиоизлучение.

3. Переменность ядра Mark 6. Впервые заметный выброс или взрыв в ядре сейфертовской галактики второго типа (Sy2) Марк6 (IC 450) за промежутков времени менее, чем за один год, был обнаружен Хачикяном и Видманом [6,7]. Они показали, что в спектре этой галактики в пределах одного года появились новые эмиссионные компоненты водородных линий $H\alpha$ и $H\beta$, смещенные в коротковолновую область спектра от основных линий $H\alpha$ и $H\beta$, красное смещение которых соответствует таковым запрещенных линий. Первые спектры Марк6 были получены 5 ноября и 7 февраля 1968г. в обсерватории Мак-Доналд на 82" телескопе с дисперсией 240 Å/мм и 209 Å/мм, соответственно. Кроме того, для уверенности полученных данных, дополнительно 5 декабря 1967г. был получен спектр Марк6 на 84" телескопе Национальной обсерватории США Кит-Пик со спектрографом Линдса с дисперсией 120 Å/мм (рис.3а). На всех этих спектрах выброс еще не был замечен. Примерно через год - 27 января 1969г. на том же 82" телескопе был получен спектр Марк6, но уже с дисперсией 28 Å/мм, на котором четко были зафиксированы широкие эмиссионные компоненты основных водородных линий $H\alpha$ и $H\beta$, смещенные в коротковолновую область спектра примерно

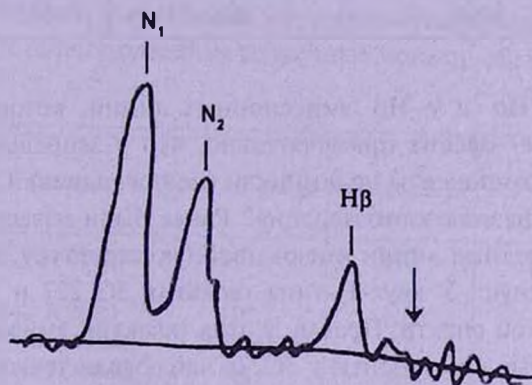


Рис.3а. Регистрограмма спектра Марк6 в области линии $H\beta$, полученная с помощью 84-дюймового телескопа Мак Дональдской обсерватории (США) 5 декабря 1967г.

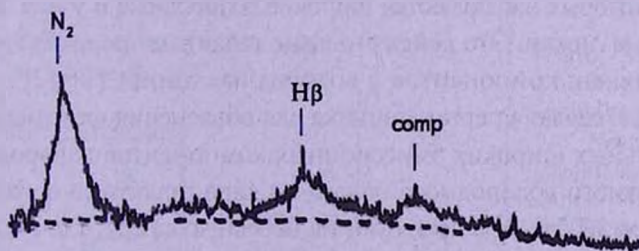


Рис.3б. Регистрограмма спектра Марк6 в области линии $H\beta$, полученная с помощью 82-дюймового телескопа Мак Дональдской обсерватории 27 января 1969г.

на 63 и 48 Å, соответственно (рис.3б). Если предположить, что компоненты возникли вследствие взрыва и выброса водородного облака из ядра этой галактики в сторону Земли (согласно концепции Амбарцумяна), то это будет соответствовать проекции скорости выброса на небесную сферу. Она оказалась равной около 3000 км/с [6,7]. Для наглядности в табл.1 приведены некоторые данные о результатах наблюдений. Во втором столбце приведено отношение интенсивностей возникшей компоненты Нβ к самой основной Нβ, в третьем столбце - отношение интенсивности всей Нβ (компонента + Нβ) к суммарной интенсивности небулярных линий [OIII] ($\lambda 5007 + \lambda 4959$), в четвертом - использованный телескоп и в пятом - дисперсия спектра. Как видно из таблицы, повторное наблюдение уже на 107" телескопе обсерватории Мак-Доналд также подтвердило присутствие

Таблица 1

Дата	Нβ (комп)/ Нβ основн.	Нβ (полное)/[OIII]	Телескоп	Дисперсия Наблюдений Å /mm
05.11.1967	<0.25	0.13	82"	240
05.12.1967	<0.17	0.16	84"	120
07.02.1968	<0.15	0.10	82"	209
27.01.1969	0.50 ± 0.15	>0.21	82"	28
12.01.1970	>0.50	0.40	107"	220

компонентов у Н α и у Нβ эмиссионных линий, которые ясно были видны в спектре. Весьма примечательно, что у запрещенных линий в спектре Маркб компоненты не возникли (не появились). Сразу возникает вопрос: какова физика этого явления? Ранее были известны галактики, у которых водородные линии имеют двойную структуру, а запрещенные линии - одиночную. У двух N-типа галактик 3С 227 и 3С390.3 Линдс [8] наблюдал такой спектр. Правда, у этих галактик эмиссионные линии узкие. Водородные компоненты у 3С227 наблюдали также Бербиджи [9]. Очень широкие водородные линии сложной структуры и узкие запрещенные линии наблюдали Рубин и Форд [10]. Хорошо известен и тип галактик, в спектрах которых наблюдаются широкие водородные и узкие запрещенные эмиссионные линии. Это сейфертовские галактики первого типа - Sy1 без дополнительных компонентов у водородных линий [11,12].

В [7] была сделана первая попытка для объяснения феномена появления дополнительных широких эмиссионных компонентов водородных линий: выброс плотного водородного облака из ядра галактики в сторону Земли со скоростью 3000 км/с в проекции на небесную сферу, т.е. с минимальной скоростью 3000 км/с. Предполагалось, что облако, имеющее высокую плотность, расширяется со скоростью, которая соответствует самой ширине

линии, т.е. примерно $45-50 \text{ \AA}$ или порядка 1600 км/с . А эмиссионные линии компонентов возникают, благодаря наличию звезд типа О и В в выброшенном облаке, которые ионизируют атомы водорода, т.е. действует механизм флуоресценции. Отсутствие же компонентов у запрещенных линий объясняется большой плотностью самого выброшенного облака: теоретически рассчитано, что при плотности частиц $n \geq 10^8 \text{ см}^{-3}$ вероятность излучения запрещенных линий ничтожно мала. Поэтому можно утверждать, что плотность вышеотмеченного водородного облака порядка 10^8 см^{-3} и больше. Сообщение об обнаружении новых компонентов у водородных линий в спектре Маркб [6,7] вызвало большой интерес к этой галактике. За короткий срок был выполнен ряд работ по ее спектроскопии. Наличие компонентов у водородных линий в галактике Маркб было подтверждено последующими наблюдениями Проника и Чуваева [13], Ульрих [14], Адамса [15], Нотного и др. [16], Хачикяна [17], Адамса и Видмана [18], Хачикяна и др. [19], Асатряна и Липатова [20], Проника [21], Чена и др. [22], Чена, Альперна [23], Ченга и др. [24], Чуваева [25], Эраклоса, Альперна [26], Розенблата и др. [27], Сергеева и др. [28], Асатряна и др. [29,30], Дорошенко и Сергеева [31]. Во всех этих работах подтверждается наличие коротковолновых компонентов у эмиссионных водородных линий (за исключением Ульрих, чьи наблюдения подвергнуты критике и считаются сомнительными) и рассматриваются различные модели, объясняющие этот

Таблица 2

Data	Telescope	Spectral range	Presence of components	Author
05.11.1967	82" McDonald	H β , H γ	No	Khachikian Wedman
05.12.1967	84" KPNO	H β	No	"
07.02.1968	82" McDonald	H α , H β	No	"
27.01.1969	82" McDonald	H β	Yes	"
12.01.1970	107" McDonald	H β	Yes	"
February 1971		H α , H β	No	Ulrich
March, April		H α , H β	Yes	Adams
November, 1971				
1972	2.6m, Crimea	H α , H β	Yes	Pronik, Chuvaev
December, 1971	2m, Tautenburg	H α , H β	Yes	Notni, Khachikian et al.
February, 1972	2m, Tautenburg		Yes	Notni, Khachikian et al.
1972			Yes	Adams, Weedman
1982		H β	Yes	Khachikian et al.
1992		H β	Yes	Rosenblatt et al.
1992-1997	2.6m, Crimea	H α , H β	Yes	Sergeev et al.
1972-1988	2.6m, Crimea	H α , H β	Yes	Chuvaev
1970-1991	2.6m, Crimea	H β	Yes	Doroshenko, Sergeev

феномен (см. табл.2). Согласно же наблюдению Ульрих в феврале 1971г. компоненты не наблюдались, хотя Адамс в марте, апреле и ноябре того же 1971г. отчетливо их наблюдал. Все вышеотмеченные работы не дают исчерпывающего ответа на физическую природу возникновения широких водородных эмиссионных компонентов.

Природа феномена до сих пор остается не выясненной до конца. Однако следует особо обратить внимание на результаты наблюдений Проника и Чуваева [13]. Они отмечают, что общая ширина водородных линий в спектре Маркб после выброса и появления новых компонентов у $H\alpha$ равна $300 \text{ \AA}$, а у $H\beta$ - $160-180 \text{ \AA}$, причем линия $H\beta$ имеет центральный пик, ширина которого приблизительно равна ширине небулярных линий! Таким образом, ширина водородных линий увеличилась в 3.5-4 раза! Дальнейшие наблюдения подтвердили эти данные в [16]. Согласно данным [16], ширина $H\alpha$ равна примерно $240 \text{ \AA}$, а ширина $H\beta$ - около $170 \text{ \AA}$. Но до вспышки ядра ширина водородных линий была порядка $40-45 \text{ \AA}$! Согласно [13], для объяснения этого эффекта предполагается, что во время вспышки у каждой из водородных линий появилась широкая подложка, более яркую и коротковолновую часть которой составляет новая компонента. Однако есть основание предположить, что из ядра Маркб было выброшено не одно, а два водородных облака в диаметрально противоположных от ядра направлениях, одно из которых дало начало фиолетовой компоненте, а другое - меньшей массы и следовательно меньшей интенсивности - стало причиной возникновения длинноволновой части широких крыльев водородных линий. В пользу этого предположения говорит рассмотрение спектра Маркб, полученного с большой дисперсией $28 \text{ \AA /мм}$ (рис.3б). Этим можно также объяснить асимметрию в крыльях водородных линий Маркб, отмеченную в [13]. Как видно из этого рисунка, в длинноволновой части крыла линии $H\beta$ отчетливо виден небольшой подъем интенсивности, причем ее максимум находится примерно на том же расстоянии от $H\beta$, что и коротковолновый компонент. Учитывая этот длинноволновый компонент, становится ясным, почему после взрыва общая ширина $H\beta$ стала равна более $120 \text{ \AA}$. В пользу этого предположения, возможно, говорят также интересные данные о радиоизлучении этой галактики, приведенные в [32]. Здесь стоит обратить внимание на тот факт, что Маркб многими авторами классифицируется как тип Sy1.5, хотя до взрыва она была классической галактикой Sy2 с ширинами линий как водорода, так и запрещенных линий порядка $45-50 \text{ \AA}$. Что же произошло на самом деле? Совершенно ясно, что после взрыва водородные линии сильно расширились, как это уже описано выше, а запрещенные линии остались фактически не измененными с шириной порядка $50 \text{ \AA}$, что типично для Sy1, но с той лишь существенной разницей, что запрещенные линии у Sy1 очень узкие

и слабые. Поэтому Остерброком был введен "класс" галактик Sy1.5, от которого он в дальнейшем отказался.

Объяснение вышеописанного эффекта, приведенного в [7], имело весьма существенный недостаток: каким образом в выброшенном из ядра Маркб водородном облаке оказались звезды типа О и В (т.е. какова природа механизма флуоресценции)? Очень трудно представить, что с выбросом облака одновременно были выброшены с ним О и В-звезды. Еще труднее представить, что в течение одного года в облаке "родились" (образовались) эти звезды.

Для разрешения этой проблемы Амбарцумян и др. [33] предложили новую модель, которая, как предполагалось, исключает эту трудность. В ней роль ионизатора облака приписывалась самому ядру Маркб. Таким образом, модель заключалась в следующем: из ядра галактики, вследствие ее активности, выбрасывается компактное, плотное сферическое водородное облако со скоростью $V_{0\eta} = 3000$ км/с, которое начинает расширяться ($\eta = \cos\theta$ и θ - угол между направлением выброса из ядра и лучом зрения). Благодаря излучению ядра (L_c -квантов) водород ионизируется и подобно тому, как это происходит в планетарных туманностях, облако начинает излучать эмиссионные линии водорода. Ширина эмиссионных линий будет зависеть от скорости расширения водородного облака. Соответствующие расчеты, проведенные в [33] и вышеотмеченных работах в целом дают следующие физические данные о водородном облаке, выброшенном из ядра Маркб:

- Радиальная скорость выброса - $V_{0\eta} = 3000$ км/с
- Скорость расширения самого облака $v_0 \approx 1000$ км/с
- Общее время расширения облака примерно $T = 42$ года
- Радиус облака примерно $r \approx 10^{-2}$ пк.

Массу выброшенного облака определить точно довольно трудно, так как она зависит от вышеприведенных величин, которые в свою очередь также точно не известны. Тем не менее, масса облака оценивается разными авторами от примерно одного [7] до 200 [34] масс Солнца. Впервые масса компонента была оценена в 1971г. [7] ($M_{обл} \approx 0.4 M_{\odot}$), а абсолютная яркость эмиссионной линии Н β оценивалась там же равной 10^{41} эрг/с (при $H = 75$ км/с на Мпк $^{-1}$). Теперь обратим внимание на самый интересный вопрос, который естественно возникает после вышеприведенных фактов. Какова дальнейшая судьба выброшенного облака? Весьма интересно и удивительно, что никто из вышеотмеченных авторов не обратил внимание на положение максимума широких эмиссионных водородных линий в спектре галактики Маркб. Точнее, не изменилась ли скорость удаления облака от самой галактики? Совершенно недавно мы обратили внимание на весьма интересный и интригующий факт, заключающийся в том, что

скорость, с которой облако было выброшено, более чем 40 лет тому назад заметно изменилось! На рис.4а, 4б и 4с приведены спектры Маркб, полученные на Бюраканском 2.6-м и Российском 6-м телескопах. На рис.4с приведены два спектра, полученные совсем недавно 9 июля 2009г.,

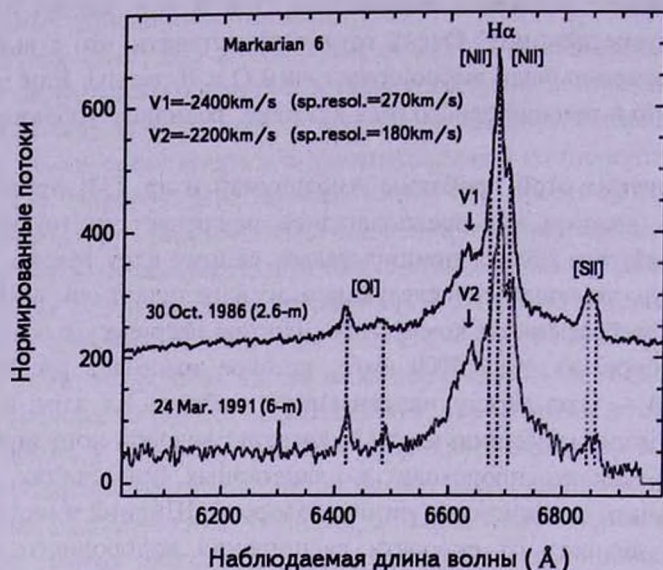


Рис.4а. Регистрограммы спектров Маркб в области линии $H\alpha$, полученные на 2.6-м телескопе БАО 30 октября 1996г. (верхняя кривая) и 6-м телескопе CAO 24 марта 1991г. (нижняя кривая).

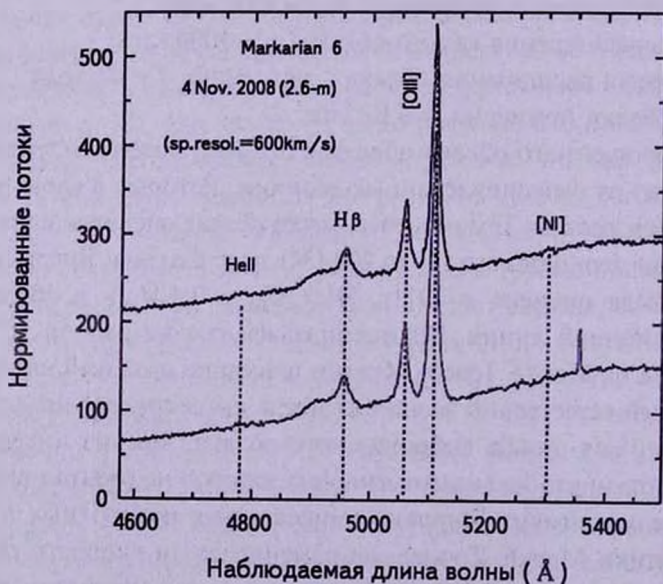


Рис.4б. Регистрограммы спектров Маркб в области линии $H\beta$, полученные на 2.6-м телескопе БАО 4 ноября 2008г.

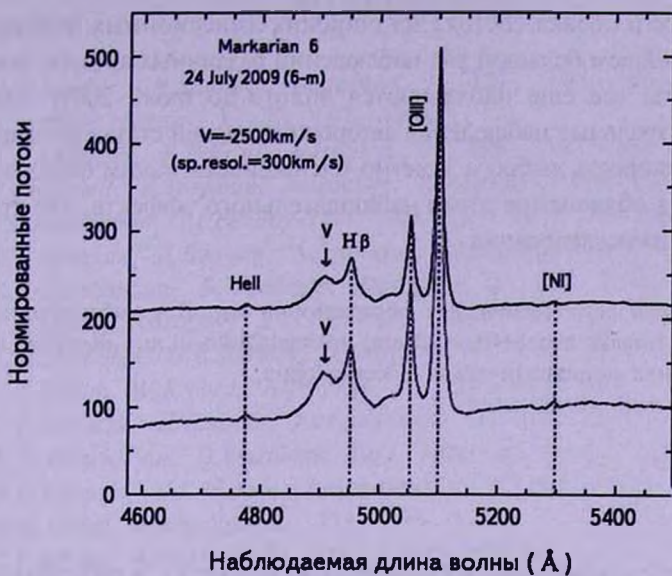


Рис.4с. Регистрограммы спектров Маркб в области линии $H\beta$, полученные на 6-м телескопе CAO 4 июля 2009г.

по которым видно, что скорость выброса уменьшилась и равна примерно 2600 км/с. На рис.4а представлены регистрограммы спектров Маркб, полученные 30 октября 1986г. и 24 марта 1991г. на 2.6-м и 6-м телескопах [29]. Как хорошо видно из этого рисунка, скорость выброшенного облака из ядра Маркб в 1986г. значительно уменьшилась и была равна 2400 км/с, а в 1991г. она была равна 2200 км/с. С учетом спектрального разрешения в среднем скорость выброса, можно считать, оказалась раной 2300 км/с. Хотя и можно сделать другой вывод, а именно, скорость выброса постепенно со временем уменьшается. Однако в июле 2009г. два спектра Маркб были получены на 6-м телескопе Специальной Астрофизической Обсерватории России, регистрограмма которой представлена на рис.4с. По этому спектру скорость облака равна 2500 км/с. Так как спектральное разрешение здесь порядка 300 км/с, тем не менее, с большой вероятностью можно заключить, что скорость облака уменьшилась.

4. Заключение. В статье приведены данные о переменности спектра Sy2 галактики Маркб в течение большого периода времени от декабря 1967г. до июля 2009г. В течение примерно одного года (от декабря 1967г. до января 1969г.) у водородных бальмеровских линий появились эмиссионные компоненты в сторону коротких волн от основных линий, причем весьма интересно, что у запрещенных линий, однажды и дважды ионизированных линий кислорода, компоненты не были обнаружены. Это явление было объяснено активностью ядра галактики Маркб: а именно, выбросом из ядра этой галактики плотного водородного облака со скоростью

3000 км/с. Спектр облака состоял из широких эмиссионных водородных линий. В дальнейшем большой ряд наблюдений различных авторов показал, что компоненты все еще наблюдаются вплоть до июля 2009г. Однако последние спектральные наблюдения авторов настоящей статьи неожиданно показали, что скорость выброса заметно уменьшилась, таким образом, еще более усложнив объяснение этого наблюдательного эффекта, что требует дополнительного исследования.

¹ Бюраканская астрофизическая обсерватория им. В.А.Амбарцумяна, Армения, e-mail: khache@bao.sci.am; edkhach28@mail.ru; asat@bao.sci.am

² Специальная астрофизическая обсерватория, Россия, e-mail: ban@sao.ru

ON THE VARIABILITY OF EMISSION SPECTRUM OF Sy2 GALAXY MARK6

E.Ye.KHACHIKIAN¹, N.S.ASATRIAN¹, A.N.BURENKOV²

One of the form of activity according to V.Ambartsumian is the outflow of gas matter in form of jets or clouds from the nucleus region with the velocity up to hundreds or thousands of km/sec, which leads sometime to the dividing of nucleus and ejection of large clod of matter. The results of these ejections is well known much enough, especially in quasars and active galaxies. They are detected by direct photography or by spectral observations and are searching from point of view their outward variability. However, the exact time of the ejections is not known, although according to statistic they take place frequently and not regularly. Special interest present discover of changes in the spectrum of the nucleus for the short time, which is considerably difficult. Nevertheless the probability to be revealed the moment of ejection course of time is not equal to zero. The appearance of additional new emission components of hydrogen lines $H\alpha$, $H\beta$, $H\gamma$ shifted to short wave lengths during one year first was discovered in 1969 in Mark6 by Khachikian and Weedman. In submitted paper the description of the origination and the further interesting fate of this ejected hydrogen cloud are presented.

Key words: *galaxies:variability - individual:Mark 6*

ЛИТЕРАТУРА

1. C.R.Lynds, A.R.Sandage, *Astrophys. J.*, 137, 1005, 1963.
2. S.Souffrin, *Astron. J.*, 73, 897, 1968.
3. K.S.Anderson, R.P.Kraft, *Astrophys. J.*, 158, 859, 1969.
4. R.Cromwell, R.Weyman, *Astrophys. J. (letters)*, 159, L147, 1970.
5. K.I.Kellermann, I.I.Pauliny-Toth, *Ann. Rev. Astr. and Ap.*, 6, 417, 1968.
6. Э.Е.Хачикян, Д.Видман, *Астроном. Циркуляр*, No 591, с.2, 1970.
7. E.Ye.Khachikian, D.Weedman, *Astrophys. J.*, 164, L109, 1971.
8. C.R.Lynds, *Astrophys. J.*, 73, 888, 1968.
9. E.M.Burbidge, G.R.Burbidge, *Astrophys. J.*, 163, L21, 1970.
10. V.C.Rubin, W.K.Ford, *Astrophys. J.*, 154, 431, 1968.
11. Э.Е.Хачикян, Д.Видман, *Астрофизика*, 7, 389, 1971.
12. E.Ye.Khachikian, D.Weedman, *Bull. American Astron. Soc.*, March, 1971.
13. В.И.Проник, К.К.Чуваев, *Астрофизика*, 8, 187, 1972.
14. M.E.Ulrich, *Astrophys. J.*, 171, L35, 1972.
15. T.F.Adams, *Astrophys. J.*, 172, L101, 1972.
16. П.Нотный, Э.Е.Хачикян, М.М.Бутслов, Г.Т.Геворкян, *Астрофизика*, 9, 39, 1973.
17. Э.Е.Хачикян, *Астрофизика*, 9, 139, 1973.
18. T.F.Adams, D.Weedman, *Astrophys. J.*, 199, 19, 1975.
19. Э.Е.Хачикян, В.Н.Попов, *Астрофизика*, 18, 541, 1982.
20. Н.С.Асатрян, С.В.Лунатов, *Сообщ. Бюрак. обсерв.*, 58, 108, 1986.
21. И.И.Проник, *IAU Symp. No 121 (Edited by D.W.Weedman, Ye.Terzian, E.Ye.Khachikian)*, Byurakan, p.169, 1987.
22. K.Chen, J.Halperin, A.V.Filippenko, *Astrophys. J.*, 339, 742, 1989.
23. K.Chen, J.Halperin, *Astrophys. J.*, 344, 115, 1989.
24. W.Cheng, L.Binette, J.Sulentic, *Astrophys. J.*, 365, 115, 1990.
25. К.К.Чуваев, *Извест. Крымской Астрофиз. Обсерв.*, 83, 194, 1991.
26. M.Eraclos, J.Halperin, in "Testing the AGN Paradigm", Edited by S.Holt, 1992.
27. E.I.Rosenblatt, M.A.Malkan, W.L.W.Sargent et al., *Astrophys. J., Suppl. Ser.*, 93, 73, 1994.
28. S.G.Sergeev, V.I.Pronik, E.A.Sergeeva, Yu.F.Malkov, *Astrophys. J. Suppl. Ser.*, 121, 159, 1999.
29. N.S.Asatryan, E.Ye.Khachikian, P.Noini, *IAU Symp. 194*, eds. Y.Terzian, D.Weedman, E.Khachikian, p.409, 1999.
30. N.S.Asatryan, E.Ye.Khachikian, P.Noini, *ASP-CS. 284*, eds. R.Green, E.Khachikian, D.Sanders, p.359, 2002.
31. V.T.Doroshenko, S.G.Sergeev, *Astron. Astrophys.*, 405, 909, 2003.
32. R.A.Sramek, H.M.Tovmassian, *Astrophys. J.*, 191, 633, 1974.
33. В.А.Амбарцумян, Э.Е.Хачикян, Н.Б.Енгибарян, *Астрофизика*, 41, 321, 1998.
34. А.Г.Гольбудагян, *Дипломная работа*, 1971.