

УДК 547.7

**К 90-летию К.К. Чуваева.**

**Спектральные наблюдения активных ядер галактик на  
2.6-м Шайновском телескопе с электронно-оптическим  
преобразователем УМ-92**

*В.И. Проник*

НИИ “Крымская астрофизическая обсерватория”, 98409, Украина, Крым, Научный

Поступила в редакцию 15 декабря 2007 г.

## **Введение**

Начало спектральному исследованию ядер сейфертовских галактик в Крымской астрофизической обсерватории и в Южной станции ГАИШ было положено Э.А. Дибеем и мною в 1963 году. Это произошло вскоре после того, как Мартин Шмидт (Шмидт, 1963) отождествил группу эмиссионных линий в красной области спектра двух квазизвездных радиоисточников ЗС273 и ЗС48 как линии  $H_{\beta}$  и  $N_1 + N_2$  [OIII] с чрезвычайно большим красным смещением – 800 Å и 1850 Å соответственно – что свидетельствовало о невиданно больших космологических расстояниях. В то же время сравнительно яркие видимые звездные величины этих объектов –  $13^m$  и  $16^m$  соответственно – свидетельствовали о чудовищно большом энерговыделении в них. То же самое можно было сказать и о звездообразных ядрах сейфертовских галактик, поскольку их спектры похожи на спектры квазаров, а энергия, излучаемая звездообразным ядром, сравнима с энергией, излучаемой всей галактикой, состоящей из  $10^{10}$  звезд. Так, благодаря квазарам, в поле зрения астрофизиков оказались ядра сейфертовских галактик как очень компактные объекты с необычайно мощным механизмом генерации энергии.

В течение полугода нами был изготовлен светосильный дифракционный спектрограф для касегреновского фокуса 125 см зеркального телескопа им. Энгельгарда (ЗТЭ). Спектрограф состоял из однолинзового коллиматора, дифракционной решетки и светосильной (F/1) менисковой концентрической камеры с внутренним фокусом. Фотографирование спектров проводилось на фотопленках повышенной чувствительности, изготавливаемых Казанским заводом фотоматериалов. Мы получили нерасширенные спектры ядер шести самых ярких сейфертовских галактик. По результатам наблюдений опубликована статья в *Астрономическом журнале* (Дибай, Проник, 1967) и сделан доклад на симпозиуме МАС (Дибай, Проник, 1968).

## **1 Спектральные наблюдения галактик на ЗТЭ с электронно-оптическим преобразователем**

Уже с самого начала наших с Дибеем наблюдений стало ясно, что спектроскопия ядер сейфертовских галактик даже на 2-х метровом телескопе без электронно-оптических усилителей невозможна.

В то время в ГАИШ (Москва) получили широкое применение контактные трубки ФКТ, с которыми работали В.Ф. Есипов и П.В. Щеглов. Эти малогабаритные ЭОПы с электрической фокусировкой отличались хорошей чувствительностью, высокой чистотой спектра и хорошим разрешением. Недостатком их было малое поле ( $\sim 10$  мм). В КраО на ЗТШ уже в течение нескольких лет шли наблюдения с трехкаскадным ЭОПом – УМ-92, который обслуживал и поддерживал в рабочем состоянии К.К. Чуваев. Поэтому Дибай стал работать с Есиповым (они работали со светосильным линзовым объективом Биотар), а я обратился к Чуваеву выяснить возможности получать спектры слабых звездообразных галактик на ЗТШ со спектрографом СПЭМ с электронно-оптическим преобразователем УМ-92.

Первый разговор с К.К. Чуваевым на эту тему произошел летом 1968 г. Незадолго до этого был опубликован спектр переменного звездообразного объекта  $15^m$ , отождествленного с радиоисточником ЗС390.3. Широкий профиль линии  $H_{\beta}$  в спектре этого объекта имел вид трезубца с основным центральным максимумом и почти такой же яркости двумя боковыми максимумами на скоростях  $\pm 3.000$  км/с. Об этой галактике и пошел разговор.

То, что объект ЗС390.3 крайне интересен, было очевидно. Речь шла главным образом о режиме, в котором должен работать ЭОП, чтобы за оптимальную 30-минутную экспозицию на спектре не было следов многоэлектроники. Жесткий форсированный режим с максимальным усилением был оправдан при фотографировании спектров быстропеременных или вспыхивающих звезд 10–11 звездной величины, когда вспышка длится 1–20 минут. Максимальная экспозиция в таком режиме ограничивалась многоэлектроникой и не превышала 3–4 минуты, что было вполне приемлемым временным разрешением при фотографировании спектров вспыхивающих звезд и временем, не требующем гидирования телескопа при фотографировании в прямом фокусе телескопа. Объект ЗС390.3, как и другие активные ядра галактик, весьма слабый, с характерным временем переменности год или несколько месяцев, поэтому продолжительность экспозиции не играла никакой роли. Мы посчитали ее оптимальной в 30 минут. И хотя такой мягкий режим работы трехкаскадного ЭОПа был инициирован мною, нет никаких сомнений в том, что рано или поздно он был бы реализован. Такой режим был подобран К.К. Чуваевым очень быстро, и уже в следующий сет наблюдений были получены спектры ЗС390.3 и спектры ядер других сейфертовских галактик. Профиль линии  $H_{\beta}$  в спектре ЗС390.3 действительно оказался очень сложным. Поскольку мы знали, что объект переменный, то наблюдали его спектры довольно часто. В результате мы получили достаточно много спектров ЗС390.3, но до публикации работы дело не дошло: не было уверенности в реальности получаемой сложной картины профиля  $H_{\beta}$  и в реальности наблюдаемых изменений профиля  $H_{\beta}$ . Нужно иметь в виду, что тогда всякие изменения в профиле широких линий вызывали больше сомнения. Сейчас задним числом можно с большой степенью уверенности сказать, что наблюдаемые нами изменения профиля были реальны. Однако тогда изменения в профиле линии должны были быть очевидными.

Случилось так, что пока мы проверяли и перемеряли спектры ЗС390.3, в январе 1969 г. в КраО с визитом приехали американский астроном Даниель Видман и Э.Е. Хачикян из Бюракана, которые незадолго до этого получили на 5-м Паломарском телескопе спектры многих галактик Маркаряна. Среди них были галактики Сейферта I типа с широкими эмиссионными линиями водорода. Видман и Хачикян сообщили, что в спектре галактики Mrk 6 в линии  $H_{\beta}$  появился фиолетовый компонент на скорости 3000 км/с, который ранее отсутствовал. Изменения произошли меньше, чем за год, и были интерпретированы как выброс газа из ядра в сторону наблюдателя. В то время о быстрой спектральной переменности еще не ведали, поэтому сообщение Видмана и Хачикяна вызвало большой интерес. Мы с Константином Константиновичем Чуваевым, отложив в сторону спектры ЗС390.3, так и не придя к твердому мнению о реальности изменений в профиле  $H_{\beta}$ , начали спектральный мониторинг галактики Mrk 6 и очень быстро, через полгода, убедились, что фиолетовый компонент в профиле линии  $H_{\beta}$  переменный. Стало очевидным, что он существовал всегда, в том числе и до наблюдений Видмана с Хачикяном, только был в слабом состоянии. Результаты полугодового спектрального мониторинга Mrk 6 были опубликованы нами (Проник, Чуваев, 1972). В этой работе мы впервые применили метод калибровки спектров, основанный на постоянстве интенсивности линий  $N_1$  и  $N_2$  [ОШ], и построили зависимость  $I_{H_{\beta}}$

от  $I_{Cont}$ . Обнаружили также, что при большой интенсивности континуума линия  $H_{\beta}$  достигает насыщения.

Следующим объектом, которым мы также неожиданно стали интересоваться, была галактика NGC 5548, в спектре которой Андерсон обнаружил кардинальное изменение профиля водородных линий  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$ , а именно: в течение полугода произошел резкий провал красной половины профиля, начиная с нулевой скорости. Галактика NGC 5548 сравнительно яркая, выгодно расположена на небе, что делает ее удобной для наблюдений. Чтобы проследить как будут развиваться события дальше, мы начали для нее интенсивный спектральный мониторинг и одновременно делали обработку спектров.

Летом 1971 г. работа над этой галактикой для меня была прервана командировкой сначала на высокогорную станцию на Памире, а затем поездкой в Чили. Ровно через год, поздней осенью 1972 года, в связи с военным переворотом в Чили, вся команда крымских и пулковских астрономов вернулась домой. В КраО на работе меня ожидали изменения. В 1972 г. во время моего отсутствия К.К. Чуваев, оставив незаконченной работу над NGC 5548, начал обширный спектральный мониторинг многих сейфертовских галактик как известных, так и новых, взятых из списков Маркаряна. К тому же, он изъявил желание проводить мониторинг один, без моего участия. И он вел его без малого 20 лет, вплоть до 1991 г. Мониторинг представлял ежемесячные наблюдения спектров в области  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$ , в течение пяти-шести ночей вблизи каждого новолуния. В процессе этого мониторинга К.К. Чуваев получил более 1000 спектрограмм разных сейфертовских галактик.

В течение 1987–1988 годов в КраО произошла техническая революция – был осуществлен перевод спектральных наблюдений с фотографических на матричные приемники света – и в 1988 г. мы с С.Г. Сергеевым, с подачи П.П. Петрова, начали наблюдать спектры активных ядер галактик с финской ПЗС-матрицей. Для этой цели специально был изготовлен спектрограф со светосильной зеркальной концентрической камерой Попова-Боуэна с внешним фокусом для фокуса Кассегрена ЗТШ. К сожалению, сильное гнупие спектрографа, вызванное большим весом одного из зеркал концентрической камеры, и неудобство работы со спектрографом в Кассегреновском фокусе, особенно при больших склонениях (недостаток вилочной монтировки ЗТШ!), заставили нас отказаться от Кассегреновского спектрографа и перенести ПЗС-приемник на спектрограф СПЭМ, установленный в более удобном фокусе Нэсмита.

Летом 1991 г., когда ЭОП УМ-92 проходил очередную просушку, мы, с разрешения К.К. Чуваева, временно укрепили на СПЭМе ПЗС-приемник (для этого понадобился только свой переходной флянец) и получили несколько спектрограмм ядер галактик. Когда К.К. Чуваев увидел на экране монитора качество спектров, полученных с матрицей, к тому же сразу в интенсивностях, он не стал дальше монтировать ЭОП в магнитные катушки, законсервировал его, положил на хранение и попросился в нашу команду, которая к тому времени состояла уже из трех человек: Сергеева, Малькова и меня. Мы, теперь уже четыре наблюдателя, начали интенсивный мониторинг сначала двух галактик NGC 4151 и 5548, а потом к ним добавились Mrk 6, 3C390.3, Arp 102-B, NGC7469, NGC3227, NGC1275 и другие. В наблюдениях участвовали по два наблюдателя: один находился в фокусе Нэсмита около спектрографа, другой – в комнате наблюдателя за компьютером. Благодаря стараниям С.Г. Сергеева, ошибка обработки спектрограмм не превышала 1 %. Это позволило обнаружить неоднозначность в корреляции между потоком в континууме и потоком в линии на больших промежутках времени, хотя на малых временных промежутках наблюдалась одна строго линейная корреляция. Появилась возможность надежно определять запаздывание потока в линии относительно потока в континууме не только в интегральном потоке линии, но и в разных участках ее профиля, например, в крыльях и в центре.

В 1994 г. в Лондоне состоялась конференция по активным ядрам галактик, на которой С.Г. Сергеев доложил результаты, полученные в КраО. После конференции началось широкое участие КраО в международном спектральном мониторинге активных ядер галактик. В этом мониторинге КраО была на втором месте как по числу полученных спектров, так и по точности их обработки.

Тем временем здоровье К.К. Чуваева стало резко ухудшаться. Он попросился наблюдать только

в первые половинки ночи, потом и это для него стало трудно. Болезнь заставила его лечь в постель, а осенью 1994 г. его не стало.

В одной из кооперативных работ 1995 года по инициативе Б. Петерсона на первой странице статьи сделана сноска: “Работа посвящается памяти К.К. Чуваева”.

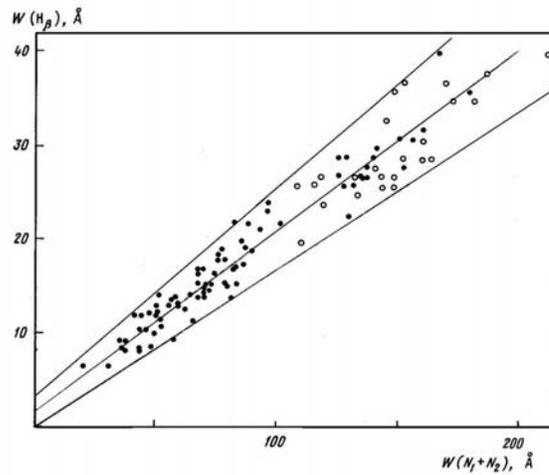
## 2 Результаты обработки спектров ядер галактик NGC 1275 и Mrk 6, полученных К.К. Чуваевым на СПЭМе с ЭОПом

Трудоемкая обработка ЭОПных фотографических спектров не позволила К.К. Чуваеву вести их обработку вслед за наблюдениями одновременно для многих галактик, а это удавалось только для некоторых из них. К их числу принадлежат галактики NGC 1275 (Чуваев, 1990), Mrk 6 (Чуваев, 1991) и 3C120 (Чуваев, 1980). Все три галактики исследовались на предмет наличия в них переменности линии  $H_{\beta}$ . Для некоторых объектов, таких как NGC 4151 (Окнянский и др., 1982; Лютыи и др., 1984; Окнянский и др., 1988; Окнянский и др., 1991) и NGC 7469 (Чуваев и др., 1990), обработка спектров проводилась только для выборочных дат, равномерно покрывающих период наблюдений, и то только после того, как их спектры указывали на наличие глубоких минимумов яркости, во время которых широкая компонента  $H_{\beta}$  полностью исчезала. Результаты обработки спектров таких галактик публиковались в отдельных работах, посвященных конкретному событию или явлению, например, переменности корональных линий FeX в спектре ядра NGC4151 (Окнянский и др., 1982).

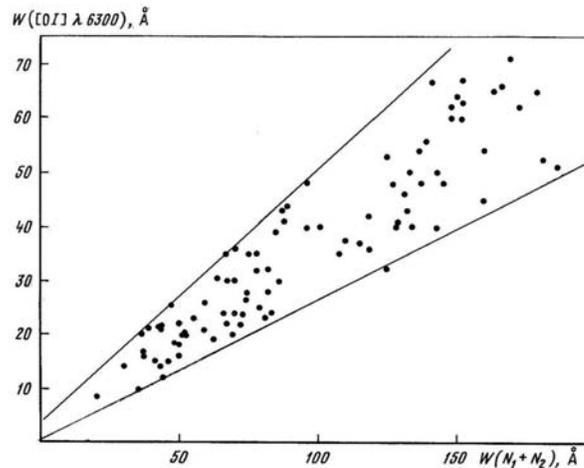
**Галактика NGC1275.** Галактика NGC1275, отождествляемая с радиисточником Персей А, в 60-е годы прошлого столетия была одним из наиболее исследуемых объектов. Причин, вызывающих интерес к этой галактике, было несколько. К ним относятся в первую очередь непонятный морфологический тип галактики – она не спиральная, но и не эллиптическая, как и непонятная природа газа, падающего на галактику со скоростью около 3000 км/с. Не исключено, что NGC1275 является двойной взаимодействующей системой галактик. Необычной является сильная оптическая переменность ядра в фильтре V с амплитудой в 4 раза и переменность в радио – на частоте 8 GHz с амплитудой в 6 раз. Для NGC1275 на интерферометре VLBI впервые была получена радиоструктура ядра с разрешением в одну тысячную секунды дуги. В этой структуре прослеживаются выбрасываемые из ядра и удаляющиеся от него облака релятивистской плазмы. Любопытно и то, что резкое поярчание и сильная оптическая переменность наблюдались только с 1967 по 1980 гг., после чего яркость плавно падает со скоростью 0.14 янских в год. Радиопеременность показывает запаздывание по отношению к оптике на 7 лет на частоте 8 GHz и на 6 лет на частоте 22 GHz. Среди галактик с активными ядрами NGC1275 единственная, которая имеет структуру профиля и максимальную ширину линий  $N_1 + N_2$  [OIII]. Неудивительно, что К.К. Чуваев подверг эту галактику исследованию на предмет переменности потоков в эмиссионных линиях  $H_{\beta}$  и [OIII], тем более, что в литературе имелись положительные высказывания о переменности.

Большим недостатком ЭОПных спектров галактик является отсутствие спектральных стандартов, т. е. спектров звезд с известным абсолютным спектральным распределением энергии или хотя бы спектров звезд спектрального класса АО, по которым можно было бы определить инструментальную функцию. Поэтому единственной величиной, численно определяемой из наблюдений, является эквивалентная ширина эмиссионных линий.

Линейная зависимость между эквивалентными ширинами  $H_{\beta}$  и  $N_1 + N_2$  [OIII] является необходимым условием постоянства потоков в этих линиях, но не достаточным, так как  $H_{\beta}$  и O[III] линии могут меняться одинаковым образом. Следующим необходимым условием постоянства потоков в этих линиях является прохождение прямой регрессии между ними через ноль. На рисунках 1, 2 и 3 показаны корреляции эквивалентных ширин линий  $N_1 + N_2$  [OIII] (горизонтальная ось) с эквивалентными ширинами линий  $H_{\beta}$ ,  $\lambda 6300$  [OI] и  $H_{\alpha} + [NII]$  (вертикальная ось). Исходя из этих рисунков К.К. Чуваев сделал вполне естественное заключение о постоянстве потоков излучений в запрещенных линиях и в линиях  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$  на протяжении 15 лет. Тот факт, что поток



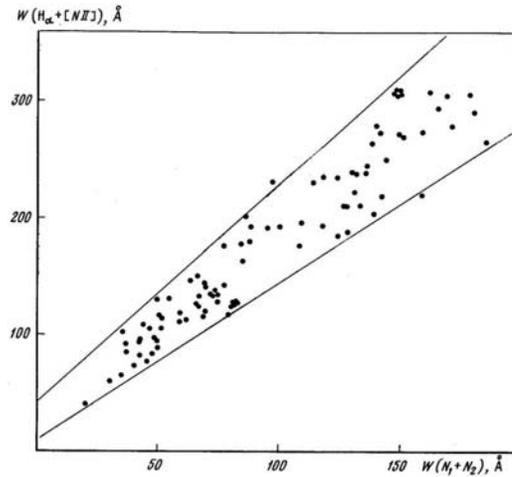
**Рис. 1.** Корреляция между эквивалентными ширинами линий  $H_{\beta}$  (вертикальная ось) и небулярных линий  $N_1 + N_2$  [OIII] (горизонтальная ось) в галактике NGC 1275. На рисунке видно, что средняя линия регрессии не проходит через ноль, что указывает на наличие в ядре плотного газа, светящегося только в линии  $H_{\beta}$



**Рис. 2.** То же, что и на рис. 1, только для линий  $\lambda 6300$  [OI] и  $N_1 + N_2$  [OIII]. Обе линии запрещенные, поэтому, как и должно быть, средняя линия регрессии проходит через ноль

в эмиссионных линиях постоянный с точностью до 15–20 %, тогда как блеск ядра испытывает изменения в 4 раза, К.К. Чуваев объяснил большими размерами области, занятой газом, что вполне возможно.

Однако несмотря на большие ошибки, указанные К.К. Чуваевым ( $\pm 15\%$  для ярких линий [OIII] и  $H_{\alpha} + [NII]$  и  $\pm 20\%$  для слабых линий  $H_{\beta}$  и  $\lambda 6300$  [OI]), приведенные им графики содержат гораздо больше информации. Так, на первом рисунке прямые линии ограничивают область эквивалентных ширин  $H_{\beta}$  и  $N_1 + N_2$  [OIII]. Если предположить, что ошибки ярких линий [OIII] существенно меньше ошибок для  $H_{\beta}$ , то нижняя линия на рис. 1 ограничивает минимальные значения потока в  $H_{\beta}$  при каждом наблюдаемом значении потока в [OIII]. В этом не было бы ничего удивительного, если бы среднеквадратичная линия регрессии также проходила через начало координат, чего явно не наблюдается: через ноль проходит только линия, ограничивающая минимальные значения  $H_{\beta}$ .

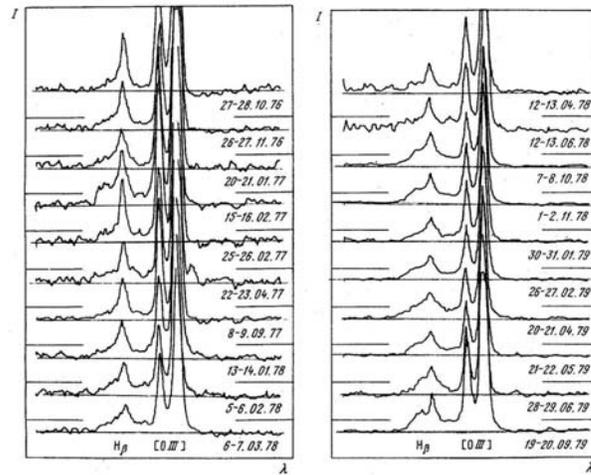


**Рис. 3.** То же, что и на рис. 1, только для линии  $H_{\alpha} + [NII]$ . Как и на рис. 1 средняя линии регрессии не проходит через ноль (свидетельство наличия в ядре NGC 1275 плотного газа, светящегося только в линии  $H_{\alpha}$ )

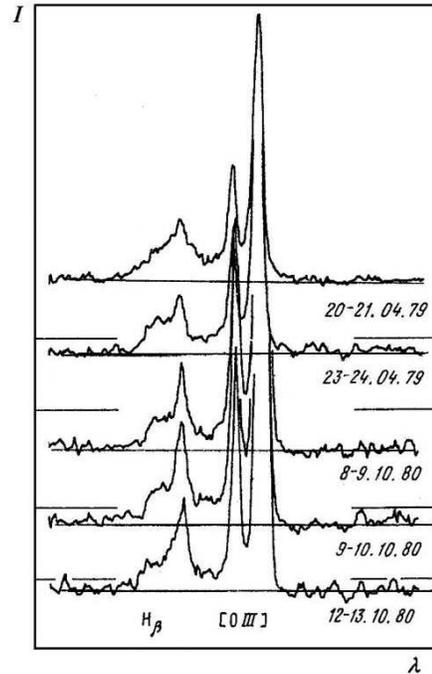
Этому можно дать только одно объяснение: при больших яркостях непрерывного спектра, т. е. при малых эквивалентных ширинах, когда  $W_{N_1+N_2} \rightarrow 0$ ,  $W_{H\beta} \sim 16 \text{ \AA}$ , что свидетельствует о наличии в ядре плотного газа, излучающего только в  $H_{\beta}$  линии. Доказательством этому является рис. 2, на котором изображена корреляция только запрещенных линий. Здесь линия регрессии, как и положено, проходит через ноль. Это означает, что запрещенные линии [OIII] и [OI] ведут себя одинаково.

Наличие в ядре NGC 1275 плотного газа, излучающего только водородные линии, подтверждается рисунком 3, из которого следует, что при  $W_{N_1+N_2} \rightarrow 0$  эквивалентная ширина  $H_{\alpha} + [NII]$  равна примерно  $27 \text{ \AA}$ . Примерно половину этой ширины составляют линии [NII], так что при  $W_{N_1+N_2} \rightarrow 0$ ,  $W_{H\alpha} \approx 16 \text{ \AA}$ . Здесь значения эквивалентных ширин  $H_{\alpha}$  и  $H_{\beta}$  линий, излучаемых плотным газом, не настолько точны, чтобы по бальмеровскому декременту судить о физических условиях в плотном газе. Наконец следует заметить, что аккуратная обработка А. Стреблинской матричных спектров ядра NGC 1275, полученных на ЗТШ в период отсутствия какой-либо активности, четко показывает наличие слабого широкого компонента в линии  $H_{\beta}$ , присущего всем сейфертовским галактикам первого типа.

**2. Галактика Mrk 6 (Чуваев, 1991).** С 1972 по 1988 годы К.К. Чуваев получил 99 спектров галактики Mrk 6 в области линии  $H_{\beta}$ . Нормированные к непрерывному спектру, сканы всех спектров в диапазоне длин волн  $4630\text{--}5240 \text{ \AA}$  приведены в (Чуваев, 1991) в виде атласа. Два фрагмента из этого атласа показаны на рис. 4. Кроме этого, на рисунках 5 и 6 показано, как могут отличаться профили линий  $H_{\beta}$ , полученные в соседние ночи (считается, что они не должны различаться), и какие пять типов профиля  $H_{\beta}$  чаще всего наблюдаются. И хотя различия между профилями  $H_{\beta}$ , полученными в соседние ночи, такого же масштаба, как и различия между наиболее часто встречаемыми профилями, все же различия между последними реальны, так как являются средними из большого количества спектров. К сожалению никаких численных характеристик профиля линии  $H_{\beta}$  или относительной интенсивности фиолетового компонента К.К. Чуваев не приводит. Поэтому все рассуждения и выводы, сделанные в работе, носят чисто качественный характер. Основная причина – это низкая точность фотографической фотометрии ЭОПных спектров. Значительная часть информации потеряна из-за того, что спектры нормированы к континууму а не по интенсивности небулярных линий  $N_1 + N_2$  [OIII]. Почему К.К. Чуваев не захотел нормировать спектры по линиям [OIII], как это было сделано в 1971 г., остается только догадываться.



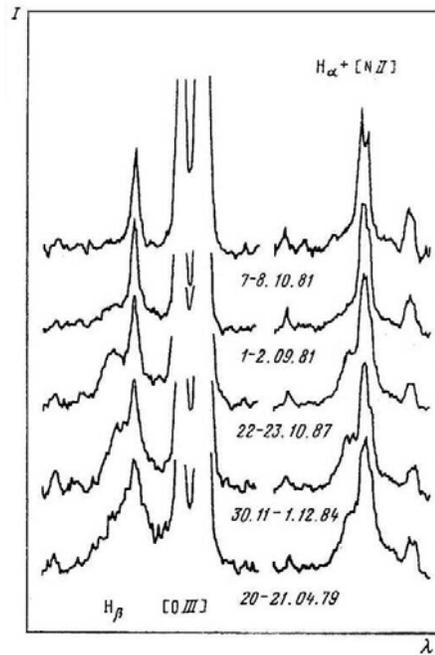
**Рис. 4.** Нормированные к непрерывному спектру сканы профилей линий  $H_{\beta}$  и  $N_1 + N_2$  [OIII] в галактике M6. Видно, что голубое (левое) крыло широкой линии  $H_{\beta}$  меняется со временем



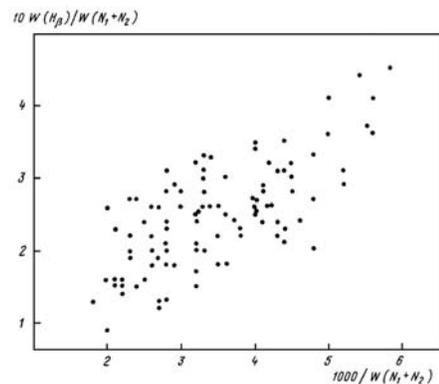
**Рис. 5.** То же, что и на рис. 4, только для соседних или близких ночей. Различие в профиле широкой линии  $H_{\beta}$  обусловлено ошибками наблюдений и обработки

Приведенная К.К. Чуваевым связь между интенсивностью континуума и линией  $H_{\beta}$  выражена нечетко, вероятно из-за ошибок в эквивалентной ширине  $H_{\beta}$ . Рис. 7 дает представление о корреляции потоков в континууме и в линии  $H_{\beta}$ : низкий коэффициент корреляции 0.70 скорее результат ошибок, чем несостоятельность фотоионизационной модели ядра галактики.

В работе (Чуваев, 1991) сделана попытка понять картину изменений профиля линии  $H_{\beta}$  в рамках трехкомпонентной модели ядра, каждая из которых состоит из большого числа газовых облаков



**Рис. 6.** Пять наиболее часто встречаемых типов профиля линии  $H_{\beta}$  (левая половина рисунка) и линии  $H_{\alpha}$  (правая половина рисунка в спектре ядра галактики Mrk 6)



**Рис. 7.** Корреляция между отношением десятикратной интенсивности  $H_{\beta}$  к интенсивности линий  $N_1 + N_2$  [OIII] и интенсивностью непрерывного спектра, увеличенной в 1000 раз (ядро галактики Mrk 6)

и находится на разных расстояниях от центрального источника ионизирующих квантов. Кроме того, каждый компонент характеризуется своей массой, размером, температурой, плотностью и дисперсией внутренних скоростей. Основной вопрос, обсуждаемый в работе, – это удивительное постоянство положения на профиле, то есть постоянство лучевой скорости дополнительных максимумов в голубом и красном крыле на скоростях  $\pm 3000$  км/с. Факт неоднократного появления похожих профилей  $H_{\beta}$  К.К. Чуваев объясняет устойчивостью и стабильностью комплекса газовых облаков, ответственных за формирование профиля  $H_{\beta}$  на шкале времени в 10 лет. Однако в работе ничего не говорится о кинематике плотного газа, имеющего скорости 3–5 тысяч км/с. Ясно одно: это не могут быть радиальные движения. Согласно современным представлениям, столь большие скорости газа могут возникать только при орбитальном движении вокруг массивной черной дыры.

Наблюдаемые доказательства такого движения уже имеются, хотя еще и недостаточно надежные.

Вопрос о постоянстве положения на профиле дополнительных максимумов должен решаться совместно с другими вопросами, например, почему, как правило, голубой компонент намного ярче красного, почему наличие таких дополнительных максимумов является общим феноменом для ядер всех сейфертовских галактик типа I и почему лучевые скорости дополнительных максимумов примерно одинаковы во всех ядрах галактик.

Еще много спектральных наблюдений предстоит провести, чтобы создать количественную кинематическую модель активного ядра галактики, способную ответить на эти и другие вопросы. При этом несомненно будут востребованы и результаты многолетнего мониторинга, выполненного К.К. Чуваевым.

## Литература

- Дибай Э.А., Проник В.И. // Астрон. журн. 1967. Т. 44. №. 5. С. 952.  
Дибай Э.А., Проник В.И. // "Нестационарные явления в галактиках". Ереван. Симпозиум МАС. 1968. №. 29. С. 83.  
Лютый В.М., Окнянский В.Л., Чуваев К.К. // Письма в Астрон. журн. 1984. Т. 10. №. 11. С. 803.  
Окнянский В.Л., Чуваев К.К. // Астрон. циркуляр. 1982. №. 1228. С. 1.  
Окнянский В.Л., Чуваев К.К., Шаховской Н.М. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1988. Т. 78. С. 80.  
Окнянский В.Л., Лютый В.М., Чуваев К.К. // Письма в Астрон. журн. 1991. Т. 17. №. 3. С. 238.  
Проник В.И., Чуваев К.К. // Астрофизика. 1972. Т. 8. №. 2. С. 187.  
Чуваев К.К. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1990. Т. 81. С. 138.  
Чуваев К.К. // Изв. Крымск. Астрофиз. Обсерв. 1991. Т. 83. С. 194.  
Чуваев К.К. // Письма в Астрон. журн. 1980. Т. 8. №. 10. С. 623.  
Чуваев К.К., Лютый В.М., Дорошенко В.Т. // Письма в Астрон. журн. 1990. Т. 16. №. 10. С. 867.  
Шмидт М. (Schmidt M.) // Nature. 1963. V. 193. P. 140.