

ХАРАКТЕРИСТИКИ ЭМИССИОННОГО СПЕКТРА ЯДРА СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ NGC7469 НА ШКАЛЕ ВРЕМЕНИ ДЕСЯТИЛЕТИЯ

Л.М. ШАРИПОВА

Поступила 24 октября 2017

Принята к печати 20 июня 2018

В работе исследованы основные спектральные характеристики (профили, относительные интенсивности и эквивалентные ширины) наиболее ярких эмиссионных линий излучения ядра сейфертовской галактики NGC7469 в разные фазы его активности. Использованы спектральные данные, полученные на 1.5-м российско-турецком телескопе (РТТ-150) в июле 2008г. и опубликованные в литературе разными исследователями. Эти данные позволили обнаружить заметное уменьшение спектральных характеристик на шкале времени 30-40 лет. Например, фактор уменьшения эквивалентных ширин эмиссионных линий достигал 2-3. Сделаны оценки физических параметров (T_e , n_e) зоны излучения небулярной линии в эпоху 2008г. Результаты исследования показали, что 2008г. – эпоха минимума активности ядра галактики. Длительный спектральный мониторинг позволил выдвинуть всплывшую активность ядра галактики на короткой шкале времени (ноябрь 1981г.) при переходе в фазу максимума его активности.

Ключевые слова: сейфертовские галактики; галактика NGC7469; эпохи активности; переменность эмиссионных линий

1. *Введение.* Галактика NGC7469 является классическим примером галактики с активным ядром и на протяжении длительного времени остается предметом исследования в широком диапазоне длин волн. Галактика, член маленькой подгруппы галактик, расположена в созвездии Пегаса. Согласно Андерсону [1], де Робертис и Погги [2], размер неразрешенного ядра галактики меньше 1". Ядро галактики окружено обширной областью звездообразования, Вилсон и др. [3], Маццарелла и др. [4]. Согласно классификации Хачикяна и Видмана [5], NGC7469 относится к типу Sy1, подтверждением чего служат наблюдаемые особенности галактики в разных диапазонах длин волн (гамма - Тернер и др. [6], рентген - Тернер и Пондас [7] и т.д.). Спектральные наблюдения в оптическом диапазоне галактики NGC7469, в том числе в Крымской астрофизической обсерватории, проводятся свыше 70 лет. В списке ярких галактик, опубликованном Сейфертом в [8], были представлены первые данные таких наблюдений. Переменность излучения ядра NGC7469 в оптическом континууме на разных шкалах времени (годы, месяцы, дни, часы) исследовали,

например, Лютый [9,10], Асланов и др. [11], Дульгин-Хасян и др. [12]. Переменности излучения ядра галактики в рентгеновском диапазоне на короткой шкале времени (дни, часы) исследовали Маршалл и др. [13], Барр [14], Вальтер и Филк [15]. Эмиссионные линии в оптическом спектре ядра галактики показывают переменность их профилей, относительных интенсивностей, эквивалентных шириин. Изучение переменности излучения ядра NGC7469 в оптическом диапазоне длин волн выполнены в работах Пролик [16], Де Бруина [17], Вестина [18], Чуванова и др. [19], Розенблатта и др. [20]. Исследования такого характера на разных шкалах времени сохраняют свою актуальность. Анализ данных длительных рядов спектральных наблюдений позволяет выявить некоторые эволюционные особенности активных ядер галактик. Например, может наблюдаться смена типа активности ядра во времени. Факт смены с типа Sy1 на Sy2 ядер галактик NGC3227, NGC4151, NGC7469 был отмечен на основе таких долговременных рядов наблюдений.

2. Наблюдательные данные и их обработка. Спектральные наблюдения галактики NGC7469 выполнены И.Ф.Бикмасовым 29-31 июля 2008г. на 1.5-м Российско-Турецком телескопе с использованием спектрометра среднего и низкого разрешения - TFOSC. Приемником света служила ПЗС-камера размером 2080x2048 пикс. Дисперсия и разрешение в регистрируемом интервале длин волн 3600 Å - 6900 Å составляли 1.4 Å/пикс и 7 Å, соответственно. В работе были использованы 35 спектрограмм. Все спектры получены с целью спектрографа, равной 1".8. Время экспозиции каждого спектра составляло 600 с. Спектральные данные обрабатывались автором статьи с помощью пакета программ DECH95 и Dech201. Автор программ - Г.Галазудинов, (www.gazinur.com). Размер апертуры по высоте спектра при обработке был 2".8. В июле 2008г. энергетическая привязка спектральных наблюдений галактики к звезде-стандарту с известным распределением энергии не проводилась. Спектры, нормированные к континууму, использовались для изучения спектральных характеристик излучения ядра галактики в указанную эпоху. Пример такого оптического спектра ядра галактики NGC7469, полученный по наблюдениям на PTT-150, приведен на рис.1. Относительные интенсивности эмиссионных линий и соответствующие им длины волн отложены по осям ординат и абсцисс, соответственно. Уровень непрерывного спектра показан тонкой горизонтальной линией.

На рисунке вертикальными стрелками отмечено положение линий серии Бальмера, линий гелия, ионизованного кислорода, неона, серы. Профиль бальмеровской линии H α показан до уровня 0.85 от максимума ее интенсивности.

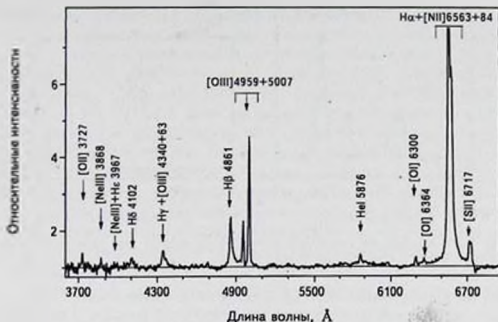


Рис.1. Спектр галактики NGC7469, содержащий яркие эмиссионные линии, полученный по наблюдениям на телескопе РТТ-150.

3. Результаты исследования переменности эмиссионных линий в оптическом спектре ядра галактики NGC7469.

3.1. Скорости газа в области свечения широких и узких эмиссионных линий. Анализ изменений профилей эмиссионных линий в спектре ядра сейфертовской галактики позволяет проследить эволюцию объекта во времени, в частности, выявить смену типа активности ядра галактики или ее отсутствие. В нашей работе необходимый анализ основывался на количественной оценке скорости газа в зонах эмиссии широких и узких спектральных линий и сопоставлении величин этих скоростей. Изучение профилей эмиссионных линий Hβ и [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ проводилось с использованием банка спектральных данных, полученных на телескопе РТТ-150 в июле 2008г. Были прослежены изменения профилей указанных линий в течение трех ночей наблюдений. Кроме того, проводился сравнительный анализ изменений профиля бальмеровской линии Hβ на шкале времени около 30 лет. С этой целью использовались данные наблюдений, полученные на Паломарском 1.5-м телескопе и опубликованные Розенблаттом и др. [20]. Примеры наблюдаемых профилей линий Hβ и [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ в эпоху 2008г. и в эпоху максимума яркости ядра галактики (октябрь 1984г. - данные работы [20]) приводятся на рис.2а, б. Согласно приведенному рисунку отношение относительных интенсивностей линий Hβ и [OIII] $\lambda 4959\text{\AA}$ в указанные эпохи наблюдений пока-

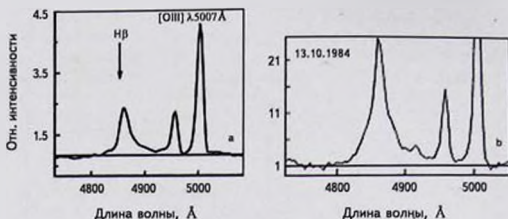


Рис.2а, б. Контуры балмеровской линии H β и дублета дважды ионизованного кислорода в разные эпохи активности ядра галактики NGC7469.

зывает их существенное отличие. Фактор этого отличия (в позднюю и раннюю эпохи) составляет -0.2 , -2 , соответственно. Изменение профилей линий [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ (в течение трех ночей наблюдений в июле 2008г.) и H β (на шкале времени 30 лет) отражено в табл.1. Оценка этих изменений проводилась на основе вычисления скорости газа для двух уровней яркости пика указанных линий: $0.25 I_{\text{max}}$ и $0.50 I_{\text{max}}$. В проводимых расчетах использовались спектральные данные, опубликованные Розенблаттом и др. [20]. В первой и четвертой (для линии H β) колонках таблицы даны эпохи

Таблица 1

СКОРОСТИ ГАЗА В ЗОНЕ ОБРАЗОВАНИЯ ШИРОКИХ И
УЗКИХ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ ОПТИЧЕСКОГО
СПЕКТРА ЯДРА ГАЛАКТИКИ NGC7469

H β $\lambda 4861\text{\AA}$					
Дата	$0.25 I_{\text{max}}$	$0.50 I_{\text{max}}$	Дата	$0.25 I_{\text{max}}$	$0.50 I_{\text{max}}$
02.07.1979	3481 км/с	1313 км/с	21.11.1981	3209 км/с	1274 км/с
22.11.1979	3548	1847	17.07.1982	3132	956
16.06.1980	4024	2148	18.07.1982	3019	1073
15.09.1980	3283	1576	28.09.1982	3120	868
03.11.1981	2839	1018	13.10.1984	3086	1247
15.11.1981	1481	524	29-31.07.2008	1314 ± 20	705 ± 18
[OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$					
Дата	$0.25 I_{\text{max}}$	$0.50 I_{\text{max}}$			
29.07.2008	551 ± 25 км/с	396 ± 12 км/с			
30.07.2008	618 ± 9	443 ± 5			
31.07.2008	595 ± 5	417 ± 3			

наблюдений. Во второй, третьей, пятой и шестой колонках - ширины профилей выбранных эмиссионных линий на двух уровнях яркости их пика. Наклонным шрифтом отмечены экстремальные значения ширины профилей линий в соответствующие эпохи наблюдений. Данные Розенблатта и др. [20], представленные в таблице, показывают рост скорости газа в области свечения водорода с 1979 по 1980гг. Затем, на интервале времени примерно полтора года (июнь 1980г. - середина ноября 1981г.) происходит уменьшение скорости газа в этой области. Фактор уменьшения на уровне $0.25 I_{\text{---}}$ и $0.50 I_{\text{---}}$ составил 3 и 4, соответственно. Наблюдаемая динамика газа в зоне излучения водорода в указанные два интервала времени обусловлена фазой активности ядра галактики. Данные фотометрического мониторинга в фильтре V галактики NGC7469, опубликованные в [21], демонстрируют состояние активности ее ядра на шкале времени ~40 лет. Эти ряды позволяют судить о фазе активности ядра галактики, включая эпоху наблюдений - июль 2008г. Информация, собранная в таблице, анализировалась. Результаты анализа не показали заметных изменений скорости газа в водородной области на шкале времени 3 года (конец ноября 1981г. - октябрь 1984г.). Кроме того, данные таблицы указывают на важный наблюдательный факт. Во второй половине ноября 1981г., в течение 6 дней, происходил значительный рост скорости газа в зоне излучения водорода. Фактор роста составил 2. Это служит свидетельством проявления вспышечной активности ядра исследуемой галактики, которая может иметь место, в том числе, при смене фаз его яркости. Следует отметить, что вспышечная форма активности ядер сейфертовских галактик - наблюдаемый факт их эволюции во времени. Физическая природа этих объектов не исключает неравномерного распределения вещества (газ и пыль в виде облаков) в аккреционном диске (АД), вращающегося вокруг сверхмассивной черной дыры (ЧД). Силы гравитации, создаваемые ЧД, сжимают и разогревают вещество аккреционного диска. При этом в области повышенной плотности вещества АД могут возникать короткие вспышки. В зонах пониженной плотности вещества АД возникает сценарий его накопления. Можно полагать, что период длительного накопления вещества в таких зонах тождественен эпохе минимума яркости ядра галактики. Активность ядер сейфертовских галактик, проявляемая в виде вспышек на короткой шкале времени, имеет место как в Sy1, так и в Sy2. Например, трехдневная вспышка в области свечения водорода была выявлена по наблюдениям галактики NGC3227, имеющей тип Sy2, [22,23]. Исследования спектральных данных, полученных по наблюдениям галактики NGC7469 в июле 2008г., показали низкую скорость газа в водородной зоне излучения ее ядра. На уровне $0.25 I_{\text{---}}$ и $0.50 I_{\text{---}}$ величина скорости составила 1314 км/с и 705 км/с, соответственно. Близкие по величине скорости газа в зоне свечения линии H β наблюдались в середине

ноября 1981г. (фаза минимума активности ядра NGC7469). Эта фаза была продолжительной и прелестествовала короткой 6-ти дневной вспышке. В эту эпоху наблюдений скорости газа на двух уровнях ($0.25 I_{\text{ядро}}$ и $0.50 I_{\text{ядро}}$) яркости пика линии H β принимали значения 1481 км/с и 524 км/с, соответственно. Было проведено сопоставление скорости газа в зоне свечения водорода ядра галактики NGC7469 в эпохи наблюдений 1981г. (минимум яркости ядра галактики) и 2008г. Полнота сопоставления обеспечивалась привлечением фотометрических данных (кривая блеска в фильтре V, рис.3), опубликованных Дорошенко и др. [24]. Верхняя ось абсцисс отображает эпохи наблюдений в годах, нижняя ось абсцисс - эпохи наблюдений в юлианских днях. Звездная величина галактики в фильтре V в соответствующую эпоху наблюдений отложена по оси ординат. На рисунке стрелкой показана эпоха 2008г. Яркость галактики в этом фильтре на данную эпоху составила $-13^m.2$. Согласно рис.3 фаза минимума активности ядра галактики имела место в ноябре 1981г. и в июле 2008г. В нашей работе анализ изменений скорости газа в водородной зоне излучения ядра галактики показал следующее. Эпоха 2008г. характеризуется фазой минимума активности ядра галактики. При этом смена типа активности ядра галактики не выявлена. На это указывает существенное отличие скорости газа в зонах свечения водорода и запрещенной линии кислорода [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$. Фактор отличия скоростей газа этих двух зон составляет -2 . Интересные результаты представлены в работе Гайсиной и др. [25]. Авторы выявили особенности эволюции спектра ядра

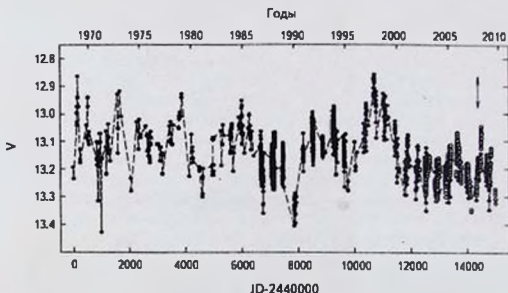


Рис.3. Изменения блеска галактики NGC7469 в фильтре V на шкале времени 20 лет, согласно работе Дорошенко и др. [24].

галактики NGC7469 в эпоху глубокого минимума его яркости - 1989г. (согласуется с рис.3). Исследователи отметили отсутствие широких крыльев в профилях эмиссионных линий H α , H β и смену типа активности ядра галактики с Sy1 на Sy2.

3.2. *Относительные интенсивности эмиссионных линий на шкале времени десятилетия.* Представляло интерес проследить изменение во времени другой важной спектральной характеристики излучения ядра галактики NGC7469 - относительной интенсивности ярких эмиссионных линий в оптическом спектре ее ядра. С этой целью был использован наблюдательный материал, полученный разными исследователями на разных телескопах, представленный в табл.2. Следует отметить сложность проведения сравнительного анализа указанной спектральной характеристики в силу разброса

Таблица 2

**ОТНОСИТЕЛЬНЫЕ ИНТЕНСИВНОСТИ ЯРКИХ
ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ ЯДРА ГАЛАКТИКИ
NGC7469 НА ИНТЕРВАЛЕ ВРЕМЕНИ ДЕСЯТКИ ЛЕТ**

Яркость ядра		Средняя	Мин.	Макс.	Макс.	Мин.	Мин.
Эпоха наблюд.	2008	1986[26]	1976[28,29]	1972[16]	1968[27,29]	1964[29]	1942[8]
Условия наблюдения	1.5-м, 1"8, 1.4 Å /пикс., 7 Å	1-м, 8", 5 Å	1.25-м, 25" 100 Å	2.6-м, 2" 380 Å /мм	3-м, 10" 140 Å /мм	1.25-м, 4", 6 Å, 140 Å /мм	1.5-м, 195 Å /мм
3727 Å [OII]	0.31±0.03 0.50	0.55	-	0.16	0.16	0.10	0.15
3869 Å [NeIII]	0.22±0.01 0.28	0.40	-	-	-	-	-
3968 Å [NeIII]	0.12±0.01 0.15	0.28	-	0.32	-	-	-
4101 Å H δ	0.27±0.01 0.32	0.31	-	0.55	0.30	0.30	0.35
4340+63 Å H γ	0.39±0.01 0.44	0.51	-	0.72	0.40	0.60	0.60
4861 Å H β	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
4959 Å [OIII]	0.94±0.02	0.99	0.41	-	1.24	0.30	-
5007 Å [OIII]	2.83±0.05 2.92	-	1.23	-	-	0.80	-
6300 Å [OI]	0.27±0.01						
6563+84 Å H α	5.97±0.19 4.4	4.47	3.78	11.5	3.83	-	-
6717 Å [SII]	0.50±0.03 0.36	-	-	-	-	-	-

данных таблицы. Этот разброс объясняется разными условиями наблюдений. Кроме того, определенный вклад в существующий разброс вносит континуум, переменный и неоднородный в диапазоне длин волн от УФ до ИК. Тем не менее, была проведена количественная оценка изменений относительной интенсивности эмиссионных линий. В табл.2 интенсивности всех ярких эмиссионных линий показаны в долях интенсивности линии $H\beta$. В первой и второй строках таблицы указано состояние яркости ядра галактики в соответствующие эпохи наблюдений, согласно фотометрическим данным, приведенным в работах Лютого [9,10], Дорошенко и др. [21]. Ссылки опубликованных спектральных данных, полученные другими исследователями, и использованные нами в работе, приведены в квадратных скобках. Третья строка отражает условия наблюдений, при которых получены спектральные данные (диаметр телескопа, щель спектрографа, разрешение, дисперсия). Четвертая - четырнадцатая строки первой колонки таблицы содержат длины волн, выраженные в ангстремах, и соответствующие им названия иона. Относительные интенсивности, полученные по наблюдениям в разные эпохи яркости ядра галактики, даны со второй по восьмую колонки. В работе Поляковой [31] приведены отношения наблюдаемых $(I_\lambda / I(H\beta))_{\text{набл}}$ и исправленных за межзвездное покраснение $(I_\lambda / I(H\beta))_{\text{испр}}$ относительных интенсивностей эмиссионных линий. Мы использовали эти данные при исправлении относительных интенсивностей эмиссионных линий за межзвездное поглощение, полученных в эпоху 2008г. Во второй колонке таблицы наклонным шрифтом приведены исправленные величины. Далее проводился сравнительный анализ изменений во времени относительных интенсивностей как узких, так и широких эмиссионных линий. Из табл.2 видно, что величина относительной интенсивности запрещенной линии $[OII] \lambda 3727\text{\AA}$ от эпохи к эпохе имеет заметное отличие. Ее завышенное значение в эпоху 2008г. (в сравнении с эпохами 1964г., 1972г.) может быть обусловлено, в том числе, большими шумами на краю спектра в ближнем ультрафиолете. Наличие таких шумов обуславливает сложность проведения континуума в этой части спектра. В силу этого степень достоверности величины относительной интенсивности эмиссионной линии $[OII] \lambda 3727\text{\AA}$ в эпоху 2008г. низкая. На интервале времени 22 года (2008г. и 1986г.) изменение относительной интенсивности другой запрещенной линии - $[NeIII] \lambda 3869\text{\AA}$, не превышало фактор 2. Выявлено двукратное уменьшение относительной интенсивности линии $[NeIII] \lambda 3967\text{\AA}$ на шкале времени 36 лет (2008-1972гг.) и 22 года (2008-1986гг.). Значимого уменьшения относительной интенсивности линии $[OIII] \lambda 4959\text{\AA}$ за 40 лет (2008-1968гг.) и за 22 года (2008-1986гг.) не отмечено. Изменение относительных интенсивностей трех линий серии Бальмера во времени показаны на рис.4. Согласно рисунку максимальное значение относительных интенсивностей

водородных линий наблюдается в эпоху максимума яркости ядра галактики - 1972г. Эта картина согласуется с фотометрическими наблюдениями в фильтре V (рис.3). Следует отметить, что бальмеровский декремент крутой и сохраняет переменность на большом интервале времени. Проведенный

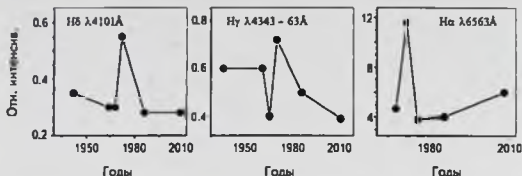


Рис.4. Относительные интенсивности бальмеровских линий на шкале времени десятилетия.

анализ изменений во времени относительных интенсивностей эмиссионных линий в оптическом спектре ядра галактики NGC7469 служит указанием того, что в эпоху 2008г. ядро галактики находилось в фазе минимума его активности. Имеющиеся спектральные данные позволили дать оценку физическим характеристикам зоны излучения линии [OIII] $\lambda 5007\text{\AA}$ - электронной температуре (T_e), электронной концентрации (n_e). В астрофизике известен метод, разработанный В.А.Амбарцумяном, определения T_e по отношению интенсивностей небулярной ($\lambda 5007\text{\AA}$) и авроральной ($\lambda 4363\text{\AA}$) линий иона [OIII]. В наших расчетах указанных параметров необходимо было принять во внимание наличие недоучета (из-за отсутствия энергетической привязки к звезде-стандарту с известным распределением энергии) при определении относительных интенсивностей эмиссионных линий в спектре ядра галактики NGC7469. Условия наблюдений в июле 2008г. не позволяли иметь отдельные контуры линий $\lambda 4340\text{\AA}$ и $\lambda 4363\text{\AA}$. По этой причине были приняты некоторые допущения в расчете T_e и n_e , указанные ниже. Наблюдательные данные, опубликованные Остерброком [32], были получены в 1974г. Согласно этим данным соотношение интенсивностей линий $\lambda 4340\text{\AA}$ и $\lambda 4363\text{\AA}$ в указанную эпоху составляет 17.7. Анализ кривой блеска, представленной на рис.3, позволяет предположить, что в 1974г. и 2008г. ядро галактики NGC7469 имело приблизительно одинаковую яркость. Исходя из этого, было принято допущение, что соотношение интенсивностей линий $\lambda 4340\text{\AA}$ и $\lambda 4363\text{\AA}$ в отмеченные две эпохи одинаковое. С учетом принятого допущения и данных табл.2 были вычислены два значения интенсивности линии $\lambda 4363\text{\AA}$ (с поправкой и без поправки межзвездного поглощения: 0.025 и 0.022, соот-

ветственно) для эпохи 2008г. Далее расчет электронной температуры проводился по известной формуле:

$$T_e = 14300 / [\log(I_{5007} / \log I_{4341}) - 0.57] - 0.68].$$

Величины T_e для двух расчетов получились близкими: $1.07 \cdot 10^4$ К и $1.0 \cdot 10^4$ К, соответственно. Рассчитанное значение T_e , а также графики равных отношений интенсивностей небулярной и авроральной линий, опубликованные Боярчуком и др. [33], позволили оценить n_e в зоне свечения [OIII]. Величина электронной плотности составила $\sim 2.5 \cdot 10^5 \text{ см}^{-3}$. Физические характеристики зоны излучения [OIII] (T_e , n_e), опубликованные разными исследователями, могут отличаться. Например, авторы работы [29] приводят следующие значения указанных характеристик: $T_e = 1.4 \cdot 10^4$ К, $n_e = 5 \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$. Остерброк в [32] дает (для галактик типа Sy1) такие интервалы величин T_e и n_e : $10^4 \text{ К} \div 1.5 \cdot 10^4 \text{ К}$ и $10^4 \text{ см}^{-3} \div 10^6 \text{ см}^{-3}$, соответственно. Значение электронной температуры, вычисленной нами, хорошо согласуется с результатами вышеупомянутых авторов. Величина n_e зоны излучения линии [OIII], определенная для эпохи наблюдений 2008г., является промежуточной в сравнении с данными, приведенными выше.

3.3. Изменение эквивалентных ширин (EW_λ) ярких эмиссионных линий в разные эпохи наблюдений ядра галактики NGC7469. Эквивалентные ширины эмиссионных линий являются также важной спектральной характеристикой излучения ядра галактики NGC 7469. Известно, что этой характеристике соответствует участок континуума, энергия которого равна энергии, заключенной в соседней с ним линии. В силу этого изменения

Таблица 3

**ЭКВИВАЛЕНТНЫЕ ШИРИНЫ ЭМИССИОННЫХ ЛИНИЙ
ОПТИЧЕСКОГО СПЕКТРА ЯДРА ГАЛАКТИКИ NGC7469,
ПОЛУЧЕННЫЕ В РАЗНЫЕ ЭПОХИ НАБЛЮДЕНИЙ**

Яркость ядра		Макс.	Макс.	Мин.	Макс.
$\lambda(\text{\AA})$, кон	07.2008	06.1984 [27]	10.1979 [31]	12.1974 [30]	12.1973 [30]
3727[OII]	4.7 ± 0.6	4.0	11 ± 1	-	-
3869[NeIII]	3.7 ± 0.1	2.1	7 ± 1	-	-
3968[NeIII]	3.5 ± 0.7	6.2	24 ± 3	-	-
4101 H δ	9.4 ± 0.9	11.1	22 ± 5	-	-
4340 H γ	9.6 ± 0.1	31.3	50 ± 20	-	-
4861 H β	20.5 ± 0.1	64.0	100 ± 10	48	56
4959[OIII]	9.4 ± 0.1	-	23 ± 3	8	17
5007[OIII]	28.5 ± 0.6	38.7	60 ± 10	33	48
6563+84 H α	174.1 ± 2.5	306.7	440 ± 35	151	245
6717[SII]	10.0 ± 0.6	-	22 ± 6	23	30

EW_{λ} и континуума взаимосвязаны. В нашей работе переменность во времени EW_{λ} эмиссионных линий в спектре галактики изучалась на основе наблюдательного материала, полученного разными исследователями и собранного в табл.3. Эквивалентные ширины линий серии Бальмера, линий разной степени ионизации: неона, серы, кислорода, характерные для оптического спектра ядра NGC7469, приведены в таблице для разных эпох наблюдений. На этапе сравнительного анализа изменений EW_{λ} во времени использовался фотометрический ряд наблюдений (мониторинг) галактики, представленный на рис.3. Такие мониторинги дают дополнительную информацию о взаимосвязи изменений континуума и эквивалентных ширин эмиссионных линий. Результаты проведенного сравнительного анализа следующие: эквивалентные ширины линий серии Бальмера претерпели уменьшение на шкале времени более 20-ти лет. За 24 года (2008-1984гг.) уменьшение EW_{λ} линий H δ , H γ составило фактор 1.2 и 1.8, соответственно. Степень уменьшения эквивалентных ширин линий H γ и H δ в указанные фазы яркости ядра галактики была значимой. Ее величина достигала 3.3 и 3.0., соответственно. Кроме того, анализировались изменения во времени эквивалентных ширин узких запрещенных линий в спектре ядра галактики. Согласно рис.3, эпохи 1979г., 1984г. характеризуются максимумом яркости ядра галактики. Отмечено завышенное значение $EW_{\lambda 3727} [OII]$, $EW_{\lambda 3869} [NeIII]$ в эпоху 2008г. относительно их значений в эпоху 1984г. (15% и 44% для каждой из указанных линий, соответственно). Такая картина может объясняться трудностью проведения континуума из-за больших шумов в ближнем УФ участке спектра галактики. Отличие $EW_{\lambda 3727} [OII]$, $EW_{\lambda 3869} [NeIII]$ в эпоху 2008г. относительно их значений в эпоху абсолютного максимума яркости ядра галактики - 1979 составляет фактор 2.3 и 1.9, соответственно. Эквивалентная ширина дважды ионизованного неона $[NeIII] \lambda 3968 \text{ \AA}$, за 24 года (2008-1984) уменьшилась в 1.8 раза. Информация о величине эквивалентной ширины линии $[OIII] \lambda 4959 \text{ \AA}$ в эпоху максимума 1984г. в литературе отсутствовала. По этой причине изменения EW_{λ} линий кислорода $[OIII] \lambda 4959 \text{ \AA}$ и серы $[SII] \lambda 6717 \text{ \AA}$ рассматривались для эпохи 2008г. и 1979г. (другая эпоха максимума яркости ядра галактики). За период -30 лет EW_{λ} указанных линий заметно уменьшились. Фактор уменьшения составил 2.4 и 2.2, соответственно. Достаточный массив наблюдательных данных небулярной линии $[OIII] \lambda 5007 \text{ \AA}$ позволил провести анализ изменений ее эквивалентной ширины для четырех эпох активности ядра галактики. Были рассмотрены следующие эпохи: 2008г., 1984г. и 1973г. - две эпохи максимума, 1974г. - эпоха минимума. Результаты показали, что за два периода (2008-1984гг.; 2008-1973гг.) EW_{λ} линии $[OIII] \lambda 5007 \text{ \AA}$ уменьшились в 1.4 и в 1.7 раза, соответственно. Отличие значений эквивалентной ширины указанной линии

на интервалс 2008-1974гг. не превысило 13%. Результаты исследования изменений эквивалентных ширин ярких эмиссионных линий в спектре ядра сейфертовской галактики NGC7469 свидетельствуют о том, что эпоха 2008г. - фаза минимума его активности, подтверждаемая фотометрическими наблюдениями.

4. *Заключение.* На большом массиве наблюдательных данных прослежены изменения во времени важных спектральных характеристик излучения в оптическом спектре ядра сейфертовской галактики NGC7469. Результаты следующие:

1. На интервале времени 27лет (2008-1981гг.) скорость газа в зоне свечения водорода уменьшилась. Фактор этого уменьшения составил 2.

2. Выявлена вспышечная активность ядра галактики на короткой шкале времени (6 дней, ноябрь 1981г.).

3. Относительные интенсивности линий серии Бальмера и запрещенных линий претерпели уменьшение на интервале времени ~35-40 лет. Фактор уменьшения варьировался от 1.5 до 2.0.

4. Эквивалентные ширины линий серии Бальмера ($H\delta$, $H\gamma$, $H\beta$, $H\alpha$) уменьшились на шкале времени 24 года (2008-1984гг.). Максимальный фактор уменьшения EW_{λ} отмечен для линии $H\gamma$ и составил 3.3. Выявлено уменьшение эквивалентных ширин запрещенных линий; за 24 года (2008-1984гг.) EW_{λ} линии $[NeIII] \lambda 3869\text{\AA}$ уменьшились в 1.8 раза. Фактор уменьшения EW_{λ} линий $[OIII] \lambda 4959\text{\AA}$, $[OIII] \lambda 5007\text{\AA}$, $[SII] \lambda 6717\text{\AA}$ за ~30 лет (2008-1979гг.) был не менее 2.

5. Заметное уменьшение исследованных спектральных характеристик на интервале времени ~35 лет - следствие ослабления активности (яркости) ядра галактики. Изменения яркости обусловлены изменениями континуума, которые хорошо прослеживаются длительными фотометрическими мониторингами, в том числе, в фильтре V.

6. Бальмеровский декремент сохраняет переменность на интервале времени 40 лет.

7. Результаты проведенных исследований спектральных характеристик излучения ядра сейфертовской галактики NGC7469 позволяют считать эпоху 2008г. фазой минимума его активности.

Автор благодарен И.Ф.Биюмаеву за предоставление спектральных данных, полученных по наблюдениям на РТТ-150.

CHARACTERISTICS OF THE EMISSION SPECTRUM
OF THE SEYFERT GALAXY NGC7469 NUCLEUS
ON THE TIME SCALE OF DECADES

L.M.SHARIPOVA

The main spectral characteristics (profiles, relative intensities and equivalent widths) of the brightest emission lines of the Seyfert galaxy NGC7469 nucleus radiation in different phases of its activity are studied in the work. The spectral data obtained on the 1.5-meter Russian-Turkish telescope (PTT-150) in July 2008 and data published in the literature by different researchers were used. These data made it possible to detect a noticeable decrease of the spectral characteristics over a time scale of 30 to 40 years. For example, the factor of reducing of the emission lines equivalent widths reached 2-3. The physical parameters (T_e , n_e) of the nebular line emission zone on the epoch 2008 are estimated. The study results showed that 2008 year is the epoch of the galaxy nucleus minimum activity. The spectral monitoring of a long time interval made it possible to detect the flare activity of the galaxy nucleus on a short time scale (November 1981) upon transition to the phase of its maximum activity.

Key words: *The Seyfert galaxies: NGC7469: activity epochs: the emission lines variability*

ЛИТЕРАТУРА

1. K.S.Anderson, *Astrophys. J.*, **182**, 369, 1973.
2. M.M. de Robertis, R.W.Pogge, *Astron. J.*, **301**, 727, 1986.
3. A.S.Wilson et al., *Astrophys. J.*, **310**, 121, 1986.
4. J.M.Mazzarella et al., *Astron. J.*, **107**, 1274, 1994.
5. E.Ye.Khachikian, D.Weedman, *Astrophysics*, **7**, 231, 1971.
6. T.J.Turner et al., *Astrophys. J.*, **412**, 72, 1993.
7. T.J.Turner, K.A.Pounds, *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **240**, 833, 1989.
8. C.K.Seyfert, *Astrophys. J.*, **97**, 28, 1943.
9. В.М.Лютый, *Астрон. ж.*, **49**, 930, 1972.
10. В.М.Лютый, *Астрон. ж.*, **54**, 1153, 1977.
11. А.А.Асланов и др., *Письма в Астрон. ж.*, **15**, 308, 1989.
12. D.Dultzin-Nacyan et al., *Astron. J.*, **103**, 1769, 1992.
13. N.Marshall et al., *Mon. Not. Roy. Astron. Soc.*, **194**, 987, 1981.

14. *P.Barr*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **223**, 29, 1986.
15. *R.Walter, H.Fink*, Astron. Astrophys., **254**, 71, 1993.
16. *И.И.Проник*, Астрон. ж., **52**, 481, 1975.
17. *A.G. de Bruyn*, in: P.A.Wayman (ed.), Highlights Astronomy 5, Reidel, Dordrecht, p.631, 1980.
18. *B.A.M.Westin*, Astron. Astrophys., **132**, 136, 1984.
19. *К.К.Чураев и др.*, Письма в Астрон. ж., **16**, 867, 1990.
20. *E.I.Rosenblatt et al.*, Astrophys. J. Suppl., **81**, 59, 1992.
21. *В.Т.Дорошенко, В.М.Лютый, В.Ю.Рахимов*, Письма в Астрон. ж., **15**, 483, 1989.
22. *I.I.Pronik, L.P.Melik*, Astron. Astrophys. Transactions, **23**, 509, 2004.
23. *Л.П.Метик, И.И.Проник, Л.М.Шарипова*, Астрофизика, **49**, 499, 2006, (Astrophysics, **49**, 427, 2006).
24. *В.Т.Дорошенко и др.*, Письма в Астрон. ж., **36**, 643, 2010.
25. *В.Н.Гайсина и др.*, Известия Национальной академии наук Республики Казахстан, серия физико-математическая, **5**, 15, 2013.
26. *Ch.J.Bonnatto, M.J.Pastoriza*, Astrophys. J., **353**, 445, 1990.
27. *S.L.Morris, M.J.Ward*, Mon. Not. Roy. Astron. Soc., **230**, 639, 1988.
28. *E.J.Wampler*, Astrophys. J., **164**, 1, 1971.
29. *Э.А.Дибай, В.И.Проник*, Астрон. ж., **44**, 952, 1967.
30. *В.Т.Дорошенко, В.Ю.Теребизж*, Труды Государственного Астрономического института им. П.К.Штернберга, **55**, 64, 1983.
31. *Г.Д.Палякова*, Астрофизика, **28**, 19, 1988, (Astrophysics, **28**, 10, 1988).
32. *D.Osterbrock*, Astrophys. J., **215**, 733, 1977.
33. *А.А.Боярчук и др.*, Изв. Крымск. астрофиз. обсерв., **39**, 147, 1969.