

ISSN 2518-1726 (Online),
ISSN 1991-346X (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
Қазақстан Республикасының Ғылым
Академиясының Әл-Фараби атындағы
Қазақ ұлттық университетінің

NEWS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
Al-Farabi Kazakh
National University

SERIES
PHYSICO-MATHEMATICAL

3 (337)

MAY – JUNE 2021

PUBLISHED SINCE JANUARY 1963

PUBLISHED 6 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series physico-mathematical journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Физикалық-математикалық сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия физико-математическая» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество и глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор:

МҰТАНОВ Ғалымқайыр Мұтанұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының м.а. (Алматы, Қазақстан) Н-5

Редакция алқасы:

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәділұлы (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР БҒМ ҒК «Ақпараттық және есептеу технологиялары институты» бас директорының кеңесшісі, зертхана меңгерушісі (Алматы, Қазақстан) Н-7

БАЙГУНЧЕКОВ Жұмаділ Жаңабайұлы (бас редактордың орынбасары), техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Кибернетика және ақпараттық технологиялар институты, Сатпаев университетінің Қолданбалы механика және инженерлік графика кафедрасы, (Алматы, Қазақстан) Н-3

ВОЙЧИК Вальдемар, техника ғылымдарының докторы (физика), Люблин технологиялық университетінің профессоры (Люблин, Польша) Н=23

БОШКАЕВ Қуантай Авғазыұлы, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н-10

QUEVEDO Hernando, профессор, Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика) Н-28

ЖҮСПОВ Марат Абжанұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н-7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, Украина ҰҒА академигі, Қолданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина) Н-5

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, техника ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі (Минск, Беларусь) Н-2

РАМАЗАНОВ Тілекқабұл Сәбитұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) Н-26

ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н-5

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, физика-математика ғылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университеті (Кишинев, Молдова) Н-42

ХАРИН Станислав Николаевич, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан-Британ техникалық университеті (Алматы, Қазақстан) Н-10

ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан) Н – 12

КАЛАНДРА Пьетро, Ph.D (физика), Наноқұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) Н = 26

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Физика-математикалық сериясы».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 2224-346X (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 14.02.2018 ж. берілген № 16906-Ж мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика-математика ғылымдары және ақпараттық техникалар саласындағы басым ғылыми зерттеулерді жариялау.*

Мерзімділігі: жылына 6 рет.

Тиражы: 300

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19, 272-13-18
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2021

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

Главный редактор:

МУТАНОВ Галимкаир Мутанович, доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК (Алматы, Казахстан) Н - 5

Редакционная коллегия:

КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, советник генерального директора «Института информационных и вычислительных технологий» КН МОН РК, заведующий лабораторией (Алматы, Казахстан) Н - 7

БАЙГУНЧЕКОВ Жумадил Жанабаевич, (заместитель главного редактора), доктор технических наук, профессор, академик НАН РК, Институт кибернетики и информационных технологий, кафедра прикладной механики и инженерной графики, университет Сатпаева (Алматы, Казахстан) Н - 3

ВОЙЧИК Вальдемар, доктор технических наук (физ.-мат.), профессор Люблинского технологического университета (Люблин, Польша) Н=23

БОШКАЕВ Куантай Авгазыевич, доктор Ph.D, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н - 10

QUEVEDO Hemando, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика) Н - 28

ЖУСУПОВ Марат Абжанович, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н - 7

КОВАЛЕВ Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина) Н - 5

МИХАЛЕВИЧ Александр Александрович, доктор технических наук, профессор, академик НАН Беларуси (Минск, Беларусь) Н - 2

РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, проректор по научно-инновационной деятельности, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н – 26

ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н - 5

ТИГИНЯНУ Ион Михайлович, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова) Н - 42

ХАРИН Станислав Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахстанско-Британский технический университет (Алматы, Казахстан) Н – 10

ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович, доктор физико-математических наук, профессор, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н – 12

КАЛАНДРА Пьетро, доктор философии (Ph.D, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия) Н = 26

«Известия НАН РК. Серия физика-математическая».

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 2224-346X (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № 16906-Ж выданное 14.02.2018 г.

Тематическая направленность: *публикация статей по геологии и техническим наукам.*

Периодичность: 6 раз в год.

Тираж: 300

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19, 272-13-18

<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2021

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief

MUTANOV Galimkair Mutanovich, doctor of technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, acting director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK (Almaty, Kazakhstan) H - 5

Editorial board:

KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich (Deputy Editor-in-Chief), doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Advisor to the General Director of the Institute of Information and Computing Technologies of SC MES RK, Head of the Laboratory (Almaty, Kazakhstan) H - 7

BAYGUNCHEKOV Zhumadil Zhanabayevich, (Deputy Editor-in-Chief), doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Institute of Cybernetics and Information Technologies, Department of Applied Mechanics and Engineering Graphics, Satbayev University (Almaty, Kazakhstan) H - 3

WOICIK Waldemar, Doctor of Phys.-Math. Sciences, Professor, Lublin University of Technology (Lublin, Poland) H=23

BOSHKAYEV Kuantai Avgazievich, PhD, Lecturer, Associate Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H - 10

QUEVEDO Hemando, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico) H - 28

ZHUSSUPOV Marat Abzhanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H - 7

KOVALEV Alexander Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician of NAS of Ukraine, Director of the State Institution «Institute of Applied Mathematics and Mechanics» DPR (Donetsk, Ukraine) H - 5

MIKHALEVICH Alexander Alexandrovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Academician of NAS of Belarus (Minsk, Belarus) H - 2

RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activity, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H – 26

TAKIBAYEV Nurgali Zhabagaevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H - 5

TIGHINEANU Ion Mikhailovich, Doctor in Physics and Mathematics, Academician, Full Member of the Academy of Sciences of Moldova, President of the AS of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova) H - 42

KHARIN Stanislav Nikolayevich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan) H – 10

DAVLETOV Askar Erbulanovich, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan) H - 12

CALANDRA Pietro, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy)

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

Physical-mathematical series.

ISSN 2518-1726 (Online),

ISSN 2224-346X (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan No. 16906-Ж, issued 14.02.2018

Thematic scope: *publication of papers on geology and technical sciences.*

Periodicity: 6 times a year.

Circulation: 300

*Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19, 272-13-18,
<http://www.physico-mathematical.kz/index.php/en/>*

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2021

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
PHYSICO-MATHEMATICAL SERIES

ISSN 1991-346X

Volume 3, Number 337 (2021), 40 – 49

<https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.45>

МРНТИ 41.27.29

Э.К. Денисюк, Г.К. Айманова, С.А. Шомшекова, И.В. Рева, М.А. Кругов
Астрофизический Институт им Фесенкова, Алматы, Казахстан
E-mail: eddenis@mail.ru

**СПЕКТРАЛЬНЫЕ И ФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
СЕЙФЕРТОВСКОЙ ГАЛАКТИКИ NGC 5548**

Аннотация. Галактики с активными ядрами, и в частности сейфертовские галактики демонстрируют спектральную и фотометрическую переменность на временных интервалах от нескольких часов до нескольких лет. Источниками переменности могут быть газовой-пылевые облака в окрестностях черной дыры, и отдельные звезды, периодически проходящие через аккреционный диск. Возможной причиной переменности может быть двойственная природа центральной черной дыры.

В Астрофизическом институте им. Фесенкова спектральные наблюдения сейфертовских галактик проводятся на протяжении 50 лет. Для наблюдений используются телескоп АЗТ-8 и 1-метровые рефлекторы, расположенные на высокогорной Обсерватории ТШАО. В данной статье приводятся результаты спектральных и фотометрических исследований галактики NGC 5548.

Анализ ее кривой блеска свидетельствует о том, что имеют место практически постоянные колебания значений $B V R$ величин в пределах $\sim 0^m.3$. Кроме того, прослеживается тенденция плавного изменения среднего уровня блеска, в частности, в сторону его повышения.

Фрагменты спектрограмм, полученных в разные годы, содержат эмиссионные линии $H\alpha$ и $[NII]$ и дают возможность оценить изменения уровня континуума, формы профилей и потоков излучения в широкой компоненте водородной линии. Так, наблюдалось значительное увеличение ширины эмиссионных крыльев линии $H\alpha$. Кроме того, в 2004 г на коротковолновом крыле $H\alpha$ появилась дополнительная эмиссионная деталь, которая просуществовала до 2018г. Лучевая скорость эмиссии менялась со временем, вызывая ее видимое смещение вдоль профиля основной линии. Подобные дополнительные эмиссии с переменными лучевыми скоростями могут создаваться эмиссионными объектами, движущимися в поле тяготения центрального тела.

Ключевые слова: сейфертовские галактики, эмиссионный спектр, $B V R$ звездные величины, индивидуальные объекты: NGC 5548

Введение.

Галактики с активными ядрами (АЯГ) отличаются высокой активностью в широком диапазоне длин волн. В качестве возможных источников переменности на разных временных масштабах (от нескольких часов до нескольких лет) рассматриваются орбитальные движения газовой-пылевых облаков и влияние звезд, периодически проходящих через аккреционный диск. Возможной причиной переменности может быть двойственная природа центральной черной дыры. Класс сейфертовских галактик получил свое название в честь их первооткрывателя. Эти объекты отличаются высокой яркостью центрального ядра и широкими эмиссионными линиями в спектре. Кривые блеска сейфертовских галактик (СГ), как правило, носят сложный характер: долгопериодическая составляющая порядка нескольких лет соответствует зоне с радиусом $\sim 10^{17}$ - 10^{18} см. Нерегулярные всплески длительностью несколько недель или несколько месяцев могут формироваться в более внутренних околоядерных зонах. В центре сейфертовских галактик, скорее

всего, расположена сверхмассивная черная дыра ($M \sim 10^6 - 10^9 M_\odot$), окруженная аккреционным диском. В зависимости от ширины эмиссионных разрешенных линий в спектре, сейфертовские галактики делятся на два типа. В спектрах галактик Сейферт I наблюдаются широкие линии H α , узкие разрешенные линии H β , He I и узкие запрещенные линии [OIII] [NII] [SII] [OI]. Предполагается, что широкие эмиссии формируются в околоядерных зонах (Broad Line Region, BLR), размером в несколько десятых парсека. Там располагаются быстровращающиеся облака ионизованного газа, их электронная плотность $\sim 10^9 \text{ см}^{-3}$ увеличивается к центру [1]. Именно поэтому широкие эмиссионные линии быстро реагируют на изменения мощности ионизирующего излучения. Их интенсивность отражает изменения мощности ионизирующего излучения, протяженность крыльев профилей линий зависит от динамических процессов в околоядерной зоне. Возможно, звездный ветер аккреционного диска влияет на форму профилей широких линий [2]. Узкие эмиссионные линии образуются в более внешних зонах (NLR) с размерами до сотен парсек. Узкие линии могут оставаться неизменными на протяжении нескольких десятков – сотен лет, и служат своеобразными стандартами потоков излучения для широких компонент [3,4].

Сейфертовские галактики имеют сходные характеристики с квазарами, но в отличие от последних они расположены ближе и более доступны для наблюдений. Основные характеристики и структура области BLR изучается путем создания геометрических и динамических моделей для аппроксимации результатов всеволнового мониторинга NGC 5548 [4]. В результате удалось определить форму и расположение зон образования эмиссионных линий HeII, H β , CIV и Ly α , получить уточненную оценку массы центрального тела (ЦТ): $\log_{10}(M_{\text{BH}}/M_\odot) = 7.64$ [5,6]. В последние годы большое внимание уделяется исследованиям АЯГ в рентгеновском диапазоне. Соответствующие данные позволяют получить информацию о внутренних зонах аккреционного диска, в которых генерируется основная доля излучения. Оптические наблюдения также не теряют своей актуальности. Исследования переменности позволяет понять структуру околоядерных зон и выделить процессы, ответственные за те или иные наблюдаемые характеристики. В частности, из-за удаленности галактик исследование населения их околоядерных зон возможно только косвенными методами.

Одна из наиболее ярких сейфертовских галактик - NGC 5548 относится к классу SY 1. Она имеет диаметр более 40 Кпс и расположена на расстоянии более 22 Мпс с соответствующим красным смещением $z=0.0171$. Масса галактики составляет $12.3 \cdot 10^7 M_\odot$. Исследованием переменности занимались авторы многих работ. В частности, результаты спектральных исследований NGC 5548, охватывающие 43 года, представлены в статье [7]. Авторы обнаружили изменения уровня континуума ($\lambda=5100\text{Å}$) и потока в эмиссионной линии H β с периодом ~ 5700 дней.

В Астрофизическом институте им. Фесенкова (АФИФ) спектральные исследования сейфертовских галактик проводятся начиная с 70-х годов прошлого века. Получен огромный объем информации более чем для 20 галактик. Спектральные исследования галактики NGC 5548 начались в 1976 году. Фотометрические наблюдения проводятся с 2013г. В данной статье обсуждаются полученные результаты.

Наблюдения и обработка результатов

Спектральные наблюдения, в основном, проводятся на телескопе АЗТ-8 с диаметром зеркала 70 см. Используется щелевой спектрограф, разработанный и изготовленный в АФИФ в 70-годах. До 2000г. приемником излучения служил трехкаскадный электронно-оптический преобразователь, (ЭОП) УМ-92. Преобразованные ЭОПом изображения регистрировались на специальную астрономическую эмульсию.

После 2000г. в качестве приемника излучения стала использоваться CCD-камера SBIG ST-8 (1530 x 1020, 9 μ) и, после модернизации ее место заняла CCD-camera SBIG STT-3200 (2184x1472, 6.8 μ). В последние годы спектральные наблюдения галактик также выполняются на «западном» 1-метровом телескопе Тянь-Шанской Астрономической Обсерватории (ТШАО). Полученные спектрограммы проходят стандартную процедуру обработки. Для калибровки шкалы длин волн используется спектр лампы СГЗ-С с линиями He, Ne и Ar. Для абсолютной калибровки потоков излучения используются спектры стандартных звезд с известным распределением энергии из [8].

Наблюдения звезд-стандартов выполняются непосредственно до или после исследуемого объекта и на той же высоте над горизонтом.

Фотометрические наблюдения проводятся на «восточном» 1-метровом телескопе, установленном на ТШАО. Используются Argee CCD camera Alta F16M (4096x4096, 9 μ) и набор фильтров B V R Джонсона. Файлы с изображениями объектов проходят стандартную обработку (IRAF). Измерения блеска ядра исследуемой галактики выполняется с апертурой, выбранной для каждой галактики. В качестве стандартов используются звезды с измеренным блеском в окрестности галактики.

Результаты спектральных наблюдений

Большая часть спектральных наблюдений NGC 5548 выполнялась в «красном» диапазоне длин волн. Данный спектральный интервал содержит самую яркую в видимой области спектра линию H α , рядом с которой находятся две узкие запрещенные эмиссионные линии азота [NII]. Эмиссионная линия H α состоит из двух компонент: узкой и широкой, с крыльями, простирающимися на нескольких тысяч км/сек. Широкие линии формируются в околоядерных зонах и быстро реагируют на изменения мощности излучения центрального источника. Узкие линии формируются в более внешних, протяженных областях, что приводит к большому временному запаздыванию их реакции на проявления переменности ионизирующего излучения. Именно поэтому интенсивность узких линий продолжает оставаться неизменной в течение нескольких месяцев и даже лет.

На Рис.1 приводятся спектрограммы галактики NGC 5548, полученные в АФИФ начиная с 1976 года. Хорошо видны изменения формы группы эмиссионных линий H α + [NII] в зависимости от времени. Так, в 1976 – 1999 гг ширина крыльев эмиссии составляла $\sim \pm 4500$ км/сек, начиная с 2004 г. она увеличилась до $\sim \pm 7500$ км/сек и сохраняется в таком состоянии до настоящего времени. Кроме того, на “синем” крыле эмиссии обнаружена эмиссионная деталь, на Рис1 она отмечена стрелками. Положение этой дополнительной эмиссии удастся проследить с 1976 по 2018 год. Ее форма и амплитуда меняются в небольших пределах. Наиболее интересным оказалось изменение во времени ее лучевой скорости относительно центра линии H α , это отражено на рисунке 2. Фактически, мы получили зависимость от времени проекции скорости движения эмиссионного объекта в гравитационном поле центрального сверхмассивного тела.

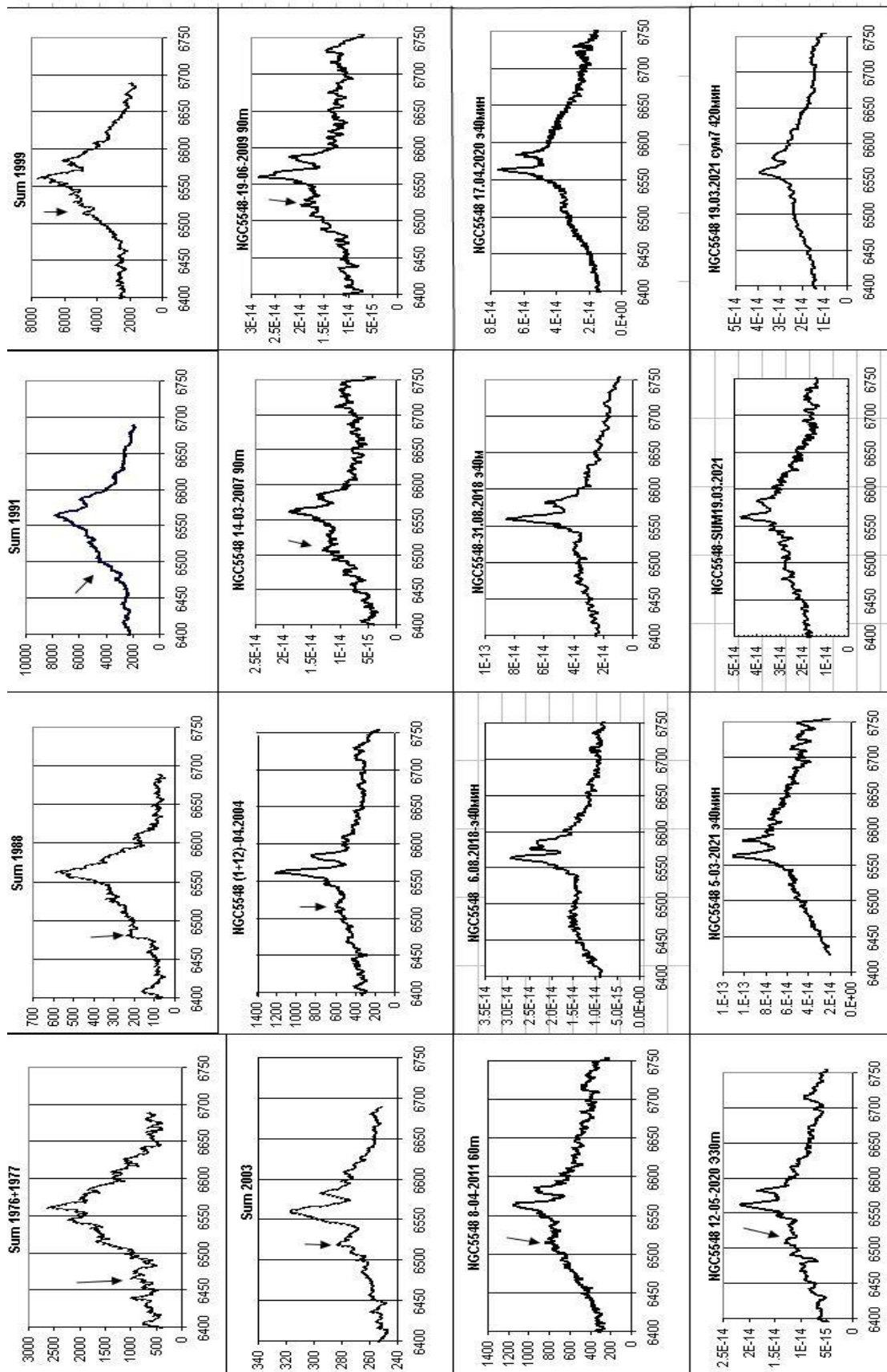


Рисунок 1 – Фрагменты спектрограмм NGC 5548, полученных в разные годы. Даты наблюдений и экспозиции в минутах указаны в верхней части кадров, оси X - длины волн в ангстремах в системе координат галактики, оси Y – интенсивности в произвольных относительных единицах или в абсолютных единицах эрг/см²А.сек.

Аналогичные дополнительные эмиссионные детали наблюдались в профилях водородных линий в спектрах других галактик [9,10]. Скорее всего, они создаются ионизованными объектами неизвестной природы, которые, как и звезды, входят в состав галактик и иногда оказываются вблизи центрального тела, вращающимися в гравитационном поле сверхмассивного центрального тела.

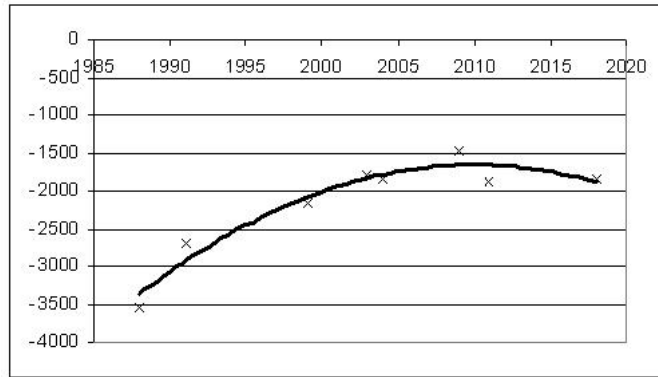


Рисунок 2 - Зависимость лучевой скорости эмиссионной детали в спектре NGC 5548 от времени. Ось X – шкала времени в годах, ось Y-лучевая скорость в км/сек. Сплошная кривая – аппроксимация наблюдаемых лучевых скоростей.

Результаты фотометрических наблюдений NGC 5548 в 2014 – 2021 гг.

В Таблице 2 приведены значения блеска ядра галактики NGC 5548, полученные с 6" апертурой. В качестве стандарта использовалась звезда: GPM 214.582219+25.152608, B=15.00; V=14.8; R=14.2. Наши погрешности определения звездных величин B V и R в среднем составляют 0^m.005, 0^m.003 и 0^m.002.

Таблица 2 – B V R величины галактики NGC 5548

Дата наблюдений	JD-2440000	B	V	R
09.04.2014	16756	13.767	13.56	12.687
05.04.2015	17117	14.273	13.913	12.974
09.04.2015	17121	14.226	13.881	12.959
11.04.2015	17123	14.237	13.91	12.97
22.04.2015	17134	14.089	13.83	12.92
28.04.2015	17140	14.073	13.782	12.866
03.05.2015	17145	14.024	13.749	12.851
18.05.2015	17160	14.075	13.856	12.938
01.06.2015	17174	14.324	13.942	13.003
02.06.2015	17175	14.286	13.915	12.982
09.06.2015	17182	14.058	13.898	12.956
10.06.2015	17183	14.09	13.87	12.964
11.06.2015	17184	14.041	13.866	12.935
16.06.2015	17189	14.177	13.907	12.969
17.06.2015	17190	14.171	13.921	12.987
18.06.2015	17191	14.193	13.932	12.981
19.06.2015	17192	14.152	13.918	12.976
05.04.2016	17483	14.028	13.733	12.842
13.05.2016	17521	14.154	13.836	12.902
03.06.2016	17542	14.335	13.954	12.995

05.06.2016	17544	14.032	13.751	12.839
Продолжение Таблицы 2				
09.06.2016	17548	14.087	13.778	12.858
22.02.2017	17806	13.992	13.744	12.883
07.03.2017	17819	14.13	13.818	12.926
08.03.2017	17820	14.16	13.833	12.962
14.03.2017	17826	14.294	13.923	13.033
18.04.2017	17861	14.085	13.805	12.928
26.05.2017	17899	13.871	13.647	12.782
08.06.2017	17912	13.94	13.686	12.796
17.02.2018	18166	14.349	13.941	13.025
03.04.2018	18211	14.165	13.841	12.97
22.04.2018	18230	14.118	13.807	12.924
26.04.2018	18234	14.136	13.819	12.941
02.05.2018	18240	14.098	13.803	12.916
05.06.2018	18274	14.067	13.741	12.864
11.03.2019	18553	13.994	13.748	12.877
06.04.2019	18579	14.052	13.77	12.888
13.04.2019	18586	13.988	13.713	12.832
05.05.2019	18608	13.735	13.566	12.726
24.06.2019	18658	13.743	13.513	12.658
11.03.2021	19284	13.808	13.581	12.725

Для полноты картины эволюции блеска галактики NGC 5548 на Рисунке 3 приводятся кривые блеска за 2003 -2021гг в В и V фильтрах. Использовались результаты из работы [11].

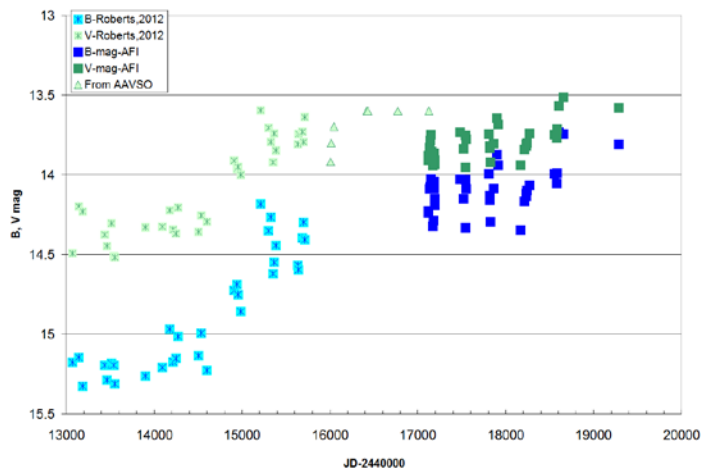


Рисунок 3 – Кривые блеска NGC 5548 в фильтрах В и V. Ось X – юлианские даты JD-2440000, ось Y – звездные величины В и V.

Судя по приведенной кривой, в 2009 – 2010 гг. произошло значительное, примерно на $0^m.5$, увеличение блеска NGC5548 в фильтрах В и V. Высокий средний уровень блеска сохраняется до настоящего времени, амплитуда колебаний составляет $\sim 0^m.3$.

Заклучение

Многолетние исследования сейфертовской галактики NGC 5548 подтверждают спектральную и фотометрическую переменность объекта. Данные Таблицы 3 и кривая блеска (рисунок 3) свидетельствуют о том, что, во-первых, имеют место практически постоянные колебания блеска в пределах $\sim 0^m.3$. Во-вторых, прослеживается тенденция плавного изменения среднего уровня блеска, в частности, в сторону его повышения.

Можно посмотреть, как эти изменения проявляются в спектре галактики. К сожалению, большая часть ранних спектрограмм галактики была получена без стандартов, и их абсолютная калибровка невозможна. Используя имеющиеся данные, получаем, что уровень континуума при $\lambda \sim 6500 \text{ \AA}$ в 2007г. составлял $5 \cdot 10^{-14} \text{ эрг/см}^2 \text{ сек \AA}$, к 2009г. он повысился до $10^{-13} \text{ эрг/см}^2 \text{ сек \AA}$, в течение 2018-2021гг. интенсивность континуума колеблется в пределах $(1-2) \cdot 10^{-13} \text{ эрг/см}^2 \text{ сек \AA}$. Происходили изменения формы профилей эмиссионных линий. Так, наблюдалось значительное увеличение ширины эмиссионных крыльев линии H α . В 2004 г. на ее коротковолновом крыле появилась дополнительная эмиссионная деталь, которая просуществовала до 2018г. Ее лучевая скорость – проекция скорости движения на луч зрения, менялась со временем, вызывая видимое смещение эмиссии вдоль профиля основной линии. Подобные дополнительные эмиссии с переменными лучевыми скоростями могут создаваться эмиссионными объектами, движущимися в поле тяготения центрального тела.

Таких объектов в галактиках может быть достаточно много, если предположить, что они, как и другие объекты, составляющие тело галактик, участвуют в общем вращении и оказываются в центре тогда, когда в результате гравитационного взаимодействия с другими массами теряют свою орбитальную скорость и практически падают к центру. В результате их орбиты становятся близкими к параболам или эллиптическими с большим эксцентриситетом. Трудность их обнаружения и изучения связана с тем, что они, вероятно, не имеют собственных источников энергии и проявляются в оптическом диапазоне только после ионизации. Их массы и другие свойства неизвестны.

This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP08855631).

Э.К. Денисюк, Г.К. Айманова, С.А. Шомшекова, И.В. Рева, М.А. Кругов

В.Г. Фесенков атындағы Астрофизика институты, Қазақстан

E-mail: eddenis@mail.ru

NGC5548 СЕЙФЕРТ ҒАЛАМЫНЫҢ СПЕКТРЛІК ЖӘНЕ ФОТОМЕТРЛІК ЗЕРТТЕУЛЕРІ

Аннотация. Белсенді ядролы ғаламдар, соның ішіндегі сейферт ғаламдары бірнеше сағаттан бірнеше жылға дейінгі уақыт аралығында спектрлік және фотометрлік айнымалылығын көрсетеді. Айнымалылықтың көзі қара құрдымының маңындағы газ-тозаңды бұлттар, және аккрециялық дискіден периодты түрде қайталанып өтіп тұратын жеке жұлдыздар болуы мүмкін. Айнымалылықтың тағы бір себебі орталық қара құрдымдың табиғатының екі жақтылығы болуы мүмкін.

Фесенков атындағы Астрофизика институтында сейферт ғаламдарының спектрлік бақылаулары 50 жылдан астам жүргізілуде. Бақылау үшін биік таулы ТШАО Обсерваториясында орналасқан 1 метрлік және АЗТ-8 телескоп рефлекторлары қолданылады. Бұл жұмыста NGC 5548 ғаламының спектрлік зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Өртүрлі жылдарда алынған спектрограмма фрагменттері H α және [NII] эмиссиялық сызықтары бар және олар континуум деңгейінің өзгеруін, сутегі сызықтарының құраушыларының кең сәулеленуінің ағынын және профиль пішінін бағалауға мүмкіндік береді. В және V фильтрлерінде жарқыраудың орташа мәндерінің өзгеруі $0^m.3$ шаманы құрайды.

NGC 5548 спектрлерінде эмиссиялық сызықтарының кескінінің пішінінің өзгеруі тіркелді. H α эмиссиялық сызықтарының қанаттарының енінің үлкейгендігі байқалды, 2004 жылы оның қысқа

толқынды қанатында қосымша эмиссиялық бөлшектер пайда болды, ол 2018 жылғы дейін өмір сүрді. Эмиссияның сәулелік жылдамдығы – көру көзіне қозғалыс жылдамдығының проекциясы, уақыт бойынша өзгерді, негізгі сызықтың кескінінің бойымен оның көрінерлік ығысуын туғызды. Айнымалы сәулелік жылдамдығы бар осындай қосымша эмиссиялар орталық денелердің тартылыс өрісінде айналатын эмиссиялық объектілермен құрулуы мүмкін.

Түйін сөздер: сейферт ғаламдары, эмиссиялық спектр, B V R жұлдыздық шамалары, жеке объектілер: NGC 5548.

E.K. Denissyuk, G.K. Aimanova, S.A. Shomshekova, I.V. Reva, M.A. Krugov

Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan

E-mail: eddenis@mail.ru

SPECTRAL AND PHOTOMETRIC STUDY OF THE SEYFERT GALAXY NGC 5548

Abstract: Galaxies with active nuclei, in particular, Seyfert galaxies, exhibit spectral and photometric variability at time intervals from several hours to several years. The sources of variability can be gaseous- dusty clouds in the vicinity of the black hole, and individual stars periodically passing through the accretion disk. A possible reason for the variability may be also the binary central black hole. The spectra of Seyfert galaxies contain HI and HeI emission lines and a number of forbidden lines [OIII], [NII] and [SII].

Emission lines of hydrogen consist of two components: narrow and broad, up to several thousand km / sec. Broad lines are formed in the interior zones, and quickly respond the changes in the radiation power of the central source. Narrow lines are formed in the outer, extended regions. The remote location from the central body leads to a large time delay in their response to variability of ionizing radiation. Therefore, the intensity of narrow lines remains unchanged for several months and even years and can be used as standards for absolute calibration of radiation fluxes in broad lines.

At the Fesenkov Astrophysical Institute spectral observations of Seyfert galaxies have been carried out for 50 years. The telescope AZT-8 and 1-meter reflectors located at the high-altitude TShAO Observatory are used for observations. This article presents the results of spectral studies of the galaxy NGC 5548. Fragments of the spectrograms obtained in different years contain the H α and [NII] emission lines and make it possible to analyze changes in the continuum level, profile shapes and radiation fluxes in the broad component of the hydrogen line.

A review of the photometric history of NGC 5548 indicates a significant increase in the brightness of the galaxy in 2009-2010, this level persists to the present day. Oscillations with respect to the average brightness values in the B and V filters are of the order of 0^m. 3.

Changes of the emission line profiles are recorded in the spectrum of NGC 5548. Thus, a significant increase in the width of the emission wings of the H α line was observed. An additional emission feature appeared on its shortwave wing in 2004 and it existed until 2018. Radial velocity of emission feature - the projection of the velocity of movement on the line of sight, changed over time, causing its apparent displacement along the profile of the main line. Such additional emissions with variable radial velocities can be created by emission objects rotating in the gravitational field of the central body.

There can be quite a lot of such objects in galaxies, if we assume that they, like other objects in galaxy, the participate in the general rotation and appeared in the center when, as a result of gravitational interaction with other masses, they lose their orbital velocity and practically fall to center. As a result, their orbits become close to parabolas or elliptical with a large eccentricity. The difficulty of detecting and studying such objects is due to the fact that they probably do not have their own energy sources and appear in the optical range only after ionization. Their masses and other properties are unknown.

Key words: seyfert galaxies, emission spectra, B V R magnitudes, individual objects:NGC 5548

Information about the authors:

Denissyuk E.K., Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Chief Research Associate, Fesenkov Astrophysical Institute. Email: eddenis@mail.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5020-2557>.

Aimanova G.K. Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Leading Research Associate, Fesenkov Astrophysical Institute. Email: agauhar@mail.ru . ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3869-8913> .

Shomshekova S. A. PhD, Senior Researcher, Fesenkov Astrophysical Institute. Email: shmshekva-saule@mail.ru ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9841-453X>.

Reva I.V. Master of Sciences in Physics and Astronomy, Research Associate, Fesenkov Astrophysical Institute. Email: alfekka@gmail.com . ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9944-8398>.

Krugov M.A. Specialist in Engineering, Engineer, Fesenkov Astrophysical Institute. Email: mkrugov@astroclub.kz ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2788-2176>.

Литература

[1] Peterson B., Denney K., De Rosa G., et al. (2013) The size of the narrow-line emitting region in the Seyfert galaxy NGC 5548 from emission-line variability,. *ApJ*, 779:109. .DOI: 10.1088/0004-637X/779/2/109 .(in Eng).

[2] Matthews J., Knigge C., et al. (2020) Stratified disc wind models for the AGN broad-line region: ultraviolet, optical, and X-ray properties, *MNRAS*, 492:5540. DOI: 10.1093/mnras/staa136. .(in Eng).

[3] Peterson, B.M., Foltz, C.B., Byard, P.L., & Wagner, R.M.(1982) Variability of the emission-line spectra and optical continua of Seyfert galaxies. *ApJS*, 49:469. DOI: 10.1086/190807. (in Eng).

[4] Edelson R., Gelbord J., Horne K., et al. (2015). Space telescope and optical reverberation mapping project. II. Swift and HST reverberation mapping of the accretion disk of NGC 5548. II. Swift data (Edelson+, 2015). *ApJ*, 806:129. (in Eng).

[5] Williams P., Pancoast I., Treu T., et al. (2021) Space Telescope and Optical Reverberation Mapping Project. XII. Broad-Line Region Modeling of NGC 5548, *ApJ*, 902:21. DOI: 10.3847/1538-4357/abba7. (in Eng).

[6] Home K., De Rosa G., Peterson B., et al. (2021) Space Telescope and Optical Reverberation Mapping Project. IX. Velocity-Delay Maps for Broad Emission Lines in NGC 5548, *Ap J* 907:76. DOI: 10.3847/1538-4357/abce60. (in Eng).

[7] Bon E., Zuccker S., Netser H., et al.(2016) Evidence for Periodicity in 43 year-long Monitoring of NGC 5548. *ApJS*, 201:29. 225. 2016yCat..22250029B. (in Eng).

[8] Харитонов А.В., Терещенко В.М., Князева Л.Н. Спектрофотометрический Каталог звезд. Алматы. 1988.

[9] Denissyuk E.K., Valiullin R.R., Gaisina V.N. (2015) The mass of the central body of the galaxy Ark 120 and the orbits of objects in its gravitational field. *ARep*, 59:123.DOI: 10.1134/S106377291412004X. (in Eng).

[10] Denissyuk E.K., Valiullin R.R., Gaisina V.N. (2011) The motion of an emission-line region near the center of the galaxy NGC 4151. *ARep*,55:761.DOI: 10.1134/S1063772911090034. (in Eng).

[11] Roberts K., Rumstay K. A (2012) Ten-year photometric study of selected active galaxies. *Journal of the South eastern Association for Research in Astronomy*. 6:47. (in Eng).

REFERENCES

[1] Peterson B., Denney K., De Rosa G., et al. (2013) The size of the narrow-line emitting region in the Seyfert galaxy NGC 5548 from emission-line variability,. *ApJ*, 779:109. .DOI: 10.1088/0004-637X/779/2/109 .(in Eng).

[2] Matthews J., Knigge C., et al. (2020) Stratified disc wind models for the AGN broad-line region: ultraviolet, optical, and X-ray properties, *MNRAS*, 492:5540. DOI: 10.1093/mnras/staa136. .(in Eng).

[3] Peterson, B.M., Foltz, C.B., Byard, P.L., & Wagner, R.M.(1982) Variability of the emission-line spectra and optical continua of Seyfert galaxies. *ApJS*, 49:469. DOI: 10.1086/190807. (in Eng).

- [4] Edelson R., Gelbord J., Horne K., et al. (2015). Space telescope and optical reverberation mapping project. II. Swift and HST reverberation mapping of the accretion disk of NGC 5548. II. Swift data (Edelson+, 2015). *ApJ*, 806:129. (in Eng).
- [5] Williams P., Pancoast I., Treu T., et al. (2021) Space Telescope and Optical Reverberation Mapping Project. XII. Broad-Line Region Modeling of NGC 5548, *ApJ*, 902:21. DOI: 10.3847/1538-4357/abba7. (in Eng).
- [6] Home K., De Rosa G., Peterson B., et al. (2021) Space Telescope and Optical Reverberation Mapping Project. IX. Velocity-Delay Maps for Broad Emission Lines in NGC 5548, *Ap J* 907:76. DOI: 10.3847/1538-4357/abce60. (in Eng).
- [7] Bon E., Zuccker S., Netser H., et al. (2016) Evidence for Periodicity in 43 year-long Monitoring of NGC 5548. *ApJS*, 201:29. 225. 2016yCat..22250029B. (in Eng).
- [8] Kharitonov A.V., Tereschenko V.M., Knyazeva L.N. Spectrophotometric Catalog of stars. Almaty. 1988. (in Rus).
- [9] Denissyuk E.K., Valiullin R.R., Gaisina V.N. (2015) The mass of the central body of the galaxy Ark 120 and the orbits of objects in its gravitational field. *ARep*, 59:123. DOI: 10.1134/S106377291412004X. (in Eng).
- [10] Denissyuk E.K., Valiullin R.R., Gaisina V.N. (2011) The motion of an emission-line region near the center of the galaxy NGC 4151. *ARep*, 55:761. DOI: 10.1134/S1063772911090034. (in Eng).
- [11] Roberts K., Rumstay K. A (2012) Ten-year photometric study of selected active galaxies. *Journal of the South eastern Association for Research in Astronomy*. 6:47. (in Eng).

**Publication Ethics and Publication Malpractice
in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan**

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

(Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайтах:

[www:nauka-nanrk.kz](http://www.nauka-nanrk.kz)

<http://physics-mathematics.kz/index.php/en/archive>

ISSN 2518-1726 (Online), ISSN 1991-346X (Print)

Редакторы: *М.С. Ахметова, Р.Ж. Мрзабаева, Д.С. Аленов*
Верстка на компьютере *В.С. Зикирбаева*

Подписано в печать 12.06.2021.
Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
11 п.л. Тираж 300. Заказ 3.