

**ISSN: 1991-346X (Print)**  
**ISSN: 2518-1726 (Online)**

**ACADEMIC JOURNAL  
OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**Nº3  
2025**

ISSN 2518-1483 (Online),  
ISSN 2224-5227 (Print)

2025 • 3



**ACADEMIC JOURNAL  
OF PHYSICAL AND  
CHEMICAL SCIENCES**

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

**Editor-in-Chief:**

**ZHURINOV Murat Zhurinovich**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Acting President of RPA NAS RK, General Director of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

**Editorial Board:**

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

**ADEKONOV Sergazy Mynzhasarovich**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Director of the International Science and Production Holding "Phytochemistry" (Karaganda, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

**ABIEV Rufat**, Doctor of Technical Sciences (Biochemistry), Professor, Head of the Department of Optimization of Chemical and Biotechnological Equipment, St. Petersburg State Technological Institute (St. Petersburg, Russia) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

**OLIVIERO Rossi Cesare**, PhD (Chemistry), Professor at the University of Calabria (Calabria, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

**TIGINYANU Ion Mihailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician, President of the Academy of Sciences of Moldova, Technical University of Moldova (Chisinau, Moldova), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

**SANG SU Kwak**, PhD (Biochemistry, Agricultural Chemistry), Professor, Chief Scientist, Research Center for Plant Systems Engineering, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daejeon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

**BERSIMBAEV Rakhatmetkazhi Iskenderovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Astana, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

**CALANDRA Pietro**, PhD (Physics), Professor, Institute for the Study of Nanostructured Materials (Rome, Italy), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

**BOSHKAEV Kuantai Avgazyevich**, PhD, Associate Professor, Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

**BURKITBAEV Mukhambetkali**, Doctor of Chemical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

**QUEVEDO Hernando**, Professor, National Autonomous University of Mexico (UNAM), Institute of Nuclear Sciences (Mexico City, Mexico), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

**ZHUSUPOV Marat Abzhanovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor of the Department of Theoretical and Nuclear Physics, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

**KOVALEV Alexander Mikhailovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of NAS of Ukraine, Institute of Applied Mathematics and Mechanics (Donetsk, Ukraine), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

**TAKIBAEV Nurgali Zhabagayevich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

**KHARIN Stanislav Nikolaevich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, Kazakh-British Technical University (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Branch of NRNU MEPhI Kazakh National University named after Al-Farabi (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

**ABISHEV Medeu Erzhanovich**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Academician of NAS RK, (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

**ABILMAGZHANOV Arlan Zainutallaevich**, PhD in Chemistry, First Deputy Director General of JSC "Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry named after D.V. Sokolsky" , (Almaty, Kazakhstan), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

**ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES.**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Owner: «Central Asian Academic Research Center» LLP (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 № KZ93VPY00121157 issued 05.06.2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

**Бас редактор:**

**ЖУРЫНОВ Мурат Жүрінұлы**, химияғылымдарының докторы, профессор, КР ҮФА академигі, КР ҮФА РКБ президенті м.а., АҚ «Д.В. Сокольский атындағы Отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

**Редакция ұжымы:**

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нұрәліұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҮФА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

**ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мынжасарұлы**, химияғылымдарының докторы, профессор, КР ҮФА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингтің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

**РАМАЗАНОВ Тілекқабыл Сәбітұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҮФА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеттің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

**ӘБИЕВ Рұфат**, техникағылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны оңтайландыру» кафедрасының мөнгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

**ОЛИМПЬЕРО Rossi Cesare**, PhD (химия), Калабрия университеттің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=5722137597>

**ТИГИНИНУ Ион Михайлович**, физика-математикағылымдарының докторы, академик, Молдова Ғылым Академиясының президенті, Молдова техникалық университетті (Кишинев, Молдова) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

**САНГ-СУ Квак**, PhD (биохимия, арохимия), профессор, Корея Биогылым және биотехнологияғылыми-зерттеу институты (KRIBB), осімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқұлы Ескендеріұлы**, биологияғылымдарының докторы, профессор, КР ҮФА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университетті (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

**КАЛАНДРА Пьетро**, PhD (физика), нанокүрьымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

**БОШКАЕВ Қуантай Авғазғыұлы**, Ph.D. Теориялық және ядролық физика кафедрасының доценті, әл-Фарабийнадағы Қазақ ұлттық университетті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

**Бұркітбаев Мұхамбетқали**, химияғылымдарының докторы, профессор, КР ҮФА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Мексика ұлттық автономиялық университетті (UNAM), Ядролық ғылымдар институты (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

**ЖУССПОВ Марат Абжанұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, теориялық және ядролық физика кафедрасының профессоры, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, физика-математикағылымдарының докторы, Украина ҮФА академигі, Колданбалы математика және механика институты (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

**ТАКІБАЕВ Нұргали Жабагаұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҮФА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

**ХАРИН Станислав Николаевич**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҮФА академигі, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербұланович**, физика-математикағылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

**ӘБІШЕВ Медеу Ержанұлы**, физика-математикағылымдарының докторы, профессор, КР ҮФА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

**ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арлан Зайнутталайұлы**, химияғылымдарының кандидаты, Д.В. Сокольский атындағы «Отын, катализ және электрохимия институты» АҚ бас директорының бірінші орынбасары, (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

**ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

Меншіктеуші: «Орталық Азия академиялық ғылыми орталығы» ЖШС (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасос басылымын, ақпарат агенттігін және желелік басылымды қайта есепке қою туралы КР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **05.06.2025 ж.** берген № KZ93VPY00121157 Қуалық.

Такырыптық бағыты: *физика, химия*.

Мерзімділігі: жылдана 4 рет.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

Главный редактор:

**ЖУРИНОВ Мурат Журинович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, и.о. президента РОО НАН РК, Генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602177960>

Редакционная коллегия:

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

**АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

**РАМАЗАНОВ Тлеекабул Сабитович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

**АБИЕВ Руфат**, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602431781>

**ОЛИВЬЕРО Rossi Чезаре**, доктор философии (PhD, химия), профессор Университета Калабрия (Калабрия, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

**ТИГИНИЯНУ Ион Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик, президент Академии наук Молдовы, Технический университет Молдовы (Кишинев, Молдова), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006315935>

**САНГ-СУ Квак**, доктор философии (PhD, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионики и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

**БЕРСИМБАЕВ Раҳметқажи Исқендирович**, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Астана, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

**КАЛАНДРА Пьетро**, доктор философии (PhD, физика), профессор Института по изучению наноструктурированных материалов (Рим, Италия), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

**БОШКАЕВ Куантай Авғазыевич**, PhD, преподаватель, доцент кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=54883880400>

**БҮРКИТТАЕВ Мұхамбетқали**, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

**QUEVEDO Hernando**, профессор, Национальный автономный университет Мексики (UNAM), Институт ядерных наук (Мехико, Мексика), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55989741100>

**ЖУСПОВ Марат Абжанович**, доктор физико-математических наук, профессор кафедры теоретической и ядерной физики, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602166928>

**КОВАЛЕВ Александр Михайлович**, доктор физико-математических наук, академик НАН Украины, Институт прикладной математики и механики (Донецк, Украина), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7202799321>

**ТАКИБАЕВ Нургали Жабагаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

**ХАРИН Станислав Николаевич**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701353063>

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербұланович**, кандидат физико-математических наук, доцент, Филиал НИЯУ МИФИ Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

**АБИШЕВ Медеу Ержанович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=26530759900>

**АБИЛЫМАГЖАНОВ Арлан Зайнаптұлаевіч**, кандидат химических наук, первый заместитель генерального директора АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», (Алматы, Казахстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57197468109>

ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)

Собственник: ТОО «Центрально-азиатский академический научный центр» (г. Алматы).

Свидетельство № KZ93VPY00121157 о повторной регистрации периодического печатного издания информационного агентства, информационного агентства и сетевого издания, выданное Республиканским государственным учреждением «Комитет информации» Министерства культуры и информации Республики Казахстан 05.06.2025

Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

**CONTENTS****PHYSICS****M.B. Albatyrova**

- Energy evolution equation in a nonlinear spin system: derivation and numerical modeling.....11

**E.A. Dmitriyeva, A.E. Kemelbekova, A.K. Shongalova, O.A. Shilova**

- Effect of the precursor concentration on the morphology and photosensitivity of the resulting ZnO thin films.....21

**A. Istlyap, L. Myasnikova, A. Lushchik**

- Computer simulation of the electrical properties of a carbon sheet with alkali metal iodide crystals.....33

**A. Kenesbayeva, Ye.I. Kuldeev, E.O. Shalenov, T.B. Nurpeissova**

- Determination of the gravitational constant.....49

**Sh.T. Nurmakhametova, N.L. Vaidman, S.A. Khokhlov, A.T. Agishev,****A.A. Khokhlov**

- The emission-line dusty object IRAS 07080+0605: evidence for binarity.....60

**E.Otunchi, A.A. Migunova, A.Umirzakov, N.Tokmoldin**

- Effect of the composition of the film-forming system on the properties of SnO<sub>2</sub> films obtained by spray pyrolysis.....71

**U.A. Ualikhanova, A.N. Abdipatta, O.V. Razina, A.M. Syzdykova, G.S. Altayeva**

- Bulk viscosity in f(T) gravity and its impact on cosmological evolution.....83

**A.Zh. Umirbayeva, L. Aktay, L.N. Kondratyeva, I.M. Izmailova, A. Shomshekova**

- Methodology for the reduction of archival slit spectra of planetary nebulae.....99

**N. Egletesadi, S.S. Uzakbaeva, Z.K. Aimaganbetova, N.N. Zhanturina,****A.Z. Bekeshev**

- Prediction of the kinetic properties of low-density polyethylene.....115

**D. Yurin, D. Kuvatova, A. Glushenko, Ch. Omarov, M. Makukov**

- Analysis of the limits of direct n-body simulation using Nvidia RTX4090 GPU cards.....131



**CHEMISTRY**

<b>A.S. Beisenova, A.A. Zhanybekova, M.M. Duysebaeva, G.E. Berganaeva</b> Study of the chemical composition of <i>Centaurea diffusa</i> Lam. growing in the territory of Almaty region.....	146
 <b>N.N. Berikbol, Zh.S. Kassymova, L.K. Orazzhanova, A.N. Klivenko, N.N. Nurgaliyev</b> Synthesis of interpolyelectrolyte complexes from fluorescently labeled biopolymers.....	161
 <b>O.A.Yessimova, S.Sh. Kumargaliyeva, B.K. Musabekov, A.K. Konysbek</b> Colloidal - chemical properties of alhagi and tansy ( <i>tanacetum</i> ) hydrolates.....	182
 <b>R.N. Zhanaliyeva, B. Imangaliyeva, B. Torsykbaeva, R. Kozykeyeva</b> Catalytic hydrogenation of carbonyl-containing compounds: mechanism, catalysts and application.....	193
 <b>M.A. Zhumash, K. Tilegen, Y.A. Boleubayev, S.S. Itkulova</b> Dry reforming of methane over the high active Co-Fe-Ir-containing alumina supported catalyst.....	207
 <b>M. Ibrayeva, N. Sagdollina, Zh. Mukazhanova, Sh. Sanyazova, M.Ozturk</b> Optimization of flavonoid extraction conditions from a plant of the genus <i>Symphyotrichum novi-belgii</i> .....	218
 <b>M.K. Kurmanaliev, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova</b> Supramolecular polymeric receptors for binding alkali metal ions.....	228
 <b>Y.A. Mussatay, M.I. Tulepov</b> Carbon filters from rice husk for air purification in confined spaces.....	238
 <b>A.Zh. Mutushev, A.B. Seisenova, O.S. Kapizov, A.M. Nuraly, D.K. Mukhanov</b> Integrated process for the synthesis of carbon–silicon nanocomposites from biowaste and metallurgical sludge.....	258
 <b>A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova, D.A. Zhumadullaev, M. Zhurinov</b> Influence of metal surface mechanical preparation on the properties of phosphate coatings.....	274



**МАЗМУНЫ**

**ФИЗИКА**

**М.Б. Альбатырова**

- Сызықтық емес спиндік жүйедегі энергия эволюциясының тендеуі:  
шығарылуы және сандық модельдеу.....11

**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.Қ. Шонғалова, О.А. Шилова**

- Прекурсор концентрациясының алынған жүқа ZnO жабындарының  
құрылымы мен фотосезімталдығына әсері.....21

**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурина,**

**А.З. Бекешев**

- Төмен тығыздықтағы полиэтиленнің кинетикалық қасиеттеріне  
болжай жасау.....33

**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**

- Сілтілі металл иодидтерінің кристалдарымен көміртек қабатының  
электрлік қасиеттерін компьютерлік модельдеу.....49

**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпейисова**

- Гравитациялық тұрақтыны анықтау.....60

**Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. Хохлов**  
IRAS 07080+0605 әмиссиялық объекті: екіжүлдіздық жүйенің дәлелі.....71

**Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. Токмолдин**

- Жабын тұзуші жүйе құрамының спрей-пиролиз әдісімен алынған  
SnO<sub>2</sub> жабындарының қасиетіне әсері.....83

**Ү.А. Уалиханова, А.Н. Әбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**  
f(T) гравитациясындағы көлемдік тұтқырлық және оның  
космологиялық эволюцияға әсері.....99

**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,**

**С.А. Шомшекова**

- Планетарлық тұмандықтардың архивтік сақылаулы спектрлерін  
өндөу әдістемесі.....115

**Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глущенко, Ч. Омаров, М. Макуков**

- N-бөлшекті тікелей үлгілеудің шектерін Nvidia RTX 4090  
GPU-карталарын пайдаланып талдау.....131

## ХИМИЯ

<b>А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, Г.Е. Берганаева, М.А. Дюсебаева</b>	
Алматы облысының аумағында өсетін шашыңқы гүлкекіре Centaurea diffusa lam. өсімдігінің химиялық құрамын зерттеу.....	146
<b>Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нургалиев</b>	
Флуоресцентті таңбаланған биополимерлерден интерполиэлектролиттік комплексті синтездеу.....	161
<b>О.А. Есимова, С.Ш. Құмарғалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Қонысбек</b>	
Жантак және түймешетен гидролаттарының коллоидтық-химиялық қасиеттері.....	182
<b>Р.Н. Жаналиева, Б. Имангалиева, Б.Б. Торсықбаева, Р. Козыкеева, Р.Ә. Ходжаназаров</b>	
Құрамында карбонил бар қосылыштардың каталитикалық гидрогенизациясы: механизмі, катализаторлары және қолданылуы.....	193
<b>М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Иткулова</b>	
Алюминий тотығына қондырылған жоғары белсенді Co-Fe-Ir құрайтын катализатордағы метанның құргақ риформингі.....	207
<b>М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Санъязова, М. Ozturk</b>	
Symplyotrichum novi-belgii тұқымдас өсімдіктен flavonoidтарды алу жағдайларын оңтайландыру.....	218
<b>М.Қ. Құрманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Әбілқасова</b>	
Сілтілік металл иондарын байланыстыруға арналған супрамолекулалық полимерлік рецепторлар.....	228
<b>Е.А. Мұсатай, М.И. Тулепов</b>	
Шағын кеңістіктегі ауаны тазартуға арналған күріш қауызы негізіндегі көміртек құрамды сүзгілер.....	238
<b>А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, Ө.С. Капизов, Ә.М. Нұралы, Д.К. Муханов</b>	
Биоқалдықтар мен металургиялық шламнан көміртек–кремний нанокомпозиттерін синтездеудің интеграцияланған әдісі.....	258
<b>А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Д.А. Жумадуллаев, М. Журинов</b>	
Металдар бетін механикалық дайындаудың фосфатты жабындар қасиеттеріне әсері.....	274



**СОДЕРЖАНИЕ****ФИЗИКА****М.Б. Альбатырова**

- Уравнение эволюции энергии в нелинейной спиновой системе:  
вывод и численное моделирование.....11

**Е.А. Дмитриева, А.Е. Кемелбекова, А.К. Шонғалова, О.А. Шилова**

- Влияние концентрации прекурсора на морфологию и фоточувствительность  
получаемых тонких пленок ZnO.....21

**А. Истляуп, Л. Мясникова, А. Лущик**

- Компьютерное моделирование электрических свойств углеродного листа  
с кристаллами йодидов щелочных металлов.....33

**А. Кенесбаева, Е. Кульдеев, Е. Шаленов, Т. Нурпеисова**

- Определение гравитационной постоянной.....49

**Ш.Т. Нурмахаметова, Н.Л. Вайдман, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, А.А. Хохлов**

- Эмиссионный пылевой объект IRAS 07080+0605: доказательство двойной  
природы.....60

**Е. Отунчи, А.А. Мигунова, А.Г. Умирзаков, Н. Токмолдин**

- Влияние состава пленкообразующей системы на свойства пленок  
SnO<sub>2</sub>, полученных методом спрей-пиролиза.....71

**У.А. Уалиханова, А.Н. Эбдіпатта, О.В. Разина, А.М. Сыздыкова, Г.С. Алтаева**

- Объемная вязкость в f(T) гравитации и ее влияние  
на космологическую эволюцию.....83

**А.Ж. Умирбаева, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,  
С.А. Шомшекова**

- Методика обработки архивных щелевых спектров планетарных туманностей...99

**Н. Эхтесади, С.С. Узакбаева, З.К. Аймаганбетова, Н.Н. Жантурин,****А.З. Бекешев**

- Прогнозирование кинетических свойств полиэтилена низкой плотности.....115

**Д. Юрин, Д. Куватова, А. Глушенко, Ч. Омаров, М. Макуков**

- Анализ пределов прямого моделирования n-тел с использованием  
GPU-карт Nvidia RTX4090.....131

## ХИМИЯ

<b>А.С. Бейсенова, А.А. Жаныбекова, М.А. Дюсебаева, Г.Е. Берганаева</b> Исследование химического состава василек раскидистый <i>Centaurea diffusa</i> Lam., растущий на территории Алматинской области.....146
<b>Н.Н. Берікбол, Ж.С. Касымова, Л.К. Оразжанова, А.Н. Кливенко, Н.Н. Нургалиев</b> Синтез интерполиэлектролитных комплексов на основе флуоресцентно-меченых биополимеров.....161
<b>О.А. Есимова, С.Ш. Кумаргалиева, К.Б. Мусабеков, А.Қ. Конысбек</b> Коллоидно-химические свойства гидролатов верблюжьей колючки и пижмы...182
<b>Р.Н. Жаналиева, Б. Имангалиева, Б.Б. Торсынбаева, Р. Козыкеева, Р.Э. Ходжаназаров</b> Катализическое гидрирование карбонилсодержащих соединений: механизм, катализаторы и применение.....193
<b>М.А. Жұмаш, К.Т. Тілеген, Е.А. Болеубаев, Ш.С. Иткулова</b> Сухой риформинг метана на высокоактивном Co-Fe-Ir содержащем нанесенном на оксид алюминия катализаторе.....207
<b>М. Ибраева, Н. Сағдоллина, Ж. Мукажанова, Ш. Санъязова, М. Ozturk</b> Оптимизация условий экстракции флавоноидов из растения рода <i>Symphytum novi-belgii</i> .....218
<b>М.К. Курманалиев, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилькасова</b> Супрамолекулярные полимерные рецепторы для связывания ионов щелочных металлов.....228
<b>Е.А. Мұсатай, М.И. Түлепов</b> Углеродные фильтры из рисовой шелухи для очистки воздуха в стесненных помещениях.....238
<b>А.Ж. Мутушев, А.Б. Сейсенова, О.С. Капизов, А.М. Нуралы, Д.К. Муханов</b> Интегрированная технология получения углеродно-кремниевых нанокомпозитов из биоотходов и металлургических шламов.....258
<b>А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, Да.А. Жумадуллаев, М. Журинов</b> Влияние механической подготовки поверхности металла на свойства фосфатных покрытий.....274



ACADEMIC JOURNAL OF PHYSICAL AND CHEMICAL SCIENCES  
ISSN 2224-5227  
Volume 3.  
Number 355 (2025), 115–130

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.368>

IRSTI. 520.88;521.9; 521.9(083.8);521.9

© A.Zh. Umirbayeva, L. Aktay, L.N. Kondratyeva, I.M. Izmailova,  
S.A. Shomshekova\*, 2025.

Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: shomshekova@fai.kz

## METHODOLOGY FOR THE REDUCTION OF ARCHIVAL SLIT SPECTRA OF PLANETARY NEBULAE

**A.Zh. Umirbayeva** — M.Sc, Junior researcher, Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan,  
E-mail: umirbayeva@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9339-4990>;

**L. Aktay** — B.Sc, Engineer, Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan,  
E-mail: aktay@fai.kz, <https://orcid.org/0009-0005-5862-4777>;

**L.N. Kondratyeva** — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Lead Researcher, Fesenkov  
Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan,  
E-mail: kondratyeva@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0002-6302-2851>;

**I.M. Izmailova** — M.Sc, Junior researcher, Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan,  
E-mail: izmailova@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9878-0989>;

**S.A. Shomshekova** — PhD, Lead Researcher, Fesenkov Astrophysical Institute, Almaty, Kazakhstan,  
E-mail: shomshekova@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9841-453X>.

**Abstract.** This work presents a methodology for processing archival spectra of planetary nebulae obtained with the AZT-8 telescope in 1970–1998, with the aim of adapting them to the requirements of modern spectral analysis. The main stages include the correction of geometric distortions arising during photographic plate registration; calibration to an accurate wavelength scale, enabling direct comparison with modern spectral databases; normalization using spectra of standard objects and correction for instrumental sensitivity; as well as conversion into absolute fluxes required for physical interpretation. In addition, the influence of atmospheric conditions was taken into account, which made it possible to refine extinction coefficients and reduce systematic errors. As a case study, the methodology was applied to archival data of the planetary nebula PC 12 observed with the AZT-8 in 1994. A calibrated spectrum in absolute fluxes was obtained. Comparison of the measured H $\beta$  line flux ( $1.97 \times 10^{-12}$  erg s $^{-1}$  cm $^{-2}$ ) with published values revealed a discrepancy of about ~30–40%, which can be explained by differences in observing conditions, interstellar extinction, and calibration procedures. The results confirm that absolute fluxes can be recovered from archival data with an accuracy comparable to that of modern observations. The proposed approach can therefore be extended to the full set of archival spectra of planetary nebulae, significantly enhancing their scientific value. Particular attention is given to the integration of such

data into the infrastructure of Virtual Observatories (in particular, KazVO), in accordance with IVOA standards.

**Keywords:** Planetary Nebulae, Distortion, Archival Data, Tubular Radioactive Photometer, Step Attenuator

© А.Ж. Умирбаева\*, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,  
С.А. Шомшекова, 2025.

Б.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институты, Алматы, Қазақстан.

E-mail: shomshekova@fai.kz

## ПЛАНЕТАРЛЫҚ ТҮМАНДЫҚТАРДЫҢ АРХИВТІК САҢЫЛАУЛЫ СПЕКТРЛЕРІН ӨНДЕУ ӘДІСТЕМЕСІ

**А.Ж. Умирбаева** — магистр, KFK, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: umirbayeva@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9339-4990>;

**Л. Актай** — бакалавр, инженер, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: aktay@fai.kz, <https://orcid.org/0009-0005-5862-4777>;

**Л.Н. Кондратьева** — ф.-м.ғ.к., БФК, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: kondratyeva@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0002-6302-2851>;

**И.М. Измайлова** — магистр, KFK, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: izmailova@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9878-0989>;

**С.А. Шомшекова** — PhD, ЖФК, В.Г. Фесенков атындағы Астрофизикалық институты, Алматы, Қазақстан,

E-mail: shomshekova@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9841-453X>.

**Аннотация.** Бұл жұмыста 1970–1998 жж. АЗТ-8 телескопымен алғынған планетарлық түмандықтардың архивтік спектрлерін қазіргі спектралдық талдау талаптарына бейімдеу әдіstemесі ұсынылады. Негізгі кезеңдерге фотопластинаға тіркеу кезінде туындастырылған геометриялық бүрмалануларды түзету; заманауи спектралдық деректер базаларымен тікелей салыстыруға мүмкіндік беретін дәл толқын ұзындық шкаласына калибрлеу; стандартты объектілердің спектрлері бойынша нормалау және аспаптың спектралдық сезімталдығын түзету; сондай-ақ нәтижелерді физикалық түрғыда түсіндіру үшін қажетті абсолюттік ағындарға түрлендіру жатады. Бұдан бөлек, бақылау кезіндегі атмосфералық жағдайлардың әсері ескеріліп, жұтылу коэффициенттері нақтыланып және жүйелік қателіктер азайтылды. Әдістеме мысал ретінде 1994 ж. АЗТ-8 телескопында бақыланған PC 12 планетарлық түмандығының архивтік деректеріне қолданылды. Нәтижесінде абсолюттік ағындарда калибрленген спектр алғынды. НВ сывығының өлшенген ағыны ( $1.97 \times 10^{-12}$  әрг  $\text{с}^{-1}$   $\text{см}^{-2}$ ) жарияланған мәндермен салыстырғанда шамамен ~30–40% айырмашылық көрсетті, бұл бақылау жағдайларының, жұлдызарлық аралық жұтылудың және калибрлеу ерекшеліктерінің айырмашылықтарымен түсіндірілуі мүмкін. Алынған нәтижелер архивтік деректерден абсолюттік



ағындарды қазіргі бақылауларға сәйкес дәлдікпен қалпына келтіруге болатынын растайды. Ұсынылған тәсілді планетарлық тұмандықтардың барлық архивтік спектрлеріне қолдануға болады, бұл олардың ғылыми маңызын едәуір арттырады. Мұндай деректерді виртуалды обсерваториялардың инфрақұрылымына (әсіресе KazVO) IVOA стандарттарына сәйкес енгізуінде маңыздылығы ерекше атап өтіледі.

**Түйін сөздер:** планетарлық тұмандықтар, дисторсия, мұрагаттық деректер, трубкалы радиоактивті фотометр, сатылы әлсіреткіш

© А.Ж. Умирбаева\*, Л. Актай, Л.Н. Кондратьева, И.М. Измайлова,  
С.А. Шомшекова, 2025.

Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан.

E-mail: shomshekova@fai.kz

## МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ АРХИВНЫХ ЩЕЛЕВЫХ СПЕКТРОВ ПЛАНЕТАРНЫХ ТУМАННОСТЕЙ

**А.Ж. Умирбаева** — магистр, МНС, Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан,

E-mail: umirbayeva@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9339-4990>;

**Л. Актай** — бакалавр, инженер, Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан, E-mail: aktay@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9944-8398>;

**Л.Н. Кондратьева** — к.ф.м.н, ГНС, Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан,

E-mail: kondratyeva@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0002-6302-2851>;

**И.М. Измайлова** — магистр, МНС, Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан,

E-mail: izmailova@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0001-9878-0989>;

**С.А. Шомшекова** — PhD, ВНС, Астрофизический институт им. В.Г. Фесенкова, Алматы, Казахстан, E-mail: shomshekova@fai.kz, <https://orcid.org/0000-0002-9841-453X>.

**Аннотация.** В работе представлена методика обработки архивных спектров планетарных туманностей, полученных на телескопе АЗТ-8 в 1970–1998 гг., с целью их адаптации к современным требованиям спектрального анализа. Основные этапы включают исправление геометрических искажений при регистрации на фотопластинке; привязку к точной шкале длин волн для сопоставления с современными базами спектров; нормировку по стандартным объектам и коррекцию на спектральную чувствительность прибора; а также пересчёт в абсолютные потоки, необходимые для физической интерпретации. Дополнительно учитывалось влияние атмосферных условий, что позволило уточнить коэффициенты поглощения и снизить систематические ошибки. В качестве примера методика применена к архивным данным планетарной туманности РС 12, наблюдавшейся на АЗТ-8 в 1994 г. Получен откалибранный спектр в абсолютных потоках. Сравнение измеренного потока линии Н $\beta$  ( $1.97 \times 10^{-12}$  эрг  $\text{с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ ) с опубликованными значениями показало расхождение порядка ~30–40%, что может объясняться различиями в условиях наблюдений, межзвездным поглощением и особенностями калибровки. Результаты подтверждают

возможность восстановления абсолютных потоков из архивных данных с точностью, сопоставимой с современными наблюдениями. Предложенный подход может быть распространён на весь массив архивных спектров планетарных туманностей, существенно повышая их научную ценность. Отдельное внимание уделено интеграции таких данных в инфраструктуру виртуальных обсерваторий (в частности, KazVO), в соответствии со стандартами IVOA.

**Ключевые слова:** планетарные туманности; дисторсия; архивные данные; трубчатый радиоактивный фотометр; ступенчатый ослабитель

**Информация о финансировании.** Исследование выполнено при поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в рамках гранта № AP22784884 и программы № BR21881880.

**Введение.** Планетарные туманности (ПТ) являются важным этапом эволюции звёзд малой и средней массы ( $M \simeq 8M_{\odot}$ ), когда звезда сбрасывает свою внешнюю оболочку, обнажая горячее ядро, способное ионизировать окружающий газ. Изучение ПТ играет ключевую роль в понимании процессов звёздной эволюции, обогащения межзвёздной среды элементами и механизмов взаимодействия излучения и вещества. Спектроскопия эмиссионных линий H I, He I-II, [O III], [N II], [S II] и других ионов позволяет определять физические параметры: электронную температуру и плотность, ионизационную структуру, химический состав и кинематику оболочек, а также свойства центральных звёзд (Иконникова, 2021).

Однако извлечение количественной информации из наблюдательных данных требует корректной обработки: начиная с калибровки эмульсионной плотности (почернения), построения характеристических кривых, привязки пиксельных координат к длинам волн, оценки чувствительности аппаратуры и атмосферного ослабления. Особенно важен этот аспект при работе с архивными фотопленками, снятыми с использованием электронно-оптических преобразователей (ЭОП), где специфические эффекты (геометрические искажения, неравномерность поля ЭОП, деградация эмульсии) вносят дополнительные сложности (Shomshekova et al., 2023; Назаренко и Шергин, 1984).

В настоящей работе объектом исследования выбрана планетарная туманность РС 12 – компактный и устойчивый в эмиссионных характеристиках объект, который, однако, до сих пор изучен существенно менее подробно, чем классические ПТ (Acker et al., 1992). Несмотря на наличие отдельных спектральных наблюдений, в том числе опубликованных в работе Hajduk et al. (Hajduk et al., 2015), РС 12 не входит в число активно наблюдаемых объектов, а потому представляет интерес для повторного анализа на основе архивных данных.

Использование спектров, полученных в 1994 году, в сочетании с современной методикой обработки позволяет не только протестировать применимость алгоритмов к фотоплёночным материалам, но и провести сопоставление с опубликованными результатами, включая возможные эволюционные изменения в спектре. Таким образом, РС 12 служит удобным тестовым объектом для



верификации методических подходов и извлечения физически значимой информации из архивных наблюдений.

### Материалы и методы

Для реализации поставленных задач были использованы архивные спектры, полученные в 1990-х годах на телескопе АЗТ-8, установленном в обсерватории на Каменском плато (г. Алматы). Спектры планетарной туманности РС 12 были получены в ночь с 16 на 17 мая 1994 г. при экспозиции 25 минут. В качестве регистрирующей аппаратуры использовался дифракционный спектрограф с электронно-оптическим преобразователем (ЭОП) типа УМ-92, обеспечивавший рабочий диапазон 4000 – 8000 Å (Кондратьева, 1985). Спектры фиксировались на астрономические фотоплёнки типов А-600 и А-600У.

Для каждого наблюдаемого объекта, помимо основного спектра, регистрировались следующие сопутствующие материалы:

- Калибровочные кадры, необходимые для последующего построения характеристических кривых, связывающих оптическую плотность (почернение) с интенсивностью.
- Спектры стандартных объектов – планетарных туманностей с опубликованными абсолютными потоками в линиях  $H\alpha$  и  $H\beta$ . Эти спектры использовались для определения и аппроксимации спектральной чувствительности регистрационной системы и для перевода относительных интенсивностей в абсолютные энергетические единицы (Кондратьева, 1985).
- Arc-спектры (калибровочные спектры ламп) с линиями неона, гелия и аргона – регистрировались непосредственно до или после основной экспозиции. Они использовались для привязки пиксельной шкалы спектра к шкале длин волн, посредством определения координат идентифицированных линий и аппроксимации функции дисперсии  $\lambda(x)$ .

**Предобработка и калибровка:** Одним из ключевых этапов обработки архивных спектров является переход от оптической плотности изображения к численным значениям относительной интенсивности. Для этого применялась методика построения характеристической кривой, отражающей зависимость между оптическим почернением плёнки и уровнем экспонирования. Такой подход позволяет с высокой точностью восстановить профиль спектра в физических единицах.

В зависимости от типа калибровочного кадра использовались два стандартных источника экспонирования:

- Трубчатый радиоактивный фотометр (ТРФ) формировал изображение в виде шести концентрических круглых зон (рис. 1.а), каждая из которых соответствовала определённому уровню экспонирования. Для построения характеристической кривой определялись координаты центра и радиусы зон, производилось усреднение плотности внутри каждой области (для исключения краевых артефактов), после чего значения связывались с калиброванной шкалой. Полученная зависимость между плотностью и интенсивностью аппроксимировалась полиномом.

□ Ступенчатый ослабитель представлял собой пластиину с девятью прямоугольными зонами, каждая из которых имела фиксированное ослабление потока (рис. 1.б). Это позволяло охватить широкий диапазон яркостей и сформировать набор точек для аппроксимации кривой. Измерения плотности проводились в идентичных условиях с основной спектрограммой, на том же микрофотометре. Аппроксимация выполнялась аналогично случаю с ТРФ.

Полученная характеристическая кривая  $D = f(I_{\text{отн}})$  инвертировалась до формы  $I_{\text{отн}} = f^{-1}(D_{\text{изм}})$ , что позволяло пересчитать почернение каждого элемента спектрограммы в численные значения интенсивности.

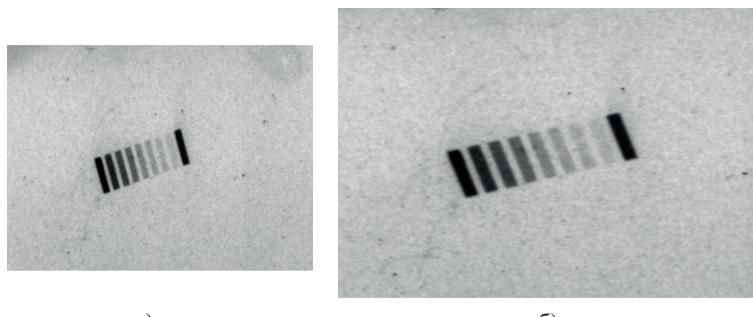


Рисунок 1. Изображения калибровочного кадра полученного на:  
а) – трубчатый радиоактивный фотометр; б) – ступенчатый ослабитель.

На начальном этапе обработки спектров выполнялась коррекция геометрических искажений, возникающих из-за оптических особенностей спектрографа (Денисюк, 2003) и ЭОПа (рис. 2.а). Основное внимание уделялось устранению S-образной дисторсии спектра – искажению, при котором центральная линия спектра изгибается в продольном направлении (Назаренко, Шергин, 1984). Исправление осуществлялось с помощью эталонных линий или по геометрии фона, после чего спектр приводился к прямолинейной развертке вдоль дисперсионной оси (Shomshekova et al., 2023) (рис 2.б).

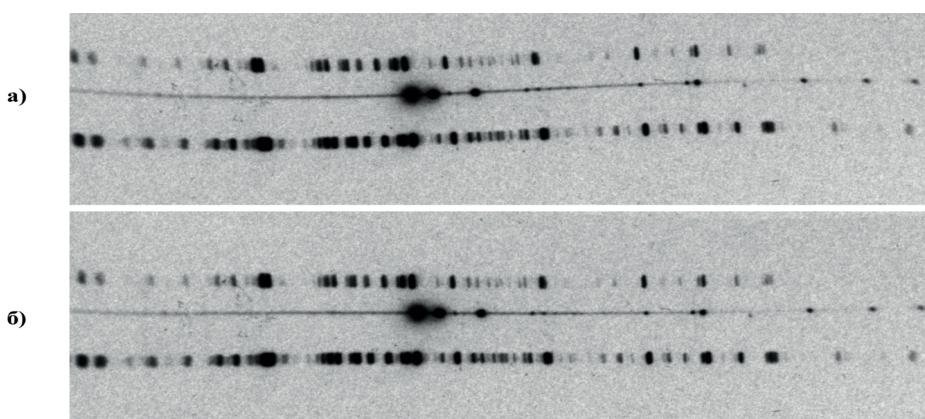




Рисунок 2. Последовательные этапы обработки двумерного спектра:  
а) –исходный (сырой) кадр наблюдений; б) – кадр после выравнивания по направлению дисперсии; в) – откалиброванный кадр, приведённый к относительным интенсивностям.

Следующим шагом был переход от оптической плотности (почернения) к интенсивности. Для этого по калибровочным кадрам (ступенчатый ослабитель или трубчатый фотометр) строилась характеристическая кривая, описывающая зависимость оптической плотности от логарифма интенсивности. Кривая аппроксимирована полиномиальной функцией, которая затем применялась к каждому пикселю спектра. В результате кадры с почернением преобразовывались в массивы относительных интенсивностей (рис. 2.с).

После перевода изображения спектра в шкалу относительных интенсивностей и проведения спектральной калибровки, следующим этапом обработки является извлечение одномерного (1D) спектра из двумерного (2D) изображения (рис. 3).

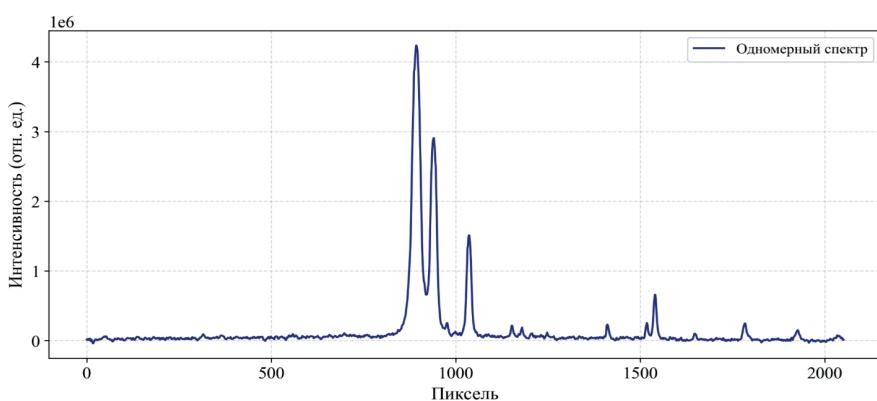


Рисунок 3. Одномерный спектр, полученный из двумерного изображения.

Для минимизации влияния шумов и случайных артефактов выделялась оптимальная апертура, ограничивающая зону экстракции.

На этапе калибровки по длине волн выполнялась привязка пиксельной шкалы спектра к шкале  $\lambda$  с использованием калибровочных спектров неоновых и гелиевых ламп (arc-спектров). Координаты ярких эмиссионных линий на калибровочном кадре определялись вручную (рис. 4), после чего строилась дисперсионная зависимость  $\lambda(x)$ , аппроксимируемая полиномом 3–5 степени (рис. 5). Полученная функция применялась ко всему спектру.

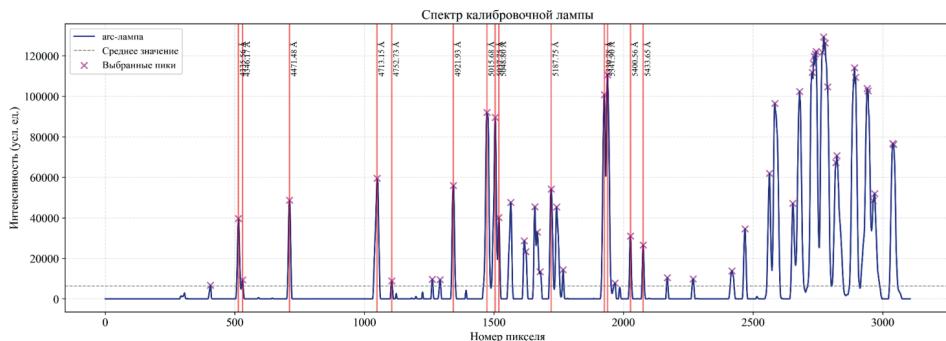


Рисунок 4. Привязка пикселей к длинам волн

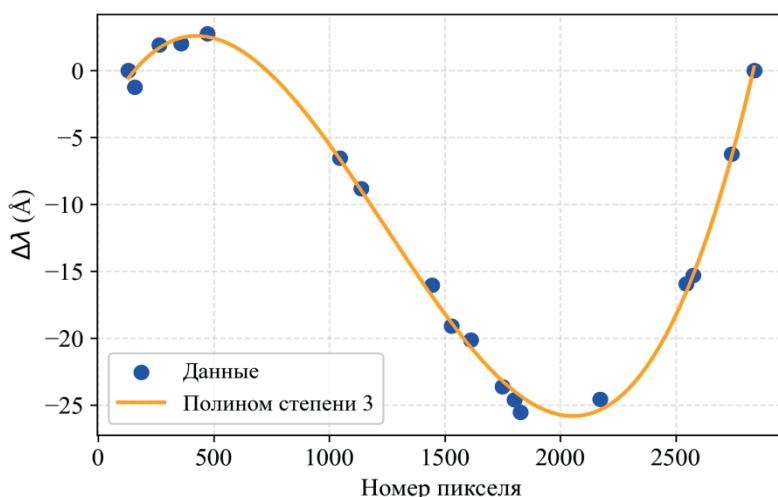


Рисунок 5. Дисперсионная зависимость

Иногда в архивных спектрах наблюдается смещение нижнего спектра сравнения относительно верхнего. Этот эффект связан с малым поворотом входной щели спектрографа, вследствие чего весь кадр имеет некоторый малый угол наклона относительно дисперсионной оси. При этом спектр объекта также смещается, но это смещение обусловлено исключительно геометрией регистрации.

Для учета данного эффекта необходимо определить величину смещения по оси дисперсии. Пусть горизонтальные координаты выбранной линии в верхнем и нижнем спектрах сравнения равны  $X_1$  и  $X_2$ , а их вертикальные координаты  $Y_1$  и  $Y_2$ . Тогда расстояние между спектрами сравнения по вертикали равно:  $\Delta Y = Y_2 - Y_1$ . Вертикальная координата спектра объекта обозначается как  $Y_0$ . Его положение относительно верхнего спектра сравнения равно:  $\Delta Y_0 = Y_0 - Y_1$ . Так как смещение изменяется вдоль оси  $Y$ , величина сдвига спектра объекта по оси  $X$  вычисляется по формуле:  $\Delta X = \frac{\Delta Y_0}{\Delta Y} \cdot (X_2 - X_1)$ . Если  $X_2 > X_1$ , то сдвиг

направлен в сторону уменьшения  $X$  (влево), если  $X_2 < X_1$  – в сторону увеличения  $X$  (вправо), в случае  $X_2 = X_1$  – сдвиг отсутствует.

Положение эмиссионных линий после правильной обработки должно соответствовать лабораторным значениям с точностью порядка 1-3 Å, при этом величина допустимого отклонения зависит от дисперсии используемой системы.

#### ***Обработка спектров стандартных объектов:***

Для перевода относительных интенсивностей в абсолютные значения потока использовались наблюдения спектров стандартных планетарных туманностей с хорошо известными абсолютными потоками в эмиссионных линиях. В данной работе в качестве эталона использовалась планетарная туманность NGC 6572 (Sabbadin et al., 2006, Воронцов-Вельяминов и др., 1964, Воронцов-Вельяминов и др., 1969), спектр которой был зарегистрирован на той же установке (телескоп АЗТ-8, ЭОП УМ-92, фотоплёнка А-600) и в ту же наблюдательную кампанию, что и спектр РС 12. Данный объект широко используется в качестве калибровочного стандарта благодаря своей стабильной эмиссионной структуре и высокой яркости (Архипова и др., 2014).

На первом этапе спектры стандартной туманности проходили полную предобработку: выравнивание, перевод в относительные интенсивности, извлечение одномерного спектра и привязка к шкале длин волн. Эти процедуры выполнялись одинаково как для объекта, так и для стандарта.

Поскольку спектры NGC 6572 были зарегистрированы с различными экспозициями (от 1 до 480 секунд), для каждого кадра выбирались эмиссионные линии, не подверженные переэкспонированию или недостаточной насыщенности. Все экспозиции приводились к единой опорной – 60 секунд. Масштабирование выполнялось по отношению интенсивностей устойчивых линий:

$$I_{\text{пред}} = I \cdot \left( \frac{60 \text{ сек}}{t_{\text{эксп}}} \right)$$

Для каждой линии (например, [O III] 5007 Å,  $H_\alpha$ , [N II] 6583 Å) значения, приведенные к опорной экспозиции, усредняются по всем доступным кадрам, что давало величину  $I_{\text{сред}}$ .

Далее проводился учёт атмосферного поглощения. Атмосферное поглощение оказывает существенное влияние на наблюдаемые спектры, особенно в коротковолновой части. Для учёта этого эффекта рассчитывалось зенитное расстояние объекта наблюдения в момент экспозиции, а затем – коэффициенты ослабления для каждой длины волны.

Зенитное расстояние  $Z$  определялось из сферической тригонометрии (Кононович, Мороз, 2004, Архипова и др., 2014) по формуле :

$$\cos Z = \sin \varphi \cdot \sin \delta + \cos \varphi \cdot \cos \delta \cdot \cos(S - \alpha),$$

где  $\varphi$  – географическая широта обсерватории (в радианах),  $\delta$  – склонение объекта,  $\alpha$  – прямое восхождение,  $S$  – звёздное время наблюдения.

После нахождения  $Z$  переходили к определению оптической массы воздуха  $M_z$  как:

$$M_z = \sec Z = \frac{1}{\cos Z},$$

при условии, что  $Z < 60^\circ$ , чтобы избежать больших ошибок при низких высотах.

Использовалась табличная функция пропускания атмосферы  $P(\lambda)$ , полученная экспериментально для высотных условий обсерватории (на Каменском плато) (Кондратьева, 1985). Для каждой длины волны рассчитывался коэффициент ослабления по формуле:

$$K_z(\lambda) = P(\lambda)^{M_z}$$

где  $P(\lambda)$  – безразмерная функция пропускания атмосферы при зените,  $M_z$  – атмосферная масса для текущего зенитного расстояния.

Значения  $P(\lambda)$  аппроксимированы полиномом по экспериментальной таблице, затем интерполированы на наблюдательную сетку длин волн. Полученные значения  $K_z(\lambda)$  использовались для коррекции спектра:

$$I_{\text{kopp}}(\lambda) = \frac{I_{\text{сред}}(\lambda)}{K_z(\lambda)}$$

Для абсолютного масштабирования вводился коэффициент нормировки  $C_{\text{норм}}$ , приравнивающий поток линии  $H_\beta$  к 100:

$$C_{\text{норм}}(\lambda) = \frac{I_{\text{норм}}(\lambda_{H\beta})}{I_{\text{кат}}(\lambda_{H\beta})}$$

где  $I_{\text{кат}}$  – каталожное значение интенсивности для данной длины волны.

Все остальные линии масштабировались с использованием этого коэффициента:

$$I_{\text{норм}}(\lambda) = \frac{I_{\text{kopp}}(\lambda)}{C_{\text{норм}}(\lambda)}$$

Для оценки спектральной чувствительности системы вычислялся коэффициент чувствительности  $K_{\text{спект}}$ :

$$K_{\text{спект}}(\lambda) = \frac{I_{\text{норм}}(\lambda)}{I_{\text{кат}}(\lambda)}$$

Набор значений  $K_{\text{спект}}$  аппроксимировался полиномом по длине волны (рис. 6). Полученная кривая чувствительности использовалась впоследствии для приведения спектра целевого объекта к абсолютной шкале потоков.



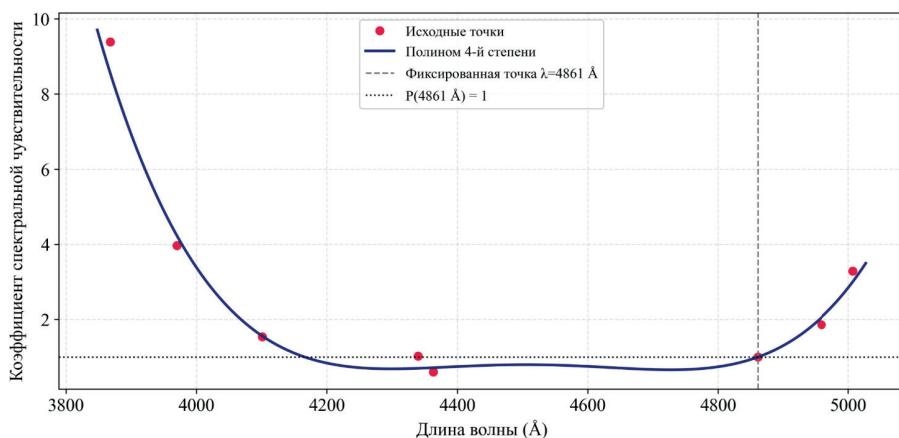


Рисунок 6. Аппроксимация функции спектральной чувствительности. Красными маркерами показаны исходные значения, синяя линия – результат взвешенной аппроксимации. Значение коэффициента на длине волны 4861 Å зафиксировано равным 1.

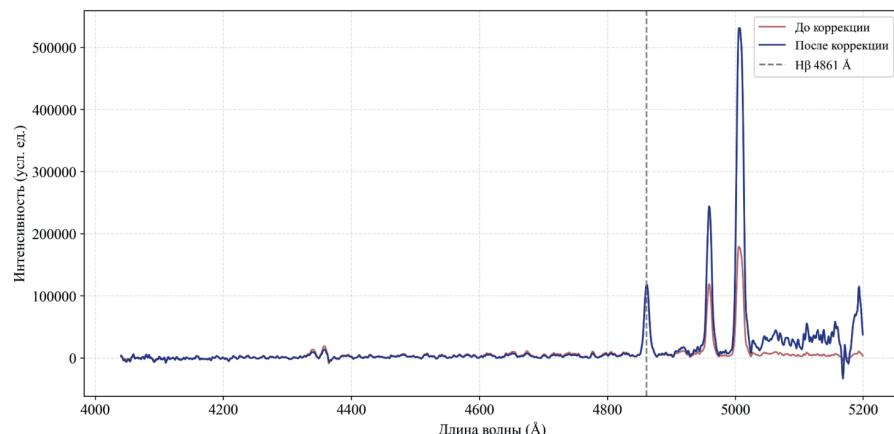


Рисунок 7. Спектр планетарной туманности РС 12 до и после коррекции на спектральную чувствительность. Красная линия показывает исходный спектр, синяя – результат после учёта чувствительности прибора, нормированной на линию  $H_{\beta}$  (4861 Å).

### **Приведение к абсолютным потокам:**

На завершающем этапе обработки архивных данных была проведена нормировка спектра объекта РС 12 в абсолютной шкале потоков. Основой для этого служило сопоставление наблюдаемой интенсивности линии  $H_{\beta}$  в спектре стандартной ПТ NGC 6572 с её каталоговым значением (Архипова и др., 2014). В работе использовалось значение логарифма потока:

В качестве опорного значения использовался каталожный логарифмический поток:

$$\log F_{\text{кат}}(H_{\beta}) = -9.8, \quad F_{\text{кат}} = 1.58 \times 10^{-10} \text{ эрг } c^{-1} \text{ см}^{-2}$$

Из наблюдаемого спектра объекта был извлечён одномерный профиль,

нормированный на экспозицию  $t_{\text{эксп}} = 25$  минут. Полученная функция интенсивности была дополнительно откорректирована с использованием коэффициента пересчёта в абсолютные потоки:

$$F_{\text{надл}} = \frac{I_{\text{korr}}}{t_{\text{эксп}}}, \quad \text{Coef}_{\text{поток}} = \frac{F_{\text{как}}}{F_{\text{надл}}}$$

Полученное значение  $\text{Coef}_{\text{поток}}$  использовалось для масштабирования всего спектра:

$$F_{\lambda}^{\text{объект}} = \frac{I_{\text{korr}}}{1500} \cdot \text{Coef}_{\text{поток}}$$

Для оценки потока в линии  $H_{\beta}$  ( $\lambda = 4861 \text{ \AA}$ ) был выполнен интеграл по окрестности  $\pm 10 \text{ \AA}$  от центра линии с предварительным вычитанием среднего уровня континуума, оцененного по боковым диапазонам 4845–4855 и 4865–4875  $\text{\AA}$ :

$$F(H_{\beta}) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (F_{\lambda} - F_{\text{конт}}) d\lambda$$

где  $F_{\text{конт}}$  – усреднённое значение потока в соседних интервалах, а интегрирование осуществлялось методом трапеций.

Этот результат использовался как независимая проверка корректности абсолютной шкалы спектра (Kaler, 1983; Dudziak and Walsh, 1997). Полученные абсолютные значения потока могут быть далее использованы для расчёта величины межзвездного поглощения  $c(H_{\beta})$ , сравнительного анализа с литературными данными (Hajduk et al., 2015) и определения физических параметров туманности.

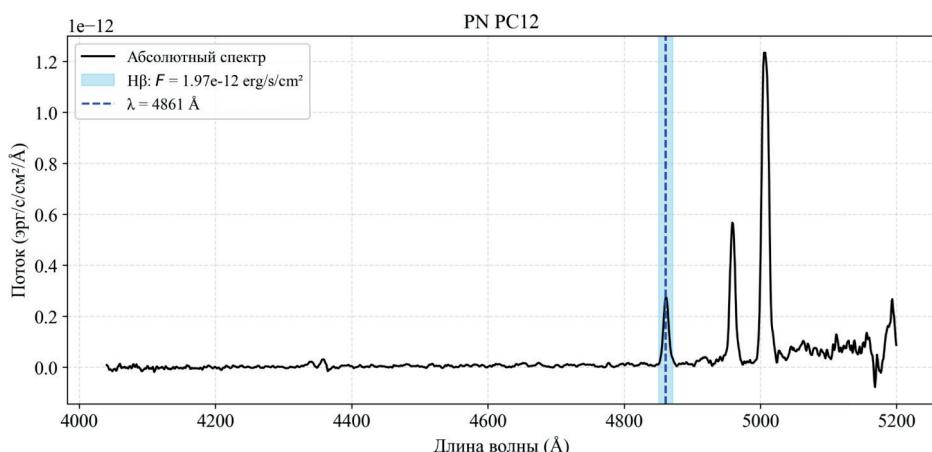


Рисунок 8. Интеграция линии  $H_{\beta}$  в спектре планетарной туманности РС 12. Чёрная кривая – абсолютный спектр, голубая зона – область интегрирования  $\pm 10 \text{ \AA}$  вокруг линии  $H_{\beta}$ . Пунктирная линия обозначает положение линии  $\lambda = 4861 \text{ \AA}$ . Интегральный поток в линии:  $F(H_{\beta}) = 1.97 \times 10^{-12} \text{ эрг с}^{-1} \text{ см}^{-2}$ .



## Результаты

В результате обработки архивных спектров планетарной туманности РС 12, полученных на телескопе АЗТ-8 в 1994 году, был восстановлен откалиброванный спектр в абсолютных потоках. Все этапы предобработки, включая коррекцию геометрических искажений, построение характеристических кривых, калибровку по длине волны, а также коррекцию на атмосферное поглощение, были успешно реализованы и проверены на данных спектрофотометрических стандартов.

После применения коэффициентов спектральной чувствительности, полученных на основе наблюдений стандартной ПТ (NGC 6572), спектр объекта РС 12 был приведён к шкале физических потоков в  $\text{эрз} \text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$ . Для линии  $H_{\beta}$  (4861 Å) получено значение интегрального потока:

$$F(H_{\beta}) = (1.97 \pm 0.1) \times 10^{-12} \text{ эрз} \text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$$

(ошибка указана условно, зависит от аппроксимации континуума и точности построения характеристической кривой).

Таким образом, полученный спектр пригоден для дальнейшего физико-диагностического анализа, в частности, для оценки электронной температуры и плотности на основе соотношений интенсивностей эмиссионных линий.

## Обсуждение

Полученные результаты демонстрируют возможность восстановления физических параметров планетарных туманностей из архивных спектров, записанных на фотоплёнку в 1970–1990-х годах. Применённая методика обработки, включающая коррекцию геометрических искажений, использование характеристических кривых и расчёт атмосферных коэффициентов поглощения, позволила привести наблюдательные данные к современной шкале абсолютных потоков.

Сравнение полученного потока в линии  $H_{\beta}$  ( $1.97 \times 10^{-12} \text{ эрз} \text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$ ) с результатами, опубликованными в работе (Hajduk et al., 2015), демонстрирует, что результаты отличаются на 43% для результата 2015 года ( $1.38 \times 10^{-12} \text{ эрз} \text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$ ), и около 30% с результатом за 2016 год ( $1.51 \times 10^{-12} \text{ эрз} \text{с}^{-1} \text{см}^{-2}$ ). Подобное расхождение может быть связано с различиями в погодных и наблюдательных условиях, калибровке, межзвездному поглощению, а также методами извлечения потока из спектра. Тем не менее, результат находится в пределах разумной погрешности и подтверждает, что даже при работе с архивными спектрами можно получать абсолютные потоки, сопоставимые с современными измерениями, пригодные для астрофизической интерпретации (Jacob et al., 2013).

Дополнительным достоинством методики является использование стандартных планетарных туманностей для вычисления коэффициента спектральной чувствительности прибора. Применение NGC 6572 в качестве калибровочного источника подтвердило стабильность фотометрической шкалы на протяжении серии экспозиций. Также важно отметить, что использование трубчатого радиоактивного фотометра (ТРФ) и ступенчатого ослабителя позволило повысить точность перевода оптической плотности в интенсивности.

## Заключение

В настоящей работе разработана методика обработки архивных спектров планетарных туманностей, полученных на фотоплёнку с использованием ЭОПа. На примере объекта РС 12 показано, что даже в условиях деградации носителей возможно восстановление спектров в шкале абсолютных потоков и получение параметров эмиссионных линий с точностью, достаточной для их астрофизической интерпретации. Разработанный подход открывает возможность систематической обработки всего массива архивных наблюдений планетарных туманностей, накопленных в Астрофизическом институте им. Фесенкова в 1970–1990-е годы. Эти данные, дополненные современной калибровкой и приведённые к единому стандарту, могут быть использованы для изучения физического состояния и эволюции планетарных туманностей, а также для сопоставления с современными спектроскопическими наблюдениями.

В дальнейшем предполагается интеграция восстановленных данных в инфраструктуру виртуальных обсерваторий по стандартам IVOA, что обеспечит их доступность для широкого круга исследователей и позволит существенно расширить научный потенциал архивных наблюдений.

## Основные результаты:

- Реализованы все ключевые этапы спектрофотометрической обработки: калибровка по длине волны, учёт спектральной чувствительности системы, и абсолютная нормировка потока.
- Установлено, что архивные спектральные данные пригодны для физико-диагностического анализа планетарных туманностей при условии корректной реконструкции чувствительности.
- Полученные спектры сопоставимы по качеству с современными цифровыми наблюдениями, что подтверждается сравнением абсолютного потока линии  $H\beta$  с опубликованными значениями из (Hajduk et al., 2015).
- Разработанная методика может быть использована при создании базы спектров планетарных туманностей в рамках инициатив виртуальных обсерваторий, а также для ретроспективного анализа эволюции ПТ на временных интервалах в несколько десятилетий.

Таким образом, архивные спектры, при соответствующей цифровой обработке, сохраняют научную ценность и могут быть интегрированы в современные астрофизические исследования.

## Литература

- Архипова В.П., Иконникова Н.П., Комиссарова Г.В., Есипов В.Ф. (2014) Спектрофотометрическое исследование планетарных туманностей. Астрономический журнал 58, № 10: 734–748.
- Воронцов-Вельяминов Б.А., Костякова Е.Б., Докучаева О.Д., Архипова В.П. (1964) Абсолютные интенсивности эмиссионных линий в планетарных туманностях. I. Советская астрономия 8: 196.
- Воронцов-Вельяминов Б.А., Костякова Е.Б., Докучаева О.Д., Архипова В.П. (1969) Абсолютные интенсивности эмиссионных линий в планетарных туманностях. IV. Советская астрономия 12: 895.
- Денисюк Э.К. (2003) Спектрограф для слабых объектов: устройство и основные результаты наблюдений. Астрономические и астрофизические трансакции 22, № 2: 175–180.
- Иконникова Н.П. (2021) Спектроскопическая изменчивость компактной планетарной туманности H<sub>β</sub> 12. Астрономические письма 47, № 8: 560–580.



Кондратьева Л.Н. (1985) Спектральные исследования планетарных туманностей малого углового размера. Дисс. канд. физ.-мат. наук. Фесенковский астрофизический институт, Академия наук Казахской ССР, Алма-Ата. Научный руководитель: Г. С. Хромов.

Кононович Е.В., Мороз В.И. (2004) Общий курс астрономии. Москва: издательство СССР.

Назаренко И.И., Шергин В.С. (1984) Обработка непрямолинейных звёздных спектров. Астрофизические исследования 19: 109–114.

Acker A., Ochsenbein F., Stenholm B., et al. (1992) The Strasbourg–ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae. Garching: ESO.

Dudziak G., and Walsh J.R. (1997) Absolute Flux Calibration of Emission-Line Nebulae with HST WFPC2 Narrow-Band Filters. STScI Instrument Science Report WFPC2-97-10.

Hajduk M., van Hoof P.A.M., and Zijlstra A. (2015) Optical Spectroscopy of Compact Planetary Nebulae. In *Why Galaxies Care About AGB Stars III: A Closer Look in Space and Time*. ASP Conference Series, Vol. 493: 533–537.

Jacob R., Schönberner D., & Steffen M. 2013, A&A, 558, A78. The evolution of planetary nebulae. VIII. True expansion rates and visibility times doi:10.1051/0004-6361/201321532

Kaler J.B. (1983) Planetary Nebulae. Astrophysics and Space Science Library, Vol. 107. Dordrecht: Reidel.

Sabbadin F., Turatto M., Ragazzoni R., et al. (2006) The 3-D Ionization Structure of the Planetary Nebula NGC 6572. Astronomy & Astrophysics 451: 937–951.

Shomshekova S., Kondratyeva L., Omarov C., Izmailova I., Umirbayeva A., and Moshkina S. (2023) Digital Archival Spectral Data for Seyfert Galaxies and Their Use in Conjunction with Modern FAI Spectral Data. Experimental Astronomy 56, no. 2–3: 557–568.

### References

Acker A., Ochsenbein F., Stenholm B., et al. (1992) *The Strasbourg–ESO Catalogue of Galactic Planetary Nebulae*. Garching: ESO. (In Eng.)

Arkhipova V.P., Ikonomikova N.P., Komissarova G.V., Esipov V.F. (2014) Spektrofotometricheskoe issledovanie planetarnykh tumannostey [Spectrophotometric study of planetary nebulae]. Astronomy Reports, 58(10): 734–748. (in Russ.)

Denisyuk E.K. (2003) Spektrograf dlya slabых ob'ektorov: ustroystvo i osnovnye rezul'taty nablyudenii [Spectrograph for faint objects: the device and main observational results]. Astronomical Astrophysical Transactions, 22(2): 175–180. (in Russ.)

Dudziak G., and Walsh J.R. (1997) Absolute Flux Calibration of Emission-Line Nebulae with HST WFPC2 Narrow-Band Filters // *STScI Instrument Science Report WFPC2-97-10*. (In Eng.)

Hajduk M., van Hoof P.A.M., and Zijlstra A. (2015) Optical Spectroscopy of Compact Planetary Nebulae. In *Why Galaxies Care About AGB Stars III: A Closer Look in Space and Time* // ASP Conference Series, Vol. 493: 533–537. (In Eng.)

Ikonomikova N.P. (2021) Spektroskopicheskaya peremennost' kompaktnoi planetarnoi tumannosti Hb 12 [Spectroscopic variability of the compact planetary nebula Hb 12]. Astronomy Letters, 47(8): 560–580. (in Russ.) Jacob, R., Schönberner, D., and Steffen, M. (2013). The Evolution of Planetary Nebulae. VIII. True Expansion Rates and Visibility Times. *Astronomy & Astrophysics* 558: A78. (In Eng.)

Jacob R., Schönberner D., & Steffen M. (2013) A&A, 558, A78. The evolution of planetary nebulae. VIII. True expansion rates and visibility times doi:10.1051/0004-6361/201321532 (In Eng.)

Kaler J.B. (1983) Planetary Nebulae. *Astrophysics and Space Science Library*, Vol. 107. Dordrecht: Reidel. (In Eng.)

Kondratyeva L.N. (1985) Spektral'nye issledovaniya planetarnykh tumannostey malykh uglovikh razmerov [Spectral studies of planetary nebulae of small angular size]. PhD dissertation, Fesenkov Astrophysical Institute, Academy of Sciences of the Kazakh SSR, Alma-Ata. Scientific advisor: G.S. Khromov. (in Russ.)

Kononovich E.V., Moroz V.I. (2004) Obshchii kurs astronomii [General course of astronomy]. Moscow: Editorial URSS. (in Russ.)

Nazarenko I.I., Shergin V.S. (1984) Obrabotka krivolineynykh zvezdnykh spektrov [Processing of curvilinear stellar spectra]. Astrophysical Research, 19: 109–114. (in Russ.)

Sabbadin, F., Turatto, M., Ragazzoni, R., et al. (2006) The 3-D Ionization Structure of the Planetary Nebula NGC 6572. *Astronomy & Astrophysics* 451: 937–951. (In Eng.)

Shomshekova S., Kondratyeva L., Omarov C., Izmailova I., Umirbayeva A., and Moshkina S. (2023) Digital Archival Spectral Data for Seyfert Galaxies and Their Use in Conjunction with Modern FAI Spectral Data. *Experimental Astronomy* 56, no. 2–3: 557–568. (In Eng.)

Vorontsov-Vel'yaminov B.A., Kostyakova E.B., Dokuchaeva O.D., Arkhipova V.P. (1964). Absolyutnye intensivnosti linii izlucheniya v planetarnykh tumannostyakh. I [Absolute emission-line intensities in planetary nebulae. I]. Soviet Astronomy, 8: 196. (in Russ.)

Vorontsov-Vel'yaminov B.A., Kostyakova E.B., Dokuchaeva O.D., Arkhipova V.P. (1969) Absolyutnye intensivnosti linii izlucheniya v planetarnykh tumannostyakh. IV [Absolute emission-line intensities in planetary nebulae. IV]. Soviet Astronomy, 12: 895. (in Russ.)



**Publication Ethics and Publication Malpractice  
in the journals of the Central Asian Academic Research Center LLP**

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 journals of the Central Asian Academic Research Center LLP 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 Central Asian Academic Research Center LLP 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](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 Central Asian Academic Research Center LLP.

The Editorial Board of the Central Asian Academic Research Center LLP will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

**www:nauka-nanrk.kz**

**ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print)**

**<http://reports-science.kz/index.php/en/archive>**

Ответственный редактор *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Т. Апендиев*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 3.09.2025.

Формат 60x88<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.

18,0 п.л. Заказ 3.