

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

2025 • 1



«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ  
АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

---

## ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»

## REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

**Бас редактор:**

**ЖУРЫНОВ Мұрат Жұрынулы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА РҚБ 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:**

**ҚАЛИМОЛДАЕВ Максат Нұрәділұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56153126500>

**ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7006153118>

**РАМАЗАНОВ Тілекқабыл Сәбитұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің ғылыми-инновациялық қызмет жөніндегі проректоры, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6701328029>

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

**ОЛИВЬЕРО Росси Сезаре**, PhD (химия), Калабрия университетінің профессоры (Калабрия, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=57221375979>

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

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

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы**, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті. (Астана, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004012398>

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

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

**Бүркітбаев Мұхамбетқали**, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, (Алматы, Қазақстан) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=8513885600>

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

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

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

**ТАКИБАЕВ Нұрғали Жабағаұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=24077239000>

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

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының кандидаты, доцент, ҰЯЗУ МИФИ әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6602642543>

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

**ӘБІЛМАҒЖАНОВ Арлан Зайнуталлайұлы**, химия ғылымдарының 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>

**«Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының баяндамалары»**

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

Меншіктеуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» Республикалық қоғамдық бірлестігі (Алматы қ.).

Ақпарат агенттігінің мерзімді баспасөз басылымын, ақпарат агенттігін және желілік басылымды қайта есепке қою туралы ҚР Мәдениет және Ақпарат министрлігі «Ақпарат комитеті» Республикалық мемлекеттік мекемесі **31.01.2025 ж.** берген № **KZ31VPY0011215** Күәлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

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

**ТИГИНЯНУ 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 бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

**БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендерович**, 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 Қуантай Авгазыевич**, 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>

**БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали**, 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>

**ЖУСУПОВ 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 Жабгаевич**, 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 Ербуланович**, 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>

**АБИЛЬМАГЖАНОВ Арлан Зайнуталлаевич**, 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>

**Доклады Национальной академии наук Республики Казахстан»**

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

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

Свидетельство №KZ31VPY0011215 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 **31.01.2025**

Тематическая направленность: *физика, химия*.

Периодичность: 4 раза в год.

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

**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>

**ADEKENOV 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), (Daecheon, Korea), <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=59286321700>

**BERSIMBAYEV Rakhmetkazhi 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 Zhabagaevich**, 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>

---

**Reports of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.**

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (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. KZ31VPY00111215 issued 31. 01. 2025

Thematic scope: *physics and chemistry*.

Periodicity: 4 times a year.

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

**Y. Myrzakulov\*, A. Altaibayeva, A. Bulanbayeva, 2025.**

LN Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: ymyrzakulov@gmail.com

## PHASE TRANSITIONS AND THERMODYNAMIC BEHAVIOR OF $AdS$ BLACK HOLES COUPLED WITH NONLINEAR ELECTRODYNAMICS

**Myrzakulov Yerlan** – PhD in Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: myrzakulov@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0160-0422>;

**Altaibayeva Aziza** – PhD in Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: aziza.ltaibayeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9254-7027>;

**Bulanbayeva Arailym** – Master’s student, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan, E-mail: arai\_bul@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6541-3902>.

**Abstract.** We present the exact  $d$ -dimensional  $AdS$  black hole solution in the presence of nonlinear electrodynamics (NLED) and investigate the thermodynamic properties of this black hole. The thermodynamic quantities change in the presence of NLED, extending our results by considering the cosmological constant ( $\Lambda$ ) as a thermodynamic variable ( $P = -\Lambda/8\pi$ ). We obtain the critical values of pressure, temperature, and horizon radius and analyze the behavior of the global parameter  $P_c v_c / T_c$ . A phase transition between small and large black holes is found, resembling the phase transition of the Van der Waals system. Furthermore, we explore the influence of the deviation parameter  $k$  on the horizon structure and thermodynamic stability. Using the derived equation of state, we investigate the critical behavior and identify the characteristic swallowtail structure in Gibbs free energy, confirming the phase transition between small and large black holes. The black hole entropy  $S_+$  is derived from the first law of thermodynamics and exhibits corrections due to NLED, reducing to the ekenstein-Hawking area law when  $k = 0$ .

The pressure-volume relationship 
$$P = \frac{3(k - r_+^2 - 2\pi r_+^3 T)}{4\pi(2r_+^2 - k)}$$
 is analyzed to determine the critical points. Additionally, we identify how higher-dimensional effects and nonlinear electrodynamics influence the thermodynamic quantities. These modifications lead to significant differences from classical Schwarzschild-Tangherlini solutions. Our results provide new insights into the thermodynamic properties of  $AdS$  black holes coupled to NLED and contribute to a deeper understanding of phase transitions in higher-dimensional gravity theories, especially in the context of regular black holes and their stability. These findings open up further avenues for exploring the intricate relationship between black hole thermodynamics and fundamental forces.

**Keywords:** *AdS* black holes, nonlinear electrodynamics, thermodynamic phase transitions, critical behavior, higher-dimensional gravity.

**Е.М. Мырзакулов\*, А.Б. Алтайбаева, А.С. Бұланбаева, 2025.**

Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық Университеті, Астана, Қазақстан.

E-mail: ymyrzakulov@gmail.com

## СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЭЛЕКТРОДИНАМИКАМЕН БАЙЛАНЫСҚАН AdS ҚАРА ҚҰРДЫМДАРДЫҢ ФАЗАЛЫҚ АУЫСУЛАРЫ МЕН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

**Мырзакулов Ерлан Муратбаевич** – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан, E-mail: ymyrzakulov@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0160-0422>;

**Алтайбаева Азиза Биболовна** – PhD, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан, E-mail: aziza.ltaibayeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9254-7027>;

**Бұланбаева Арайлым Саятқызы** – Магистрант, Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Астана, Қазақстан, E-mail: arai\_bul@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-6541-3902>.

**Аннотация.** Бұл жұмыста сызықты емес электродинамиканы ескере отырып,  $d$ -өлшемді *AdS* қара құрдымның нақты шешімі ұсынылған және осы қара құрдымның термодинамикалық қасиеттері қарастырылған. Сызықты емес электродинамика термодинамикалық шамалардың өзгеруіне себеп болады, бұл  $P = -\Lambda/8\pi$  жағдайында космологиялық тұрақтыны ( $\Lambda$ ) термодинамикалық айнымалы ретінде қарастырғанда, алынған нәтижелерді жалпылауға мүмкіндік береді. Қысымның, температураның және көкжиек радиусының критикалық мәндері есептеліп, сондай-ақ  $P_c v_c / T_c$  глобалды параметрінің өзгерісі талданған. Кіші және үлкен қара құрдымдар арасында Ван-дер-Ваальс жүйесіндегі фазалық ауысуға ұқсас фазалық ауысу анықталған. Сонымен қатар,  $k$  ауытқу параметрінің көкжиек құрылымына және термодинамикалық тұрақтылыққа әсері зерттелген. Алынған күй теңдеуін қолдана отырып, критикалық мәні зерттеліп, Гиббс бос энергиясына тән «түйін» құрылымы анықталды, бұл кіші және үлкен қара құрдымдар арасындағы фазалық ауысуды растайды. Термодинамиканың бірінші заңын пайдаланып алынған қара құрдымның энтропиясына  $S_+$ , сызықты емес электродинамика есебінен түзетулер енгізіледі және  $k=0$  жағдайында Бекенштейн-Хокинг ауданы заңына сәйкес келеді. Критикалық нүктелерді анықтау үшін

$$P = \frac{3(k - r_+^2 - 2\pi r_+^3 T)}{4\pi(2r_+^2 - k)}$$

қысым мен көлемге қатынасы тәуелділігі талданған. Сонымен қатар, көпөлшемділіктің және сызықты емес электродинамиканың термодинамикалық параметрлердің сипаттамасына әсері талданған. Бұл модификациялар Шварцшильд-Тангерлинидің классикалық шешімдерінен айтарлықтай айырмашылықтарды көрсетеді. Алынған нәтижелер сызықты емес электродинамикамен байланысты *AdS* қара құрдымдарының термодинамикалық қасиеттері туралы қосымша мәліметтер береді және көпөлшемді кеңістіктердегі гравитация теорияларындағы фазалық ауысуларды, әсіресе тұрақтылық пен

тұрақты қара құрдымдар контекстінде, егжей-тегжейлі зерттеуге ықпал етеді. Алынған нәтижелер қара құрдымдар термодинамикасы мен іргелі әсерлесулер арасындағы күрделі байланыстарды зерттеуге жаңа жодар ашады.

**Түйін сөздер:** *AdS* қара құрдымдар, сызықты емес электродинамика, термодинамикалық фазалық ауысулар, критикалық күй, көп өлшемді гравитация.

**Е.М. Мырзакулов\*, А.Б. Алтайбаева, А.С. Буланбаева, 2025.**

Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан.

E-mail: ymyrzakulov@gmail.com

## **ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ *AdS* ЧЕРНЫХ ДЫР СВЯЗАННЫХ С НЕЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКОЙ**

**Мырзакулов Ерлан Муратбаевич** – PhD, старший преподаватель, ассоциированный профессор (доцент) кафедры «Общая и теоретическая физика», ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: ymyrzakulov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-0160-0422>;

**Алтайбаева Азиза Биболовна** – PhD, и.о. доцента кафедры «Общая и теоретическая физика», ЕНУ имени Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: aziza.ltaibayeva@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-9254-7027>;

**Буланбаева Арайлым Саяткызы** – магистрант кафедры «Общая и теоретическая физика» ЕНУ им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан, E-mail: arai\_bul@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0008-6541-3902>.

**Аннотация.** Представлено точное решение для  $d$ -мерной *AdS* черной дыры в присутствии нелинейной электродинамики, а также исследованы термодинамические свойства этой черной дыры. Нелинейная электродинамика приводит к изменениям термодинамических величин, что позволяет обобщить результаты путем введения космологической постоянной ( $\Lambda$ ) в качестве термодинамической переменной ( $P = -\Lambda/8\pi$ ). Получены критические значения давления, температуры и радиуса горизонта, а также проанализировано поведение глобального параметра  $P_c v_c / T_c$ . Обнаружен фазовый переход между малыми и большими черными дырами, напоминающий фазовый переход системы Ван-дер-Ваальса. Кроме того, исследовано влияние параметра отклонения  $k$  на структуру горизонта и термодинамическую устойчивость. Используя выведенное уравнение состояния, исследовано критическое поведение и выявлена характерная структура «петли» в свободной энергии Гиббса, что подтверждает фазовый переход между малыми и большими черными дырами. Энтропия черной дыры  $S_+$  выведенная из первого закона термодинамики содержит поправки, обусловленные нелинейной электродинамикой, и сводится к закону площади Бекенштейна-Хокинга при  $k=0$ .

Было проанализировано соотношение давления и объема 
$$P = \frac{3(k - r_+^2 - 2\pi r_+^3 T)}{4\pi(2r_+^2 - k)}$$
 для определения критических точек. Также проанализировано влияние многомерности и нелинейной электродинамики на поведение термодинамических параметров. Эти модификации приводят к значительным отличиям от классических

решений Шварцшильда-Тангерлини. Полученные результаты предоставляют дополнительные сведения о термодинамических свойствах  $AdS$  черных дыр, связанных с нелинейной электродинамикой, и способствуют более детальному изучению фазовых переходов в теориях гравитации в многомерных пространствах, особенно в контексте регулярных черных дыр и их стабильности. Полученные результаты открывают новые перспективы для изучения сложной взаимосвязи между термодинамикой черных дыр и фундаментальными взаимодействиями.

**Ключевые слова:**  $AdS$  черные дыры, нелинейная электродинамика, термодинамические фазовые переходы, критическое поведение, многомерная гравитация.

***Благодарности.** Данное исследование выполнено при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP22682760).*

**Введение.** Идея о черных дырах как термодинамических объектах была впервые сформулирована в работах Бекенштейна и Хокинга, которые ввели концепции энтропии и температуры для черных дыр (Bekenstein, 1972; Hawking, 1976). В дальнейшем, было установлено, что черные дыры могут проявлять фазовые переходы при рассмотрении космологической постоянной  $\Lambda$  в качестве термодинамической переменной ( $P = -\Lambda/8\pi$ ). Это явление наблюдается не только для асимптотически  $AdS$  черных дыр, но также для асимптотически де Ситтера и плоских черных дыр.

Фазовая структура асимптотически плоских заряженных черных дыр была впервые исследована Бардином (Braden et al., 1990), что стало важным вкладом в изучение термодинамических свойств этих объектов. Вопрос о регулярных черных дырах возник в контексте модели Бардина, которая была основана на идеях Сахарова и Глинера (Sakharov, 1966; Gliner, 1966). Эти черные дыры обладают горизонтом событий, но в отличие от классических решений, они не содержат центральной сингулярности.

Решения такого рода становятся возможными благодаря взаимодействию гравитационного поля с нелинейными полями материи, что приводит к изменениям в структуре уравнений Эйнштейна. В стандартной теории общей относительности черные дыры имеют центральную сингулярность, где гравитационное поле становится бесконечно сильным, и вся масса сжата в одну точку. Однако, введение нелинейных полей материи изменяет пространство-время так, что сингулярность исчезает, а остается только горизонт событий.

Нелинейные поля в уравнениях, описывающих эти материи, смягчают эффекты сильной гравитации в центральной области, что позволяет избежать образования сингулярности. Вместо этого, поле материи действует как «стабилизатор», который сохраняет горизонт событий и предотвращает возникновение бесконечно плотных областей. В таких решениях объекты сохраняют основные физические свойства черных дыр без формирования сингулярности в центре.

Работы Айона-Беато и Гарсии (Ayón-Beato et al., 1999; Ayón-Beato et al., 2000)



продемонстрировали, что такие решения возможны, когда нелинейные эффекты материи, такие как модификации электромагнитных полей, приводят к появлению черных дыр, лишенных сингулярности.

С тех пор было предложено множество регулярных решений для черных дыр, включая обобщения для гравитации Эйнштейна-Гаусса-Бонне (Kumar et al., 2019), 4-мерной гравитации Эйнштейна-Гаусса-Бонне (Singh et al., 2020) и массивной гравитации (Singh et al., 2020). Также были разработаны вращающиеся аналоги таких решений с использованием алгоритма Ньюмана-Яниса (Ghosh et al., 2015), что расширяет возможности для изучения регулярных черных дыр в более сложных моделях гравитации (Ahmed et al., 2022; Upadhyay et al., 2022; Myrzakulov, 2023a; Myrzakulov, 2023b). Эти исследования демонстрируют, как введение различных модификаций теории гравитации, включая дополнительные параметры, может привести к появлению новых типов черных дыр, которые сохраняют свои физические свойства, не имея при этом центральной сингулярности.

В последних исследованиях взаимодействие между нелинейной электродинамикой и решениями черных дыр привлекло значительное внимание из-за своей роли в разрешении сингулярностей и изменении термодинамического поведения. Однако ключевой проблемой остается точное описание критических явлений и термодинамической стабильности в более высоких измерениях. Современные модели часто не дают исчерпывающих объяснений отклонениям, вызванным нелинейными поправками, особенно их влиянию на динамику фазовых переходов.

Нелинейная электродинамика вводит экспоненциальные поправки к метрике, что приводит к отличительным изменениям в энтропии черных дыр, температуре и динамике фазовых переходов. Эти эффекты особенно заметны в пространстве-времени  $AdS$ , где космологическая постоянная выполняет функцию давления, что позволяет создать более сложную термодинамическую фазовую структуру. В этом контексте влияние нелинейных эффектов на поведение черных дыр открывает новые горизонты для исследования термодинамики и структуры решений, а также для понимания того, как такие объекты могут вести себя в различных фазовых состояниях.

В данной работе изучаются регулярные асимптотически  $AdS$  черные дыры в многомерных пространствах, возникающие из гравитации, связанной с нелинейной электродинамикой. Эти решения переходят в черную дыру Шварцшильда-Тангерлини в отсутствие нелинейных параметров. Также исследуется термодинамика этих черных дыр, подчеркивая изменения, вызванные нелинейными полями материи. Рассматриваются фазовые переходы черных дыр с космологической постоянной, рассматриваемой как термодинамическая переменная. В данной работе используется сигнатура метрики  $(-, +, +, +, +)$  и единицы  $8\pi G = c = 1$ .

**Материалы и основные методы.** В данной работе рассматривается точное решение для  $d$ -мерной черной дыры с отрицательной космологической постоянной, связанной с нелинейной электродинамикой, и исследуются ее

термодинамические свойства. Исследование фокусируется на понимании термодинамического поведения черных дыр в многомерных пространствах с учетом влияния космологической постоянной как термодинамической переменной. Анализируются критические явления черной дыры, включая фазовые переходы, путем получения выражений для температуры, энтропии и свободной энергии Гиббса. Методы, использованные в данной работе, включают решение уравнений поля Эйнштейна, связанных с нелинейной электродинамикой в присутствии отрицательной космологической постоянной, с использованием численного подхода для решения нелинейного уравнения для метрической функции  $f(r)$ , описывающего поведение черной дыры в многомерном пространстве. Кроме того, применяется первый закон термодинамики для определения энтропии и анализа фазовой структуры черной дыры. Критические точки и фазовые переходы исследуются с помощью уравнения состояния и графиков свободной энергии Гиббса.

**Решение для многомерной регулярной черной дыры.**  $d$ -мерное действие Эйнштейна-Гильберта с отрицательной космологической постоянной, связанное с нелинейной электродинамикой (Balart, 2014), записывается как

$$S = \frac{1}{2} \int d^D x \sqrt{-g} [R - 2\Lambda] + \int d^D x \sqrt{-g} L(F), \quad (1)$$

где  $R$  – скаляр кривизны,  $\Lambda$  – космологическая постоянная, связанная с длиной  $AdS$  через  $\Lambda = -(D-1)(D-2)/2l^2$ , и  $L(F)$  – лагранжиан плотности нелинейного поля материи, который является функцией тензора электромагнитного поля  $F_{ab} = \partial_a A_b - \partial_b A_a$ , где  $A_a$  электромагнитный потенциал. Уравнение движения получим после вариации действия (1) по метрическому тензору  $g_{ab}$  (Upadhyay et al., 2022).

$$R_{ab} - \frac{1}{2} g_{ab} R = T_b^a \equiv \delta_b^a L - 4 \frac{\partial L}{\partial F} F^{ab}. \quad (2)$$

Лагранжиан плотности  $L(F)$  задается выражением:

$$L(F) = \frac{\beta \exp[-k(2F)^\gamma]}{q^{\frac{D-3}{D-2}}}, \quad \text{где } k = \frac{q^2}{\mu}, \quad (3)$$

где

$$\beta = \frac{(D-2)(D-3)}{2}, \quad \text{и } \frac{D-3}{2D-4}. \quad (4)$$

Вводим следующий анзац для поля Максвелла (Ahmed et al., 2022):

$$F_{ab} = 2\delta_{[a}^{\theta_1}\delta_{b]}^{\theta_2}q(r)\sin\theta_1; \quad D = 4, \quad (5)$$

$$F_{ab} = 2\delta_{[a}^{\theta_{D-3}}\delta_{b]}^{\theta_{D-2}}\frac{q(r)}{r^{D-4}}\sin\theta_{D-3}\left[\prod_{j=1}^{D-4}\sin^2\theta_j\right]; \quad D \geq 5.$$

Уравнение (5) подразумевает, что  $dF = 0$ , в результате чего получаем:

$$2\delta_{[a}^{\theta_{D-3}}\delta_{b]}^{\theta_{D-2}}\frac{q(r)}{r^{D-4}}\sin\theta_{D-3}\left[\prod_{j=1}^{D-4}\sin^2\theta_j\right]d\theta \wedge d\phi \wedge \dots \wedge d\psi_{(D-2)}. \quad (6)$$

Следовательно, тензор напряженности поля  $F_{\theta\phi}$ ,  $F$  и  $\mathbf{L}(F)$  принимают вид:

$$F_{\theta\phi} = \frac{q(r)}{r^{D-4}}\sin\theta_{D-3}\left[\prod_{j=1}^{D-4}\sin^2\theta_j\right], \quad F = \frac{q^2}{2r^{2(D-2)}} \quad (7)$$

$$\mathbf{L}(F) = \frac{(D-2)(D-3)q^2}{4r^{2(D-2)}}\exp\left[-\frac{k}{r^{D-3}}\right]. \quad (8)$$

Для получения статической сферически симметричной регулярной черной дыры в  $d$ -мерном пространстве для уравнения (1) рассматриваем следующую форму метрики:

$$ds^2 = -f(r)dt^2 + \frac{1}{f(r)}dr^2 + r^2d\Omega_{D-2}, \quad (9)$$

где  $d\Omega_{D-2}$  – метрика  $(D-2)$ -мерной сферы, а  $T_{ab}$  – тензор энергии-импульса нелинейного поля. Компонента  $(r, r)$  уравнения (2) имеет вид:

$$\frac{D-2}{2r^2}[r^2(f^2)' + (D-3)(f^2-1) - (D-1)\Lambda r^2] = \frac{(D-2)(D-3)q^2}{2r^{2(D-2)}}\exp\left[-\frac{k}{r^{D-3}}\right]. \quad (10)$$

Интегрируя это дифференциальное уравнение, получаем решение для черной дыры.

$$f(r) = 1 - \frac{M}{r^{D-3}}e^{kir^{D-3}} + \frac{r^2}{l^2}, \quad (11)$$

где  $M$  – константа интегрирования, которая соответствует массе регулярной черной дыры. Уравнение (11) является точным решением для черной дыры, которая характеризуется массой ( $M$ ), космологической постоянной ( $\Lambda$ ) и параметром отклонения ( $k$ ). При отсутствии параметра отклонения ( $k$ ) решение сводится к решению  $AdS$  черной дыры Шварцшильда-Тангерлини, а для  $r \gg k$  решение соответствует  $d$ -мерной  $AdS$  заряженной черной дыре

$$f(r) = 1 - \frac{M}{r^{D-3}} + \frac{Q^2}{r^{D-2}} + \frac{r^2}{l^2}. \quad (12)$$

Далее будем искать горизонт событий для 5-мерной регулярной черной дыры, который можно получить при  $f(r) = 0$ , подставив  $D = 5$  в уравнение (11). Это нелинейное уравнение, решение которого невозможно найти в аналитической форме, поэтому строим график  $f(r)$  при  $D = 5$ , который представлен на Рис. 1.

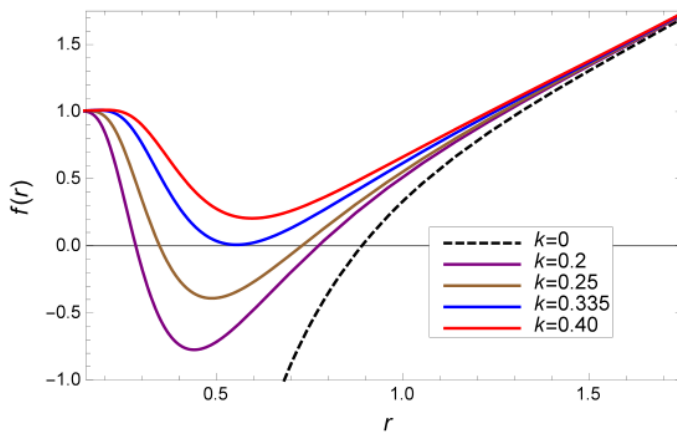


Рисунок - 1. График зависимости метрической функции  $f(r)$  от радиуса  $r$  для различных значений параметра отклонения  $k$  при фиксированном значении массы  $M=1$ .

На рисунке показано, что черная дыра имеет два горизонта, что отличается от решения Шварцшильда. Это связано с наличием экспоненциального множителя  $e^{-kr}$ , который присутствует в уравнении (11) и модифицирует решение черной дыры. Размер горизонта черной дыры уменьшается с увеличением значения параметра отклонения  $k$  и совпадает с горизонтом черной дыры Шварцшильда-Тангерлини при  $r \approx 1.65$ .

**Результаты и обсуждение. Термодинамика и фазовые переходы.** В этой части работы, будем рассматривать термодинамические величины, связанные с решением для 5-мерной регулярной  $AdS$  черной дыры, как функции радиуса горизонта  $r_+$ . Используя уравнение (11) при условии  $f(r) = 0$ , можно определить массу черной дыры как

$$M_+ = r_+^2 e^{kr_+^2} \left( 1 + \frac{r_+^2}{l^2} \right). \quad (13)$$

Как заметно здесь, масса черной дыры совпадает с массой черной дыры Шварцшильда-Тангерлини при отсутствии параметра отклонения  $k$ . Температура черной дыры, известная как температура Хокинга, определяется следующим выражением:

$$T_+ = \frac{f'(r)}{4\pi} = \frac{1}{2\pi r_+} \left[ 1 + \frac{r_+^2}{l^2} - \frac{k}{r_+^2} \left( 1 + \frac{r_+^2}{l^2} \right) \right]. \quad (14)$$

Температура 5-мерной регулярной  $AdS$  черной дыры модифицируется из-за параметра отклонения  $k$ . Температура принимает значение  $T_+ = 1/2\pi r_+$  при отсутствии параметра отклонения  $k$ . На основе первого закона термодинамики можно вывести выражение для энтропии в следующем виде

$$dM_+ = T_+ dS_+ + PdV. \quad (15)$$

Можно получить следующее выражение для энтропии черной дыры для нашего случая

$$S_+ = \int \frac{1}{T_+} \frac{\partial M_+}{\partial r_+} dr_+ = \frac{4r_+^3}{3\pi} \left[ \frac{2k + r_+^2}{r_+^2} e^{k/r_+^2} - \frac{8k\sqrt{\pi k}}{r_+^3} \operatorname{erf} \left( \frac{\sqrt{k}}{r_+} \right) \right]. \quad (16)$$

Если положить  $k=0$ , то получим  $S_+ = 4\pi r_+^3/3$ , что соответствует энтропии 5-мерной черной дыры Шварцшильда-Тангерлини, причем энтропия удовлетворяет закону площади Бекенштейна-Хокинга.

Первый закон термодинамики включает себе давление и объем, если космологическую постоянную будем рассматривать как давление. Космологическая постоянная соответствует давлению, и оно выражается в следующем виде как:

$$P = -\frac{\Lambda}{8\pi} = \frac{(d-1)(d-2)}{16\pi l^2}, \quad (17)$$

и уравнение состояния  $P = P(V, T)$  для 5-мерной регулярной черной дыры имеет соответствующий вид

$$P = \frac{3(k - r_+^2 - 2\pi r_+^3 T)}{4\pi(2r_+^2 - k)}, \quad (18)$$

и критические точки, полученные из условия

$$\frac{\partial P}{\partial r_+} = 0, \quad \frac{\partial^2 P}{\partial r_+^2} = 0. \quad (19)$$

приводит к следующим выражениям

$$r_c = \sqrt{\frac{6k + \sqrt{42k}}{2}}, \quad (20)$$

$$T_c = \frac{8\sqrt{2}}{\pi\sqrt{k}(6 + \sqrt{42})^{3/2}}, \quad (21)$$

$$P_c = \frac{36 - 3\sqrt{42}}{\pi k(288 + 44\sqrt{42})}. \quad (22)$$

Для проверки наличия фазового перехода построим график зависимости свободной энергии Гиббса  $G_+$  от температуры  $T_+$ .

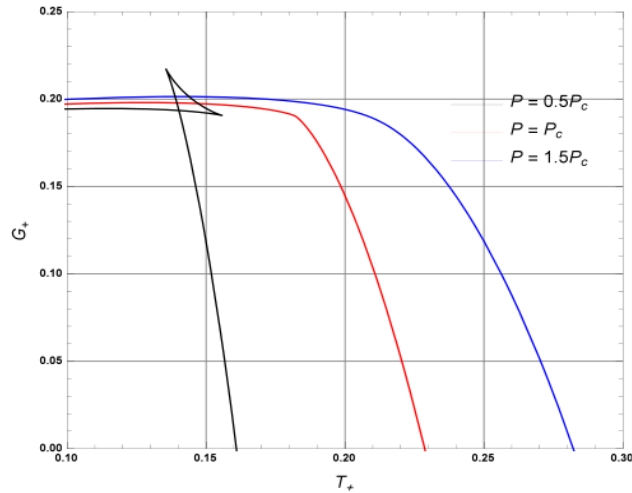


Рисунок - 2. График зависимости свободной энергии Гиббса  $G_+$  от температуры  $T_+$  при различных значениях параметра давления:  $P < P_c$ ,  $P = P_c$  и  $P > P_c$  при фиксированном значении  $k=0.20$ , где  $P_c = 0.459$ , а соответствующая температура  $T_c = 0.182$ .

Появление характерной «петлевой» формы на диаграммах  $G_+ - T_+$  указывает на критические значения, при которых происходит фазовый переход (Рис. 2).

В данном разделе представлены результаты исследования термодинамических свойств  $AdS$  черных дыр с многомерностью, взаимодействующих с нелинейной электродинамикой, а также обсуждение значимости полученных результатов в контексте существующей литературы.

Анализ показал, что наличие нелинейной электродинамики существенно изменяет поведение черной дыры. Были определены критические значения давления, температуры и радиуса горизонта, а также наблюдался фазовый переход между малыми и большими черными дырами, что аналогично фазовому переходу системы Ван-дер-Ваальса. Для различных значений параметра отклонения  $k$  было получено численное решение для метрики  $f(r)$ . Установлено, что при увеличении  $k$  горизонт черной дыры сокращается, и решение приближается к черной дыре Шварцшильда-Тангерлини. Этот результат имеет важное значение для понимания влияния нелинейных полей материи на термодинамику  $AdS$  черных дыр с многомерностью.

Кроме того, температура, энтропия и свободная энергия Гиббса были рассчитаны с использованием первого закона термодинамики, включающего давление в качестве термодинамической переменной. Критические точки для фазового перехода черной дыры были определены путем анализа уравнения состояния и построения графика свободной энергии Гиббса. Характерная петля, наблюдаемая на диаграмме свободной энергии Гиббса, подтверждает наличие фазового перехода и предоставляет информацию о стабильности черных дыр при различных термодинамических условиях.

Полученные результаты согласуются с предыдущими исследованиями черных дыр, взаимодействующих с нелинейными полями материи, особенно с работами Айона-Беато и Гарсии (Ayón-Beato et al., 2000; Ayón-Beato et al., 2005), которые первыми изучили регулярные решения черных дыр в контексте нелинейной электродинамики. Наши выводы дополнительно подтверждают влияние нелинейной электродинамики на решения для черных дыр, особенно при наличии отрицательной космологической постоянной. Наблюдаемый фазовый переход между малыми и большими черными дырами отражает поведение системы Ван-дер-Ваальса, что было широко изучено в других контекстах (Bekenstein, 1975). Характерная петля на графике свободной энергии Гиббса является известной особенностью фазовых переходов первого рода и наблюдается в других системах черных дыр, таких как Bardeen-  $AdS$  черные дыры (Braden, 1990; Bardeen, 1968).

Тем не менее, результаты выявили и важные аспекты, требующие дальнейшего изучения. Во-первых, необходимо более детально исследовать роль параметра отклонения  $k$  в модификации термодинамического поведения черных дыр, чтобы выявить его влияние на стабильность и критические явления в многомерных пространствах. Во-вторых, хотя основное внимание в данном исследовании уделено 5-мерным черным дырам, расширение анализа на черные дыры с многомерностью могло бы предоставить дополнительные сведения об универсальности наблюдаемого поведения.

Одним из потенциальных ограничений данного исследования является использование численных методов для решения нелинейных уравнений метрики черной дыры. Хотя этот подход дает ценные результаты, аналитические решения могут быть необходимы для углубленного понимания физических свойств и поведения черных дыр, особенно в рамках более общих моделей нелинейной электродинамики и многомерных пространств-времен.

**Заключение.** Настоящее исследование предоставляет детальный анализ термодинамических свойств  $AdS$  черных дыр с многомерностью, взаимодействующих с нелинейной электродинамикой, и вносит вклад в понимание фазовых переходов в таких системах. Установлено, что нелинейная электродинамика оказывает значительное влияние на критические параметры и фазовые переходы черных дыр, что подтверждается характерной петлей на графике свободной энергии Гиббса и аналогией с системой Ван-дер-Ваальса.

Дальнейшие исследования роли параметра отклонения  $k$  и других нелинейных полей материи могут привести к новым открытиям, особенно при рассмотрении

черных дыр с более высокой размерностью и различных граничных условий. Аналитические подходы также могут расширить понимание фундаментальных процессов, происходящих в таких системах, и позволят изучить их термодинамические свойства более детально.

### References

- Ahmed F., Singh D.V., Ghosh S.G. (2022) Five-dimensional rotating regular black holes and shadow. *General Relativity and Gravitation*, 54(2):21. DOI: 10.1007/s10714-022-02906-7 (in Eng.).
- Ayón-Beato E., García A. (1999) Non-singular charged black hole solution for non-linear source. *General Relativity and Gravitation*, 31(5):629-633. DOI: 10.1023/A:1026640911319 (in Eng.).
- Ayón-Beato E., García A. (2000) The Bardeen model as a nonlinear magnetic monopole. *Physics Letters B*, 493(1-2):149-152. DOI: 10.1016/S0370-2693(00)01125-4 (in Eng.).
- Ayón-Beato E., García A. (2005) Four-parametric regular black hole solution. *General Relativity and Gravitation*, 37(4):635-641. DOI: 10.1007/s10714-005-0050-y (in Eng.).
- Balart L., Vagenas E.C. (2014) Regular black holes with a nonlinear electrodynamics source, *Physical Review D*, 90:124045. DOI: 10.1103/PhysRevD.90.124045 (in Eng.).
- Bardeen J. (1968) Non-singular general-relativistic gravitational collapse, *Proceedings of the 5th International Conference on Gravitation and the Theory of Relativity*, Tiflis, U.S.S.R. P.174. (in Eng.).
- Bekenstein J.D. (1972) Black holes and the second law. *Lettere al Nuovo Cimento*, 4(15):737-740. DOI: 10.1007/BF02757029 (in Eng.).
- Bekenstein J.D. (1975) Statistical black-hole thermodynamics. *Physical Review D*, 12(10):3077-3085. DOI: 10.1103/PhysRevD.12.3077 (in Eng.).
- Braden H.W., Brown J.D., Whiting B.F., York J.W. (1990) Charged black hole in a grand canonical ensemble, *Physical Review D*, 42:3376-3383. DOI: 10.1103/PhysRevD.42.3376 (in Eng.).
- Ghosh S.G., Maharaj S.D. (2015) Generating the Bardeen metric by the Newman-Janis algorithm. *The European Physical Journal C*, 75(7):7. DOI: 10.1140/epjc/s10052-014-3222-7 (in Eng.).
- Gliner E.B. (1966) Algebraic properties of the energy-momentum tensor and vacuum-like states of matter. *Soviet Physics Journal of Experimental and Theoretical Physics*, 22(2):378-382. (in Eng.).
- Hawking S.W. (1976) Black holes and thermodynamics. *Physical Review D*, 13(2):191-197. DOI: 10.1103/PhysRevD.13.191 (in Eng.).
- Kumar A., Singh D.V., Ghosh S.G. (2019) D-dimensional Bardeen-AdS black holes in Einstein-Gauss-Bonnet theory. *The European Physical Journal C*, 79(3):275. DOI: 10.1140/epjc/s10052-019-6773-9 (in Eng.).
- Myrzakulov Y.M., Bulanbayeva A.S. (2023) A Regular black hole solutions and their thermodynamics, *Reports of NAS RK*, (2024), 2(350):84-94 DOI:https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.280 (in Eng.).
- Myrzakulov Y., Myrzakulov K., Upadhyay S., Singh D.V. (2023) Quasinormal modes and phase structure of regular AdS Einstein-Gauss-Bonnet black holes. *International Journal of Geometric Methods in Modern Physics*, 20(07):2350121. DOI: 10.1142/S0219887823501219 (in Eng.).
- Paul P., Upadhyay S., Myrzakulov Y., Singh D.V., Myrzakulov K. (2023) More exact thermodynamics of nonlinear charged AdS black holes in 4D critical gravity. *Nuclear Physics B*, 993:116259. DOI: 10.1016/j.nuclphysb.2023.116259 (in Eng.).
- Sakharov A.D. (1966) Initial stage of an expanding universe and appearance of a nonuniform distribution of matter. *Soviet Physics Journal of Experimental and Theoretical Physics*, 22:241-249 (in Eng.).
- Singh B.K., Singh R.P., Singh D.V. (2020) Extended phase space thermodynamics of Bardeen black hole in massive gravity. *European Physical Journal Plus*, 135(10):862. DOI: 10.1140/epjp/s13360-020-00880-0 (in Eng.).
- Singh D.V., Ghosh S.G., Maharaj S.D. (2020) Clouds of strings in 4D Einstein-Gauss-Bonnet black holes. *Physics of the Dark Universe*, 30:100730. DOI: 10.1016/j.dark.2020.100730 (in Eng.).
- Upadhyay S., Singh D.V. (2022) Black hole solution and thermal properties in 4D AdS Gauss-Bonnet massive gravity. *The European Physical Journal Plus*, 137(3):383. DOI: 10.1140/epjp/s13360-022-02569-y (in Eng.).



## CONTENTS

## PHYSICS

|  |     |
|--|-----|
| <b>B.Zh. Abdikarimov, A.Zh. Seitmuratov, B.K. Kaliev, A.G. Ganiulla, T.M. Karabala</b><br>VISCOSITY PROPERTIES OF THE ISOBUTYRIC ACID-WATER SOLUTION NEAR THE CRITICAL SEPARATION TEMPERATURE.....                   | 5   |
| <b>D.T. Agishev, S.A. Khokhlov, A.T. Agishev, N.L. Vaidman, A.T. Agishev</b><br>THE STUDY OF RADIATIVE AND CONVECTIVE TRANSPORT IN CLOSE BINARY SYSTEMS WITH LOW ACCRETION RATES.....                                | 17  |
| <b>T.M. Aldabergenova, M.F. Vereshchak, A.S. Dikov, S.B. Kislitsin</b><br>FINE STRUCTURE OF COATING BASED ON HIGH ENTROPY ALLOY NITRIDES (ALTiZrYNb)N, DETERMINED BY THE CAMS METHOD ON IMPLANTED IRON-57 CORES..... | 29  |
| <b>E. Bondar, A. Shongalova, A. Fedosimova, S. Ibraimova, A. Kemelbekova</b><br>ENHANCING HYDRONIUM ION MOBILITY IN GRAPHENE OXIDE-BASED PROTON EXCHANGE MEMBRANES.....  | 39  |
| <b>N.N. Zhanturina, G.K. Beketova, Z.K. Aimaganbetova, K.B. Bizhanova</b><br>MODERN PEROVSKITE SOLAR CELLS: INNOVATIONS IN MATERIALS AND TECHNOLOGIES FOR ENHANCED EFFICIENCY.....                                   | 50  |
| <b>U.K. Zhapbasbayev, G.I. Ramazanova, M.A. Pakhomov</b><br>TURBULENT FLOW OF VISCOPLASTIC FLUID IN A PIPE WITH SUDDEN EXPANSION.....  | 64  |
| <b>D.M. Zazulin, S.E. Kemelzhanova, N.A. Beissen, A.Sh. Tursumbekov, M.O. Alimkulova</b><br>GEOMETROTHERMODYNAMICS OF A HOLOGRAPHIC SYSTEM WITH ZERO SOUND.....  | 78  |
| <b>Y. Myrzakulov, A. Altaibayeva, A. Bulanbayeva</b><br>PHASE TRANSITIONS AND THERMODYNAMIC BEHAVIOR OF AdS BLACK HOLES COUPLED WITH NONLINEAR ELECTRODYNAMICS.....  | 89  |
| <b>Sh.A. Myrzakulova, A.A. Zhadyranova</b><br>INVESTIGATION OF F(G) GRAVITY USING NOETHER SYMMETRY.....  | 101 |

**D.A. Tolekov, D.M. Zharylgapova, A.M. Mukhambetzhan, A.A. Almagambetova, U.A. Abitaeva**  
ELECTRON-HOLE TRAPPING CENTERS IN ULTRA-VIOLET IRRADIATED  
LI<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-Mn CRYSTALS.....115

**S.U. Sharipov, I.F. Spivak-Lavrov**  
ELECTROSTATIC CHARACTERISTICS OF THE EDGE FIELD BETWEEN  
THE DEFLECTOR PLATES AND THE GROUNDED SCREEN.....125

**L.I. Shestakova, A.V. Serebryanskiy, Spassiyuk Ruslan, Ch.T. Omarov**  
SEARCH FOR COMETARY-METEORITIC DUST IN THE INNER REGION OF  
THE SOLAR SYSTEM: THERMAL EMISSION IN THE DUST CORONA.....138

### **CHEMISTRY**

**R.S. Abzhalov, Sh.T. Koshkarbayeva, A.K. Dikanbayeva, M.S. Satayev, B.S. Serikbayeva**  
STUDY OF THE OBTAINING OF SILVER NANOPARTICLES ON THE  
POLYMER SURFACE USING PHOTOCHEMICAL ACTIVATION.....147

**K.T. Arynov, A.P. Auyeshov, Ch.Z. Yeskibayeva, A.K. Dikanbayeva, A.M. Ibrayeva**  
X-RAY PHASE AND THERMOANALYTICAL STUDY OF NEMALITE FROM  
THE ZHITIKARINSKOE DEPOSIT (KAZAKHSTAN).....160

**G.Zh. Baisalova, A.S. Zhumadil, B.B. Torsykbaeva, D.T. Sadyrbekov, K.T. Umerdzhanova**  
CHEMICAL COMPOSITION OF FRUITS OF ELEAAGNUS  
ANGUSTIFOLIA.....173

**N.N. Zhanikulov, D.K. Zhurgarayeva, G. Mukhtarhanova**  
INVESTIGATION OF THE SUITABILITY OF HEAP LEACHING WASTE FROM  
THE PROCESSING OF GOLD-BEARING ORE AS A RAW MATERIAL  
FOR PORTLAND CEMENT.....184

**A.A. Zheldybaeva, A.CH. Katashova, K.A. Iskakov, D.E. Nurmukhanbetova, A. Azamatkyzy**  
NATURAL CRITERIA OF VEGETABLE JUICES AND THEIR QUALITY  
DETERMINATION.....196

**A.B. Issayeva, A.A. Sharipova, M.O. Issakhov, G.A. Kadyrbekova**  
ROLE OF MICROENCAPSULATED HUMIC ACID BASED ON BIOPOLYMERS  
IN PLANT GROWTH STIMULATION.....205

- A.T. Massenova\*, A.S. Zhumakanova, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova, A.Z. Abilmagzhanov, 2025.**  
HIERARCHICAL ZEOLITES BASED ON SYNTHETIC ZEOLITES ZSM-5, HY AND BEA FOR ALKYLATION OF AROMATIC HYDROCARBONS.....219
- A.K. Nurlybekova, A.A. Minkayeva, E. Shybyrai, H.A. Aisa, J. Jenis**  
GC-MS STUDY OF ORGANIC AND MINERAL COMPONENTS IN ARTEMISIA SPECIES FROM KAZAKHSTAN.....233
- T.S. Khosnutdinova, A.O. Sapieva, N.G. Gemedzhieva, Zh.Zh. Karzhaubekova, N.A. Sultanova**  
DEVELOPMENT OF A BIOLOGICALLY ACTIVE COMPLEX FROM THE ROOTS OF *FERULA FOETIDA* (BUNGE) REGEL EXHIBITING ANTIOXIDANT ACTIVITY.....252

## МАЗМҰНЫ

### ФИЗИКА

- Б.Ж. Әбдікәрімов, А.Ж. Сейтмұратов, Б.К. Калиев, Ә.Ғ. Ғаниұлла,  
Т.М. Қарабала**  
СЫНДЫҚ ТЕМПЕРАТУРА МАҢЫНДАҒЫ ИЗОМАЙ ҚЫШҚЫЛЫ – СУ  
ЕРІТІНДІСІНІҢ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....5
- Д.Т. Агишев, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, Н.Л. Вайдман, А.Т. Агишев**  
АККРЕЦИЯ ҚАРҚЫНЫ ТӨМЕН ТЫҒЫЗ ҚОС ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ  
РАДИАЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ КОНВЕКТИВТІ ТАСЫМАЛДАУДЫ ЗЕРТТЕУ.....17
- Т.М. Алдабергенова, М.Ф. Верещак, А.С. Диков, С.Б. Кислицин**  
ИМПЛАНТАЦИЯЛАНҒАН ТЕМІР-57 ЯДРОЛАРЫНДА КИМС ӘДІСІМЕН  
АНЫҚТАЛҒАН ЖОҒАРЫ ЭНТРОПИЯЛЫҚ ҚОРЫТПА НИТРИДТЕРІ  
(ALTIZYNB) N НЕГІЗІНДЕГІ ЖҰҚА ЖАБЫН ҚҰРЫЛЫМЫ.....29
- Е. Бондарь, А. Шонғалова, А. Федосимова, С. Ибраимова, А. Кемелбекова**  
ГРАФЕН ОКСИДІ НЕГІЗІНДЕГІ ПРОТОН АЛМАСУ МЕМБРАНАЛАРЫНДА  
ГИДРОНИЙ ИОНДАРЫНЫҢ ҚОЗҒАЛҒЫШТЫҒЫН АРТТЫРУ.....39
- Н.Н. Жантурина, Г.К. Бекетова, З.К. Аймаганбетова, К.Б. Бижанова,  
Л.У. Таймуратова**  
ҚАЗІРГІ ЗАМАНҒЫ ПЕРОВСКИТТІ КҮН БАТАРЕЯЛАРЫ: ТИІМДІЛІКТІ  
АРТТЫРУҒА АРНАЛҒАН МАТЕРИАЛДАР МЕН ТЕХНОЛОГИЯЛАРДАҒЫ  
ИННОВАЦИЯЛАР.....50
- Ұ.Қ. Жапбасбаев, Г.І. Рамазанова, М.Ф. Пахомов**  
КЕНЕТТЕН КЕҢЕЮІ БАР ҚҰБЫРДАҒЫ ТҮТҚЫР-ПЛАСТИКАЛЫҚ  
СҰЙЫҚТЫҚТЫҢ ТУРБУЛЕНТТІК АҒЫНЫ.....64
- Д.М. Зазулин, С.Е. Кемелжанова, Н.Ә. Бейсен, А.Ш. Турсумбеков,  
М.О. Алимқулова**  
НӨЛДІК ДЫБЫСЫ БАР ГОЛОГРАФИЯЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ  
ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИКАСЫ.....78
- Е.М. Мырзакулов, А.Б. Алтайбаева, А.С. Бұланбаева**  
СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ЭЛЕКТРОДИНАМИКАМЕН БАЙЛАНЫСҚАН AdS ҚАРА  
ҚҰРДЫМДАРДЫҢ ФАЗАЛЫҚ АУЫСУЛАРЫ МЕН ТЕРМОДИНАМИКАЛЫҚ  
СИПАТТАМАЛАРЫ.....89

|  |     |
|--|-----|
| <b>Ш.А. Мырзакулова, А.А. Жадыранова</b><br>НЕТЕР СИММЕТРИЯСЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, F(G) ГРАВИТАЦИЯСЫН<br>ЗЕРТТЕУ.....  | 101 |
| <b>Д.А. Төлеков, Д.М. Жарылғапова, А.М. Мұхамбетжанова,<br/>А.А. Алмағамбетова, Ұ.Ә. Әбітаева</b><br>УЛЬТРА-КҮЛГІНМЕН СӘУЛЕЛЕНГЕН $Li_2SO_4$ -Mn-дегі ЭЛЕКТРОНДЫ-<br>КЕМТІКТІ ҚАРМАУ ОРТАЛЫҚТАРЫ.....                        | 115 |
| <b>С.У. Шарипов, И.Ф. Спивак-Лавров</b><br>ДЕФЛЕКТОРЛЫҚ ПЛАСТИНАЛАР МЕН ЖЕРГЕ ТҰЙЫҚТАЛҒАН ЭКРАН<br>АРАСЫНДАҒЫ ШЕТТІК ӨРІСТІҢ ЭЛЕКТРОСТАТИКАЛЫҚ<br>СИПАТТАМАЛАРЫ.....   | 125 |
| <b>Л.И. Шестакова, А.В. Серебрянский, Р.Р. Спасюк, Ч.Т. Омаров</b><br>КҮН ЖҮЙЕСІНІҢ ШІКІ АЙМАҒЫНДАҒЫ КОМЕТАЛЫҚ-МЕТЕОРЛЫҚ<br>ШАҢДЫ ІЗДЕУ: ШАҢДЫ КОРОНАДАҒЫ ЖЫЛУ ЭМИССИЯСЫ.....  | 138 |
| <b>ХИМИЯ</b>   |     |
| <b>Р.С. Абжалов, Ш.Т. Кошкарбаева, А.К. Диканбаева, М.С. Сатаев,<br/>Б.С. Серикбаева</b><br>ФОТОХИМИЯЛЫҚ АКТИВТЕНДІРУ АРҚЫЛЫ ПОЛИМЕР БЕТІНЕН<br>КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРДІ АЛУДЫ ЗЕРТТЕУ.....                                     | 147 |
| <b>К. Арынов, А. Ауешов, Ч. Ескибаева, А. Диканбаева, А. Ибраева</b><br>ЖІТІҚАРА КЕНОРНЫНЫҢ НЕМАЛИТҚҰРАМДАС ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТІН<br>РЕНТГЕНОФАЗАЛЫҚ ЖӘНЕ ТЕРМОАНАЛИТИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....   | 160 |
| <b>Г.Ж. Байсалова, Ә.С. Жұмаділ, Б.Б. Торсыкбаева, Д.Т. Садырбеков,<br/>К.Т. Умерджанова</b><br>ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA ЖЕМІСТЕРІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ<br>КОМПОНЕНТТЕРІ.....   | 173 |
| <b>Н.Н. Жаникулов, Д.К. Жургарева, Г. Мұхтарханова, А.С. Байлен,<br/>А.К. Свидерский</b><br>ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ АЛУ ҮШІН АЛТЫН КЕНІН ӨҢДЕУДЕН АЛЫНҒАН<br>ҮЙІНДІ ШАЙМАЛАУ ҚАЛДЫҚТАРДЫ ШИКІЗАТ РЕТІНДЕ<br>ЖАРАМДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ..... | 184 |
| <b>А.А. Жельдыбаева, А.Ч. Каташева, К.А. Искаков, Д.Е. Нурмуханбетова,<br/>А. Азаматқызы</b><br>КӨКӨНІС ШЫРЫНДАРЫНЫҢ ТАБИҒИ КРИТЕРИЙЛЕРІ МЕН САПАСЫН<br>АНЫҚТАУ.....   | 196 |

- А.Б. Исаева, А.А. Шарипова, М.О. Исахов, Г.А. Кадирбекова**  
БИОПОЛИМЕРЛЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН МИКРОКАПСУЛДАНҒАН  
ГУМИН ҚЫШҚЫЛЫНЫҢ ӨСІМДІКТЕРДІҢ ӨСУІН ЫНТАЛАНДЫРУДАҒЫ  
РӨЛІ.....205
- А.Т. Масенова, А.С. Жумақанова, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова,  
А.З. Абильмагжанов**  
АРОМАТТЫ КӨМІРСУТЕКТЕРДІ АЛКИЛДЕУГЕ АРНАЛҒАН ZSM-5, НҮ  
ЖӘНЕ ВЕА СИНТЕТИКАЛЫҚ ЦЕОЛИТТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН  
ИЕРАРХИЯЛЫҚ ЦЕОЛИТТЕР.....219
- А.К. Нурлыбекова, А.А. Минкаева, Е. Шыбырай, Х.А. Айса, Ж. Жеңіс**  
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ *ARTEMISIA* ТҮРЛЕРІНІҢ ОРГАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ  
МИНЕРАЛДЫ ҚҰРАМЫН ГХ-МС АРҚЫЛЫ ЗЕРТТЕУ.....233
- Т.С. Хоснутдинова, А.О. Сәпиева, Н.Г. Гемеджиева, Ж.Ж. Қаржаубекова,  
Н.А. Сұлтанова**  
FERULA FOETIDA (BUNGE) REGEL ТАМЫРЫНАН АНТИОКСИДАНТТЫҚ  
БЕЛСЕНДІЛІГІ БАР БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ КЕШЕНДІ АЛУ.....252

## СОДЕРЖАНИЕ

## ФИЗИКА

- Б.Ж. Абдикаримов, А.Ж. Сейтмуратов, Б.К. Калиев, А.Г. Ганиулла, Т.М. Карабала**  
СВОЙСТВА ВЯЗКОСТИ РАСТВОРА ИЗОМАСЛЯНАЯ КИСЛОТА – ВОДА ВБЛИЗИ КРИТИЧЕСКОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ РАССЛОЕНИЯ.....5
- Д.Т. Агишев, С.А. Хохлов, А.Т. Агишев, Н.Л. Вайдман, А.Т. Агишев**  
ИССЛЕДОВАНИЕ РАДИАЦИОННОГО И КОНВЕКТИВНОГО ПЕРЕНОСА В ТЕСНЫХ ДВОЙНЫХ СИСТЕМАХ С МАЛЫМ ТЕМПОМ АККРЕЦИИ ВЕЩЕСТВА.....17
- Т.М. Алдабергенова, М.Ф. Верещак, А.С. Диков, С.Б. Кислицин**  
ТОНКАЯ СТРУКТУРА ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ НИТРИДОВ ВЫСОКОЭНТРОПИЙНОГО СПЛАВА (ALTiZrYbN)<sub>N</sub>, ОПРЕДЕЛЕННАЯ КЭМС МЕТОДОМ НА ЯДРАХ ИМПЛАНТИРОВАННОГО ЖЕЛЕЗА-57.....29
- Е. Бондарь, А. Шонгалова, А. Федосимова, С. Ибраимова, А. Кемелбекова**  
ПОВЫШЕНИЕ ПОДВИЖНОСТИ ИОНОВ ГИДРОНИЯ В ПРОТОНООБМЕННЫХ МЕМБРАНАХ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГРАФЕНА....39
- Н.Н. Жантурина, Г.К. Бекетова, З.К. Аймаганбетова, К.Б. Бижанова, Л.У. Таймуратова**  
СОВРЕМЕННЫЕ ПЕРОВСКИТНЫЕ СОЛНЕЧНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ: ИННОВАЦИИ В МАТЕРИАЛАХ И ТЕХНОЛОГИЯХ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ.....50
- У.К. Жапбасбаев, Г.И. Рамазанова, М.А. Пахомов**  
ТУРБУЛЕНТНОЕ ТЕЧЕНИЕ ВЯЗКОПЛАСТИЧНОЙ ЖИДКОСТИ В ТРУБЕ С РЕЗКИМ РАСШИРЕНИЕМ.....64
- Д.М. Зазулин, С.Е. Кемелжанова, Н.А. Бейсен, А.Ш. Турсумбеков, М.О. Алимкулова**  
ГЕОМЕТРОТЕРМОДИНАМИКА ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С НУЛЕВЫМ ЗВУКОМ.....78
- Е.М. Мырзакулов, А.Б. Алтайбаева, А.С. Буланбаева**  
ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ AdS ЧЕРНЫХ ДЫР СВЯЗАННЫХ С НЕЛИНЕЙНОЙ ЭЛЕКТРОДИНАМИКОЙ....89

**Ш.А. Мырзакулова, А.А. Жадыранова**  
ИССЛЕДОВАНИЕ  $F(G)$  ГРАВИТАЦИИ С ПРИМЕНЕНИЕМ СИММЕТРИИ  
НЁТЕР.....101

**Д.А. Толеков, Д.М. Жарылгапова, А.М. Мухамбетжанова,  
А.А. Алмагамбетова, У.А. Абитаева**  
ЭЛЕКТРОННО-ДЫРОЧНЫЕ ЦЕНТРЫ ЗАХВАТА В ОБЛУЧЕННОМ  
УЛЬТРА-ФИОЛЕТОМ-КРИСТАЛАХ  $Li_2SO_4$ -Mn.....115

**С.У. Шарипов, И.Ф. Спивак-Лавров**  
ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КРАЕВОГО ПОЛЯ МЕЖДУ  
ДЕФЛЕКТОРНЫМИ ПЛАСТИНАМИ И ЗАЗЕМЛЕННЫМ ЭКРАНОМ.....125

**Л.И. Шестакова, А.В. Серебрянский, Р.Р. Спасюк, Ч.Т. Омаров**  
ПОИСК ПЫЛИ КОМЕТНО-МЕТЕОРНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ ВО  
ВНУТРЕННЕЙ ОБЛАСТИ СОЛНЕЧНОЙ СИСТЕМЫ: ТЕПЛОВАЯ  
ЭМИССИЯ В ПЫЛЕВОЙ КОРОНЕ.....138

#### **ХИМИЯ**

**Р.С. Абжалов, Ш.Т. Кошкарбаева, А.К. Диканбаева, М.С. Сатаев,  
Б.С. Серикбаева**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОЧАСТИЦ СЕРЕБРА НА  
ПОВЕРХНОСТИ ПОЛИМЕРА С ПОМОЩЬЮ ФОТОХИМИЧЕСКОЙ  
АКТИВАЦИИ.....147

**К.Т. Арынов, А.П. Ауешов, Ч.З. Ескибаева, А.К. Диканбаева, А.М. Ибраева**  
РЕНТГЕНОФАЗОВОЕ И ТЕРМОАНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ  
НЕМАЛИТА ЖИТИКАРИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ  
(КАЗАХСТАН).....160

**Г.Ж. Байсалова, А.С.Жумадил, Б.Б. Торсыкбаева, Д.Т. Садырбеков,  
К.Т. Умерджанова**  
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ *ELAEAGNUS ANGUSTIFOLIA*.....173

**Н.Н. Жаникулов, Д.К. Жургараева, Г. Мухтарханова, А.С. Байлен,  
А.К. Свидерский**  
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИГОДНОСТИ ОТХОДОВ КУЧНОГО  
ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ ПРИ ПЕРЕРАБОТКЕ ЗОЛОТОСОДЕРЖАЩИХ РУД В  
КАЧЕСТВЕ СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТА.....184



|  |     |
|--|-----|
| <b>А.А. Жельдыбаева, А.Ч. Каташева, К.А. Искаков, Д.Е. Нурмуханбетова, А. Азаматкызы</b><br>ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ КРИТЕРИЕВ И КАЧЕСТВА<br>ОВОЦНЫХ СОКОВ.....  | 196 |
| <b>А.Б. Исаева, А.А. Шарипова, М.О. Исахов, Г.А. Кадирбекова</b><br>РОЛЬ МИКРОКАПСУЛИРОВАННОЙ ГУМИНОВОЙ КИСЛОТЫ НА ОСНОВЕ<br>БИОПОЛИМЕРОВ В СТИМУЛЯЦИИ РОСТА РАСТЕНИЙ.....   | 205 |
| <b>А.Т. Масенова, А.С. Жумаканова, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова, А.З. Абильмагжанов</b><br>ИЕРАРХИЧЕСКИЕ ЦЕОЛИТЫ НА ОСНОВЕ СИНТЕТИЧЕСКИХ ЦЕОЛИТОВ<br>ZSM-5, HY И BEA ДЛЯ АЛКИЛИРОВАНИЯ АРОМАТИЧЕСКИХ<br>УГЛЕВОДОРОДОВ.....                | 219 |
| <b>А.К. Нурлыбекова, А.А. Минкаева, Е. Шыбырай, Х.А. Айса, Ж. Женис</b><br>ИССЛЕДОВАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ<br>ВИДОВ <i>ARTEMISIA</i> ИЗ КАЗАХСТАНА МЕТОДОМ ГХ-МС.....  | 233 |
| <b>Т.С. Хоснутдинова, А.О. Сапиева, Н.Г. Гемеджиева, Ж.Ж. Каржаубекова, Н.А. Султанова</b><br>ПОЛУЧЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНОГО КОМПЛЕКСА ИЗ КОРНЕЙ<br><i>FERULA FOETIDA</i> (BUNGE) REGEL, ОБЛАДАЮЩЕГО<br>АНТИОКСИДАНТНОЙ АКТИВНОСТЬЮ..... | 252 |

## **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 work described 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](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <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 сайте:

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

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

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

Директор отдела издания научных журналов НАН РК *А. Ботанқызы*

Редакторы: *Д.С. Аленов, Ж.Ш. Әден*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 31.03.2025.

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

18,0 п.л. Заказ 1.