

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

2025 • 2



«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

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 Rakhmetkazi 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 Aygazyevich, 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>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2025

Бас редактор:

ЖҰРЫНОВ Мұрат Жұрыңұлы, 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 Мақсат Нұрәліұлы, 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 Тілекқабұл 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 оңтайландыру» 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), нанокүрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия) <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=7004303066>

БОШКАЕВ Құнтай Ағвазыұлы, 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 Арслан Зайнұталайұлы, 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 № KZ31VPY00111215 Күзлік.

Тақырыптық бағыты: *физика, химия.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

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

© «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ, 2025

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>

САИГ-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 Кунтайт 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>

БҮРКИТБАЕВ 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 Жаббагаевич, 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 Мелеу 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>

© РОО «Национальная академия наук Республики Казахстан», 2025

CONTENTS

PHYSICS

A.A. Gazizova, D.M. Nasirova, V.O. Kurmangaliyeva, Sh.I. Khamraev DISTRIBUTION OF PRESSURE AND TEMPERATURE IN NEUTRON STARS: NUMERICAL ANALYSIS.....	11
A. Dalelkhankyzy, G. Baimbetova, N. Koilyk, S. Toktarbay, A. Beisebayeva QUASISPIN FORMALISM OF INTERACTION BETWEEN BOSONS AND ITS APPLICATION IN NUCLEAR THEORY.....	22
N.K. Zhusupova, V.N. Zhumabekova, A.A. Zhadyranova DETERMINATION OF ANTINEUTRON-NUCLEAR SCATTERING AMPLITUDE.....	34
V. Mukamedenkyzy, B. Akberdiyev INVESTIGATION OF CONCENTRATION FIELDS IN BINARY GAS MIXTURES IN THE PRESENCE OF CONVECTIVE FLOWS.....	46
A.V. Serebryanskiy, Ch.B. Akniyazov, Ch.T. Omarov, S.Sittykova, D. Kadyrova SEARCHING FOR INNER-EARTH ASTEROIDS.....	62
G.B. Suliyeva, M.A. Makukov, E.G. Mychelkin TWO TYPES OF SCALAR BACKGROUND VISUALIZATION.....	79
U.A. Ualikhanova, A.M. Konys, A.B. Altaibayeva, Zh.M. Beisekeyeva DYNAMICAL SYSTEMS ANALYSIS OF $f(R,T) = R + \beta T^m$ COSMOLOGY.....	94
Zh.S. Umbetova, U.U. Abdizhalilova DYNAMICS OF THE EVOLUTION OF ANISOTROPIC COMPACT STARS IN $f(\tau)$ TELEPARALLEL GRAVITY.....	105
L.I. Shestakova, R.R. Spassyyuk DESTRUCTION OF SMALL BODIES COMPOSED OF SILICATES BY THERMAL STRESSES.THERMAL EMISSION OF DISRUPTION PRODUCTS.....	121
S.A. Shomshekova, L.K. Kondratyeva, I.V. Reva, L. Aktay, V.Y. Kim STUDIES OF THE MRK 766 GALAXY IN THE OPTICAL RANGE.....	138

CHEMISTRY

D.T. Altynbekova, B.K. Massalimova, B.E. Begenova, A. Darmenbayeva, M.D. Akanova SYNTHESIS AND STUDY OF PROTON CONDUCTIVITY OF NANOCOMPOSITES BASED ON COMPLEX OXIDES (LaNbO ₄) AND ALLOYS (NiCoOx, CuCoOx, NiCuOx).....	152
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

D.Zh. Amantayeva, M.A. Dyusebayeva, B.K. Kopzhassarov, A.E. Berganayeva, G.E. Berganayeva PHYTOCHEMICAL COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF ULMUS PUMILA LEAVE.....	164
A. Assanov, S.A. Mameshova, G.S. Tatykhanova, T.A. Savitskaya CHEMICAL AND MINERALOGICAL ANALYSIS OF KAZAKHSTAN CLAYS AND STUDY OF THEIR HYDRODISPERSIVE PROPERTIES.....	182
G.S. Akhmetova, U.B. Issayeva, K.D. Praliyev, M.T. Omyrzakov, T.M. Seilkhanov TECHNOLOGY OF PRODUCING 1-(2-ETHOXYETHYL)-4- ADAMANTANECARBONYLOXY-PIPERIDINE HYDROCHLORIDE AND STUDY OF ITS CYTOTOXICITY.....	206
G.Zh. Baisalova, G.K. Token, B.B. Torsykbaeva, A.D. Dukenbayeva, N. Rakhmetova STUDYING THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE PHRAGMITES COMMUNIS PLANT BY GAS CHROMATOGRAPHY–MASS–SPECTROMETRY.....	218
A. Yedilova, Z. Inelova, N. Kurbatova, B. Turalin PHYTOCHEMICAL STUDY OF MEDICINAL PLANT - HUMULUS LUPULUS L., FOR THE PURPOSE OF OBTAINING BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES.....	229
A. Kuandykova, B. Taimasov, E. Potapova, B. Zhakipbayev, N. Zhanikulov STUDY OF THE MICROSTRUCTURE OF CLINKERS OBTAINED FROM METALLURGICAL SLAG.....	242
X.A. Leontyeva, G.M. Khussurova, D.S. Puzikova, A.N. Nefedov, M. Zhurynov PERFORMANCE AND APPLICATION OF ORGANIC CORROSION INHIBITORS IN THE PETROCHEMICAL INDUSTRY OF THE CIS COUNTRIES. REVIEW.....	258
L.K. Orazzhanova, Zh.S. Kassymova, Zh.Zh. Nurtazina, D.K. Asserzhanov, K.K. Kabdulkarimova SYNTHESIS AND APPLICATION OF IRON NANOPARTICLES FOR THE PRODUCTION OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES CHLORELLA VULGARIS.....	275
B.Kh. Khussain, A.R. Brodskiy, A.S. Sass, I.I. Torlopov, K.S. Rakhmetova SOLID CARBON DIOXIDE ADSORBENT BASED ON ALKALI METAL CARBONATES WITH PROMOTER ADDITIVES.....	291

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

А.А. Ғазизова, Д.М. Насирова, В.О. Құрманғалиева, Ш.И. Хамраев. НЕЙТРОНДЫ ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ҚЫСЫМ МЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ТАРАЛУЫНА САНДЫҚ ТАЛДАУ.....	11
А. Дәлелханқызы, Г. Баймбетова, Н. Қойлық, С. Тоқтарбай, А. Бейсебаева БОЗОНДАР АРАСЫНДАҒЫ ӨЗАРА ӘСЕРЛЕСУДІҢ КВОЗИСПИНДІК ФОРМАЛИЗМІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЯДРОЛЫҚ ТЕОРИЯДАҒЫ ҚОЛДАНЫЛУЫ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова АНТИНЕЙТРОНДАРДЫҢ ЯДРОДАН ШАШЫРАУ АМПЛИТУДАСЫН АНЫҚТАУ.....	34
В. Мукамеденқызы, Б. Ақбердиев КОНВЕКТИВТІ АҒЫНДАР КЕЗІНДЕ БИНАРЛЫ ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ІШКІ ЖЕР ОРБИТАСЫНДА АСТЕРОИДТАРДЫ ІЗДЕУ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин СКАЛЯРЛЫ ФОННЫҢ ЕКІ ТҮРЛІ ВИЗУАЛИЗАЦИЯСЫ.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Қоныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕР ТАЛДАУЫ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬ ГРАВИТАЦИЯСЫНДАҒЫ АНИЗОТРОПТЫ КОМПАКТТЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫҢ ЭВОЛЮЦИЯСЫНЫҢ ДИНАМИКАСЫ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк СИЛИКАТТЫ ҚҰРАМДЫ ШАҒЫН ДЕНЕЛЕРДІҢ ТЕРМИЯЛЫҚ КЕРНЕУЛЕРДЕН БҰЗЫЛУЫ. БӨЛШЕКТЕНУ НӘТИЖЕСІНДЕ ПАЙДА БОЛАТЫН ӨНІМДЕРДІҢ ЖЫЛУЛЫҚ ЭМИССИЯСЫ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким MRK 766 ГАЛАКТИКАСЫН ОПТИКАЛЫҚ ДИАПАЗОНДА ЗЕРТТЕУ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова КҮРДЕЛІ ОКСИДЕР (LaNbO_4) МЕН ҚҰЙМАЛАРДЫҢ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x) НЕГІЗІНДЕГІ НАНОКОМПОЗИТТЕРДІ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ПРОТОНӨТКІЗГІШТІГІН ЗЕРТТЕУ.....	152
Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ULMUS PUMILA ЖАПЫРАҚТАРЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫ ЖӘНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ҚАЗАҚСТАН САЗДАРЫНЫҢ ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ ТАЛДАУЫ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ГИДРОДИСПЕРСИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пірәлиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4-АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИН ГИДРОХЛОРИДІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ ЖӘНЕ ОНЫҢ ЦИТОУЫТТЫЛЫҚ ӨСЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.Қ. Төкен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ГАЗ ХРОМАТОГРАФИЯ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИЯ ӘДІСІМЕН PHRAGMITES COMMUNIS ӨСІМДІГІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Күрбатова, Б. Туралин ДӘРІЛІК HUMULUS LUPULUS L. ӨСІМДІГІНЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРДЫ АЛУ МАҚСАТЫНДАҒЫ ФИТОХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	229
А. Қуандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов МЕТАЛЛУРГИЯЛЫҚ ШЛАКТАРДАН АЛЫНАТЫН КЛИНКЕРЛЕРДІҢ МИКРОҚҰРЫЛЫМЫН ЗЕРТТЕУ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Жұрынов ТМД ЕЛДЕРІНІҢ МҰНАЙ-ХИМИЯ ӨНЕРКӘСІБІНДЕ КОРРОЗИЯҒА ҚАРСЫ ОРГАНИКАЛЫҚ ИНГИБИТОРЛАРЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІ ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ. ШОЛУ.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.Қ. Әсержанов, К.К. Кабдулкаримова CHLORELLA VULGARIS БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРЫН АЛУ ҮШІН ТЕМІР НАНОБӨЛШЕКТЕРІН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚОЛДАНУ.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ПРОМОУТЕРЛІК ҚОСПАЛАРЫ БАР СІЛТІЛІ МЕТАЛЛ КАРБОНАТТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН КӨМІРҚЫШҚЫЛ ГАЗЫНЫҢ ҚАТТЫ АДСОРБЕНТІ.....	291

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

А.А. Газизова, Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, Ш.И. Хамраев РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ В НЕЙТРОННЫХ ЗВЁЗДАХ: ЧИСЛЕННЫЙ АНАЛИЗ.....	11
А. Далелханкызы, Г. Баймбетова, Н. Койлык, С. Токтарбай, А. Бейсебаева КВАЗИСПИНОВЫЙ ФОРМАЛИЗМ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БОЗОНОВ И ЕГО ПРИМЕНЕНИЕ В ЯДЕРНОЙ ТЕОРИИ.....	22
Н.К. Жусупова, В.Н. Жумабекова, А.А. Жадыранова ОПРЕДЕЛЕНИЕ АМПЛИТУДЫ АНТИНЕЙТРОН-ЯДЕРНОГО РАССЕЯНИЯ.....	34
В. Мукамеденкызы, Б. Акбердиев ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В БИНАРНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ ПРИ НАЛИЧИИ КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ.....	46
А.В. Серебрянский, Ч.Б. Акниязов, Ч.Т. Омаров, С. Ситтыкова, Д. Кадырова ПОИСК АСТЕРОИДОВ ВНУТРИ ЗЕМНОЙ ОРБИТЫ.....	62
Г.Б. Сулиева, М.А. Макуков, Э.Г. Мычелкин ДВА ТИПА ВИЗУАЛИЗАЦИИ СКАЛЯРНОГО ФОНА.....	79
У.А. Уалиханова, А.М. Коныс, А.Б. Алтайбаева, Ж.М. Бейсекеева АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ $f(R,T) = R + \beta T^m$ КОСМОЛОГИИ.....	94
Ж.С. Умбетова, У.У. Абдижалилова ДИНАМИКА ЭВОЛЮЦИИ АНИЗОТРОПНЫХ КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗД В $f(\tau)$ -ТЕЛЕПАРАЛЛЕЛЬНОЙ ГРАВИТАЦИИ.....	105
Л.И. Шестакова, Р.Р. Спасюк РАЗРУШЕНИЕ МАЛЫХ СИЛИКАТНЫХ ТЕЛ ТЕПЛОВЫМИ НАПРЯЖЕНИЯМИ. ТЕПЛОВАЯ ЭМИССИЯ ПРОДУКТОВ РАЗРУШЕНИЯ.....	121
С.А. Шомшекова, Л.Н. Кондратьева, И.В. Рева, Л. Актай, В.Ю. Ким ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЛАКТИКИ MRK 766 В ОПТИЧЕСКОМ ДИАПАЗОНЕ.....	138

ХИМИЯ

Д.Т. Алтынбекова, Б.К. Масалимова, Б.Е. Бегенова, А. Дарменбаева, М.Д. Аканова СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОТОННОЙ ПРОВОДИМОСТИ НАНОКОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ (LaNbO_4) И СПЛАВОВ (NiCoO_x , CuCoO_x , NiCuO_x).....	152
-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----

Д.Ж. Амантаева, М.А. Дюсебаева, Б.К. Копжасаров, А.Е. Берганаева, Г.Е. Берганаева ФИТОХИМИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ЛИСТЬЕВ ULMUS PUMILA.....	164
А. Асанов, С.А. Мамешова, Г.С. Татыханова, Т.А. Савицкая ХИМИКО-МИНЕРАЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ГЛИН КАЗАХСТАНА И ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ИХ ГИДРОДИСПЕРСИЙ.....	182
Г.С. Ахметова, Ұ.Б. Исаева, Қ.Ж. Пралиев, М.Т. Омырзаков, Т.М. Сейлханов ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ ГИДРОХЛОРИДА 1-(2-ЭТОКСИЭТИЛ)-4- АДАМАНТАНКАРБОНИЛОКСИ-ПИПЕРИДИНА И ИЗУЧЕНИЕ ЕГО ЦИТОТОКСИЧНОСТИ.....	206
Г.Ж. Байсалова, Г.К. Токен, Б.Б. Торсыкбаева, А.Д. Дукенбаева, Н. Рахметова ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЯ PHRAGMITES COMMUNIS МЕТОДОМ ГАЗ ХРОМАТОГРАФИИ–МАСС–СПЕКТРОМЕТРИИ.....	218
А. Едилова, З. Инелова, Н. Курбатова, Б. Туралин ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЛЕКАРСТВЕННОГО РАСТЕНИЯ – HUMULUS LUPULUS L. С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ.....	229
А. Куандыкова, Б. Таймасов, Е. Потапова, Б. Жакипбаев, Н. Жаникулов ИЗУЧЕНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ КЛИНКЕРОВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ШЛАКОВ.....	242
К.А. Леонтьева, Г.М. Хусурова, Д.С. Пузикова, А.Н. Нефедов, М. Журинов ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ В НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ СТРАН СНГ. ОБЗОР.....	258
Л.К. Оразжанова, Ж.С. Касымова, Ж.Ж. Нуртазина, Д.К. Асержанов, К.К. Кабдулкаримова СИНТЕЗ И ПРИМЕНЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ CHLORELLA VULGARIS.....	275
Б.Х. Хусаин, А.Р. Бродский, А.С. Сасс, И.И. Торлопов, К.С. Рахметова ТВЁРДЫЙ АДсорбЕНТ ДИОКСИДА УГЛЕРОДА НА ОСНОВЕ КАРБОНАТОВ ЩЕЛОЧНЫХ МЕТАЛЛОВ С ПРОМОТИРУЮЩИМИ ДОБАВКАМИ.....	291

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 354 (2025), 46–61

<https://doi.org/10.32014/2025.2518-1483.343>

MPHTI 29.17.15

УДК 533.1

© V. Mukamedenkyzy¹, B. Akberdiyev², 2025.

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan;

²Abay Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: bekzhan_akberdiyev@mail.ru

INVESTIGATION OF CONCENTRATION FIELDS IN BINARY GAS MIXTURES IN THE PRESENCE OF CONVECTIVE FLOWS

Mukamedenkyzy Venera — Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associated Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: mukameden@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3921-2812>;

Akberdiyev Bekzhan — PhD student, Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan,

E-mail: bekzhan_akberdiyev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-2108-9556>.

Abstract. The article examines the processes of formation and evolution of concentration fields in binary gas mixtures under convective flow conditions. The relevance of this research lies in the need for a deeper understanding of mass transfer mechanisms in multicomponent gaseous environments, which is essential for the development of efficient technologies for gas purification, heat exchange, and gas separation. The objective of this study is to conduct a numerical analysis of the formation of concentration fields and the transition of the system from molecular diffusion to convective mass transfer, as well as to determine the conditions under which mechanical instability arises in gas mixtures under varying pressures. A numerical simulation of the spatiotemporal evolution of concentration fields was carried out, enabling the identification of critical parameters at which convective flows emerge in binary gas systems. The dynamics of concentration fields were modeled using the ANSYS Fluent software package, which provided a detailed examination of the kinetics of convective flow development and the delineation of mechanical equilibrium stability limits. The study yielded data on the structural characteristics of concentration fields at different stages of convective flow evolution, identifying distinct regimes of their formation and the conditions under which intensive mixing occurs. The results demonstrated that an increase in pressure significantly alters the structure of concentration fields and initiates the formation of stable convective currents. These results exhibit a high degree of agreement, thereby confirming the adequacy of the proposed model. The revealed patterns of transition from the diffusion regime to convective transport are of considerable significance both for fundamental research in the field of hydrodynamic stability and for applied tasks such as atmospheric modeling, analysis of gas mixtures

in confined volumes, and the development of technologies based on natural convection phenomena.

Keywords: instability, binary mixture, diffusion, convection, ANSYS Fluent

© В. Мукамеденкызы¹, Б. Ақбердиев², 2025.

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: bekzhan_akberdiev@mail.ru

КОНВЕКТИВТІ АҒЫНДАР КЕЗІНДЕ БИНАРЛЫ ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДАҒЫ КОНЦЕНТРАЦИЯЛЫҚ ӨРІСТЕРДІ ЗЕРТТЕУ

Венера Мукамеденкызы — физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,
E-mail: mukameden@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3921-2812>;

Бекжан Ақбердиев — PhD докторант, Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан, E-mail: bekzhan_akberdiev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-2108-9556>.

Аннотация. Мақалада конвективті ағындар жағдайында бинарлы газ қоспаларындағы концентрациялық өрістердің түзілуі және эволюциялық процестері қарастырылады. Зерттеудің өзектілігі көпкомпонентті газ қоспаларындағы массатасымалдану механизмдерін тереңірек түсінуге деген қажеттілікпен негізделеді. Бұл мәселе газдарды тазарту, жылу алмасу және газдарды бөлу сияқты тиімді технологияларды әзірлеу үшін айрықша маңызға ие. Концентрациялық өрістердің түзілу үдерістерін және жүйенің молекулалық диффузиядан конвективті массаалмасуға өтуін сандық талдау, сондай-ақ әртүрлі қысым жағдайларындағы газ қоспаларында механикалық тұрақсыздықтың пайда болу шарттарын анықталуы зерттеудің негізгі мақсаты болып табылады. Концентрациялық өрістердің кеңістіктік-уақыттық эволюциясын сандық есептеу жүргізіліп, бинарлы газ жүйелерінде конвективті ағындардың қалыптасуына алып келетін шекті параметрлер айқындалды. Концентрациялық өрістер динамикасын модельдеу үшін ANSYS Fluent бағдарламалық кешені қолданылып, конвективті ағындардың даму кинетикасын жан-жақты зерттеуге және механикалық тепе-теңдіктің тұрақтылық шектерін анықтауға мүмкіндік берді. Конвективті ағындардың әртүрлі даму сатыларындағы концентрациялық өрістердің құрылымы жөнінде деректер алынып, олардың түзілуіне тән режимдер мен қарқынды араласу шарттары анықталды. Жүргізілген зерттеулер қысымның артуы концентрациялық өрістердің құрылымына елеулі түрде әсер ететінін және тұрақты конвективті ағындардың пайда болуына түрткі болатынын көрсетті және алынған нәтижелер ұсынылған модельдің дұрыстығын дәлелдейтін жоғары деңгейдегі сәйкестікпен сипатталады. Диффузиялық режимнен конвективтік күйге өту заңдылықтары гидродинамикалық тұрақтылық саласындағы іргелі зерттеулер үшін де, атмосфералық үдерістерді модельдеу, жабық көлемдердегі газ қоспаларын талдау және табиғи конвекция құбылыстарына негізделген

технологияларды әзірлеу сияқты қолданбалы міндеттер үшін де ерекше маңызға ие.

Түйін сөздер: тұрақсыздық, бинарлы қоспа, диффузия, конвекция, ANSYS Fluent

© В. Мукамеденкызы¹, Б. Акбердиев², 2025.

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая,
Алматы, Казахстан.

E-mail: bekzhan_akberdiev@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЯ КОНЦЕНТРАЦИОННЫХ ПОЛЕЙ В БИНАРНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ ПРИ НАЛИЧИИ КОНВЕКТИВНЫХ ТЕЧЕНИЙ

Венера Мукамеденкызы — кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор, Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан,

E-mail: mukameden@inbox.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3921-2812>;

Бекжан Акбердиев — PhD докторант, Казахский Национальный Педагогический Университет имени Абая, Алматы, Казахстан,

E-mail: bekzhan_akberdiev@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0001-2108-9556>.

Аннотация. В статье рассматриваются процессы формирования и эволюции концентрационных полей в бинарных газовых смесях в условиях конвективных течений. Актуальность исследования обусловлена необходимостью более глубокого понимания механизмов массопереноса в многокомпонентных газовых средах, что имеет важное значение для разработки эффективных технологий очистки газов, теплообмена и газоразделения. Целью работы является численный анализ процессов формирования концентрационных полей и перехода системы от молекулярной диффузии к конвективному массопереносу, а также определение условий возникновения механической неустойчивости в газовых смесях при различных давлениях. Выполнен численный расчёт пространственно-временной эволюции концентрационных полей, что позволило установить критические параметры, при которых формируются конвективные течения в бинарных газовых системах. Для моделирования динамики концентрационных полей использован программный комплекс ANSYS Fluent, обеспечивший детализированное изучение кинетики развития конвективных потоков и определение пределов устойчивости механического равновесия. Получены данные о структуре концентрационных полей на различных стадиях развития конвективных течений, определены характерные режимы формирования, а также условия возникновения интенсивного смешения. Полученные результаты показали, что повышение давления существенно изменяет структуру концентрационных полей и инициирует образование устойчивых конвективных течений и обладают высокой степенью совпадения, что подтверждает адекватность предложенной модели. Выявленные закономерности перехода от диффузионного режима к

конвективному имеют значимость как для фундаментальных исследований и в области гидродинамической устойчивости, так и для прикладных задач – моделирования атмосферных процессов, анализа газовых смесей в замкнутых объемах и разработки технологий, основанных на явлениях естественной конвекции.

Ключевые слова: неустойчивость, бинарная смесь, диффузия, конвекция, ANSYS Fluent

Введение. Исследование бинарных газовых смесей является одной из ключевых проблем современной теоретической и прикладной гидродинамики, поскольку механизмы массопереноса в таких системах определяют динамические свойства стратифицированных сред и оказывают фундаментальное влияние на широкий спектр физических и технологических процессов (Косов, et al., 2002). В частности, детальное понимание процессов переноса в бинарных газовых смесях играет существенную роль в таких дисциплинах, как аэродинамика, астрофизика, климатология, химическая технология и физика горения. Нестабильность механического равновесия в бинарных газовых смесях определяется совокупным воздействием ряда факторов, среди которых можно выделить температурные градиенты, дифференциальное сжатие и внешние механические воздействия. При превышении критических параметров в системе наблюдаются режимы, характеризующиеся переходом от молекулярной диффузии к конвективным формам движения. В частности, в гравитационно стратифицированных системах разность плотностей компонентов смеси инициирует процессы естественной конвекции, сопровождающиеся формированием сложных макроскопических структур течения (Косов, et al., 2005).

Ранее проведенные экспериментальные и теоретические исследования, реализованные, в том числе, с использованием двухколбовых аппаратов (Косов, et al., 2002; Косов, et al., 2005) позволили выявить ключевые закономерности эволюции бинарных газовых смесей в замкнутых объемах. Установлено, что вероятность перехода от диффузионного механизма массопереноса к конвективному режиму коррелирует с временными характеристиками процесса смешивания, что обусловлено снижением интенсивности и выравниванием концентрационного градиента. Тем не менее, имеющиеся экспериментальные данные не обеспечивают полного описания кинетики данного перехода, поскольку регистрация локальных потоков в таких системах требует высокой временной и пространственной разрешающей способности измерений (Косов, et al., 2005). Таким образом, одной из актуальных задач современной гидродинамики является разработка детализированной модели, позволяющей описать условия возникновения конвекции в бинарных газовых смесях и выявить критические параметры, определяющие границы устойчивости механического равновесия. Решение данной проблемы представляет собой значительный интерес не только с точки зрения фундаментальной науки, но и в контексте прикладных задач, связанных с прогнозированием атмосферных явлений, анализом газодинамики

в замкнутых средах и разработкой технологических процессов, использующих эффекты естественной конвекции (Косов, et al., 2020).

Цель настоящего исследования заключается в изучении концентрационных полей в бинарных газовых смесях при наличии конвективных течений, а также в разработке и численном анализе модели кинетики массообмена в бинарной газовой системе с учетом параметрической изменчивости условий механического равновесия. Особое внимание уделено выявлению критических значений безразмерных критериев, характеризующих переход системы из диффузионного режима в конвективный. Стабильность механического равновесия анализируется в рамках гидродинамической теории устойчивости с использованием численного моделирования, основанного на решении системы уравнений Навье-Стокса, уравнения диффузии и уравнения неразрывности (Косов, et al., 2020).

Для решения поставленной задачи используются вычислительные методы, реализованные в программном комплексе ANSYS Fluent, что позволяет детально исследовать пространственно-временную динамику концентрационных градиентов и границ устойчивости механического равновесия в бинарных газовых смесях. Численный эксперимент проводится с учетом граничных условий, соответствующих лабораторным установкам, и охватывает широкий диапазон давлений, при котором фиксируется переход от диффузионного массопереноса к режиму конвективной неустойчивости (ANSYS, 2024). Полученные результаты обладают ключевой ролью как для фундаментальной науки, так и для прикладных исследований, поскольку позволяют не только количественно охарактеризовать кинетические особенности массопереноса в бинарных системах, но и уточнить условия их устойчивости в различных термодинамических режимах. В дальнейшем предполагается использование разработанных методологических подходов для анализа многокомпонентных газовых смесей (Кульжанов, 2002), что откроет перспективы для углубленного изучения процессов переноса в стратифицированных средах и системах с гравитационной стратификацией.

Материалы и методы. Для исследования процессов массопереноса в бинарных газовых смесях применялся двухколбовый метод, обеспечивающий возможность детального анализа кинетики диффузионно-конвективных переходов. Экспериментальная установка (Косов, et al., 2002), представленная на Рисунке 1, включает две соединённые колбы одинакового объёма ($V_b = V_n = 69,5 \text{ см}^3$), которые объединены диффузионным каналом диаметром $d = 3,4 \text{ мм}$ и длиной $L = 70 \text{ мм}$. Исследование проводилось при постоянной температуре $T = 298 \text{ К}$ для бинарной газовой смеси гелий – азот ($N_2\text{-He}$). В соответствии с экспериментальными условиями, более тяжёлый газ (N_2) всегда располагался в верхней колбе, что обеспечивало начальную стратификацию смеси и позволяло изучать динамику нарушений механического равновесия аппаратов (Косов, et al., 2005).

В ходе эксперимента варьировался диапазон давления от 0,338 МПа до 1,49 МПа, что позволило анализировать переходные процессы и выявлять критические параметры, при которых система изменяет кинетический режим массообмена. Измерения проводились с контролем распределения концентраций

компонентов смеси в различных участках установки, что обеспечивало возможность регистрации перехода от диффузионного режима к конвективному. Методологическая база эксперимента позволила оценить влияние давления на процессы массопереноса, а также выявить условия, при которых бинарная газовая система теряет устойчивость механического равновесия и переходит в режим гравитационной конвекции (Косов, et al., 2002).

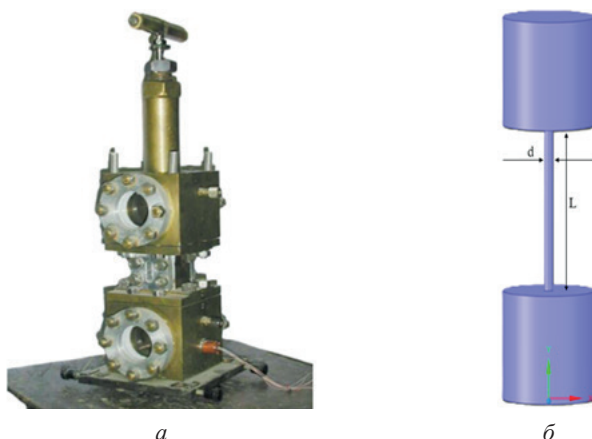


Рисунок 1. а) двухколбовый аппарат, на котором проводился эксперимент
б) 3D-модель двухколбового аппарата

В ходе эксперимента были получены данные, представленные на Рисунке 2, демонстрирующие влияние увеличения давления на поведение бинарной газовой смеси N_2 -He. При низких значениях давления наблюдается соответствие между расчетными и экспериментальными концентрационными значениями, что свидетельствует о преобладании диффузионного механизма массообмена. Однако с увеличением давления концентрация компонентов возрастает, и в определённых критических пределах наблюдается нарушение этой тенденции, что указывает на утрату устойчивости изотермического механического равновесия системы. При дальнейшем увеличении давления зафиксирована стабильность конвективных потоков, что подтверждает переход системы в новый режим массообмена (Косов, et al., 2005).

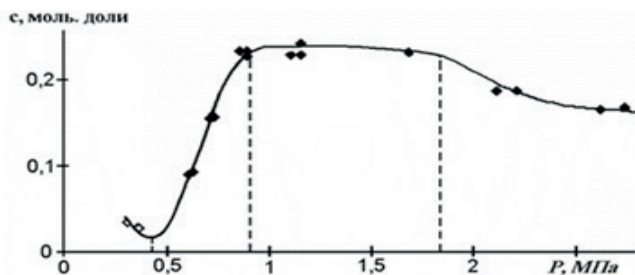


Рисунок 2. Зависимость концентрации лёгкого компонента (He) в нижний колбе от давления.
Точки - экспериментальные данные

Анализ полученных экспериментальных данных показывает, что при достижении критических значений давления в системе наблюдается переход от диффузионного режима к концентрационной конвекции. В определённые моменты времени происходит формирование конвективных потоков, что является ключевым индикатором нарушения механического равновесия системы. Данный процесс согласуется с теоретическими данными, полученными в рамках анализа конвективной устойчивости (Косов, et al., 2020). Динамика макроскопического движения бинарной газовой смеси в изотермических условиях описывается системой гидродинамических уравнений, включающей уравнение Навье-Стокса, уравнение неразрывности и уравнение диффузии. Уравнение Навье-Стокса описывает движение вязкой жидкости или газа с учетом сил давления, вязкости и внешних сил, уравнение неразрывности отражает закон сохранения массы, обеспечивая согласованность поля скоростей и плотности, а уравнение переноса описывает эволюцию концентрации компонента смеси во времени. Эта система служит фундаментом для моделирования изотермической динамики бинарных смесей в условиях гравитационной стратификации, в частности — в конфигурации двухколбового аппарата, где возможен переход от чисто диффузионного переноса к гравитационно-обусловленной конвекции (Косов, et.al., 2020):

$$\begin{aligned} \rho \left[\frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + (\vec{u} \nabla \vec{u}) \right] &= -\nabla p + \eta \Delta \vec{u} + \left(\frac{\eta}{3} + \xi \right) \nabla \operatorname{div} \vec{u} + \rho \vec{g} \\ \frac{\partial c}{\partial t} &= D_{12} \Delta c \\ \frac{\partial \rho}{\partial t} + \operatorname{div}(\rho \vec{u}) &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

В приведённых уравнениях используются следующие физические величины: \vec{u} - вектор скорости макроскопического движения газовой смеси, определяющий её кинематические характеристики и направление массообмена в системе; ρ - плотность бинарной газовой смеси, зависящая от давления, температуры и состава компонентов; P - давление, являющееся основным термодинамическим параметром, определяющим механическое равновесие системы; \tilde{n} - концентрация компонента смеси, описывающая его относительное содержание в объёме и играющая ключевую роль в процессах диффузии и конвекции; \vec{g} - ускорение свободного падения, учитываемое в уравнении Навье-Стокса как гравитационная сила, влияющая на конвективные потоки; η, ξ - динамическая и объемная вязкости, характеризующие сопротивление среды движению газа и определяющие диссипативные процессы в системе; D_{12} - коэффициент взаимной диффузии, отвечающий за интенсивность перемешивания компонентов газовой смеси на молекулярном уровне.

Если систему уравнений (1) дополнить уравнением состояния среды:

$$\rho = \rho(c, p) \quad (2)$$

Уравнение состояния связывает плотность газа с давлением и концентрацией компонентов. Принимается, что температура постоянна, и следовательно, изменение плотности обусловлено только вариациями давления и состава. Это приближение оправдано в рамках низкомаховых течений и умеренных давлений, где сжимаемость можно учитывать частично. Если принять выбранную концентрацию компонента и давление за термодинамические переходы, то:

$$c = \langle c \rangle + \tilde{c}, p = \langle p \rangle + \tilde{p} \quad (3)$$

Здесь $\langle \tilde{n} \rangle, \langle p \rangle$ - среднее значение, принятое на начальный момент расчёта, \tilde{n}, \tilde{p} - случайные числа. Предполагается, что давление может быть представлено как сумма среднего значения и малой случайной флуктуации. Эти флуктуации могут инициировать развитие неустойчивости в системе и, следовательно, переход к конвекции. Изменение плотности, вызванное неравномерностью давления, может быть относительно незначительным по сравнению с изменением давления при смешении газов. Следовательно,

$$\begin{aligned} \frac{\partial \bar{u}}{\partial t} &= -\nabla p + \Delta \bar{u} + Rc\bar{\gamma} \\ P \frac{\partial c}{\partial t} - (\bar{u}\bar{\gamma}) &= \Delta c \\ \text{div} \bar{u} &= 0 \end{aligned} \quad (4)$$

Соответствующий критерий - диффузионное число Рэлея $R = \frac{g\beta A d^4}{\nu D_{12}}$ и число Прандтля $P = \frac{\nu}{D_{12}}$. Уравнение (4) показывает изменение плотности, обусловленное давлениями, не оказывает существенного влияния по сравнению с общим градиентом давления, вызванным различием молярных масс. Это позволяет использовать приближение Буссинеска, при котором плотность считается постоянной повсюду, кроме содержащих гравитацию. Для определения параметров массопереноса в диффузионном канале необходимо дополнить систему уравнением переноса. Данное уравнение описывает баланс конвективной диффузии и позволяет прогнозировать локальное распределение массовых долей каждого компонента в смеси. В общем виде оно представляется следующим образом и уравнение описывает локальный баланс массы компонента i -го в движущейся смеси (Abd Halim, et.al., 2018; Wilcox, 2007):

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_i) + \nabla(\rho \bar{v} u_i) = -\nabla \cdot \bar{J}_i + R_i + S_i \quad (5)$$

В данном выражении: R_i - скорость образования i -го компонента в результате протекания химической реакции, определяемая кинетическими параметрами системы; S_i - обобщённая переменная, характеризующая произвольную физическую величину, задаваемую пользователем в зависимости от условий моделирования, J_i - диффузионный поток i -го компонента, величина которого рассчитывается исходя из градиентов плотности и температуры в соответствии с законами диффузии и уравнением переноса массы. Следующее приближение используется в численных методах при моделировании турбулентных течений, но в данной работе его применение возможно лишь в критических режимах при высоком давлении, где может возникнуть нестабильная конвекция (Marsoux, et.al., 2005):

$$\bar{J}_i = -(\rho D_{i,m} + \frac{\mu_t}{Sc_i}) \nabla Y_i - D_{t,i} \frac{\nabla T}{T} \quad (6)$$

В данном выражении: μ_t - коэффициент турбулентной вязкости, характеризующий влияние турбулентных флуктуаций на перенос импульса в газовой среде; Sc_i - турбулентное число Шмидта, определяющее соотношение между турбулентной вязкостью и турбулентной диффузией в рассматриваемой системе; $D_{t,i}$ - коэффициент турбулентной диффузии, описывающий процесс перемешивания в условиях развитой турбулентности.

Величина бинарного коэффициента диффузии рассчитывается на основе кинетической теории газов в рамках приближения Чепмена-Энскога, учитывающего межмолекулярные взаимодействия и динамические характеристики газовой смеси, выражение даёт расчет взаимного коэффициента диффузии на основе кинетической теории газов (Marsoux, et.al., 2005).

$$D_{ij} = 0.00186 \frac{[T^3 (\frac{1}{M_{w,i}} + \frac{1}{M_{w,j}})]^{\frac{1}{2}}}{p_{abc} \sigma_{ij}^2 \Omega_D} \quad (7)$$

В данной модели: $M_{w,i}$ - молярная масса, определяющая инерционные свойства молекул компонентов газовой смеси; Ω_D - безразмерный интеграл столкновений, являющийся функцией межмолекулярного потенциала и температуры, используемый в рамках кинетической теории газов для описания процессов диффузии.

В рамках численного моделирования массообменных процессов в бинарной газовой смеси N_2 -He в качестве начальных и граничных условий принята конфигурация, при которой верхняя колба заполнена азотом, а нижняя - гелием. Такой выбор обусловлен различием молекулярных масс рассматриваемых компонентов, что приводит к гравитационной стратификации системы и создает

условия для анализа механизмов утраты механического равновесия (Happert, 1984). Для обеспечения строгого соответствия модели физическим процессам, протекающим в системе, предполагается неизменность ключевых физико-химических параметров газов, включая динамическую и кинематическую вязкость, коэффициенты молекулярной и взаимной диффузии, а также удельную теплоёмкость. Численные значения данных параметров были определены с использованием программного комплекса ANSYS Fluent, реализующего метод конечных элементов и обеспечивающего решение уравнений массопереноса с высокой степенью точности. Такой подход позволяет корректно учитывать диффузионно-конвективные взаимодействия в системе и прогнозировать эволюцию распределения концентраций компонентов в различных термодинамических режимах.

Модель предполагает строго изотермические условия, что исключает учет тепловой конвекции и температурной стратификации. Это ограничивает применимость результатов к реальным процессам, в которых температурные градиенты играют существенную роль, например, в атмосфере или технологических системах с нагревом или охлаждением. Так же рассматриваемая система (N_2 -He) моделируется как химически инертная, без учета химических реакций между компонентами. В реальных многокомпонентных средах возможны реакции, меняющие состав и тепловые характеристики смеси, что делает модель неприменимой к реакционно - способным средам как в горении или каталитических процессах.

Численные результаты. Для численного моделирования данных процессов использовалась гибридная сеточная структура, в которой верхняя и нижняя цилиндрические области дискретизировались с помощью треугольных элементов, а диффузионный канал - четырёхугольными элементами. Данный метод позволил адаптировать расчётную сетку к геометрическим особенностям системы, обеспечивая её высокую точность. Размер элемента сетки был установлен равным 1 мм, что обеспечило детализированное представление геометрии исследуемой системы и высокую точность численного анализа (ANSYS, 2024). Одним из критериев, используемых для определения границы перехода между различными кинетическими состояниями системы, является давление (Косов, et al., 2005). Результаты, представленные в Таблице 1, демонстрируют, что в диапазоне давления от 0,338 МПа до 0,518 МПа массообмен в системе преимущественно осуществляется за счёт молекулярной диффузии, что соответствует устойчивому состоянию механического равновесия. Однако при дальнейшем увеличении давления до 1,49 МПа фиксируется возникновение конвективных потоков, что свидетельствует о переходе системы в неустойчивый режим, сопровождающийся усилением гравитационной конвекции. Полученные данные в Таблице 1 (Косов, et al., 2005) позволяют количественно охарактеризовать влияние давления на процессы массообмена в бинарных газовых смесях, а также определить критические условия, при которых диффузионный механизм транспортировки вещества утрачивает доминирующую роль, уступая место конвективным структурам течения:

Таблица 1. Концентрации продиффундировавшего азота из одной колбы в другую для системы N_2 -He при различных давлениях и $T=298$ К, $\tau = 17$ минут

Р, МПа	Концентрация компонентов, молярная доля		
	$C_{экс}$	$C_{теор}$	$C_{Ansys Fluent}$
0,338	0,065	0,064	0,069
0,437	0,051	0,051	0,055
0,518	0,043	0,046	0,040
0,798	0,161	0,030	0,165
1,03	0,244	0,024	0,226
1,49	0,273	0,016	0,239

Сопоставление экспериментальных данных с рассчитанными зависимостями концентрации подтверждает, что начальный этап диффузии происходит в интервале времени, значимом для процесса смешивания, и полученные результаты находятся в хорошем согласии с экспериментальными наблюдениями. В исследуемой системе в диапазоне давления от 0,338 МПа до 0,518 МПа доминирующим механизмом переноса вещества является молекулярная диффузия, характеризующаяся установившимся режимом статического баланса. Диффузионная картина точно передает суть процесса смешивания газов на молекулярном уровне представленными на Рисунке 3:

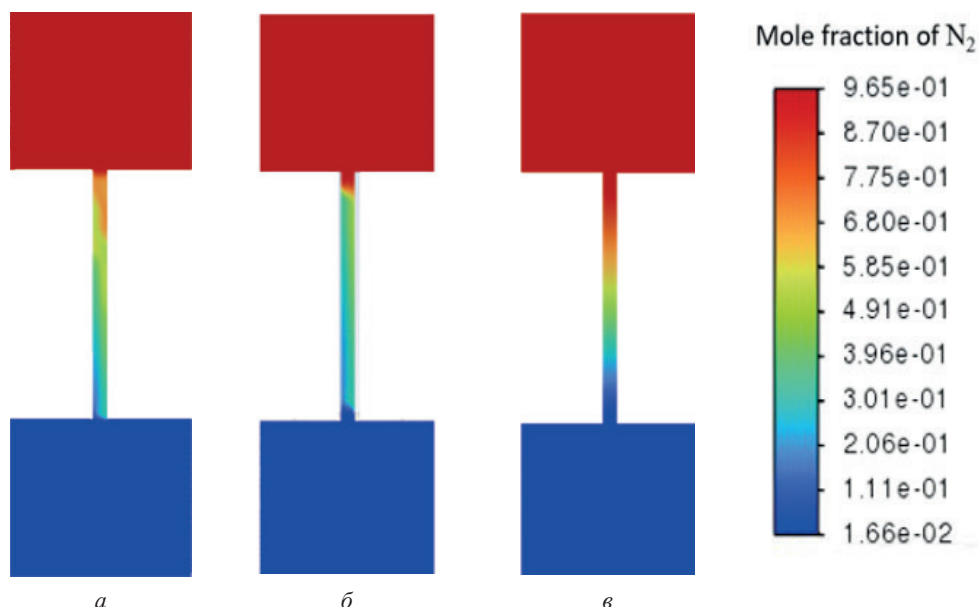


Рисунок 3. Молекулярные диффузионные потоки, образующиеся в канале для системы N_2 -He при $p=0,518$ МПа, $T=298$ К, $\tau = 17$ минут:

- а) Момент смешения газов в осевом сечении диффузионного канала при $\tau = 300$ с;
- б) Момент смешения газов в осевом сечении диффузионного канала при $\tau = 750$ с;
- в) Момент смешения газов в осевом сечении диффузионного канала при $\tau = 960$ с;

Верификация корректности численного моделирования кинетического перехода «диффузия – конвекция» при различных уровнях давления проведена посредством сравнительного анализа расчетных данных с экспериментальными результатами, представленными на Рисунке 4:

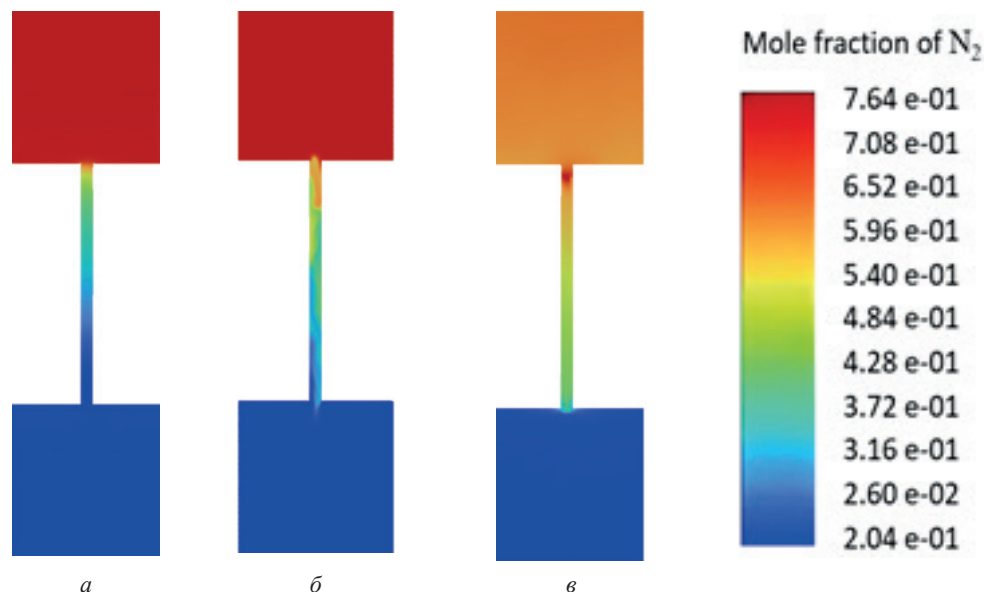


Рисунок 4. Конвективные потоки, образующиеся в диффузионном канале для системы системы N_2 -He при $p=1,49$ МПа, $T=298$ К, $\tau = 17$ минут:

- а) Момент смешения газов в осевом сечении диффузионного канала при $\tau = 540$ с;
- б) Момент смешения газов в осевом сечении диффузионного канала при $\tau = 660$ с;
- в) Момент смешения газов в осевом сечении диффузионного канала при $\tau = 960$ с;

Анализ изображений, представленный на Рисунке 4, иллюстрирует специфические характеристики конвективных течений, формирующихся вследствие нарушения механического равновесия в бинарной газовой смеси. Данные визуализации позволяют идентифицировать ключевые параметры гидродинамической неустойчивости, возникающей при градиентных изменениях состава и температуры исследуемой системы. Начиная с определенного момента процесса смешивания, фиксируется монотонное увеличение концентрации всех компонентов, что является характерным признаком конвективного массопереноса. На рисунке 4а представлена симмуляция возникших в этом случае конвективных течений. Заметно фиксируются восходящие и нисходящие конвективные потоки, турбулизируя, до этого времени, смесь находящуюся в состоянии механического равновесия. Спустя $\tau=540$ с в системе реализуется кинетический переход, который регистрирует переход от одного типа конвекции к другому. На рисунке 4б в момент времени около $\tau=660$ с регистрируются различные по плотности области газовой смеси. В рисунке 4в, в момент времени $\tau=960$ с в системе реализуется диффузия отличная на рисунке 4в монотонными изоконцентрационными распределениями.

Обсуждение результатов анализа. Результаты эксперимента показали, что бинарная газовая смесь N_2 -He в условиях изотермического режима при низких давлениях ведет себя предсказуемо в рамках классической диффузии. Однако с увеличением давления наблюдается значительное изменение структуры потоков, что свидетельствует о переходе системы в новый режим, характеризующийся проявлением конвективной неустойчивости. Ключевым критерием, определяющим устойчивость механического равновесия бинарной газовой смеси, является критическое давление 0,798 МПа, при котором начинается активное формирование конвективных структур. Согласно полученным данным, этот переходный процесс сопровождается резким увеличением градиентов концентрации компонентов в диффузионном канале, что указывает на нарушение диффузионного механизма массопереноса.

Численные расчеты, выполненные в ANSYS Fluent, позволили детализировать распределение концентраций компонентов смеси и выявить критические границы механической устойчивости системы. Анализ экспериментальных данных показал, что для значений давления в пределах 0,338 – 0,518 МПа массоперенос преимущественно осуществляется за счет молекулярной диффузии, что подтверждается соответствием концентрационных полей расчетных и экспериментальных значений. При увеличении давления до 1,49 МПа наблюдается принципиально иное поведение системы, выражающееся в нарушении первоначального градиента концентраций и формировании направленных потоков. В этот момент диффузионный механизм становится вторичным, уступая место гравитационной конвекции. Этот эффект подтверждается наблюдаемыми изменениями концентрации компонентов в экспериментальных данных и численных расчетах. Сопоставление экспериментальных кривых и численных решений уравнений Навье-Стокса и диффузии демонстрирует высокую степень корреляции, что подтверждает адекватность предложенной модели массообмена в бинарных газовых смесях (Косов, et al., 2005). Анализ влияния давления на поведение бинарной газовой смеси позволил установить, что устойчивость механического равновесия определяется величиной диффузионного числа Релея и числа Прандтля. При низких значениях давления система характеризуется малыми значениями этих чисел, что соответствует стабильному диффузионному режиму. При достижении критических значений давления происходит увеличение числа Релея, что приводит к развитию конвективных течений. В частности, наблюдается формирование характерных структур, соответствующих автоколебательному режиму течения. Этот результат имеет важное значение для понимания механизмов формирования массообменных процессов в закрытых объемах, где доминируют гравитационные силы (ANSYS, 2024).

Заключение

Полученные численные результаты подтверждают, что с увеличением давления наблюдается переход от молекулярной диффузии к конвективному режиму массопереноса, что сопровождается нарушением концентрационного градиента и формированием направленных потоков. Численное моделирование подтвердило

наличие критического давления, при котором система теряет механическую устойчивость, а конвекция становится доминирующим механизмом массообмена. Сравнение расчетных и экспериментальных данных продемонстрировало высокую степень соответствия, что подтверждает правильность предложенной модели и примененных расчетных методов.

Перспективы дальнейших исследований включают расширение параметрического анализа влияния температуры и молекулярных характеристик компонентов смеси на переходные процессы массопереноса. Кроме того, важным направлением является анализ турбулентных эффектов и их влияние на кинетику конвективного течения в бинарных газовых системах.

Литература

Abd Halim M.A, N.A.R. Nik Mohd, M.N. Mohd Nasir and M.N. Dahalan (2018) The evaluation of k- ϵ and k- ω Turbulence Models in Modelling Flows and Performance of S-shaped Diffuser. — *International Journal of Automotive and Mechanical Engineering*, — 15(2) — P. 5160-5176 <https://doi.org/10.15282/ijame.15.2.2018.2.0399>

Косов В.Н., Федоренко О.В., Жаврин Ю.И., Мукамеденкызы В. (2014) Неустойчивость механического равновесия при диффузии в трехкомпонентной газовой смеси в вертикальном цилиндре кругового сечения. - *Журнал технической физики*, том 84(4). — С.15. <https://journals.ioffe.ru/articles/27195>

Косов В.Н., Альтенбах Х. (2023) Диффузионные механизмы конвективной неустойчивости в смесях жидкостей и газов. — *Z Angew Math Mech.*, — С. 103 <https://doi.org/10.1002/zamm.20230080>

Косов В.Н., Кульжанов Д.У., Анкушева Н.Б., Жаврин Ю.И. (2002) Неустойчивость механического равновесия изотермических бинарных газовых смесей при различных давлениях, — *Известия НАН РК. Сер. физ.-мат.* — № 2. — С. 81-87.

Косов В.Н., Жаврин Ю.И., Анкушева Н.Б. (2005) Аномальная гравитационная конвекция и диффузия в изотермических тройных газовых смесях. — *Международная конференция по вычислительному тепло и массообмену*, 17-20 мая 2005 г. Труды конференции. — Париж-Кашан. — Т. 2. — С. 794-799.

Косов В.Н., Жаврин Ю.И., Кульжанов Д.У., Анкушева Н.Б. (2005) Неустойчивость механического равновесия изотермических бинарных газовых смесей в наклонном канале. — *Известия НАН РК. Сер. физ.* — № 6. — С. 34-39.

Косов В.Н., Жаврин Ю.И., Кульжанов Д.У., Каратаева К.К., Анкушева Н.Б., Поярков И.В. (2002) Концентрационная гравитационная конвекция и диффузия в бинарных и многокомпонентных газовых смесях: Труды 3-й 100 Российской нац. конф. по теплообмену. — Москва, — Т. 3. — С. 91-94.

Косов В.Н., О.В. Федоренко, М.К. Асембаева и В. Мукамеденкызы (2020) Изменение диффузионно-конвективных режимов в тройных смесях с газом-разбавителем, *Теорет. обосн. хим. инж.*, 54, 2. — С.289-296.

Косов В.Н., Мукамеденкызы В., Жусанбаева А. Құрамында метан бар газ қоспаларының конвективті тұрақсыздық жағдайында изотермиялық көпкомпонентті араласу ерекшеліктері. — *Вестник КазНПУ. Серия физ.-мат. н и.* — 2020. — № 3(71). — С. 61-63.

Кульжанов Д.У. (2002) Устойчивость механического равновесия в бинарных газовых смесях при различных температурах, — *Вестник КазГУ. Сер. физ.* — № 2. — С. 115-118.

Marcoux M., Desrayaud G., Pagano A., Fichera A. (2005) Numerical And Analytical Solution For The Stationary Behaviour Of Binary Mixtures In A Horizontal Annular Cavity Heated From Inside. — *International Conference Computational Heat and Mass Transfer. Conference proceedings.* — Paris-Cachan, 2005. — V. 1. — P. 24-27.

User's ANSYS Fluent Guide, Release 2024. ANSYS Inc., Canonsburg, PA, USA. Available at: <https://www.ansys.com/>

13. Happert G., Turner J. (1984) Convection due to double diffusion. Modern hydrodynamics. Successes and problems. — M.: Mir, 1984. — P. 414-452.

Wesfreid J. E. Henri Bénard. (2017) Thermal convection and vortex shedding; Comptes Rendus Mécanique. — Volume 345, Issue. — P. 446-466.

Wilcox. D.C. (2007) «Formulation of the $k-\omega$ turbulence model revisited». — 45th AIAA Aerospace Sciences Meeting. Reno, NV, USA. AIAA. — P. 1400-1408.

References

Abd Halim M.A., N.A.R. Nik Mohd, M.N. Mohd Nasir and M. N. Dahalan (2018) The evaluation of $k-\epsilon$ and $k-\omega$ Turbulence Models in Modelling Flows and Performance of S-shaped Diffuser., International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, — 15(2). — P. 5160-5176 (in English) <https://doi.org/10.15282/ijame.15.2.2018.2.0399>

Kosov V.N., Fedorenko O.V., Zhavrin Yu.I., Mukamedenkyzy V. (2014) Neustojchivost' mekhanicheskogo ravnovesiya pri diffuzii v trekhkomponentnoj gazovoj smesi v vertikal'nom cilindre krugovogo secheniya [Instability of mechanical equilibrium during diffusion in a ternary gas mixture in a vertical cylinder of circular cross-Section] – Journal of technical physics, — tom 84(4), — S.15. (in Russian) <https://journals.ioffe.ru/articles/27195>

Kosov V., Al'tenbah, H. (2023) Diffuzionnye mekhanizmy konvektivnoj neustojchivosti v smesyah zhidkostej i gazov [Diffusion Mechanisms of Convective Instability in Liquid and Gas Mixtures] Z Angew Math Mech.. — S. 103. (in Russian) <https://doi.org/10.1002/zamm.20230080>

Kosov V.N., Kul'zhanov D.U., Ankusheva N.B., Zhavrin Yu.I. (2002) Neustojchivost' mekhanicheskogo ravnovesiya izotermicheskikh binarnykh gazovykh smesey pri razlichnykh davleniyah [Mechanical equilibrium instability of isothermal binary gas mixtures at various pressures]. Izvestiya NAN RK. Ser. fiz.-mat. — № 2. — S. 81-87. (in Russian)

Kosov V.N., Zhavrin Yu.I., Ankusheva N.B. (2005) Anomal'naya gravitacionnaya konvekciya i diffuziya v izotermicheskikh trojnykh gazovykh smesyah [Anomalous Gravitational Convection and Diffusion in Isothermal Ternary Gas Mixtures]. Mezhdunarodnaya konferenciya po vychislitel'nomu teplo i massobmenu, 17-20 may 2005 g. Trudy konferencii. — Parizh-Kashan. — T. 2. — S. 794-799. (in Russian)

Kosov V.N., Zhavrin Yu.I., Kul'zhanov D.U., Ankusheva N.B. (2005) Neustojchivost' mekhanicheskogo ravnovesiya izotermicheskikh binarnykh gazovykh smesey v naklonnom kanale [Mechanical equilibrium instability of isothermal binary gas mixtures in an inclined channel]. Izvestiya NAN RK. Ser. fiz. — № 6. — S. 34-39. (in Russian)

Kosov V.N., Zhavrin Yu.I., Kul'zhanov D.U., Karataeva K.K., Ankusheva N.B., Poyarkov I.V. (2002) Koncentracionnaya gravitacionnaya konvekciya i diffuziya v binarnykh i mnogokomponentnykh gazovykh smesyah [Concentration-Driven Gravitational Convection and Diffusion in Binary and Multicomponent Gas Mixtures] Trudy 3-j 100 Rossijskoj nac. konf. po teploobmenu. Moskva. — M., — T. 3. — S. 91-94. (in Russian)

Kosov V.N., O. V. Fedorenko, M. K. Asembaeva i V. Mukamedenkyzy (2020) Izmenenie diffuzionno-konvektivnykh rezhimov v trojnykh smesyah s gazom-razbavitelem [Transition of Diffusion-Convection Regimes in Ternary Mixtures with a Diluent Gas] Teoret. obosn. him. inzh., — 54, 2, — C.289-296. (in Russian)

Kosov V.N., Mukamedenkyzy V., Zhusanbaeva A. quramynda metan bar gaz kospalarynyng konvektivti turaqsyzydyq zhagdajynda izotermiyalyq kopkomponentti aralasu erekshelekteri. [Features of Isothermal Multicomponent Mixing under Convective Instability Conditions in Methane-Containing Gas Mixtures] — Vestnik KazNPU. Seriya fiz.-mat. n i. — 2020. — № 3(71). — S. 61-63. (in Kazakh)

Kul'zhanov D.U. (2002) Ustojchivost' mekhanicheskogo ravnovesiya v binarnykh gazovykh smesyah pri razlichnykh temperaturah [Stability of Mechanical Equilibrium in Binary Gas Mixtures at Various Temperatures] . Vestnik KazGU. Ser. fiz. — № 2. — S. 115-118. (in Russian)

Marcoux M., Desrayaud G., Pagano A., Fichera A. (2005) - Numerical And Analytical Solution For The Stationary Behaviour Of Binary Mixtures In A Horizontal Annular Cavity Heated From Inside. - International Conference Computational Heat and Mass Transfer. Conference proceedings. — Paris-Cachan, 2005. — V. 1. — P. 24-27. (in English)

User's ANSYS Fluent Guide, Release 2024. ANSYS Inc., Canonsburg, PA, USA. Available at: <https://www.ansys.com/> (in English)

Happert G., Turner J. (1984), Convection due to double diffusion. Modern hydrodynamics. Successes and problems. — M.: Mir, 1984. — P.414-452. (in English)

Wesfreid J. E. Henri Bénard. (2017), Thermal convection and vortex shedding; Comptes Rendus Mécanique. — Volume 345, Issue. — P. 446-466. (in English)

Wilcox. D.C. (2007) - «Formulation of the $k-\omega$ turbulence model revisited». - 45th AIAA Aerospace Sciences Meeting. Reno, NV, USA. AIAA. — P. 1400-1408. (in English)

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). 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

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 23.06.2025.

Формат 60x88¹/₈.

18,0 п.л. Заказ 2.