

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

2024 • 2



ҚАЙЫРЫМДЫЛЫҚ ҚОРЫ  
**HALYK**  
CHARITY FOUNDATION

«ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫ» РҚБ  
«ХАЛЫҚ» ЖҚ

# БАЯНДАМАЛАРЫ

## ДОКЛАДЫ

РОО «НАЦИОНАЛЬНОЙ  
АКАДЕМИИ НАУК РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН»  
ЧФ «ХАЛЫҚ»

## REPORTS

OF THE ACADEMY OF SCIENCES  
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN  
«Halyk» Private Foundation

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK



## ЧФ «ХАЛЫҚ»

В 2016 году для развития и улучшения качества жизни казахстанцев был создан частный Благотворительный фонд «Халык». За годы своей деятельности на реализацию благотворительных проектов в областях образования и науки, социальной защиты, культуры, здравоохранения и спорта, Фонд выделил более 45 миллиардов тенге.

Особое внимание Благотворительный фонд «Халык» уделяет образовательным программам, считая это направление одним из ключевых в своей деятельности. Оказывая поддержку отечественному образованию, Фонд вносит свой посильный вклад в развитие качественного образования в Казахстане. Тем самым способствуя росту числа людей, способных менять жизнь в стране к лучшему – профессионалов в различных сферах, потенциальных лидеров и «великих умов». Одной из значимых инициатив фонда «Халык» в образовательной сфере стал проект *Ozgeris powered by Halyk Fund* – первый в стране бизнес-инкубатор для учащихся 9-11 классов, который помогает развивать необходимые в современном мире предпринимательские навыки. Так, на содействие малому бизнесу школьников было выделено более 200 грантов. Для поддержки талантливых и мотивированных детей Фонд неоднократно выделял гранты на обучение в Международной школе «Мирас» и в *Astana IT University*, а также помог казахстанским школьникам принять участие в престижном конкурсе «*USTEM Robotics*» в США. Авторские работы в рамках проекта «Тәлімгер», которому Фонд оказал поддержку, легли в основу учебной программы, учебников и учебно-методических книг по предмету «Основы предпринимательства и бизнеса», преподаваемого в 10-11 классах казахстанских школ и колледжей.

Помимо помощи школьникам, учащимся колледжей и студентам Фонд считает важным внести свой вклад в повышение квалификации педагогов, совершенствование их знаний и навыков, поскольку именно они являются проводниками знаний будущих поколений казахстанцев. При поддержке Фонда «Халык» в южной столице был организован ежегодный городской конкурс педагогов «*Almaty Digital Ustaz*».

Важной инициативой стал реализуемый проект по обучению основам финансовой грамотности преподавателей из восьми областей Казахстана, что должно оказать существенное влияние на воспитание финансовой грамотности и предпринимательского мышления у нового поколения граждан страны.

Необходимую помощь Фонд «Халык» оказывает и тем, кто особенно остро в ней нуждается. В рамках социальной защиты населения активно проводится работа по поддержке детей, оставшихся без родителей, детей и взрослых из социально уязвимых слоев населения, людей с ограниченными возможностями, а также обеспечению нуждающихся социальным жильем, строительству социально важных объектов, таких как детские сады, детские площадки и физкультурно-оздоровительные комплексы.

В копилку добрых дел Фонда «Халык» можно добавить оказание помощи детскому спорту, куда относится поддержка в развитии детского футбола и карате в нашей стране. Жизненно важную помощь Благотворительный фонд «Халык» оказал нашим соотечественникам во время недавней пандемии COVID-19. Тогда, в разгар тяжелой борьбы с коронавирусной инфекцией Фонд выделил свыше 11 миллиардов тенге на приобретение необходимого медицинского оборудования и дорогостоящих медицинских препаратов, автомобилей скорой медицинской помощи и средств защиты, адресную материальную помощь социально уязвимым слоям населения и денежные выплаты медицинским работникам.

В 2023 году наряду с другими проектами, нацеленными на повышение благосостояния казахстанских граждан Фонд решил уделить особое внимание науке, поскольку она является частью общественной культуры, а уровень ее развития определяет уровень развития государства.

Поддержка Фондом выпуска журналов Национальной Академии наук Республики Казахстан, которые входят в международные фонды Scopus и Wos и в которых публикуются статьи отечественных ученых, докторантов и магистрантов, а также научных сотрудников высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов нашей страны является не менее значимым вкладом Фонда в развитие казахстанского общества.

**С уважением,  
Благотворительный Фонд «Халык»!**

БАС РЕДАКТОР:

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Президенті Іс Басқармасы Медициналық орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 11

РЕДАКЦИЈАЛЫҚ АЛҚА:

**РАМАЗАНОВ Тілекқабил Сәбитұлы**, (бас редактордың орынбасары), физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 26

**РАМАНҚҰЛОВ Ерлан Мирхайдарұлы**, (бас редактордың орынбасары), профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Ph.D биохимия және молекулалық генетика саласы бойынша Ұлттық биотехнология орталығының бас директоры (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, Ph.D (биохимия, агрохимия), профессор, Корей биоғылым және биотехнология ғылыми-зерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСІМБАЕВ Рахметқажы Ескендірұлы**, биология ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Еуразия ұлттық университеті. Л.Н. Гумилев (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 12

**ӘБИЕВ Руфат**, техника ғылымдарының докторы (биохимия), профессор, Санкт-Петербург мемлекеттік технологиялық институты «Химиялық және биотехнологиялық аппаратураны онтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

**ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович**, медицина ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «PERSONA» халықаралық клиникалық репродуктология орталығының директоры (Алматы, Қазақстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, биология ғылымдарының докторы, профессор, Чуваш республикасының еңбек сіңірген ғылым қайраткері, «Чуваш мемлекеттік аграрлық университеті» Федералдық мемлекеттік бюджеттік жоғары білім беру мекемесі Акушерлік және терапия кафедрасының меңгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, Хамдар аль-Маджида Хамдар университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

**ЩЕПЕТКИН Игорь Александрович**, медицина ғылымдарының докторы, Монтана штаты университетінің профессоры (Монтана, АҚШ), Н = 27

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

**МАЛЫМ Анна**, фармацевтика ғылымдарының докторы, профессор, Люблин медицина университетінің фармацевтика факультетінің деканы (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМҰҚАНОВ Дастан Асылбекұлы**, ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы, ҚР ҰҒА корреспондент мүшесі, "Мал шаруашылығы және ветеринария ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС мал шаруашылығы және ветеринарлық медицина департаментінің бас ғылыми қызметкері (Нұр-Сұлтан, Қазақстан), Н = 1

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

**КАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрәліұлы**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

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

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

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

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

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

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

**ДАВЛЕТОВ Асқар Ербуланович**, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті (Алматы, Қазақстан), Н = 12

«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.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № КЗ93VPY00025418 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *өсімдік шаруашылығы, экология және медицина саласындағы биотехнология және физика ғылымдары.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет. Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28; 219 бөл.; тел.: 272-13-19

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

**ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:**

**БЕНБЕРИН Валерий Васильевич**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Медицинского центра Управления делами Президента Республики Казахстан (Алматы, Казахстан), Н = 11

**РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:**

**РАМАЗАНОВ Тлеккабул Сабитович**, (заместитель главного редактора), доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 26

**РАМАНКУЛОВ Ерлан Мирхайдарвич**, (заместитель главного редактора), профессор, член-корреспондент НАН РК, Ph.D в области биохимии и молекулярной генетики, Генеральный директор Национального центра биотехнологии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 23

**САНГ-СУ Квак**, доктор философии (Ph.D, биохимия, агрохимия), профессор, главный научный сотрудник, Научно-исследовательский центр инженерных систем растений, Корейский научно-исследовательский институт бионауки и биотехнологии (KRIBB), (Дэчон, Корея), Н = 34

**БЕРСИМБАЕВ Рахметкажи Искендрович**, доктор биологических наук, профессор, академик НАН РК, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева (Нур-Султан, Казахстан), Н = 12

**АБНЕВ Руфат**, доктор технических наук (биохимия), профессор, заведующий кафедрой «Оптимизация химической и биотехнологической аппаратуры», Санкт-Петербургский государственный технологический институт (Санкт-Петербург, Россия), Н = 14

**ЛЮКШИН Вячеслав Нотанович**, доктор медицинских наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного клинического центра репродуктологии «PERSONA» (Алматы, Казахстан), Н = 8

**СЕМЕНОВ Владимир Григорьевич**, доктор биологических наук, профессор, заслуженный деятель науки Чувашской Республики, заведующий кафедрой морфологии, акушерства и терапии, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Чувашский государственный аграрный университет» (Чебоксары, Чувашская Республика, Россия), Н = 23

**ФАРУК Асана Дар**, профессор Колледжа восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамдарда (Карачи, Пакистан), Н = 21

**ЦЕЛЕТКИН Игорь Александрович**, доктор медицинских наук, профессор Университета штата Монтана (США), Н = 27

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

**МАЛЫМ Анна**, доктор фармацевтических наук, профессор, декан фармацевтического факультета Люблинского медицинского университета (Люблин, Польша), Н = 22

**БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович**, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарии (Нур-Султан, Казахстан), Н = 1

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

**КАЛИМОЛДАЕВ Максат Нурадилович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК (Алматы, Казахстан), Н = 7

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

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

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

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

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

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

**ДАВЛЕТОВ Аскар Ербуланович**, доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, Казахский национальный университет им. аль-Фараби (Алматы, Казахстан), Н = 12

**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 о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ93VPY00025418, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *биотехнология в области растениеводства, экологии, медицины и физические науки.*

Периодичность: 4 раз в год. Тираж: 300 экземпляров

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

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

## EDITOR IN CHIEF:

**BENBERIN Valery Vasilievich**, Doctor of Medicine, Professor, Academician of NAS RK, Director of the Medical Center of the Presidential Property Management Department of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan), H = 11

## EDITORIAL BOARD:

**RAMAZANOV Tlekkabul Sabitovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 26

**RAMANKULOV Erlan Mirkhaidarovich**, (Deputy Editor-in-Chief), Professor, Corresponding Member of NAS RK, Ph.D in the field of biochemistry and molecular genetics, General Director of the National Center for Biotechnology (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 23

**SANG-SOO Kwak**, PhD in Biochemistry, Agrochemistry, Professor, Chief Researcher, Plant Engineering Systems Research Center, Korea Research Institute of Bioscience and Biotechnology (KRIBB), (Daecheon, Korea), H = 34

**BERSIMBAEV Rakhmetkazhi Iskendirovich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of NAS RK, L.N. Gumilyov Eurasian National University (Nur-Sultan, Kazakhstan), H = 12

**ABIYEV 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), H = 14

**LOKSHIN Vyacheslav Notanovich**, Professor, Academician of NAS RK, Director of the PERSONA International Clinical Center for Reproductology (Almaty, Kazakhstan), H = 8

**SEMENOV Vladimir Grigorievich**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Honored Scientist of the Chuvash Republic, Head of the Department of Morphology, Obstetrics and Therapy, Chuvash State Agrarian University (Cheboksary, Chuvash Republic, Russia), H = 23

**PHARUK Asana Dar**, professor at Hamdard al-Majid College of Oriental Medicine. Faculty of Oriental Medicine, Hamdard University (Karachi, Pakistan), H = 21

**TSHEPETKIN Igor Aleksandrovich**, Doctor of Medical Sciences, Professor at the University of Montana (Montana, USA), H = 27

**CALANDRA Pietro**, PhD in Physics, Professor at the Institute of Nanostructured Materials (Monterotondo Station Rome, Italy), H = 26

**MALM Anna**, Doctor of Pharmacy, Professor, Dean of the Faculty of Pharmacy, Lublin Medical University (Lublin, Poland), H = 22

**BAIMUKANOV Dastanbek Asylbekovich**, Doctor of Agricultural Sciences, Corresponding Member of the NAS RK, Chief Researcher of the department of animal husbandry and veterinary medicine, Research and Production Center for Livestock and Veterinary Medicine Limited Liability Company (Nur-Sultan, Kazakhstan), H=1

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

**KALIMOLDAYEV Maksat Nuradilovich**, doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK (Almaty, Kazakhstan), H = 7

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

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

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

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

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

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

**DAVLETOV Askar Erbulanovich**, Doctor in Physics and Mathematics, Professor, Academician of NAS RK, al-Farabi Kazakh National University (Almaty, Kazakhstan), H = 12

**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. **KZ93VPY00025418**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *biotechnology in the field of crop research, ecology and medicine and physical sciences.*

Periodicity: 4 times a year. Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

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



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

Volume 2. Number 350 (2024), 52–62

<https://doi.org/10.32014/2024.2518-1483.277>

UDC 532.133

IRSTI 29.17.19

© A. Kassymov<sup>1\*</sup>, A. Adykanova<sup>1</sup>, A. Bektemissov<sup>1</sup>, K. Astemessova<sup>2</sup>,  
G. Turlybekova<sup>2</sup>, 2024

<sup>1</sup>Shakarim University of Semey, Semey, Kazakhstan;

<sup>2</sup>Kazakh National Technical University named K.I. Satbayev, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: [kassymov.asb@gmail.com](mailto:kassymov.asb@gmail.com)

## INVESTIGATION OF VISCOSITY PROPERTIES OF TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> HYBRID NANOFLUID BASED ON BIDISTILLED WATER FOR USE IN A HYBRID SO- LAR COLLECTOR

**Kassymov Askar** — PhD, acting associate professor. Shakarim University of Semey. 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: [kassymov.asb@gmail.com](mailto:kassymov.asb@gmail.com). ORCID: 0000-0002-1983-6508;

**Adykanova Ainur** — PhD student, Shakarim University of Semey. 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: [aiko6a8383@mail.ru](mailto:aiko6a8383@mail.ru). ORCID: 0009-0006-6068-3941;

**Bektemissov Anuar** — PhD student, Shakarim University of Semey. 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: [anuar.bektemissov@icloud.com](mailto:anuar.bektemissov@icloud.com). ORCID: 0000-0002-0364-4632;

**Astemessova Kalamkas** — PhD, senior lecturer. Kazakh National Technical University named after K.I. Satbayev. 050013. Almaty, Kazakhstan

E-mail: [k.astemessova@satbayev.university](mailto:k.astemessova@satbayev.university). ORCID: 0000-0002-4143-6084;

**Turlybekova Gulzhan** — candidate of technical sciences, senior lecturer. Kazakh National Technical University named after K.I. Satbayev. 050013, Almaty, Kazakhstan

E-mail: [g.turlybekova@satbayev.university](mailto:g.turlybekova@satbayev.university). ORCID: 0000-0001-5522-4931.

**Abstract.** Nanofluid is a new class of liquid that is of great interest with potential wide application in industry and energy due to its high thermal conductivity. This class of liquid consists of dispersed nanoparticles of metals, metal oxides, and non-metal oxides in the volume of the base liquid. The use of this liquid as a coolant in hybrid solar collectors, in which cooling the solar panel is of key importance, is especially important. In addition to increasing the thermal conductivity of the nanofluid, the dispersed state of the nanofluid causes an increase in viscosity. The viscosity properties of the nanofluid determine the cost of pumping of coolant along the circuit of a hybrid solar collector, which affects the performance and its economic efficiency. Recently, hybrid nanofluids based on a combination of various metal oxides, non-metal oxides, and so on have become widely known. In this article, the viscosity of the hybrid nanofluid TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-bidistilled water in mass concentrations of 0.5 %, 1 %, 2 % was studied. Kinematic viscosity was measured using a VPZh-4 capillary viscometer. It was found that in addition to the increase in the viscosity of the nanofluid with an increase in the total concentration of nanoparticles, an increase in the mass concentration of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> makes a more noticeable difference. For nanofluid TiO<sub>2</sub>-bidistilled water, the increase in kinematic viscosity is 2 %, 3 % and 6 % for concentrations of 0.5 wt %, 1 wt %, 2 wt %. While the increase for TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-bidistilled water hybrid nanofluids of similar total concentrations is 6 %, 18 %, 42 %. The

results obtained in this work can be used to evaluate the efficiency and improve the performance of a hybrid solar collector and improve modifications of solar panels.

**Keywords:** hybrid solar collectors, hybrid nanofluid, kinematic viscosity, coolant, solar energy

*This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant no. AP19678220).*

© **А. Касымов<sup>1\*</sup>, А. Адылканова<sup>1</sup>, А. Бектемисов<sup>1</sup>, К. Астемесова<sup>2</sup>,  
Г. Турлыбекова<sup>2</sup>, 2024**

<sup>1</sup>Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті, Семей, Қазақстан;

<sup>2</sup>Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,  
Алматы, Қазақстан.

E-mail: kassymov.asb@gmail.com

## **ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЫНДА ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН БИДИСТИЛЬДЕНГЕН СУ НЕГІЗІНДЕГІ $TiO_2/Al_2O_3$ ГИБРИДТІ НАНОСҰЙЫҚТЫҢ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Касымов Аскар Багдатович** — PhD, қауымдастырылған профессор м.а., Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508;

**Адылканова Айнура Жарылқасыновна** — PhD докторант. Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: aikoba8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941;

**Бектемисов Ануар Алмасбекович** — PhD докторант. Семей қаласының Шәкәрім атындағы университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: anuar.bektemissova@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632;

**Астемесова Каламкас Сериковна** — PhD, аға оқытушы. Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

E-mail: k.astemessova@satbayev.university. ORCID: 0000-0002-4143-6084;

**Турлыбекова Гулжан Капасовна** — техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы. Қ.И.

Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

E-mail: g.turlybekova@satbayev.university. ORCID: 0000-0001-5522-4931.

**Аннотация.** Наносұйықтық — жоғары жылу өткізгіштігінің арқасында өнеркәсіпте және энергетикада кең қолдану мүмкіндігі бар үлкен қызығушылық тудыратын сұйықтықтың жаңа класы. Сұйықтықтың бұл класы негізгі сұйықтық көлеміндегі металдардың дисперсті нанобөлшектерінен, металл оксидтерінен және металл емес оксидтерінен тұрады. Бұл сұйықтықты гибриді күн коллекторларында салқындатқыш ретінде пайдалану, әсіресе күн панелін салқындату маңызды болып табылады. Наносұйықтықтың жылу өткізгіштігін арттырумен қатар, наносұйықтықтың дисперстік күйі тұтқырлықтың жоғарылауын тудырады. Наносұйықтықтың тұтқырлық қасиеттері гибриді күн коллекторының тізбегі бойынша салқындатқышты айдау құнын анықтайды, бұл өнімділікке және оның экономикалық тиімділігіне әсер етеді. Соңғы уақытта әртүрлі металл оксидтерінің, бейметалл оксидтерінің және т.б. комбинациясы негізінде гибриді наносұйықтықтар кеңінен танымал болды. Бұл мақалада 0,5 %, 1 %, 2 % массалық концентрациялардағы  $TiO_2/Al_2O_3$ -бидистильденген су гибриді наносұйықтықтың



тұтқырлығы зерттелді. Кинематикалық тұтқырлық ВПЖ-4 капиллярлық вискозиметр көмегімен өлшенді. Нанобөлшектердің жалпы концентрациясының жоғарылауымен наносұйықтықтың тұтқырлығының жоғарылауымен қатар,  $Al_2O_3$  массалық концентрациясының жоғарылауы айтарлықтай айырмашылықты тудыратыны анықталды.  $TiO_2$ -бидистилденген су наносұйықтығы үшін кинематикалық тұтқырлықтың артуы 0,5 масса %, 1 масса %, 2 масса % концентрациялары үшін 2 %, 3 % және 6 % кұрайды. Жалпы концентрациясы ұқсас  $TiO_2/Al_2O_3$ -бидистиль-денген су гибридіті наносұйықтықтардың өсімі 6 %, 18 %, 42 % кұрайды. Бұл жұмыста алынған нәтижелерді гибридіті күн коллекторының тиімділігін бағалау және өнімділігін жақсарту және күн панельдерінің модификацияларын жақсарту үшін пайдалануға болады.

**Түйін сөздер:** гибридіті күн коллекторлары, гибридіті наносұйықтық, кинематикалық тұтқырлық, салқындатқыш, күн энергиясы

Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетімен қаржыландырылады (грант № AP19678220).

© А. Касымов<sup>1\*</sup>, А. Адылканова<sup>1</sup>, А. Бектемисов<sup>1</sup>, К. Астемесова<sup>2</sup>,  
Г. Турлыбекова<sup>2</sup>, 2024

<sup>1</sup> Университет имени Шакарима города Семей, Семей, Казахстан;

<sup>2</sup> Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан.

E-mail: kassymov.asb@gmail.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ ГИБРИДНОЙ НАНОЖИДКОСТИ $TiO_2/Al_2O_3$ НА ОСНОВЕ БИДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГИБРИДНОМ СОЛНЕЧНОМ КОЛЛЕКТОРЕ

**Касымов Аскар Багдатович** — PhD, и.о. ассоциированного профессора. Университет имени Шакарима, Семей, Казахстан

E-mail: kassymov.asb@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1983-6508;

**Адылканова Айнура Жарылкасыновна** — PhD докторант. Университет имени Шакарима, Семей, Казахстан

E-mail: aiko6a8383@mail.ru. ORCID: 0009-0006-6068-3941;

**Бектемисов Ануар Алмасбекович** — PhD докторант. Университет имени Шакарима, Семей, Казахстан

E-mail: anuar.bektemisov@icloud.com. ORCID: 0000-0002-0364-4632;

**Астемесова Каламкас Сериковна** — PhD, старший преподаватель. Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

E-mail: k.astemessova@satbayev.university. ORCID: 0000-0002-4143-6084;

**Турлыбекова Гулжан Капасовна** — кандидат технических наук, старший преподаватель.

Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан

E-mail: g.turlybekova@satbayev.university. ORCID: 0000-0001-5522-4931.

**Аннотация.** Наножидкость — новый класс жидкости, представляющий огромный интерес потенциального широкого применения в промышленности и энергетике ввиду проявления высокой теплопроводности. Данный класс жидкости представляет собой диспергированные наночастицы металлов, оксидов металлов, оксидов неметаллов в объеме базовой жидкости. Особо актуально применение данной жидкости в качестве теплоносителя в гибридных солнечных

коллекторах, в которых охлаждение солнечной панели носит ключевое значение. Помимо увеличения теплопроводности наножидкости, дисперсное состояние наножидкости обуславливает увеличение вязкости. Вязкостные свойства наножидкости определяют затраты на перекачку теплоносителя по контуру гибридного солнечного коллектора, что отражается на производительности и его экономической эффективности. В последнее время приобретают широкую известность гибридные наножидкости на основе сочетания различных оксидов металлов, оксидов неметаллов и так далее. В данной статье исследована вязкость гибридной наножидкости  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -бидистиллированная вода в массовых концентрациях 0,5 %, 1 %, 2 %. Измерение кинематической вязкости производилось с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ-4. Было выявлено, что помимо увеличения вязкости наножидкости, с ростом общей концентрации наночастиц, увеличение массовой концентрации  $\text{Al}_2\text{O}_3$  вносит более ощутимый характер. Для наножидкости  $\text{TiO}_2$ -бидистиллированная вода увеличение кинематической вязкости составляет 2 %, 3% и 6 % для концентраций 0,5 масс. %, 1 масс. %, 2 масс.%. В то время как прирост для гибридных наножидкостей  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -бидистиллированная вода аналогичных общих концентраций составляет 6 %, 18 %, 42 %. Результаты, полученные в данной работе, могут быть использованы для оценки эффективности и повышения производительности гибридного солнечного коллектора, усовершенствования модификаций солнечных панелей.

**Ключевые слова:** гибридные солнечные коллекторы, гибридная наножидкость, кинематическая вязкость, теплоноситель, солнечная энергетика

Данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP19678220).

### **Введение**

Растущие выбросы парниковых газов налагают новые обязательства по уменьшению использования невозобновляемых источников энергии (твердое топливо, газ) и переходу к качественно новому способу генерации энергии. Одним из перспективных решений на данный момент является использование солнечных коллекторов, о чем говорит рост установленной мощности фотоэлектрических элементов в мире почти 18 раз за 10-летний период с 2010 года (Мака, Alabid, 2022).

Увеличение производительности солнечных коллекторов достигается как разработкой новых конструкционных особенностей (Shafieian и др., 2018; Sabahi и др., 2016), так и поиском более эффективных теплоносителей (Shareef и др., 2015; Vignarooban и др., 2015). В последнее время ведутся исследования в использовании в качестве теплоносителя наножидкости. Наножидкость представляет относительно новый класс жидкости, состоящий из базовой жидкости и наночастиц размером до 100 нм. Наножидкость получила широкий интерес ввиду проявления высокой теплопроводности по сравнению с базовой жидкостью. Применяются различные виды наночастиц: металлические, оксиды металлов, углеродные нанотрубки, наночастицы графена. Оксиды металлов и неметаллов получили широкое применение ввиду низкой стоимости и относительно высокой теплопроводности (Sarkar, 2011; Shackelford и др., 2000; Kim и др., 2007)

Увеличение теплопроводности является ключевым фактором производительности солнечных коллекторов. Как известно на сегодняшний день наножидкости демонстрируют высокие относительные показатели

теплопроводности. Широкую популярность приобретают гибридные наножидкости. Относительное увеличение теплопроводности гибридных наножидкостей согласно авторам (Singh и др., 2020; Wanatasanapan и др., 2020; Nandandi и др., 2016; Esfe и др., 2023) достигает значений до 70 %. Автором (Guan и др., 2023) было выявлено увеличение теплопроводности гибридной наножидкости на основе Cu-Ag50%/ Ag по сравнению с отдельными составляющими компонентами, что делает использование гибридной наножидкости привлекательным. Для стабилизации гибридных наножидкостей используются различные поверхностно-активные вещества. Например, авторами (Khairul и др., 2016; Xian и др., 2020) для стабилизации  $TiO_2$ -Cu и  $TiO_2$ -GnPs наночастиц в водном растворе этиленгликоля использовались сурфактанты SDBS и СТАВ. Автором (Akhgar и др., 2018) была приготовлена наножидкость MWCNT- $TiO_2$ /водный раствор этиленгликоля, стабилизированной ПАВом СТАВ. Соотношение наночастиц и ПАВ также отражается на теплофизических свойствах наножидкости, в частности на ее теплопроводности (Xia и др., 2014; Mostafizur и др., 2022) и химической стабильности (Choi и др., 2008).

Также к факторам эффективности коллекторов можно отнести перепад давления и мощность насоса, зависящим таких параметров как вязкость, скорости и плотности наножидкости (Said и др., 2014). Вязкость является важным теплофизическим параметром ввиду проявления наножидкостью как ньютоновского характера, так и неньютоновского (Yu и др., 2011; Halefadi и др., 2013; Aladag и др., 2012; Hernández и др., 2014). Рядом исследователей отмечено увеличение вязкости наножидкости (Babar и др., 2019; Rudyak и др., 2023). Авторами (Batchelor, 1977; Rashin и др., 2013; Nguyen и др., 2008; Kulkarni и др., 2006; Masoumi и др., 2009) разработаны эмпирические модели описания вязкости наножидкостей, представленные в основном зависимостью концентрации наночастиц, температурой жидкости. Некоторые авторы исследовали зависимость от агломерации и предложили теоретическое описание вязкости с учетом данного фактора (Suganthi и др., 2012; Аноор и др., 2009; Коса и др., 2018; Murshed и др., 2012). В ходе экспериментов, проведенных (Sundar и др., 2016), выявлен вклад базовой жидкости и температуры на вязкость наножидкости. Однако, несмотря на многочисленные предложенные теоретические (Einstein, 1906; Smoluchowski, 1916; Chen и др., 2007; Prasher и др., 2006) и эмпирические (Graf, 1984; Cheng и др., 2003; Hernández и др., 2014) модели, на данный момент отсутствуют общепринятое описание вязкости в гибридных наножидкостях.

В данной работе будет исследована вязкость наножидкости  $TiO_2$ -бидистиллированная вода,  $Al_2O_3$ -бидистиллированная вода,  $TiO_2$ - $Al_2O_3$  – бидистиллированная вода в соотношении наночастиц 1:1. Предполагается определение влияния одного из компонентов на вязкость гибридной  $TiO_2$ - $Al_2O_3$  наножидкости.

### **Материалы и методы**

Наночастицы  $TiO_2$  и  $Al_2O_3$  были получены у производителя «Sigma-Aldrich». Согласно паспортным данным товара, размер наночастиц составляет не более 50 нм. Диспергация наножидкости производилась ультразвуковым гомогенизатором модели «JY92-IIDN» фирмы Scientz, мощностью до 900 Вт, частота – 20 кГц.

Получение наножидкости производилось с помощью двухэтапного метода.

Базовая жидкость – бидистиллированная вода. Были приготовлены несколько вариантов наножидкостей:  $\text{TiO}_2$ - дистиллированная вода 0,5, 1, 2 масс.%,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -дистиллированная вода 0,5, 1, 2 масс.%,  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ -дистиллированная вода 0,5, 1, 2 масс.% в соотношении 1:1. Продолжительность диспергирования наночастиц была определена в 30 мин без выдержки между пульсами.

Существуют общеизвестные методы измерения вязкости: с помощью ротационного вискозиметра (определение динамической вязкости) (Hamid и др., 2018; Wanatasanapan и др., 2020) и капиллярного вискозиметра (определение кинематической вязкости) (Jarahnejad и др., 2015; Duangthongsuk и др., 2009). Определение кинематической вязкости с использованием капиллярного вискозиметра обусловлено низкой вязкостью жидкой среды. Например, капиллярный вискозиметр серии ВПЖ позволяет определять кинематическую вязкость жидкости вплоть до 0,6 сСт. В связи с этим обстоятельством капиллярный стеклянный вискозиметр ВПЖ-4 был выбран для проведения измерений вязкости наножидкости в данной работе. Принцип работы капиллярного вискозиметра основан на истечении жидкости через капилляр определенного диаметра, выбранного исходя из предполагаемой вязкости жидкости. Кинематическая вязкость рассчитывается по формуле:

$$\nu = \frac{g}{9,807} \cdot \tau \cdot K \quad (1)$$

где  $\nu$  – кинематическая вязкость (сСт),  $g$  – ускорение силы тяжести в месте измерения ( $\text{м/с}^2$ ),  $\tau$  – время истечения жидкости (с.),  $K$  – постоянная вискозиметра.

Определение вязкости проводилось с помощью капиллярного вискозиметра ВПЖ-4 (диаметр капилляра 0,37 мм). Вязкость определялась по формуле (1), ускорение свободного падения принято  $9,81 \text{ м/сек}^2$  (для города Семей). Измерения вязкости проводились при температуре 20 (293К), 30 (303 К), 40 (313 К), 50 (323 К), 60 (333 К). Термостатирование обеспечивалось термостатом марки LOIP-LT.

### **Результаты и обсуждение**

Полученные результаты свидетельствуют о неоднозначном проявлении вязкостных свойств гибридной наножидкости. На рисунке 1 для  $\text{TiO}_2$ -бидистиллированная вода 0,5 масс.% в разрезе температур (293К-333К), кинематическая вязкость дает рост на 2 % по отношению к базовой жидкости (бидистиллированная вода). Наножидкость  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -бидистиллированная вода 0,5 масс.% показывает увеличение вязкости почти в 4 раза на уровне 7,5 %. Гибридная наножидкость  $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$  – бидистиллированная вода 0,5 масс.% принимает среднее значение увеличения между вышеуказанными наножидкостями в пределах 6 %.

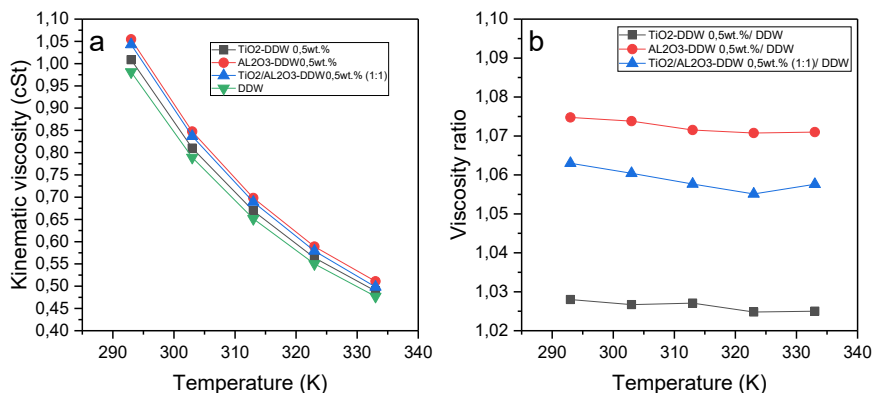


Рисунок 1 – Кинематическая вязкость (а) и отношение кинематической вязкости к бидистиллированной воде (б) для TiO<sub>2</sub>-бидистиллированная вода, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода, гибридной жидкости TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода концентрацией 0,5 масс.%

Однако на рисунке 2 можно заметить увеличение вязкости гибридной наножидкости TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода 1 масс. %, превышающей кинематическую вязкость Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода 1 масс.% противоположно случаю с 0,5 масс. %. Увеличение массовой концентрации на 0,5 % дало прирост кинематической вязкости для TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода 1 масс.% на 18 %, для TiO<sub>2</sub>-бидистиллированная вода 1 масс.% порядка 3 %, для Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода 1 масс.% на 15 %.

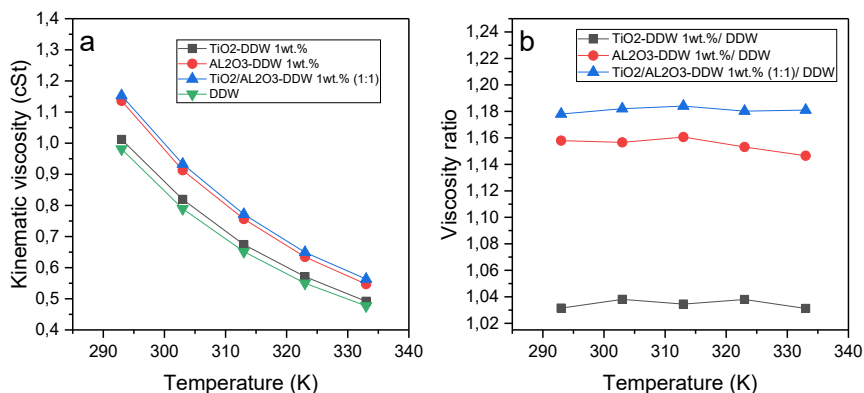


Рисунок 2 - Кинематическая вязкость (а) и отношение кинематической вязкости к бидистиллированной воде (б) для TiO<sub>2</sub>-бидистиллированная вода, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода, гибридной жидкости TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода концентрацией 1 масс.%

Тенденцию прироста кинематической вязкости можно наблюдать при дальнейшем увеличении массовой концентрации наночастиц до 2 масс. % (рис.3). Все более ощутимой становится разница кинематической вязкости наножидкостей Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода и TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода, составляющей 30 % и 42 % соответственно. Но в случае с TiO<sub>2</sub>-бидистиллированная вода отмечен незначительный рост на уровне 6 %.

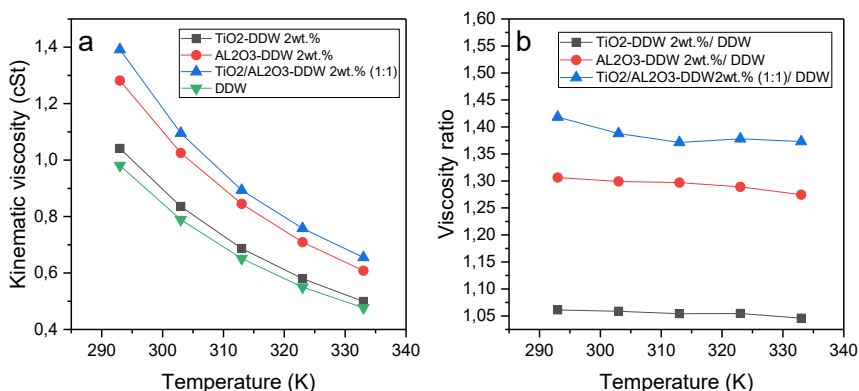


Рисунок 3 - Кинематическая вязкость (а) и отношение кинематической вязкости к бидистиллированной воде (б) для TiO<sub>2</sub>-бидистиллированная вода, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода, гибридной жидкости TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода концентрацией 2 масс.%

Таким образом, можно сделать вывод о существенном вкладе компонента Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в вязкостные характеристики наножидкости TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода, а именно увеличение массовой концентрации Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с 0,25 % до 1 % обуславливает почти 35-процентный прирост кинематической вязкости гибридной наножидкости (рис.4).

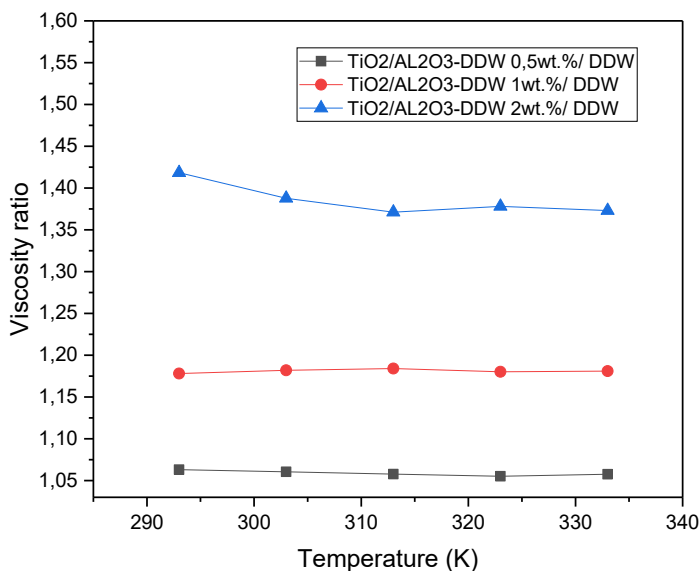


Рисунок 4 – Сравнение относительной вязкости TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-бидистиллированная вода для концентраций 0,5 масс.%, 1 масс.%, 2 масс.%,



## Заклучение

Произведены измерения кинематической вязкости наножидкости  $\text{TiO}_2$ -дистиллированная вода,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -дистиллированная вода,  $\text{TiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  – дистиллированная вода в соотношении наночастиц 1:1. Отмечено возрастание вязкости всех трех типов наножидкостей при увеличении массовой концентрации. При 0,5 масс. % рост кинематической вязкости незначительный. Проявление вязкостных свойств наножидкости  $\text{TiO}_2$ -бидистиллированная вода при повышении концентрации наночастиц носит слабовыраженную направленность, характеризующуюся приростом кинематической вязкости в 6 %. Следует отметить, что при увеличении общей массовой концентрации кинематическая вязкость гибридной наножидкости превышала кинематическую вязкость отдельных компонентов. Наножидкость  $\text{TiO}_2$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  – дистиллированная вода 2 масс. % показала увеличение на 42 %.

## REFERENCES

- Akhgar A. & Toghraie D. (2018). An experimental study on the stability and thermal conductivity of water-ethylene glycol/ $\text{TiO}_2$ -MWCNTs hybrid nanofluid: developing a new correlation. — *Powder Technology*. — 338. — 806–818. DOI:10.1016/j.powtec.2018.07.086
- Aladag B., Halefald S., Doner N., Maré T., Duret S. & Estellé P. (2012). Experimental investigations of the viscosity of nanofluids at low temperatures. *Applied energy*. — 97. — 876–880. DOI: 10.1016/j.apenergy.2011.12.101 (in Eng.)
- Anoop K.B., Kabelac S., Sundararajan T. & Das S.K. (2009). Rheological and flow characteristics of nanofluids: Influence of electroviscous effects and particle agglomeration. — *Journal of applied physics*. — 106(3). DOI : 10.1063/1.3182807
- Babar, H., Sajid, M. U., & Ali, H. M. (2019). Viscosity of hybrid nanofluids: a critical review. *Thermal Science*. — 23(3 Part B). — 1713–1754. DOI: 10.2298/TSCI181128015B
- Batchelor G.K. (1977). The effect of Brownian motion on the bulk stress in a suspension of spherical particles. *Journal of fluid mechanics*. — 83(1). — 97–117. DOI:10.1017/S0022112077001062
- Chen H., Ding Y. & Tan C. (2007). Rheological behaviour of nanofluids. *New journal of physics*. — 9(10). — 367. DOI: 10.1088/1367-2630/9/10/367
- Cheng N.S. & Law A.W.K. (2003). Exponential formula for computing effective viscosity. *Powder technology*. — 129(1–3). — 156–160. DOI: 10.1016/S0032-5910(02)00274-7
- Choi C., Yoo H.S. & Oh J.M. (2008). Preparation and heat transfer properties of nanoparticle-in-transfer oil dispersions as advanced energy-efficient coolants. — *Current Applied Physics*. — 8(6). — 710–712. DOI: 10.1016/j.cap.2007.04.060
- Duangthongsuk W. & Wongwises S. (2009). Measurement of temperature-dependent thermal conductivity and viscosity of  $\text{TiO}_2$ -water nanofluids. — *Experimental thermal and fluid science*. — 33(4). — 706–714. DOI: 10.1016/j.expthermflusci.2009.01.005
- Einstein A. (1906). A new determination of molecular dimensions. *Annln., Phys*. — 19. — 289–306.
- Esfe M.H., Alidoust S., Tamrabad S.N.H., Toghraie D. & Hatami H. (2023). Thermal conductivity of MWCNT- $\text{TiO}_2$ /Water-EG hybrid nanofluids: Calculating the price performance factor (PPF) using statistical and experimental methods (RSM). *Case Studies in Thermal Engineering*. — 48. — 103094. DOI: 10.1016/j.csite.2023.103094
- Harandi S.S., Karimipour A., Afrand M., Akbari M. & D’Orazio A. (2016). An experimental study on thermal conductivity of F-MWCNTs- $\text{Fe}_3\text{O}_4$ /EG hybrid nanofluid: effects of temperature and concentration. — *International Communications in Heat and Mass Transfer*. — 76. — 171–177. DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.05.029
- Graf W.H. (1984). *Hydraulics of sediment transport*. Water Resources Publication.
- Guan H., Su Q., Wang R., Huang L., Shao C. & Zhu Z. (2023). Why can hybrid nanofluid improve thermal conductivity more? A molecular dynamics simulation. — *Journal of Molecular Liquids*. — 372. — 121178. DOI: doi.org/10.1016/j.molliq.2022.121178

- Halelfadl S., Estellé P., Aladag B., Doner N. & Maré T. (2013). Viscosity of carbon nanotubes water-based nanofluids: Influence of concentration and temperature. — *International Journal of Thermal Sciences*. — 71. — 111–117. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2013.04.013
- Hamid K.A., Azmi W.H., Nabil M.F., Mamat R. & Sharma K.V. (2018). Experimental investigation of thermal conductivity and dynamic viscosity on nanoparticle mixture ratios of TiO<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> nanofluids. — *International Journal of Heat and Mass Transfer*. — 116. — 1143–1152. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.09.087
- Hernández Battez A., Viesca J.L., González R., García A., Reddyhoff T. & Higuera-Garrido A. (2014). Effect of shear rate, temperature, and particle concentration on the rheological properties of ZnO and ZrO<sub>2</sub> nanofluids. *Tribology Transactions*. — 57(3). — 489–495. DOI: 10.1080/10402004.2014.881581
- Jarahnejad M., Haghighi E.B., Saleemi M., Nikkam N., Khodabandeh R., Palm B. & Muhammed M. (2015). Experimental investigation on viscosity of water-based Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub> nanofluids. *Rheologica acta*. — 54. — 411–422. — DOI: 10.1007/s00397-015-0838-y
- Khairul M.A., Shah K., Doroodchi E., Azizian R. & Moghtaderi B. (2016). Effects of surfactant on stability and thermo-physical properties of metal oxide nanofluids. — *International Journal of Heat and Mass Transfer*. — 98. — 778–787. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2016.03.079
- Kim S.H., Choi S.R. & Kim D. (2007). Thermal conductivity of metal-oxide nanofluids: particle size dependence and effect of laser irradiation. — DOI: 10.1115/1.2427071
- Koca H.D., Doganay S., Turgut A., Tavman I.H., Saidur R. & Mahbubul I.M. (2018). Effect of particle size on the viscosity of nanofluids: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 82. — 1664–1674. DOI: 10.1016/j.rser.2017.07.016
- Kulkarni D.P., Das D.K. & Chukwu G.A. (2006). Temperature dependent rheological property of copper oxide nanoparticles suspension (nanofluid). *Journal of nanoscience and nanotechnology*. — 6(4). — 1150–1154. DOI: 10.1166/jnn.2006.187
- Maka A.O. & Alabid J.M. (2022). Solar energy technology and its roles in sustainable development. *Clean Energy*. — 6(3). — 476–483. DOI: doi.org/10.1093/ce/zkac023
- Masoumi N., Sohrabi N. & Behzadmehr A. (2009). A new model for calculating the effective viscosity of nanofluids. *Journal of Physics D: Applied Physics*. — 42(5). — 055501. DOI: 10.1088/0022-3727/42/5/055501
- Mostafizur R.M., Rasul M.G. & Nabi M.N. (2022). Effect of surfactant on stability, thermal conductivity, and viscosity of aluminium oxide–methanol nanofluids for heat transfer applications. *Thermal Science and Engineering Progress*. — 31. — 101302. DOI: 10.1016/j.tsep.2022.101302
- Murshed S.M., de Castro C.A. & Lourenço M.J.V. (2012). Effect of surfactant and nanoparticle clustering on thermal conductivity of aqueous nanofluids. *Journal of Nanofluids*. — 1(2). — 175–179. DOI: 10.1166/jon.2012.1020
- Nguyen C.T., Desgranges F., Galanis N., Roy G., Maré T., Boucher S. & Mintsa H.A. (2008). Viscosity data for Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–water nanofluid—hysteresis: is heat transfer enhancement using nanofluids reliable?. *International Journal of thermal sciences*. — 47(2). — 103–111. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2007.01.033
- Prasher R., Bhattacharya P. & Phelan P.E. (2006). Brownian-motion-based convective-conductive model for the effective thermal conductivity of nanofluids. — DOI: 10.1115/1.2188509
- Rashin M.N. & Hemalatha J. (2013). Viscosity studies on novel copper oxide-coconut oil nanofluid. *Experimental Thermal and Fluid Science*. — 48. — 67–72. DOI: 10.1016/j.expthermflusci.2013.02.009
- Rudyak V.Y., Dashapilov G.R., Minakov A.V., & Pryazhnikov M.I. (2023). Comparative characteristics of viscosity and rheology of nanofluids with multi-walled and single-walled carbon nanotubes. *Diamond and Related Materials*. — 132. — 109616. DOI: 10.1016/j.diamond.2022.109616
- Sabahi H., Tofigh A.A., Kakhki I.M. & Bungypoor-Fard H. (2016). Design, construction and performance test of an efficient large-scale solar simulator for investigation of solar thermal collectors. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*. — 15. — 35–41. DOI: 10.1016/j.seta.2016.03.004
- Said Z., Saidur R., Rahim N.A. & Alim M.A. (2014). Analyses of exergy efficiency and pumping power for a conventional flat plate solar collector using SWCNTs based nanofluid. — *Energy and Buildings*. — 78. — 1–9. DOI: 10.1016/j.enbuild.2014.03.061
- Sarkar J. (2011). A critical review on convective heat transfer correlations of nanofluids. *Renewable and sustainable energy reviews*. — 15(6). — 3271–3277. DOI: 10.1016/j.rser.2011.04.025
- Shackelford J.F. & Alexander W. (2000). *CRC materials science and engineering handbook*. — CRC press. — DOI: 10.1201/9781420038408
- Shafieian A., Khiadani M. & Nosrati A. (2018). A review of latest developments, progress, and appli-

cations of heat pipe solar collectors. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. — 95. — 273–304. DOI: 10.1016/j.rser.2018.07.014

Shareef A.S., Abbod M.H. & Kadhim S.Q. (2015). Experimental investigation on a flat plate solar collector using Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanofluid as a heat transfer agent. *International Journal of Energy and Environment*. — 6(4). — 317–330.

Singh J., Kumar R., Gupta M. & Kumar H. (2020). Thermal conductivity analysis of GO-CuO/DW hybrid nanofluid. *Materials Today: Proceedings*. — 28. — 1714–1718. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.05.134

Smoluchowski M.V. (1916). Theoretische bemerkungen über die viskosität der kolloide. *Kolloid-Zeitschrift*. — 18(5). — 190–195.

Suganthi K.S. & Rajan K.S. (2012). Temperature induced changes in ZnO–water nanofluid: zeta potential, size distribution and viscosity profiles. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. — 55(25–26). — 7969–7980. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2012.08.032

Sundar L.S., Irurueta G.O., Ramana E.V., Singh M.K. & Sousa A.C.M. (2016). Thermal conductivity and viscosity of hybrid nanofluids prepared with magnetic nanodiamond-cobalt oxide (ND-Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) nanocomposite. *Case studies in thermal engineering*. — 7. — 66–77. DOI: 10.1016/j.csite.2016.03.001

Vignarooban K., Xu X., Arvay A., Hsu K. & Kannan A.M. (2015). Heat transfer fluids for concentrating solar power systems—a review. *Applied energy*. — 146. — 383–396. DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.01.125

Wanatasanapan V.V., Abdullah M.Z. & Gunnasegaran P. (2020). Effect of TiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nanoparticle mixing ratio on the thermal conductivity, rheological properties, and dynamic viscosity of water-based hybrid nanofluid. *Journal of Materials Research and Technology*. — 9(6). — 13781–13792. DOI: 10.1016/j.jmrt.2020.09.127

Xia G., Jiang H., Liu R. & Zhai Y. (2014). Effects of surfactant on the stability and thermal conductivity of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/de-ionized water nanofluids. *International Journal of Thermal Sciences*. — 84. — 118–124. DOI: 10.1016/j.ijthermalsci.2014.05.004

Xian H.W., Sidik N.A.C. & Saidur R. (2020). Impact of different surfactants and ultrasonication time on the stability and thermophysical properties of hybrid nanofluids. *International Communications in Heat and Mass Transfer*. — 110. — 104389. DOI: 10.1016/j.icheatmasstransfer.2019.104389

Yu W., Xie H., Li Y. & Chen L. (2011). Experimental investigation on thermal conductivity and viscosity of aluminum nitride nanofluid. *Particuology*. — 9(2). — 187–191. DOI: 10.1016/j.partic.2010.05.014

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

<b>М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева</b> РУТНОН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ ФИЗИКАЛЫҚ ҚҰБЫЛЫСТАРДЫ МОДЕЛЬДЕУ.....	7
<b>Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Тоқтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова</b> Q-МЕТРИКА ҚИСЫҚТЫҒЫНЫҢ МЕНШІКТІ МӘНДЕРІ.....	17
<b>Г. Бекетова, Н. Жантурина*, З. Аймағанбетова, А. Бекешев</b> ЦЕЗИЙГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ҚОСАРЛАНҒАН ГАЛОИДТЫ ПЕРОВСКИТТЕРДІҢ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....	31
<b>С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин</b> ЖАЛПЫ БӨЛІМДЕРІ ЖӘНЕ ПРОЦЕСС ҚАРҚЫМЫ $n^{12}C$ .....	43
<b>А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова</b> ГИБРИДТІ КҮН КОЛЛЕКТОРЫНДА ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН БИДИСТИЛЬДЕНГЕН СУ НЕГІЗІНДЕГІ $TiO_2/Al_2O_3$ ГИБРИДТІ НАНОСҰЙЫҚТЫҢ ТҮТҚЫРЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	52
<b>А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов</b> СИРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН НЕГІЗІНДЕГІ ФОТОСЕЗІМТАЛ ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ ЖАСАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ.....	63
<b>Е.Т. Кожажулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Үсіпов, К.Т. Көпбай</b> АҚПАРАТТЫҚ ЭНТРОПИЯНЫҢ НЕГІЗІНДЕ САНДЫҚ МОДУЛЯЦИЯНЫ АНЫҚТАУ.....	73
<b>Е.М. Мырзакулов, А.С. Бұланбаева</b> ҚАРА ҚҰРДЫМ ШЕШІМДЕРІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТЕРМОДИНАМИКАСЫ.....	84
<b>Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Ғазизова</b> ШАҒЫН ЖҰЛДЫЗДАРДАҒЫ ЭНЕРГИЯ КӨЗДЕРІ.....	95
<b>А. Серебрянский, А. Халикова</b> МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНЫП ШОЛУ ЖӘНЕ МОНИТОРИНГТІ ФОТОМЕТРЛІК БАҚЫЛАУЛАРЫНАН АЙНЫМАЛЫ ЖҰЛДЫЗДАРДЫ ІЗДЕУ.....	103

ХИМИЯ

<b>Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Жұмаділлаева, М.О. Алтынбекова</b> ҚЫШҚЫЛ ОРТАДА ВИСМУТ ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТІНЕ АЙНЫМАЛЫ ТОКТЫҢ ЖИЛПІ МЕН ТЫҒЫЗДЫҒЫНЫҢ ӘСЕРІ.....	116
<b>Е.Г. Гилязов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот</b> ТІКЕЛЕЙ АЙДАУДАН АЛЫНҒАН БЕНЗИННІҢ ОКТАН САНЫН АРТТЫРАТЫН ОКСИГЕНАТТАРДЫҢ ТИІМДІЛІГІ.....	127

<b>Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай</b> ХИМИЯ САБАҚТАРЫНДА ЭЛЕКТРОНДЫҚ БІЛІМ РЕСУРСТАРЫН, ОЙЫН ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫН ПАЙДАЛАНЫП ОҚУШЫЛАРДЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІН ЖИЫНТЫҚ БАҒАЛАУ.....	140
<b>Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О. Абилкасова</b> АЛМАТЫ ҚАЛАСЫНЫҢ СУ РЕСУРСТАРЫНЫҢ ХИМИЯЛЫҚ ЗАТТАРМЕН ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН ЗЕРТТЕУ.....	152
<b>Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов</b> ҮЙІНДІ КЕНДЕРДЕН МЫС АЛУДЫ БИОХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТОТЫҚТЫРУ ӘДІСТЕРІМЕН ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....	167
<b>Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева</b> БЕЛСЕНДІ АГЕНТТЕРДІ ЖЕТКІЗУ ҮШІН МИКРОКАПСУЛЯЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ҚОЛДАНУДЫҢ АРТЫҚШЫЛЫҚТАРЫ МЕН ПОЦЕНЦИАЛЫ: ШОЛУ.....	183
<b>Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурызкулова</b> NI-RU ҚҰРАМДЫ КҮРДЕЛІ ОКСИДТЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН КОМПОЗИТТЕР ҚҰРАМЫН ЭНЕРГОДИСПЕРСТІ СПЕКТРОСКОПИЯ ӘДІСІМЕН САНДЫҚ ХИМИЯЛЫҚ ТАЛДАУ.....	198
<b>С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова</b> ӨРТҮРЛІ СҰЙЫЛТУЛАРДАҒЫ АФС ЕРІТІНДІЛЕРІНДЕГІ ФИЗИКА- ХИМИЯЛЫҚ ТЕПЕ-ТЕНДІКТІ ЗЕРТТЕУ.....	209
<b>А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева</b> ХИМИЯ ПӘНІНЕН ОҚУ-ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕН ҚҰРАСТЫРУДЫҢ ҒЫЛЫМИ ПЕДАГОГИКАЛЫҚ НЕГІЗДЕРІ.....	228
<b>С.Д. Фазылов, О.А. Нұркенов, Ж.С. Нұрмағанбетов, Р.Е. Бәкірова, М.Ж. Жұрынов</b> ЦИКЛОДЕКСТРИНДЕР ХИМИЯЛЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРДЫҢ СУПРАМОЛЕКУЛАЛЫҚ КОНТЕЙНЕРЛЕРІ РЕТІНДЕ.....	241

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

<b>М.Б. Альбатырова, А.Ж. Алибек, А.С. Жетписбаева</b> МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ PYTON.....	7
<b>Н. Бейсен, Э. Кеведо, С. Токтарбай, М. Жакипова, М. Алимкулова</b> СОБСТВЕННЫЕ ЗНАЧЕНИЯ КРИВИЗНЫ Q-МЕТРИКИ.....	17
<b>Г. Бекетова, Н. Жантурина, З. Аймаганбетова, А. Бекешев</b> ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ДВОЙНЫХ ГАЛОИДНЫХ ПЕРОВСКИТОВ НА ОСНОВЕ ЦЕЗИЯ.....	31
<b>С.Б. Дубовиченко, Н.А. Буркова, А.С. Ткаченко, Д.М. Зазулин</b> ПОЛНЫЕ СЕЧЕНИЯ И СКОРОСТЬ РАДИАЦИОННОГО $n^{12}\text{C}$ ЗАХВАТА.....	43
<b>А. Касымов, А. Адылканова, А. Бектемисов, К. Астемесова, Г. Турлыбекова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЯЗКОСТНЫХ СВОЙСТВ ГИБРИДНОЙ НАНОЖИДКОСТИ $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ НА ОСНОВЕ БИДИСТИЛЛИРОВАННОЙ ВОДЫ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ В ГИБРИДНОМ СОЛНЕЧНОМ КОЛЛЕКТОРЕ.....	52
<b>А.Е. Кемелбекова, Д.М. Мухамедшина, К.А. Мить, Р.С. Мендыханов, К.К. Елемесов</b> СОЗДАТЬ И ИССЛЕДОВАТЬ ФОТОЧУВСТВИТЕЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ.....	63
<b>Е.Т. Кожугулов, Д.М. Жексебай, С.А. Сарманбетов, Н.М. Усипов, К.Т. Копбай</b> ИДЕНТИФИКАЦИЯ ЦИФРОВОЙ МОДУЛЯЦИИ НА ОСНОВЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЭНТРОПИИ.....	73
<b>Е.М. Мырзакулов, А.С. Буланбаева</b> РЕШЕНИЯ РЕГУЛЯРНОЙ ЧЕРНОЙ ДЫРЫ И ИХ ТЕРМОДИНАМИКА.....	84
<b>Д.М. Насирова, В.О. Курмангалиева, А.А. Газизова</b> ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В КОМПАКТНЫХ ЗВЕЗДАХ.....	95
<b>А. Серебрянский, А. Халикова</b> ПОИСК ПЕРЕМЕННЫХ ЗВЕЗД В МОНИТОРИНГОВЫХ И ОБЗОРНЫХ ФОТОМЕТРИЧЕСКИХ НАБЛЮДЕНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ.....	103

ХИМИЯ

<b>Б.С. Абжалов, А.Б. Башов, А.К. Мамырбекова, С.А. Джумадуллаева, М.О. Алтынбекова</b> ВЛИЯНИЕ ЧАСТОТЫ И ПЛОТНОСТИ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ ВИСМУТОВОГО ЭЛЕКТРОДА В КИСЛОЙ СРЕДЕ.....	116
<b>Е.Г. Гиладжов, Д.К. Кулбатыров, М.Д. Уразгалиева, К.Р. Мақсот</b> ЭФФЕКТИВНОСТИ ОКСИГЕНАТОВ НА ПОВЫШЕНИЕ ОКТАНОВОГО ЧИСЛА ПРЯМОГОННОГО БЕНЗИНА.....	127



<b>Д.Ж. Калиманова, А.К. Мендигалиева, А.Б. Медетова, О.С. Сембай</b> СУММАТИВНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ХИМИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ИГРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	140
<b>Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О.Абилкасова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИМИ ВЕЩЕСТВАМИ ВОДНЫХ РЕСУРСОВ ГОРОДА АЛМАТЫ.....	152
<b>Б.К. Кенжалиев, А.К. Койжанова, М.Б. Ерденова, Д.Р. Магомедов, К.М. Смаилов</b> ОПТИМИЗАЦИЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МЕДИ ИЗ ОТВАЛЬНЫХ РУД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БИОХИМИЧЕСКИХ И ХИМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОКИСЛЕНИЯ.....	167
<b>Г.М. Мадыбекова, Т.Т. Туребаева, Б.Ж. Муталиева, Д.М. Лесбекова, А.Б. Исаева</b> ПРЕИМУЩЕСТВА И ПОТЕНЦИАЛ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ МИКРОКАПСУЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ДОСТАВКИ АКТИВНЫХ АГЕНТОВ: ОБЗ ОР.....	183
<b>Б.К. Масалимова, Б. Джанекова, С.М. Наурзкулова</b> КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОСТАВА КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ NI-RU – СОДЕРЖАЩИХ СЛОЖНЫХ ОКСИДОВ МЕТОДОМ ЭНЕРГОДИСПЕРСНОЙ СПЕКТРОСКОПИИ.....	198
<b>С. Тұрғанбай, А.И. Ильин, Д.А. Аскарова, А.Б. Джумагазиева, З.С. Ашимханова</b> ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ РАВНОВЕСИЙ В РАСТВОРАХ АФС ПРИ РАЗЛИЧНЫХ РАЗВЕДЕНИЯХ.....	209
<b>А.М. Усербаева, Р.Г. Рыскалиева</b> НАУЧНО – ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОСТАВЛЕНИЯ УЧЕБНО- МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ПО ХИМИИ.....	228
<b>С.Д. Фазылов, О.А. Нуркенов, Ж.С. Нурмаганбетов, Р.Е. Бакирова, М.Ж. Журинов</b> ЦИКЛОДЕКСТРИНЫ КАК СУПРАМОЛЕКУЛЯРНЫЕ КОНТЕЙНЕРЫ ХИМИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ.....	241

## CONTENTS

### PHYSICAL

<b>M.B. Albatyrova, A.Zh. Alibek, A.S. Zhetpisbayeva</b> MODELING PHYSICAL PHENOMENA USING PYTHON.....	7
<b>N. Beissen, H. Quevedo, S. Toktarbay, M. Zhakipova, M. Alimkulova</b> CURVATURE EIGENVALUES OF THE Q-METRIC.....	17
<b>G. Beketova, N. Zhanturina, Z. Aimaganbetova, A. Bekeshev</b> OPTICAL PROPERTIES OF DOUBLE HALIDE PEROVSKITES BASED ON CESIUM.....	31
<b>S.B. Dubovichenko, N.A. Burkova, A.S. Tkachenko, D.M. Zazulin</b> TOTAL CROSS-SECTIONS AND RATE OF $n^{12}\text{C}$ RADIATIVE CAPTURE.....	43
<b>A. Kassymov, A. Adylkanova, A. Bektemissov, K. Astemessova, G. Turlybekova</b> INVESTIGATION OF VISCOSITY PROPERTIES OF $\text{TiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ HYBRID NANOFLUID BASED ON BIDISTILLED WATER FOR USE IN A HYBRID SOLAR COLLECTOR.....	52
<b>A.E. Kemelbekova, D.M. Mukhamedshina, K.A. Mit', R.S. Mendykanov, A.K. Shongalova</b> CREATING AND RESEARCH ON PHOTSENSITIVE STRUCTURES USING RARE EARTH METALS.....	63
<b>Y.T. Kozhagulov, D.M. Zhexebay, S.A. Sarmanbetov, N.M. Ussipov, K.T. Kopbay</b> IDENTIFICATION OF DIGITAL MODULATION BASED ON INFORMATIONAL ENTROPY.....	73
<b>Y. Myrzakulov, A. Bulanbayeva</b> A REGULAR BLACK HOLE SOLUTIONS AND THEIR THERMODYNAMICS.....	84
<b>D.M. Nassirova, V.O. Kurmangaliyeva, A.A. Gazizova</b> SOURCES OF ENERGY IN COMPACT STARS.....	95
<b>A. Serebryanskiy, A. Khalikova</b> SEARCH FOR VARIABLE STARS IN MONITORING AND SURVEY PHOTO- METRIC OBSERVATIONS USING MACHINE LEARNING METHODS.....	103

### CHEMISTRY

<b>B.S. Abzhalov, A.B. Bayeshov, A.K. Mamyrbekova, S.A. Dzhumadullayeva, M.O. Altynbekova</b> INFLUENCE OF AC FREQUENCY AND DENSITY ON THE ELECTROCHEMI- CAL BEHAVIOR OF BISMUTH ELECTRODE IN AN ACID MEDIUM.....	116
<b>Y.G. Gilazhov, D.K. Kulbatyrov, M.D. Urazgalieva, K.R. Maksot</b> EFFICIENCY OF OXYGENATES ON INCREASE OF OCTANE NUMBER OF STRAIGHT-RUN GASOLINE.....	127
<b>D. Zh. Kalimanova, A. K. Mendigaliyeva, A.B. Medetova, O.S. Sembay</b> SUMMATIVE ASSESSMENT OF STUDENTS' RESULTS IN CHEMISTRY LESSONS USING ELECTRONIC EDUCATIONAL RESOURCES, GAME	

TECHNOLOGIES.....	140
<b>L.M. Kalimoldina, G.S. Sultangazieva, S.O. Abilkasova</b> STUDY OF CHEMICAL POLLUTION LEVEL IN WATER RESOURCES OF ALMATY CITY.....	152
<b>B.K. Kenzhaliev, A.K. Koizhanova, M.B. Yerdenova, D.R. Magomedov, K.M. Smailov</b> OPTIMIZATION OF COPPER EXTRACTION FROM WASTE ORES USING BIOCHEMICAL AND CHEMICAL OXIDATION METHODS.....	167
<b>G.M. Madybekova, T.T. Turebayeva, B.Zh. Mutaliev, D.M. Lesbekova, A.B. Issayeva</b> ADVANTAGES AND POTENTIAL OF USING MICROCAPSULATION METHODS FOR DELIVERY OF ACTIVE AGENTS: A REVIEW.....	183
<b>B.K. Massalimova, B. Janekova, S.M. Naurzkulova</b> QUANTITATIVE CHEMICAL ANALYSIS OF THE COMPOSITION OF COMPOSITES BASED ON NI-RU-CONTAINING COMPLEX OXIDES BY ENERGY-DISPERSED SPECTROSCOPY.....	198
<b>S. Turganbay, A.I. Ilin, D. Askarova, A.B. Jumagaziyeva, Z. Ashimkhanova</b> STUDY OF PHYSICOCHEMICAL EQUILIBRIA IN API SOLUTIONS AT DIFFERENT DILUTIONS.....	209
<b>A.M. Userbayeva, R.G. Ryskaliyeva</b> SCIENTIFIC AND PEDAGOGICAL FOUNDATIONS OF THE PREPARATION OF AN EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEX IN CHEMISTRY.....	228
<b>S.D. Fazylov, O.A. Nurkenov, Zh.S. Nurmaganbetov, R.E. Bakirova, M.J. Jurinov</b> CYCLODEXTRINS AS SUPRAMOLECULAR CONTAINERS OF CHEMICAL COMPOUNDS.....	241

## **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>**

Подписано в печать 15.06.2024.

Формат 60x88<sup>1/8</sup>. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

19,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.