

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

2022 • 3

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

БАЯНДАМАЛАРЫ

ДОКЛАДЫ
НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

REPORTS
OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

PUBLISHED SINCE JANUARY 1944

ALMATY, NAS RK

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 оңтайландыру» кафедрасының меңгерушісі, (Санкт-Петербург, Ресей), Н = 14

ЛОКШИН 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 Хамдард университетінің шығыс медицина факультеті, Шығыс медицинасы колледжінің профессоры, (Карачи, Пәкістан), Н = 21

ЦЕЛЕТКИН 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

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

ҚАЛИМОЛДАЕВ Мақсат Нұрділұлы, 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

ЖҮСПНОВ 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 № KZ93VPY00025418 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>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022
Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Муратбаева көш., 75.

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

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

ЛОКШИН 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

ЩЕПЕТКИН 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

МАЛЬМ 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 ветеринарной медицины ТОО «Научно-производственный центр 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 Nemando, 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 Жабгаевич, 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>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022

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

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>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2022

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

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

ISSN 2224-5227

Volume 3, Number 343 (2022), 92-102

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.161>

UDC 532.542; 519.688

IRSTI 73.39.81

U. Zhapbasbayev¹, M. Pakhomov², D. Bossinov^{1*}

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan;

²Kutateladze Institute of Thermophysics, Siberian Branch of the Russian

Academy of Science, Novosibirsk, Russia.

E-mail: dansho.91@mail.ru

TRANSITION OF A NEWTONIAN FLUID TO A VISCOPLASTIC STATE

Abstract. When a non-isothermal waxy oil flow in a main oil pipeline, a Newtonian fluid transits to a viscoplastic state. This is due to the fact that the rheological properties of waxy oil are highly dependent on temperature. When oil flow in the pipeline cools due to heat exchange with the environment, viscosity and yield stress begin to increase and lead to the appearance of a viscoplastic state of oil. In the zone of yield stress, the fluid transits to a viscoplastic state and is described by the Shvedov-Bingham rheological equation. Along the pipe cross-section, oil in the near-wall zone can be in a viscoplastic state, and in the central part it can be in a Newtonian fluid. In the zone of yield stress, oil does not flow, which causes an increase in flow velocity in the central part of the pipeline. Such a complex structure of a non-isothermal waxy oil flow is investigated using the RANS turbulence model. In numerical calculations, the distributions of averaged and pulsating flow characteristics are obtained. The calculated data are compared with the results of the DNS model and show the transition of a Newtonian fluid to a viscoplastic state in the pipeline.

Key words: waxy oil, Newtonian fluid, viscoplastic state, RANS turbulence model.

У.К. Жапбасбаев¹, М.А. Пахомов², Д.Ж. Босинов^{1*}

¹Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан;

²Термофизика институты. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, Ресей.

E-mail: dansho.91@mail.ru

НЬЮТОН СҰЙЫҚТЫҒЫНЫҢ ТҰТҚЫР ПЛАСТИКАЛЫҚ КҮЙГЕ АУЫСУЫ

Аннотация. Магистралды мұнай құбырындағы парафинді мұнайдың изотермиялық емес қозғалысы кезінде Ньютон сұйықтығы тұтқыр пластикалық күйге ауысады. Бұл парафинді мұнайдың реологиялық қасиеттері температураға қатты тәуелді екендігімен түсіндіріледі. Құбырдағы мұнай ағыны қоршаған ортамен жылу алмасуына байланысты салқындаған кезде тұтқырлық пен шекті ығысу кернеуі арта бастайды және тұтқыр пластикалық мұнай күйінің пайда болуына әкеледі. Шекті ығысу кернеуі аймағында сұйықтық вязкопластикалық күйге өтеді және Шведов-Бингамның реологиялық теңдеуімен сипатталады. Құбырдың көлденең қимасы бойынша қабырға аймағындағы мұнай тұтқыр пластикалық күйде, ал орталық бөлігінде Ньютон сұйықтығында болуы мүмкін. Шекті ығысу кернеуі аймағында мұнай ақпайды, бұл құбырдың орталық бөлігіндегі ағынның жылдамдығын арттырады. Парафинді мұнайдың изотермиялық емес қозғалысының мұндай күрделі құрылымы RANS турбуленттік моделінің көмегімен зерттелінді. Сандық есептеулерде ағынның орташа және импульстік сипаттамаларының таралуы алынды. Есептелген деректер модельдің DNS нәтижелерімен салыстырылды және құбырдағы Ньютон сұйықтығының тұтқыр пластикалық күйге ауысуы көрсетілді.

Түйін сөздер: парафинді мұнай, Ньютон сұйықтығы, вязкопластикалық күй, RANS турбуленттілік моделі.

У.К. Жапбасбаев¹, М.А. Пахомов², Д.Ж. Босинов^{1*}

¹Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан;

²Институт теплофизики им. С.С. Кутателадзе СО РАН, Новосибирск, Россия.

E-mail: dansho.91@mail.ru

ПЕРЕХОД НЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ В ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ

Аннотация. При неизотермическом движении парафинистой нефти в магистральном нефтепроводе происходит переход ньютоновской жидкости в вязкопластичное состояние. Это объясняется тем, что реологические свойства парафинистой нефти сильно зависят от температуры. При охлаждении потока нефти в трубе из-за теплообмена с окружающей средой вязкость и предельное напряжение сдвига начинает возрастать и приводит к появлению вязкопластичного состояния нефти. В зоне предельного напряжения сдвига жидкость переходит в вязкопластичное состояние и описывается реологическим уравнением Шведова-Бингама. По сечению трубы нефть в пристенной зоне может находиться в вязкопластичном состоянии, а в центральной части – ньютоновской жидкостью. В зоне предельного напряжения сдвига нефть не течет, что вызовет рост скорости потока в центральной части трубы. Такая сложная структура неизотермического движения парафинистой нефти исследована с помощью RANS модели турбулентности. В численных расчетах получены распределения осредненных и пульсационных характеристик течения. Расчетные данные сопоставлены с результатами DNS модели и показывают переход ньютоновской жидкости в вязкопластичное состояние в трубе.

Ключевые слова: парафинистая нефть, ньютоновская жидкость, вязкопластичное состояние, RANS модель турбулентности.

Introduction. Turbulent flows of non-Newtonian viscoplastic fluids in pipes are of great practical importance, since they are found in many industrial installations (pipelines, various heat exchangers, plain bearings, centrifuges, oil production, wastewater treatment systems, etc.).

As an example of such a fluid is waxy oil. A characteristic feature of such a fluid is the strong dependence of viscosity and yield stress (yield point) on its temperature (Evseeva et al., 2002; Barnes, 1999; Abu-Jdayil et al.,

2012; Zhabbasbayev et al., 2021). At high temperatures, waxy oil obeys the laws of a Newtonian fluid, and as the temperature decreases, the viscoplastic properties of a non-Newtonian fluid appear (Aiyejina, 2011; Chala, 2018). Such oils have a high-pour-point (from 15 to 30°C), which can be higher than the ambient temperature (Kulwant, 1995; Braga, 1997).

The appearance of yield stress in waxy oils can lead to a stagnant zone where the flow does not occur. This leads to a decrease in the pipeline flow area (Chala et al., 2018; Pakhomov et al., 2021; Gavrilov et al., 2016). The appearance of the stagnant zone can lead to a complex rheological fluid flow (Abu-Jdayil et al., 2012). In the case of the insufficient kinetic and thermal energy of the flow, the stagnant zone overlaps the working section of the pipeline and the section of the oil pipeline freezes (Hwang et al., 1998; Blackburn et al., 2006; Blackburn et al., 2004).

The non-isothermal turbulent flow of a non-Newtonian fluid has been little studied in the literature and only one recent paper has been found (Blackburn et al., 2017).

Materials and methods. The mathematical model of the problem. The non-isothermal waxy oil flows in an underground pipeline with an inner diameter $D_1 = 0.2$ m, length $L = 3$ m, and its depth to the pipe axis $H = 2$ m (see Fig. 1). The average velocity of the fluid flow at the pipe inlet is $U_{m1} = 0.2$ m/s and its initial temperature $T_1 = 298$ K. The ambient temperature, soil temperature, is $T_s = 273$ K. The paper assumes that the soil temperature is a constant value for a given depth and the pipe wall temperature on its outer side is equal to the soil temperature $T_w = T_s = 273$ K. The fluid density in the inlet section is $\rho_1 = 835$ kg/m³. The Reynolds number of the flow determined from the flow parameters at the inlet (for a Newtonian fluid) is $Re = U_{m1} D_1 / \nu_{w1} = 8200$. At the pipeline inlet, velocity and temperature profiles are assumed to be constant, equal to initial values. As the fluid flows, the heat transfer process takes place through the pipe wall with the environment, so oil temperature and velocity will vary both along the pipe length and along its cross-section.

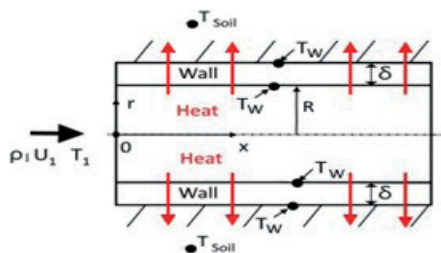


Figure 1. The flow and heat exchange diagram of an underground pipeline.

The rheological model of a viscoplastic Bingham-Shvedov fluid has the form (Barnes, 1999):

$$\mu_{eff} = \begin{cases} \mu_p + \tau_0 |\dot{\gamma}|^{-1}, & \text{if } |\tau| > \tau_0 \\ \infty, & \text{if } |\tau| \leq \tau_0 \end{cases} \quad (1)$$

The system of averaged Reynolds equations for an incompressible fluid has the form (Pakhomov, 2021):

$$\nabla \cdot \mathbf{U} = 0 \quad (2)$$

$$\nabla \cdot (\rho \mathbf{U} \mathbf{U}) = -\nabla P + \nabla \cdot (2\mu_{eff} \mathbf{S}) + \nabla \cdot (-\rho \langle \mathbf{u}' \mathbf{u}' \rangle) + \nabla \cdot \langle 2\mu'_{eff} \mathbf{S}' \rangle \quad (3)$$

$$\nabla \cdot (\rho C_p T \mathbf{U}) = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + \nabla \cdot (-\rho C_p \langle \mathbf{u}' t' \rangle) + \boldsymbol{\tau} : \mathbf{S} \quad (4)$$

where \mathbf{S} is the average strain rate tensor, $S = \sqrt{2S_{ij}S_{ij}}$ is the average strain rate tensor modulus. The turbulent characteristics $-\rho \langle \mathbf{u}' \mathbf{u}' \rangle$ and $-\rho C_p \langle \mathbf{u}' t' \rangle$ are in accordance with the Boussinesq hypothesis (Gavrilov et al., 2016). The expression $\nabla \cdot \langle 2\mu'_{eff} \mathbf{S}' \rangle$ in equation (3) is found according to the representation (Gavrilov et al., 2016). The last term in equation (4) considers the kinetic energy dissipation of the flow.

The system of equations (2)–(4) is considered together with the k – $\tilde{\varepsilon}$ model (Hwang et al., 1998):

$$\frac{\partial(\rho U_j k)}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_T}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] - 0.5 \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \frac{k}{\varepsilon} \frac{\partial \hat{\varepsilon}}{\partial x_j} \right) + \rho \Pi_k - \rho \varepsilon + D_n + \Gamma_n \quad (5)$$

$$\frac{\partial(\rho U_j \tilde{\varepsilon})}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[\left(\mu + \frac{\mu_T}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \tilde{\varepsilon}}{\partial x_j} \right] + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\mu \frac{\tilde{\varepsilon}}{k} \frac{\partial \tilde{\varepsilon}}{\partial x_j} \right) + \frac{\rho \tilde{\varepsilon}}{k} (C_{\varepsilon 1} f_1 \Pi_k - C_{\varepsilon 2} f_2 \tilde{\varepsilon}) + E_n \quad (6)$$

$$\mu_T = C_\mu f_\mu \frac{\rho k^2}{\tilde{\varepsilon}} \quad (7)$$

The problem is solved at the following boundary conditions. On the pipe wall, no-slip conditions are set for velocity, turbulence kinetic energy and the rate of its dissipation, and for temperature, conditions for heat transfer with the environment are:

$$r = R = D/2: U = V = k = \tilde{\varepsilon} = 0 \text{ and } -\lambda_w \left(\frac{\partial T}{\partial r} \right)_w = k(T_m - T_w) \quad (8)$$

where λ_w is the fluid thermal conductivity coefficient, h is the heat transfer coefficient, $T_m = \frac{8}{U_1 D_1^2} \int_0^{D_1/2} T(r)U(r)rdr$ is the fluid mass average temperature, the subscript “W” is the parameter determined by the conditions on the pipe wall.

The boundary conditions on the pipe axis have the form:

$$r=0: \quad \frac{\partial U}{\partial r} = \frac{\partial V}{\partial r} = \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{\partial k}{\partial r} = \frac{\partial \tilde{\varepsilon}}{\partial r} = 0 \quad (9)$$

In the inlet section ($x = 0$), the uniform distributions of velocity and temperature over the pipe cross-section were set, and for turbulence kinetic energy and the rate of its dissipation in the form are:

$$k_0 = 1.5Tu^2U_0^2; \quad \tilde{\varepsilon}_0 = C_\mu \frac{k_0^{3/2}}{0.06R_1} \quad (10)$$

In the outlet section ($x = L$), the derivatives of all sought quantities in the axial direction are set equal to zero.

Numerical solution. The solution will be obtained using the finite volume method on staggered grids. For the convective terms of differential equations, the QUICK procedure of the third order of accuracy is used. For diffusion flows, it is planned to use the central differences of the second order of accuracy. The correction of the pressure field will be carried out according to the finite volume agreed the SIMPLEX procedure.

A computational grid was applied that was non-uniform both in axial and radial directions. The concentration of design nodes is done in the vicinity of the inlet section and solid walls. The first calculation node from the wall is located at the distance $y_+ = yu^*/\nu = 0.5 - 0.8$, where y is the distance from the pipe wall measured along the normal, u_* is the fluid friction velocity determined from flow parameters in the inlet section, and ν is the fluid kinematic viscosity. It was found that the calculation results of the averaged fields of axial velocity and temperature on grids 1500x100 and 1000x60 of the control volume differ by less than 0.01%.

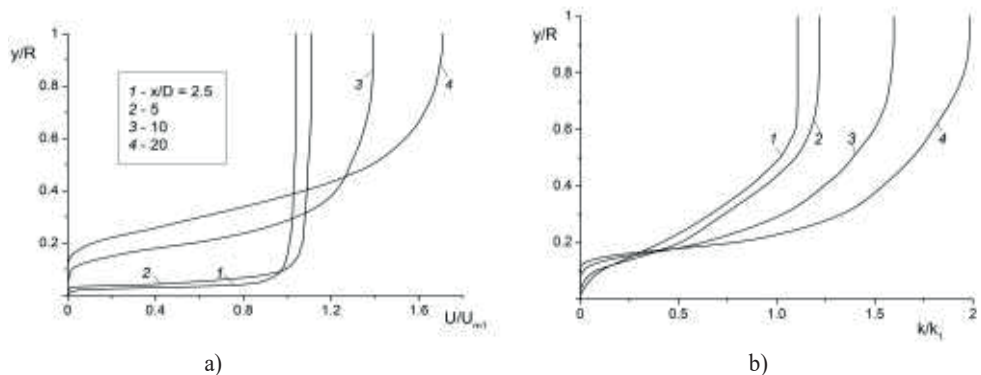
Results and discussion. The waxy oil flow, which is originally a Newtonian fluid, is cooled by heat exchange with the environment through the pipe wall. The profiles of the dimensionless averaged axial velocity U/U_{m1} (a), turbulence kinetic energy k/k_1 (b), temperature $\Theta = (T - T_{w1}) / (T_1 - T_{w1})$ (c), and yield stress $\tau_0/\tau_{0,1}$ (d) are shown in Fig. 2. Here $\tau_{0,1}$ is the yield point at $T = 293$ K.

The inlet profile of the averaged axial velocity is significantly deformed due to the process of heat exchange between the fluid and the environment (see Fig. 2a). On the wall, the axial velocity value is equal to zero, and it increases and reaches its maximum value in the near-axial zone. The average longitudinal fluid velocity value in the near-axial zone of the pipe increases by more than 1.6 times in comparison with the inlet velocity value. Fluid turbulence kinetic energy transverse profiles also undergo significant changes as the fluid flows along the pipe length (see Fig. 2b). There is an increase in the level of turbulence kinetic energy (TKE) in the near-axial zone of the pipe (more than 1.5 times) and its noticeable decrease in the near-wall region. This is associated with changes in the averaged axial velocity profile (see Fig. 2a).

A decrease in fluid temperature (see Fig. 2c) leads to a change in its physicochemical properties and viscoplastic properties begin to appear (Evseeva et al., 2002; Barnes, 1999; Abu-Jdayil et al., 2012; Zhabbasbayev et al., 2021). At a temperature of $T \leq 293$ K, yield stress τ_0 appears in the near-wall zone, which leads to a deceleration of velocity and a stop of waxy oil (see Fig. 4d). The height of the near-wall section with low flow temperature increases towards the pipe axis and corresponds to the height of a decrease in fluid axial velocity.

It can be noted that the evolution along the pipe length of temperature and yield stress profiles show that waxy oil has a Newtonian fluid property in the central part of the pipe. Whereas in the near-wall zone, waxy oil has a viscoplastic Bingham-Shvedov fluid property.

A decrease in the pipe flow area due to the appearance of yield stress leads to an increase in axial velocity (see Fig. 2a). This corresponds to the condition of conservation of fluid mass flow rate along the pipe length.



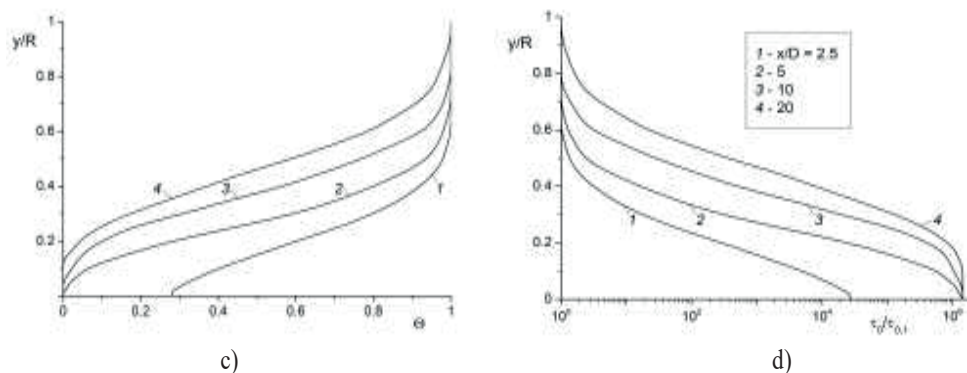


Figure 2. Distributions of the dimensionless average component of axial velocity U/U_{m1} (a), turbulence kinetic energy k/k_1 (b), average temperature θ (c), yield stress

$$\tau_0 / \tau_{0,1} \text{ (d) along the pipe radius: } Re = 8200, T_1 = 298 \text{ K}, T_s = 273 \text{ K.}$$

The comparison of the DNS data (Blackburn et al., 2006; Blackburn et al., 2004, Blackburn et al., 2017) and the calculations on axial velocity (a), TKE (b) for a Newtonian fluid (1 and 3) and a Shvedov-Bingham fluid (2 and 4) is presented in Fig. 3. Here, the dots are the DNS data (Blackburn et al., 2017), the lines are the authors' calculations. In viscous ($y_+ < 5$) and buffer ($5 < y_+ < 30$) zones, calculations for both fluids give practically the same values and there is good quantitative agreement with the data of (Blackburn et al., 2017) (see Fig. 3a).

It can be concluded that a change in yield stress is practically not manifested within the viscous sublayer and the differences between non-Newtonian and Newtonian fluids are minimal.

According to the axial velocity distribution, it can be noted that the difference of our calculations in comparison with the DNS data in the logarithmic layer ($30 < y_+ < 200$) does not exceed 10%.

The distributions of TKE calculated using the RANS model also agree satisfactorily with the DNS calculation in the viscous sublayer and in the logarithmic zone (see Fig. 3b). In the logarithmic layer at $y_+ = 10\text{--}55$, an additional generation of turbulence in a Shvedov-Bingham fluid is shown in comparison with a Newtonian fluid.

Figure 4 shows the calculation data on the influence of the ambient soil temperature T_s on the distributions of axial velocity (a), TKE (b), and the Reynolds stress (c) along the pipe section. The viscoplastic properties in the distributions of axial velocity, TKE, and the Reynolds stress are most clearly manifested for the ambient temperature $T_s=273 \text{ K}$ (1).

It can be noted that the distribution of TKE for a Newtonian fluid differs significantly from the distribution of TKE for a Bingham-Shvedov fluid (see Fig. 4b).

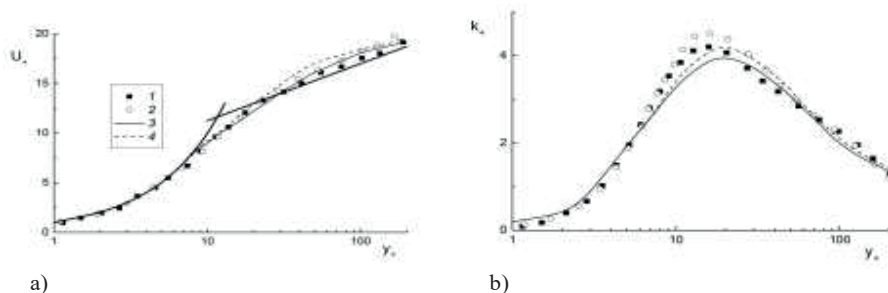


Figure 3. Distributions of dimensionless axial velocity (a) and turbulence kinetic energy (b) in universal coordinates for a Newtonian fluid (1 and 3) and for a Shvedov-Bingham fluid (2 and 4), respectively. 1 and 2 are the DNS calculation (Blackburn et al., 2017), 3 and 4 are the authors' RANS calculation. $Re = 1.3 \times 10^4$, $Re_\tau = 323$, $\tau_0/\tau_w = 1.1$.

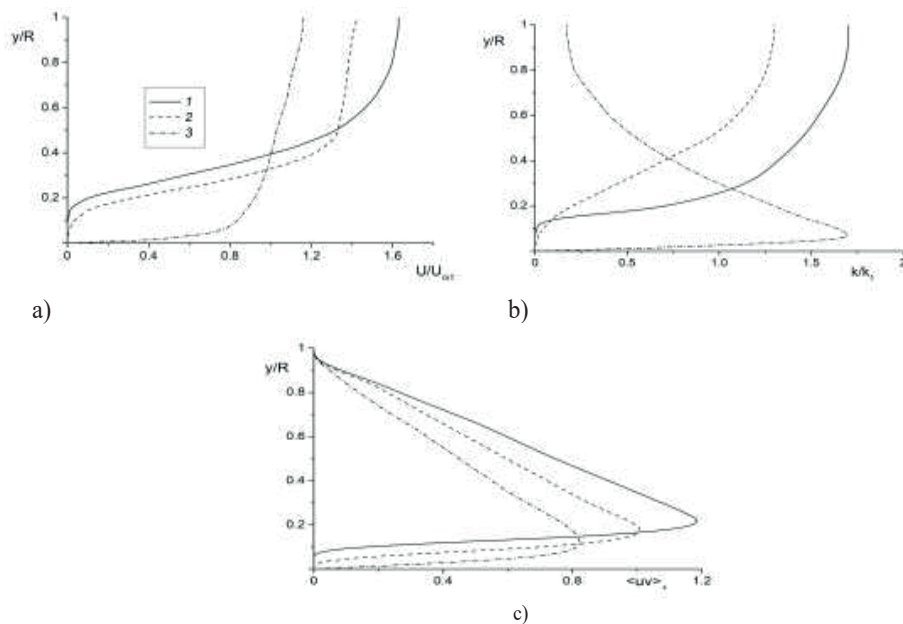


Figure 4. Effect of the ambient temperature on the distributions of dimensionless averaged axial velocity (a), turbulence kinetic energy (b), and the Reynolds stress (c): 1 is the $T_s = 273$ K, 2 is the $T_s = 288$ K, 3 is the $T_s = 298$ K.

The characteristic distribution of TKE for a Newtonian fluid with a maximum in the near-wall zone (Pope, 2000) is transformed into the distribution of TKE with a maximum on the flow axis for a Bingham-

Shvedov fluid. This shows a qualitative rearrangement in the distribution of TKE in a non-isothermal waxy oil flow in the pipe with heat transfer on the wall.

The distribution of the Reynolds stress also shows a shift of a maximum towards the flow axis with the presence of a braking zone in the near-wall zone (see Fig. 4c).

Conclusion. 1. The RANS modeling of the transition of waxy oil from an initial Newtonian fluid to a viscoplastic state due to heat transfer between a heated fluid in the pipe with the cold environment was performed. The calculated data on the distribution of turbulence axial velocity and kinetic energy agree with the DNS data of other works.

2. The hydrodynamics and heat transfer structure of a non-isothermal turbulent waxy oil flow in the pipe has been studied. A significant increase in the level of turbulence kinetic energy in the axial zone and a decrease in the near-wall region of the pipe are shown. This differs from the well-known nature of the turbulence kinetic energy distribution of a Newtonian fluid along the pipe cross-section.

3. In the calculations, the boundary of the area of the manifestation of fluid viscoplastic properties is determined: 1) the shift of the position point of the maximum level of turbulence kinetic energy towards the pipe axis; 2) the stagnant zone height of a fluid flow is numerically predicted. In the area of the appearance of yield stress (in the near-wall area of the pipe), there is no fluid flow (the medium behaves like a solid body).

Acknowledgements. This research work was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan by Grant No. AP14869322 for 2020 – 2022.

Information about authors:

Zhapbasbayev Uzak Kairbekovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the “Modeling in Energy” Scientific and Production Laboratory, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: uzak.zh@mail.ru, orcid id: <https://orcid.org/0000-0001-5973-5149>;

Pakhomov Maksim Alexandrovich – Doctor of Physics and Mathematics, Professor of RAS, Leading Researcher of IT SB RAS, Novosibirsk, Russia, e-mail: pakhomov@ngs.ru;

Bossinov Daniyar Zhumadilovich – a PhD candidate, Researcher in the “Modeling in Energy” Scientific and Production Laboratory, Satbayev University, Almaty, Kazakhstan, e-mail: dansho.91@mail.ru, orcid id: <https://orcid.org/0000-0003-3757-6460>.

REFERENCES

- Abu-Jdayil B., Esmail N., Ghannam M.T., Hasan S.W. Rheological properties of heavy & light crude oil mixtures for improving flow ability//J. Petrol. Sci. Eng. 2012. V. 81., P. 122–128. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2011.12.024> (in Eng.).
- Aiyejina A., Chakrabarti D.P., Pilgrim A., Sastry M.K.S. Wax formation in oil-pipelines: a critical review // Int. J. Multiphase Flow. 2011. V. 37. P. 671–694. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijmultiphaseflow.2011.02.007> (in Eng.).
- Barnes H.A. The yield stress—a review or ‘*παντα ρει*’—everything flows?, J. Non-Newtonian Fluid Mech. 81 (1999), P. 133–178. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0377-0257\(98\)00094-9](https://doi.org/10.1016/S0377-0257(98)00094-9) (in Eng.).
- Blackburn H.M., Rudman M. Direct numerical simulation of turbulent non-Newtonian flow using a spectral element method // Appl. Math. Modelling. 2006. V. 30. P. 1229–1248. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apm.2006.03.005> (in Eng.).
- Blackburn H.M., Graham L.J.W., Pullum L., Rudman M. Turbulent pipe flow of shear-thinning fluids // J. Non-Newtonian Fluid Mech. 2004. V. 118. P. 33 – 48. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2004.02.006> (in Eng.).
- Blackburn H.M., Rudman M., Singh J. The effect of yield stress on pipe flow turbulence for generalised Newtonian fluids//J. Non-Newtonian Fluid Mech. 2017. V. 249. P. 53–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2017.09.007> (in Eng.).
- Braga S.L., Ribeiro F.S., Souza Mendes P.R. Obstruction of pipelines due to paraffin deposition during the flow of crude oils // Int. J. Heat Mass Transfer. 1997. V. 40. P. 4319 – 4328. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0017-9310\(97\)00082-3](https://doi.org/10.1016/S0017-9310(97)00082-3) (in Eng.).
- Chala G.T., Japper-Jaafar A., Sulaiman S.A. Flow start-up and transportation of waxy crude oil in pipelines-A review//J. Non-Newtonian Fluid Mech. 2018. V. 251. P. 69–87. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2017.11.008> (in Eng.).
- Evseeva A.U., Zhumagulov B.T., Nesterenkova L.A., Smagulov Sh.S. Truboprovodnyi transport vysokovyazkikh i vysokozastyvayushchikh neftei [Pipeline transportation of highly viscous and highly solidifying oils. Almaty: Gylym (2002), 287P.
- Gavrilov A.A., Rudyak V.Ya. Reynolds-averaged modeling of turbulent flows of power-law fluids, J. Non-Newtonian Fluid Mech. 227 (2016) 45–55. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2015.11.006> (in Eng.).
- Hwang C.B., Lin C.A. Improved low-Reynolds-number $k-\tilde{\epsilon}$ model based on direct simulation data // AIAA J. 1998. V. 36. P. 38–43. DOI:10.2514/2.349 (in Eng.).
- Kulwant S., Sanjay M., Simanta B. Paraffin problems in crude oil production and transportation: a review // SPE Prod. Facilities. 1995. V. 10. P. 50 – 54. DOI: <https://doi.org/10.2118/28181-PA> (in Eng.).
- Pakhomov M.A., Zhabbasbayev U.K. RANS modeling of turbulent flow and heat transfer of non-Newtonian viscoplastic fluid in a pipe // Case Studies in Thermal Engineering. 2021, V.28, 1014559. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101455> (in Eng.).
- Pope S.P. (2000). Turbulent Flows. Cambridge University Press. Publisher: [Cambridge University Press; 1st edition (October 16, 2000), ISBN-10: 0521598869, ISBN-13: 978-0521598866, 802 P.
- Zhabbasbayev U.K., Bossinov D.Zh., Kenzhaliyev B.K., Ramazanova G.I. Flow and heat exchange calculation of waxy oil in the industrial pipeline, Case Studies in Thermal Engineering, 26 (2021), 101007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.csite.2021.101007> (in Eng.).

К 110-летию ученого

У.М. АХМЕДСАФИН – ОСНОВАТЕЛЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ НАУКИ В КАЗАХСТАНЕ

В.И. Данилов-Данильян

Институт водных проблем РАН, член-корреспондент РАН

E-mail: ellina.shamfarova@gmail.com

У.М. Ахмедсафин – крупнейший ученый-энциклопедист, гидрогеолог, географ, эколог, Герой Социалистического Труда, пионер гидрогеологии в Казахстане, один из самых ярких представителей блестящей когорты ученых, с его именем связан расцвет казахстанской науки. Он является автором уникальной методики поиска подземных вод в зоне засушливых пустынь.

Его труды, научные открытия намного пережили ученого, и актуальность их в условиях дефицита пресной воды на планете чрезвычайно возрастает. Работая в сложных климатических условиях, он обследовал огромные пространства знойных песчаных пустынь Казахстана и Средней Азии, считавшиеся совершенно безводными, исходя из научных предпосылок, открыл многочисленные подземные моря, озера, реки, расшифровал и объяснил их происхождение, определил ресурсы и наметил широкие перспективы их использования на благо человечества.

После успешной защиты кандидатской диссертации в Московском геологоразведочном институте им. С. Орджоникидзе в 1940 году, по согласованию с вице-президентом АН СССР, академиком О.Ю. Шмидтом, был направлен в казахстанский филиал Академии наук СССР в г. Алма-Ате, где им впервые был создан Сектор гидрогеологии и инженерной геологии.

ВгодаВеликойОтечественнойвойны(1941-1945гг.)У.М.Ахмедсафин организовал и возглавил комплексную экспедицию в пустынные районы республики для выявления возможностей нахождения и содержания эвакуированных на восток заводов, предприятий и скота: предстояло выяснить, имеется ли в пустынях достаточное количество подземных вод. Оказалось, что в обследованных районах Южного Казахстана

песчаные пустыни не безводны и в них широко распространены доброкачественные подземные воды, пригодные для использования.

В 1947 г. У.М. Ахмедсафин защитил докторскую диссертацию в Москве. В 1951 году выпустил большую монографию «Подземные воды песчаных массивов южной части Казахстана». В этой работе и в ряде статей впервые в отечественной и зарубежной гидрогеологии всесторонне освещается инфильтрационное происхождение, накопление, распространение региональных ресурсов подземных вод, методов их определения. Выявленные при этом ресурсы доброкачественных подземных вод дали мощный импульс к развитию аридной гидрогеологии.

В годы освоения ценных земель У. Ахмедсафин возглавил гидрогеологические исследования в Северном Казахстане. Здесь были определены перспективные водоносные горизонты, содержащие значительные запасы подземных вод, за счет которых решена проблема водообеспечения 400 целинных совхозов, колхозов, многих районных центров, железнодорожных станций и т.д.

Более четверти века У. Ахмедсафин изучал глубинную гидрогеологию аридных районов. При этом им были установлены научные положения, имеющие первостепенное значение не только для Казахстана, но и для многих засушливых развивающихся стран. Они позволили ему впервые в истории гидрогеологических исследований у нас и за рубежом создать и опубликовать фундаментальные прогнозные карты артезианских бассейнов (с монографиями), выявить 70 артезианских бассейнов, оценить содержащиеся в них огромные вековые запасы доброкачественных подземных вод, равные 7,5 триллионам кубометров (соизмеримые с объемом 70-и озер Балхаш), ежегодно возобновляющиеся в размере 48 млрд.куб. метров.

В 1951 году У. Ахмедсафин избирается членом-корреспондентом, а в 1954 – академиком Академии наук Казахской ССР. В 1965 г. впервые организовал единственный в системе Академий наук СССР Институт гидрогеологии и гидрофизики.

Его крупные научные достижения позволили обеспечить подземной водой около 69 городов Казахстана, 4 тысячи населенных пунктов, обводнить 115 млн.га пастбищ, оросить до 60 тысяч га земель.

Обладая даром научного предвидения и большим практическим опытом, У. Ахмедсафин выступал против создания некоторых гидротехнических сооружений, могущих вызвать экологические катастрофы. Во многом его прогнозы подтвердились. Он единственный

не подписал заключение правительственной комиссии о строительстве Кызылкумского канала, т.к. это привело бы к уменьшению притока реки Сырдарья в Аральское море и тем самым способствовало бы усыханию Аральского моря.

Важным вопросом проблемы охраны окружающей среды была охрана озера Балхаш в связи со строительством Капчагайского водохранилища на реке Или. Строительство и забор значительного количества воды из реки Или на его заполнение могли привести озеро Балхаш к участу Аральского моря, т.е. к усыханию его крупной дельты. Ему потребовались большие усилия, научные доказательства, в том числе и на правительственном уровне, чтобы показать нецелесообразность строительства водохранилища и, уж во всяком случае не до проектной отметки. В результате удалось отстоять минимальную отметку заполнения водохранилища и нерасширения рисовых плантаций в низовьях реки Или. Таким образом удалось спасти озеро Балхаш хотя бы на период заполнения водохранилища.

Он также обосновал положение, что строительство гидротехнических сооружений на реках, протекающих в пустынных районах, может повлечь за собой усыхание водных бассейнов (озер), в которые они впадают. В зонах с повышенной сейсмической активностью – усиливать балльность землетрясений. В то же время правильное использование подземных вод в этих районах снижает балльность землетрясений.

У.М. Ахмедсафин являлся рьяным противником переброски Сибирских рек в Казахстан и Среднюю Азию. Совместными усилиями с учеными других Республик СССР принятие этого решения было приостановлено.

У.М. Ахмедсафин является основателем гидрогеологической науки и создателем школы аридной геологии в Казахстане. Им было подготовлено более 60 кандидатов и докторов наук. Кроме научной работы, занимался преподавательской деятельностью, заведовал кафедрой гидрогеологии и инженерной геологии в Казахском горно-металлургическом институте. В 1949 году ему было присвоено звание профессора.

У.М. Ахмедсафин был государственным деятелем. В 1955-59 годах избирался депутатом и членом Президиума Верховного Совета Казахской ССР IV созыва.

В 1955-60 гг. У.М. Ахмедсафин был членом Гидрогеологической секции Национального комитета геологов ЮНЕСКО. Он неоднократно оказывал помощь через ЮНЕСКО в гидрогеологических исследованиях

во многих странах мира, в августе 1960 г. он сделал доклад на гидрогеологической секции Международного геологического конгресса в Копенгагене. В 1979 г. проводил международные курсы по линии ЮНЕП в Москве, Алма-Ате и Чимкенте по экологии пастбищ мира, на которых присутствовали представители африканских, арабских стран и Аргентины, неоднократно консультировал по вопросам орошения засушливых земель представителей Австралии, Израиля, Венгрии, Франции и Кувейта.

У.М. Ахмедсафин награжден многими правительственными наградами СССР. В 1969 году он был награжден высшей наградой СССР, ему было присвоено звание Героя Социалистического Труда.

У.М. Ахмедсафин опубликовал около 500 печатных работ: из них 18 монографий и 18 гидрогеологических карт.

Учитывая заслуги ученого, после его смерти его имя было присвоено созданному им Институту гидрогеологии и гидрофизики, одной из улиц Алма-Аты, учебному заведению на его родине в Северо-Казахстанской области.

100-летие ученого проводилось под эгидой ЮНЕСКО.

Светлой памяти



САДЫКОВОЙ АЛЛЫ БАЙСЫМАКОВНЫ

1 июля 2022 года на 76-м году жизни после непродолжительной болезни скончалась **Садыкова Алла Байсымаковна** – доктор физико-математических наук, академик Международной Евразийской академии наук (IEAS), заведующая лабораторией региональной сейсмичности ТОО Института сейсмологии МЧС Республики Казахстан.

Алла Байсымаковна – известный ученый, научный руководитель Программы «Оценка сейсмической опасности территорий областей и городов Казахстана на современной научно-методической основе», один из авторов карт сейсмического районирования территории Казахстана разной детальности и сейсмического микрорайонирования территории г. Алматы, входящих в перечень нормативных документов, регламентирующих проектирование и строительство в сейсмоактивных регионах Казахстана.

Алла Байсымаковна родилась в семье служащего в городе Шымкенте Южно-Казахстанской области 14 мая 1946 года, сразу после окончания Ленинградского вуза начала работать в секторе сейсмологии при Институте геологии Академии наук КазССР, на базе которого в 1976 г. был сформирован Институт сейсмологии. Здесь она защитила кандидатскую диссертацию в 1992 г., а затем в 2010 г. – докторскую на тему «Сейсмологические и геолого-геофизические основы вероятностной оценки сейсмической опасности Казахстана».

Алла Байсымаковна – автор более 160 научных и научно-методических работ, в т.ч. 7 монографий (в соавторстве) в области изучения особенностей проявления землетрясений, разработки методики долго- и среднесрочного прогноза землетрясений и оценки сейсмической опасности. Ее монография

«Сейсмическая опасность территории Казахстана» (Алматы, 2012, 267 с.) является фундаментальным трудом, где изложены результаты многолетних исследований особенностей сейсмичности и сейсмического режима территории Казахстана. Книга «Землетрясения Казахстана: причины, последствия и сейсмическая безопасность» (в соавторстве, Астана, 2019, 290 с.) является научно-популярным изданием о современном состоянии проблемы изучения землетрясений в Казахстане, где отмечены все трудности прогноза землетрясений и отведено место научным и общественным мерам противостояния стихии – сейсмозащите.

На протяжении многих лет Алла Байсымаковна была ученым секретарем межведомственной комиссии по прогнозу землетрясений и представляла нашу страну в международных организациях. Она активно сотрудничала со всеми сейсмологическими учреждениями, была членом различных республиканских комиссий, читала курс лекций по специальности «сейсмология» на кафедре геофизики КазНТУ им. Сатпаева. Ее неоднократные выступления по радио и телевидению, многочисленные интервью в средствах массовой информации были направлены на изложение знаний о землетрясениях – причинах их возникновения, связанных с ними опасностями, методах их изучения и возможностями прогноза.

Любовь к сейсмологии Алла Байсымаковна сохранила до конца жизни. До последнего дня она оставалась на работе, вкладывая в нее все физические и душевные силы, являя собой пример преданного и самоотверженного служения науке, высочайшей работоспособности и ответственности, целеустремленности, чуткости и бескорыстия, равнодушного отношения к любой жизненной ситуации. Заслуги Садыковой А.Б. отмечены медалью за вклад в науку в честь 30-летия Независимости РК, грамотами, дипломами.

Благодаря высоким профессиональным и личным качествам Алла Байсымаковна пользовалась безусловным авторитетом среди казахстанских и зарубежных специалистов. Она прожила достойную жизнь уважаемого человека, глубокого мыслителя и преданного своему делу ученого. Более 45 лет она была вместе с мужем Е.Т. Садыковым, имея сына и четверых внуков.

1 июля 2022 перестало биться сердце этой удивительной женщины, но в наших сердцах всегда будет жить светлая память о ней. Мы будем помнить Аллу Байсымаковну как глубоко интеллигентного, отзывчивого, жизнерадостного, необычайно деятельного человека и талантливого ученого. Ее уход – большая потеря для науки Казахстана. Аллы Байсымаковны Садыковой больше нет с нами. Но осталось ее богатейшее научное наследие, ученики, которые будут продолжать дело своего наставника. Осталась добрая память об этом светлом, душевно щедром человеке.

**От имени соратников и коллег по работе
профессор А. Нурмагамбетов**

МАЗМҰНЫ

БИОТЕХНОЛОГИЯ

Е. Битманов, А. Абжалелов, Л. Болуспаева
ОРТАЛЫҚ ҚАЗАҚСТАН ТОПЫРАҒЫНДАҒЫ АУЫР
МЕТАЛДАРДЫҢ МӨЛШЕРІ.....5

К.К. Мамбетов, А.Ж. Божбанов, И.Б. Джакупова
ҚАЗАҚСТАННЫҢ ОҢТҮСТІК ӨңІРІНДЕГІ СОРГО ҚАНТЫНЫҢ
ӨНІМДІЛІГІНЕ БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАР МЕН
ТЫҢАЙТҚЫШТАРДЫҢ ӘСЕРІ.....15

**А.А. Нуржанова, А.Ю. Муратова, Р.Ж. Бержанова, V.V. Pidlisnyuk,
А.С. Нурмагамбетова, А.А. Мамирова**
РИЗОСФЕРАЛЫҚ МИКРООРГАНИЗМДЕР:
ФИТОТЕХНОЛОГИЯНЫҢ ӨНІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ЖӘНЕ
ОНЫҢ ТИІМДІЛІГІ.....34

А.С. Соломенцева, А.В. Солонкин
RIBES AUREUM PURSH ТҮРЛЕРІНІҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ
БИОЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ ЖӘНЕ ҚҰРҒАҚ ЖАҒДАЙДА
ЭКОНОМИКАЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫ.....59

ФИЗИКА

Ш.С. Әлиев, Л.А. Қазымова
МҰНАЙ-ГАЗ АЙМАҒЫ ТОПЫРАҒЫНЫҢ ЛАСТАНУЫН
ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ.....78

У.К. Жапбасбаев, М.А. Пахомов, Д.Ж. Босинов
НЬЮТОН СҰЙЫҚТЫҒЫНЫҢ ТҮТҚЫР ПЛАСТИКАЛЫҚ
КҮЙГЕ АУЫСУЫ.....92

А.Б. Жумагельдина, Н.С. Серікбаев, Д.Е. Балтабаева
ИНТЕГРАЛДЫҚ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС КАВАХАРА ТЕНДЕУІ
ҮШІН СОЛИТОНДЫҚ ШЕШІМДЕРДІ ҚҰРУ.....103

Г.С. Калимулдина, Е.Е. Нурмаканов, Р.П. Кручинин
МОДИФИЦИРЛЕНГЕН ТОҚЫМА МАТА НЕГІЗІНДЕГІ КИЛЕТІН
ТРИБОЭЛЕКТРЛІК НАНОГЕНЕРАТОР.....119

Ж.С. Мұстафаев
ӨЗЕНДЕРДІҢ АЛАБЫНДАҒЫ ЖЕР ҮСТІ СУЛАРЫНЫҢ САПАСЫН
ТАБИҒИ ЖҮЙЕНІҢ ФИЗИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ
КӨРСЕТКІШТЕРІН ПАЙДАЛАНУ АРҚЫЛЫ БОЛЖАУ.....132

О.И. Соколова, Б.Т. Жумабаев, Г.В. Бурлаков, О.Л. Качусова
АЛМАТЫ ГЕОМАГНИТТИ ОБСЕРВАТОРИЯСЫНЫҢ
1963-2021 ЖЫЛДАР АРАЛЫҒЫНДАҒЫ ДЕРЕКТЕРІ БОЙЫНША
ГЕОМАГНИТТИ ӨРІС ПАРАМЕТРЛЕРІНІҢ
УАҚЫТ ӨЗГЕРІСТЕРІНДЕГІ ЖАЛПЫ КӨРІНІСІ.....145

В. М. Терещенко
8^m-10^m СПЕКТРОФОТОМЕТРЛІК СТАНДАРТТАР. V. +61°, +20°
және -16° аумақтары.....156

ҒАЛЫМНЫҢ 110 ЖЫЛДЫҚ МЕРЕЙТОЙЫНА

В.И. Данилов-Данилян
У. М. АХМЕДСАФИН – ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ ГИДРОГЕОЛОГИЯ
ҒЫЛЫМЫНЫҢ НЕГІЗІН ҚАЛАУШЫ.....168

ҒАЛЫМДЫ ЕСКЕ АЛУ

АЛЛА БАЙСЫМАҚЫЗЫ САДЫҚОВАНЫҢ жарқын бейнесі.....172

СОДЕРЖАНИЕ**БИОТЕХНОЛОГИЯ**

Е. Битманов, А. Абжалелов, Л. Болуспаева
СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ
ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА.....5

К.К. Мамбетов, А.Ж. Божбанов, И.Б. Джакупова
ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ
ВЕЩЕСТВ НА УРОЖАЙНОСТЬ САХАРНОГО СОРГО
В ЮЖНОМ РЕГИОНЕ КАЗАХСТАНА.....15

**А.А. Нуржанова, А.Ю. Муратова, Р.Ж. Бержанова, V.V. Pidlisnyuk,
А.С. Нурмагамбетова, А.А. Мамирова**
РИЗОСФЕРНЫЕ МИКРООРГАНИЗМЫ: ПОВЫШЕНИЕ
ПРОДУКТИВНОСТИ И ЭФФЕКТИВНОСТИ
ФИТОТЕХНОЛОГИИ.....34

А.С. Соломенцева, А.В. Солонкин
ЭКОЛОГО-БИОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА И
ХОЗЯЙСТВЕННАЯ ЦЕННОСТЬ ВИДА RIBES AUREUM PURSH.
В АРИДНЫХ УСЛОВИЯХ.....59

ФИЗИКА

Ч.С. Алиев, Л.А. Казымова
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ
НЕФТЕГАЗОВОЙ ЗОНЫ.....78

У.К. Жапбасбаев, М.А. Пахомов, Д.Ж. Босинов
ПЕРЕХОД НЬЮТОНОВСКОЙ ЖИДКОСТИ
В ВЯЗКОПЛАСТИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ.....92

А.Б. Жумагельдина, Н.С. Серикбаев, Д.Е. Балтабаева
ПОСТРОЕНИЕ СОЛИТОНОВ ДЛЯ ИНТЕГРИРУЕМОГО
НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ КАВАХАРЫ.....103

Г.С. Калимулдина, Е.Е. Нурмаканов, Р.П. Кручинин
НОСИМЫЙ ТРИБОЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ НАНОГЕНЕРАТОР НА
ОСНОВЕ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТЕКСТИЛЬНОЙ ТКАНИ.....119

Ж.С. Мустафаев
ПРОГНОЗ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНЫХ ВОД РЕЧНЫХ
БАССЕЙНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИЧЕСКИХ И
ХИМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНЫХ СИСТЕМ.....132

О.И. Соколова, Б.Т. Жумабаев, Г.В. Бурлаков, О.Л. Качусова
ОБЩАЯ КАРТИНА ИЗМЕНЕНИЙ ПАРАМЕТРОВ
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ПО ДАННЫМ АЛМАТИНСКОЙ
ГЕОМАГНИТНОЙ ОБСЕРВАТОРИИ ЗА ПЕРИОД
1963–2021 ГГ.145

В.М. Терещенко
СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИЕ СТАНДАРТЫ 8m-10m.
V. ЗОНЫ $+61^{\circ}$, $+20^{\circ}$ и -16° 156

К 110-ЛЕТИЮ УЧЕНОГО

В.И. Данилов-Данильян
У.М. АХМЕДСАФИН – ОСНОВАТЕЛЬ ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ
НАУКИ В КАЗАХСТАНЕ.....168

ПАМЯТИ УЧЕНОГО

Светлой памяти САДЫКОВОЙ АЛЛЫ БАЙСЫМАКОВНЫ.....172

CONTENTS

BIOTECHNOLOGY

Ye. Bitmanov, A. Abzhalelov, L. Boluspayeva
THE CONTENT OF HEAVY METALS IN THE SOIL OF CENTRAL
KAZAKHSTAN.....5

K.K. Mambetov, A.Zh Bozhbanov, I.B. Dzhakupova
INFLUENCE OF FERTILIZERS AND BIOLOGICALLY ACTIVE
SUBSTANCES ON YIELD OF SUGAR SORGO IN THE SOUTHERN
REGION OF KAZAKHSTAN.....15

**A. Nurzhanova, A. Muratova, R. Berzhanova, V. Pidlisnyuk,
A. Nurmagambetova, A. Mamirova**
RHIZOSPHERE MICROORGANISMS: INCREASING
PHYTOTECHNOLOGY PRODUCTIVITY AND EFFICIENCY –
A REVIEW.....34

A. Solomentseva, A. Solonkin
ECOLOGICAL AND BIOLOGICAL CHARACTERISTICS AND
ECONOMIC VALUE OF THE SPECIES RIBES AUREUM PURSH.
IN ARID CONDITIONS.....59

PHYSICAL SCIENCES

Ch.S. Aliyev, L.A. Kazimova
ENVIRONMENTAL ASSESSMENT OF SOIL CONTAMINATION
OF THE OIL AND GAS ZONE INDUSTRY ZONE.....78

U. Zhapbasbayev, M. Pakhomov, D. Bossinov
TRANSITION OF A NEWTONIAN FLUID TO A VISCOPLASTIC
STATE.....92

A.B. Zhumageldina, N.S. Serikbayev, D.E. Baltabayeva
CONSTRUCTION OF SOLITONS FOR INTEGRABLE NONLINEAR
KAWAHARA EQUATION.....103

G.S. Kalimuldina, Y.Y. Nurmakanov, R.P. Kruchinin
MODIFIED TEXTILE FABRIC-BASED WEARABLE
TRIBOELECTRIC NANOGENERATOR.....119

Zh.S. Mustafayev
FORECAST OF SURFACE WATER QUALITY IN RIVER BASINS
USING PHYSICAL AND CHEMICAL INDICATORS OF NATURAL
SYSTEMS.....132

O.I. Sokolova, B.T. Zhumabaev, G.V. Burlakov, O.L. Kachusova
THE GENERAL PICTURE OF CHANGES IN THE GEOMAGNETIC
FIELD PARAMETERS ACCORDING TO THE ALMATY
GEOMAGNETIC OBSERVATORY FOR THE PERIOD
1963-2021.....145

V.M. Tereschenko
SPECTROPHOTOMETRIC STANDARDS 8^m- 10^m. V. ZONES +61°,
+20° and -16°156

TO THE 110-TH ANNIVERSARY OF THE SCIENTIST

V.I. Danilov-Danilyan
U.M. AKHMEDSAFIN – FOUNDER OF HYDROGEOLOGICAL
SCIENCE IN KAZAKHSTAN.....168

IN MEMORY OF SCIENTISTS

Bright memory of SADYKOVA ALLA BAYSYMAKOVNA.....172

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*
Заместитель директор отдела издания научных журналов НАН РК *Р. Жәліқызы*

Редакторы: *М.С. Ахметова, Д.С. Аленов*

Верстка на компьютере *Г.Д. Жадырановой*

Подписано в печать 10.10.2022.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать - ризограф.

11,5 п.л. Тираж 300. Заказ 3.