

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

МА.ЛЪМ 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 Искендинович, 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 Нурғали Жабағевич, 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

RAMANKULOVA 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), 103-118

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1483.162>

UDC 530.182.1

IRSTI 27.35.55; 27.31.21

A.B. Zhumageldina^{1,2*}, N.S. Serikbayev^{1,2}, D.E. Baltabayeva¹

¹L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan;

²Ratbay Myrzakulov Eurasian International Centre for Theoretical Physics,
Astana, Kazakhstan.

E-mail: ainurzhumageldina@gmail.com

CONSTRUCTION OF SOLITONS FOR INTEGRABLE NONLINEAR KAWAHARA EQUATION

Abstract. At present time the theory of solitons is widely investigated, because, concept of soliton is used in real science as nonlinear differential equations' systematic constant solution. This paper illustrates the application of the Hirota's bilinear method for construction of solitons for an integrable nonlinear equation. In particular, the evolution of solitons of Kawahara equation was considered. It is a dispersive partial differential equation and describes various wave phenomenos. Based on Hirota's bilinear method a substitution was applied and the Kawahara equation was transformed into a bilinear form. Then, by considering the formal series, one-soliton and two-soliton solutions were presented and graphs of the obtained soliton solutions were constructed. Furthermore, we have achieved new results, such as vector field, optimal system, solutions to reduce symmetry, convergence analysis and the laws of conservation of equations. In order to create a point symmetry of Kawahara equation, the Lie group with one parametric group of Lie transformations were introduced. Using Lee's symmetry analysis method, we created optimal systems and system symmetry. Later, with a new method of conservation introduced by N.H. Ibragimov, we obtained the law of conservation associated with the symmetry of Kawahara equation. Using approach that we apply one can obtain conservation law and the laws of symmetry of both higher order differential and soliton equations.

Key words: Hirota method, bilinear form, soliton solution, Kawahara equation, partial differential equation, Lie point symmetries, conservation laws.

А.Б. Жумагельдина^{1,2*}, Н.С. Серікбаев^{1,2}, Д.Е. Балтабаева¹

¹Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Астана, Қазақстан;

²Р.Мырзақұлов атындағы Еуразиялық халықаралық теориялық физика
орталығы, Астана, Қазақстан.

E-mail: ainurzhumageldina@gmail.com

ИНТЕГРАЛДЫҚ СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС КАВАХАРА ТЕНДЕУІ ҮШІН СОЛИТОНДЫҚ ШЕШІМДЕРДІ ҚҰРУ

Аннотация. Қазіргі уақытта солитондар теориясы кеңінен зерттелуде, өйткені солитон ұғымы нақты ғылымда сызықты емес дифференциалдық теңдеулердің жүйелі тұрақты шешімі ретінде қолданылады. Бұл жұмыс интегралданатын сызықты емес теңдеу үшін солитондарды құру үшін Хиротаның екі сызықты әдісін қолдануды суреттейді. Атап айтқанда, Кавахара теңдеуінің солитондарының эволюциясы қарастырылды. Бұл әртүрлі толқындық құбылыстарды сипаттайтын дисперсиялық дербес туындылы дифференциалдық теңдеу. Хиротаның бисызықты әдісі негізінде алмастыру қолданылып, Кавахара теңдеуі бисызықты түрге ауыстырылды. Содан кейін формалды қатарларды қарастыра отырып, бір солитонды және екі солитонды шешімдер ұсынылып, алынған солитондық шешімдердің графиктері салынды. Сонымен қатар, біз векторлық өріс, оңтайлы жүйе, конвергенциялық талдау және теңдеулердің сақталу заңдары сияқты жаңа нәтижелерге қол жеткіздік. Кавахара теңдеуінің нүктелік симметриясын құру үшін Ли түрлендірулерінің бір параметрлік тобы бар Ли тобы енгізілді. Ли симметриясын талдау әдісін қолдана отырып, біз оңтайлы жүйелер мен жүйелік симметрияны құрдық. Кейінірек Н.Х. Ибрагимов енгізген жаңа сақталу әдісін қолдана отырып, біз Кавахара теңдеуінің симметриясына байланысты сақталу заңын алдық. Қолданып отырған тәсілді пайдалана отырып, солитондық және жоғары ретті дифференциалдық теңдеулер үшін сақталу заңы мен симметрия заңдарын алуға болады.

Түйін сөздер: Хирота әдісі, бисызықтық форма, солитондық шешім, Кавахара теңдеуі, дербес туындылы дифференциалдық теңдеу, Ли нүктесінің симметриялары, сақталу заңдары.

А.Б. Жумагельдина^{1,2*}, Н.С. Серикбаев^{1,2}, Д.Е. Балтабаева¹

¹Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Астана, Казахстан;

²Ратбай Мырзакулов Евразийский международный центр
теоретической физики, Астана, Казахстан.

E-mail: ainurzhumageldina@gmail.com

ПОСТРОЕНИЕ СОЛИТОНОВ ДЛЯ ИНТЕГРИРУЕМОГО НЕЛИНЕЙНОГО УРАВНЕНИЯ КАВАХАРЫ

Аннотация. В настоящее время теория солитонов широко исследуется, поскольку понятие солитона используется в реальной науке как систематическое постоянное решение нелинейных дифференциальных уравнений. Настоящая работа иллюстрирует применение билинейного метода Хироты для построения солитонов для интегрируемого нелинейного уравнения. В частности, была рассмотрена эволюция солитонов уравнения Кавахары. Это дисперсионное дифференциальное уравнение частных производных, описывающее различные волновые явления. На основе билинейного метода Хироты была применена подстановка, и уравнение Кавахары было преобразовано в билинейную форму. Затем, рассматривая формальные ряды, были представлены односолитонные и двухсолитонные решения и построены графики полученных солитонных решений. Кроме того, мы достигли новых результатов, таких как векторное поле, оптимальная система, анализ сходимости и законы сохранения уравнений. Чтобы создать точечную симметрию уравнения Кавахары, была введена группа Ли с одной параметрической группой преобразований Ли. Используя метод анализа симметрии Ли, мы создали оптимальные системы и симметрию системы. Позже, используя новый метод сохранения, введенный Н.Х. Ибрагимовым, мы получили закон сохранения, связанный с симметрией уравнения Кавахары. Используя подход, который мы применяем, можно получить закон сохранения и законы симметрии как солитонных, так и дифференциальных уравнений более высокого порядка.

Ключевые слова: метод Хироты, билинейная форма, солитонное решение, уравнение Кавахары, дифференциальное уравнение частных производных, точечные симметрии Ли, законы сохранения.

Introduction. Nonlinear wave equations continue to attract considerable attention of researchers as they characterize common and important phenomena arising in various physical contexts, including optics, plasma and waves on water, Bose-Einstein condensates, acoustics. Often nonlinear partial differential equations (PDEs) describe nonlinear waves mathematically. PDEs admit many classes of exact solutions, including solitons. And also, these equations are interesting not only from a mathematical, but also important from a practical point of view, since they are the defining equations for many specific physical parameters. On the other hand, many important questions still remain open, and these equations are still the subject of considerable research. In this scientific paper we mainly focused on Kawahara equation.

The discovery of solitons by Martin Kruskal and Norman Zabuski, which led to the inverse scattering method (Ablowitz, et al, 1981), revived the modern theory of integrable systems. It became clear that in physics there are fully integrable systems having an infinite number of degrees of freedom, Korteweg-de Vries equation and some integrable lattice models, such as the Toda lattice. Nonlinear differential equations that describe various nonstationary processes can have both soliton-type solutions and nonsoliton-type solutions. Solitons are any localized nonlinear waves that interact with arbitrary local perturbations and always restore asymptotically their exact original shape with a possible phase shift (Ablowitz, et al, 1981). A soliton-type solution means a solitary wave localized in a small region, which rapidly tends to zero with distance from the localization region. It's profile does not change over time (Myrzakul, et al, 2021; Serikbayev et al, 2020).

Kawahara equation is important models in the theory of waves. In the normal sense, solitary waves are non-linear waves of regular shape that decompose rapidly in their lower regions. This rate of decomposition is usually exponential. However, under critical conditions in dispersion systems (eg, plasma magnetoacoustic waves, surface tension waves, etc.), weak non-local single waves appear unexpectedly. These waves consist of a central core similar to the classic single waves, but they are accompanied by oscillating tails that propagate indefinitely from the core with a constant amplitude of non-zero. To describe and clarify the properties of these waves, Kawahara introduced generalized nonlinear variance equations with the form KdV equation with an additional fifth-order derivative. This equation has been studied extensively from a variety of perspectives (Faminskii, et al, 2010). Kawahara equation describes long waves' propagation in a shallow liquid under ice, gravitational waves on the surface of heavy liquid, magnetoacoustic waves in a cold plasma (Iguchi, 2007). Some sources refer

to this equation as singularly perturbed KdV equation (Kawahara, 1972). Analytical solution of special forms of the Kawahara equation in the case of solitary waves were studied by Sirendaoreji (2004), Yamamoto and Takizawa (1981). Kawahara Equation's numerical solution was also investigated. For finding an approximate solution to the Kawahara equation some other methods based on homotopy analysis have been proposed by Abbasbandy (2010), Wang (2011), Kashkari (2014).

In addition to the above aspects, the Kawahara equation has been extensively studied in terms of various other aspects of mathematics, including the validity, existence and stability of single waves, integration, long-term behavior, stabilization and control. etc. As for the boundary value problem, the Kawahara equation with homogeneous boundary conditions was studied by Doronin and Larkin (Doronin, et all 2008), and also by Faminsky and Opritova (Faminskii, et all, 2015). Also in connection with results on well-posedness in a weighted Sobolev space, one can mention in (Khanal, et all, 2008).

In this article, we investigated the evolution of solitons in the Kawahara equation. Using Hirota's method, one-soliton, two-soliton solution of the Kawahara equation in the following form was constructed:

$$u_t + uu_x + u_{3x} - u_{5x} = 0 \quad (1)$$

where $u = u(t, x)$ is a real-valued function of two real variables t and x .

Kawahara (Kawahara, 1972) introduced the dispersion partial differential equation describing the one-dimensional propagation of long waves of small amplitude in various problems of fluid dynamics and plasma physics, called the Kawahara equation. Divergent form of the equation (1) is written as:

$$u_t + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{1}{2} u^2 + u_{xx} - u_{4x} \right) = 0 \quad (2)$$

Research materials and methods. It is known that the construction of explicit solutions of continuous or discrete integral systems plays an important role in the description and interpretation of nonlinear phenomena such as the effect of nonlinear optics, synthesis reactions in plasma physics, magnetohydrodynamic phenomena and superconductivity. In addition, the study of integrable systems and their associated properties has always been important and has become the focus of recent research. In particular, the creation of explicit solutions for differential equations is one of the most important topics. Methods, which find exact solutions are important for solving

partial differential equations. So, in the theory of solitons, the following approaches are applicable: the use of the inverse scattering problem, the Hirota method, the method of Backlund transformations, etc. Most of them allow finding either a general or frequent solution. In recent decades, several approximate methods have been proposed or developed and then modified to find solutions to nonlinear evolutionary equations using motion waves. Solutions of various evolutionary equations were found by one or another of these methods. Thus, the Hirota method (Hirota, 1979) allows one to find soliton or soliton-like solutions of nonlinear partial differential equations. Its formalism almost always works for equations that have a Lax pair. That method is based on the following ideas (Hirota, 1976):

1. To change the dependent variable so that the new equation has a bilinear form, quadratic in the dependent variables.
2. To consider the formal series of perturbation theory for this equation. In the case of soliton solutions, these series are cut off.
3. To prove the assumed n-soliton form of the solution using this method.

In the article, Hirota method (Hirota, 1979) was developed in relation to the Kawahara equation. Hirota’s bilinear method is especially useful when constructing multisoliton solutions. The idea behind Hirota’s method is to bring the equation to the so-called bilinear form using some successful replacement for an unknown function. In order to make the bilinear form of the equation (2), it is necessary to introduce the following replacement:

$$u(x, t) = 2(\ln f(x, t))_{xx}. \tag{3}$$

Substituting (3) into (2) we get:

$$2(\ln f(x, t))_{xxt} + \frac{\partial}{\partial x} [((\ln f(x, t))_{xx})^2 + 2(\ln f(x, t))_{4x} - 2(\ln f(x, t))_{6x}] = 0. \tag{4}$$

We express the values in the Kawahara equation by the function $f(x, t)$:

$$u_t = 2 \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{f_{xt}}{f} - \frac{f_x f_t}{f^2} \right), \tag{5}$$

$$\frac{1}{2} u^2 = 2 \frac{(f_{xx})^2}{f^2} - 4 \frac{f_{xx} f_x^2}{f^3} + 2 \frac{(f_x)^4}{f^4} \tag{6}$$

$$u_{xx} = 2 \frac{f_{4x}}{f} - 8 \frac{f_{3x} f_x}{f^2} + 24 \frac{f_{2x} f_x^2}{f^3} - 6 \frac{(f_{xx})^2}{f^2} - 12 \frac{(f_x)^4}{f^4}, \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
 u_{4x} = & 2 \frac{f_{6x}}{f} - 12 \frac{f_{5x}f_x}{f^2} + 60 \frac{f_{4x}f_x^2}{f^3} - 30 \frac{f_{4x}f_{xx}}{f^2} - 240 \frac{f_{3x}f_x^3}{f^4} + 240 \frac{f_{3x}f_{xx}f_x}{f^3} - \\
 & -20 \left(\frac{f_{3x}}{f}\right)^2 + 720 \frac{f_{xx}f_x^4}{f^5} - 540 \frac{f_{xx}f_x^2}{f^4} + 60 \left(\frac{f_{xx}}{f}\right)^3 - 240 \left(\frac{f_x}{f}\right)^6. \tag{8}
 \end{aligned}$$

Expressing the values in the Kawahara equation by the function $f(x, t)$, putting these values in equation (1) and assuming that $f \neq 0$, following equation is obtained:

$$\begin{aligned}
 & 12f^4 f_{5x}f_x + (2f^5 + 30f^4 f_{2x} - 60f^3 f_x^2) f_{4x} + 20f^4 f_{3x}^2 - \\
 & -8f^2 f_x (f^2 + 30f f_{2x} - 30f_x^2) f_{3x} - f_{6x} + 60f^3 f_{2x}^3 2f^5 + \\
 & (-4f^4 + 540f_x^2 f^2) f_{2x}^2 + (20f^3 f_x^2 - 720f f_x^4) f_{2x} + 2f^5 f_{xt} - \\
 & -2f^4 f_x f_t - 10f^2 f_x^4 + 240f_x^6 = 0. \tag{9}
 \end{aligned}$$

This is a bilinear form of equation (1).

Results. Using the results obtained in the previous section, we can construct soliton solutions to equation (1). For this, according to Hirota's method, we expand the function f into a formal series in the small parameter ε .

$$f = 1 + \sum_{i=1}^{\infty} \varepsilon^i f^{(i)} = 1 + \varepsilon f^{(1)} + \varepsilon f^{(2)} + \dots \tag{10}$$

At the same levels of ε we obtain the following equations for the formula (9) using the appropriate coefficients:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon^1: & f_{xt}^{(1)} + f_{4x}^{(1)} - f_{6x}^{(1)} = 0, \\
 \varepsilon^2: & f_{xt}^{(2)} + f_{4x}^{(2)} - f_{6x}^{(2)} = 5f^{(1)} f_{6x}^{(1)} - 5f^{(1)} f_{xt}^{(1)} - 5f^{(1)} f_{4x}^{(1)} - 6f_{5x}^{(1)} f_x^{(1)} \\
 \dots & \\
 & + f_x^{(1)} f_t^{(1)} + 4f_x^{(1)} f_{3x}^{(1)} - 15f_{2x}^{(1)} f_{4x}^{(1)} + 2(f_{2x}^{(1)})^2 - 10(f_{2x}^{(1)})^2, \\
 \varepsilon^{N+1}: & f_{xt}^{(N+1)} + f_{4x}^{(N+1)} - f_{6x}^{(N+1)} = \dots (f^{(1)}, \dots, f^{(N)}) = 0. \tag{11}
 \end{aligned}$$

According to the structure of the right parts of the system, you can break the line (10) in any number of $N(10)$ assuming that $f^{(N+1)} = 0$, we can equate the numerical equations $N + 2, N + 3, \dots$ to zero, therefore

$$f^{(N+2)} = f^{(N+3)} = \dots \equiv 0. \tag{12}$$

According to Hirota's method for constructing N -soliton solutions of a nonlinear equation, the solution is sought in the following form:

$$f^{(1)} = \sum_{i=1}^N e^{\theta_i}, \tag{13}$$

where:

$$\theta_i = a_i(x - a_i^2 t) + \delta_i;$$

$$a_i, \delta_i = \text{const.}$$

One-soliton solution. To find one-soliton solution of equation (1), we take the case when $N = 1$ in (8). Then

$$f = 1 + f^{(1)}. \tag{14}$$

and one-soliton solution of Kawahara equation is equal to:

$$u = \frac{a_1^2}{2} \frac{1}{\cosh^2\left(\frac{\theta}{2}\right)}, \tag{15}$$

here

$$\theta_1 = a_1(x - a_1^2 t) + \delta_1.$$

Graphs of one-soliton solution of the Kawahara equation are shown in Figures 1 a, 1 b, 1 c:

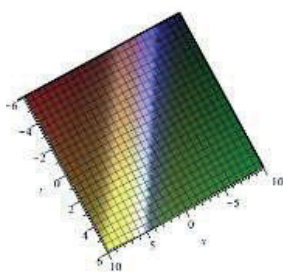


Figure 1a. Solution of the Kawahara equation with the values $a_1 = 1$ and $\delta_1 = 0,01$.

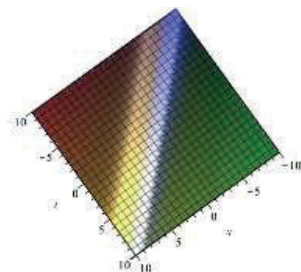


Figure 1b. Solution of the Kawahara equation with the values $a_1 = 1$ and $\delta_1 = 3$.

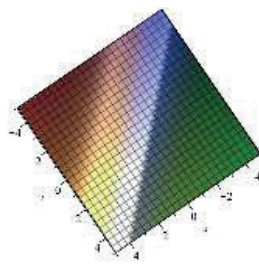


Figure 1c. Solution of the Kawahara equation with the values $a_1 = 1$ and $\delta_1 = 8$.

Two-soliton solution. In order to find the two-soliton solution of equation (1), it is necessary to consider the case where $N = 2$ from the formula (11):

$$f = 1 + f^{(1)} + f^{(2)}, \tag{16}$$

where

$$f^{(1)} = e^{\theta_1} + e^{\theta_2}, \quad f^{(2)} = Ae^{\theta_1+\theta_2}.$$

The two-soliton solution of the Kawahara equation has the following form:

$$u = \frac{\partial}{\partial x} \frac{a_1 e^{\theta_1} + a_2 e^{\theta_2} + A(a_1 + a_2) e^{\theta_1 + \theta_2}}{1 + e^{\theta_1} + e^{\theta_2} + A e^{\theta_1 + \theta_2}} \quad (17)$$

here

$$\theta_2 = a_2(x - a_2^2 t) + \delta_2,$$

$$A = \frac{(26a_1^6 - 5a_1^4) e^{2\theta_1} + (26a_2^6 - 5a_2^4) e^{2\theta_2}}{(a_1^4 + 4a_1^3 a_2 + 6a_1^2 a_2^2 + (4a_2^3 - 3a_2) a_1 + a_2^4) e^{\theta_1 + \theta_2} (a_1 + a_2)^2} - \frac{5e^{\theta_1} e^{\theta_2} (a_1^6 - 1,2a_1^5 a_2 - 3a_1^4 a_2^2 + a_1^3 (-4a_2^3 + 0,6a_2))}{(a_1^4 + 4a_1^3 a_2 + 6a_1^2 a_2^2 + (4a_2^3 - 3a_2) a_1 + a_2^4) e^{\theta_1 + \theta_2} (a_1 + a_2)^2} - \frac{5e^{\theta_1} e^{\theta_2} ((-3a_2^4 + 0,8a_2^2) a_1^2 + (-1,2a_2^5 + 0,6a_2^3) a_1 + a_2^6)}{(a_1^4 + 4a_1^3 a_2 + 6a_1^2 a_2^2 + (4a_2^3 - 3a_2) a_1 + a_2^4) e^{\theta_1 + \theta_2} (a_1 + a_2)^2}.$$

Graphs of the two-soliton solution of the Kawahara equation are shown in Figures 2a, 2b, 2c:

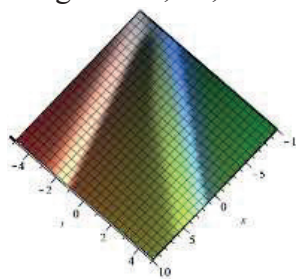


Figure 2a. Two-soliton solution of the Kawahara equation with values $\alpha_1=1,65$; $\alpha_2=1,25$; and $\delta_1 = 1,25$; $\delta_2 = 9$.

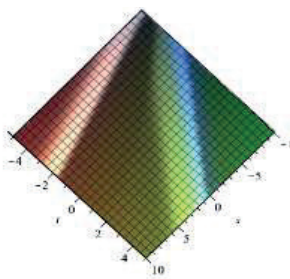


Figure 2b. Two-soliton solution of the Kawahara equation with values $\alpha_1=1,65$; $\alpha_2=1,25$; and $\delta_1 = 1,25$; $\delta_2 = 10$;

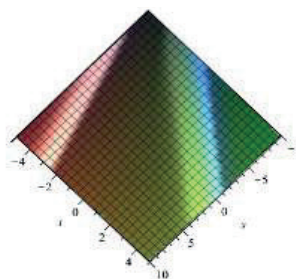


Figure 2c. Two-soliton solution of the Kawahara equation with values $\alpha_1=1,65$; $\alpha_2=1,25$; and $\delta_1 = 1,25$; $\delta_2 = 1,25$;

Lie point symmetries. In the last decade, there has been a revival of interest in the analysis of differential equations and their solutions from the point of view of their invariance properties with respect to a type of surface transformation called the Bäcklund transformation (Hirota, et all, 1976). S. Lie and A. V. Bäcklund considered these and general transformations of surfaces as indirect transformations for differential equations of higher orders. In this section, the Lie point symmetry for the nonlinear Kawahara equation (1) will be analyzed.

First, to create a point symmetry of equation (1), we introduce a Lie group with one parametric group of Lie transformations,

$$\begin{aligned}
 x &\rightarrow x + \varepsilon\xi(x, y, t, u, v) + O(\varepsilon^2), \\
 t &\rightarrow t + \varepsilon\tau(x, y, t, u, v) + O(\varepsilon^2), \\
 u &\rightarrow u + \varepsilon\eta(x, y, t, u, v) + O(\varepsilon^2),
 \end{aligned}
 \tag{18}$$

where ε means the group parameter ξ , τ and η and are infinitesimal generators. The vector field corresponding to the above transformation group is represented as follows:

$$V = \xi(x, t, u) \frac{\partial}{\partial x} + \tau(x, t, u) \frac{\partial}{\partial t} + \eta(x, t, u) \frac{\partial}{\partial u},
 \tag{19}$$

Thus for the system (1) there is an operator pr^2 , then the condition for the invariance of this operator is as follows:

$$pr^2V(\Delta)|_{\Delta=0} = 0.
 \tag{20}$$

Based on Lie’s theory, the operator pr^2 of the equation can be written in the following form for the real and imaginary parts of the equation

$$pr^2V = \eta \frac{\partial}{\partial u} + \eta^t \frac{\partial}{\partial u_t} + \eta^x \frac{\partial}{\partial u_x} + \eta^{3x} \frac{\partial}{\partial u_{3x}} + \eta^{5x} \frac{\partial}{\partial u_{5x}},
 \tag{21}$$

Thus, using condition (21), we obtain the following equivalent condition

$$\eta^t + \eta u_x + \eta^x u + \eta^{3x} - \eta^{5x} = 0.
 \tag{22}$$

where the functions of the coefficients are as follows

$$\begin{aligned}
 \eta^x &= D_x(\eta - \xi u_x - \tau u_t) + \xi u_{xx} + \tau u_{xt}, \\
 \eta^t &= D_t(\eta - \xi u_x - \tau u_t) + \xi u_{xt} + \tau u_{tt}, \\
 \eta^{3x} &= D_{3x}(\eta - \xi u_x - \tau u_t) + \xi u_{4x} + \tau u_{xxxxt}, \\
 \eta^{5x} &= D_{5x}(\eta - \xi u_x - \tau u_t) + \xi u_{6x} + \tau u_{xxxxxt}.
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

Now, by setting the coefficient functions (23) to (22), we obtain the following equivalent condition

$$\eta^t + \eta u_x + \eta_x u + \eta_{3x} - \eta_{5x} - \xi_t u_x - \tau_t u_t - \xi_x u u_x - \tau_x u u_t - \xi_{3x} u_x - 2\xi_{xx} u_{xx} - 3\xi_x u_{3x} + \xi_{5x} u_x + 3\xi_{4x} u_{xx} + 8\xi_{3x} u_{3x} + 9\xi_{xx} u_{4x} + 5\xi_x u_{5x} = 0$$

So we get the values of the sub-operators as follows

$$\begin{aligned} \xi_{5x} = 0, \quad \xi_{4x} = 0, \quad \xi_{3x} = \frac{3}{8}\xi_x, \quad \tau_x = -\frac{\tau_t}{u}, \\ \xi_t = 0, \quad \eta_t = -\frac{8}{3}\tau, \quad \eta_x = u\xi, \quad \eta = \frac{3\tau_x u u_x + (8u - 3)\tau_x u_t - (8u - 3)\eta_x}{8}. \end{aligned}$$

Lie’s algebra of infinitely small symmetry of equation (1) is covered by the following four linear independent operators:

$$\begin{aligned} V_1 = \frac{\partial}{\partial t}, \quad V_2 = \frac{\partial}{\partial x}, \\ V_3 = \frac{3}{8}ux \frac{\partial}{\partial x} - t \frac{\partial}{\partial t} - u \frac{\partial}{\partial u}, \quad V_4 = \left(\frac{3}{8}xu + 1\right) \frac{\partial}{\partial x} + (1 - t) \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial u}. \end{aligned} \tag{24}$$

Based on the commutator operator $[V_k, V_j] = V_k V_j - V_j V_k$, we obtain the commutator function of system (1) (see Table 1)

Table 1. The commutator function of system (1)

Lie	V_1	V_2	V_3	V_4
V_1	0	0	$V_1 - V_3$	$V_1 - V_4$
V_2	0	0	$-V_2$	$-V_2$
V_3	$V_3 - V_1$	V_2	0	$V_3 - V_4$
V_4	$V_4 - V_1$	V_2	$V_4 - V_3$	0

Conservation laws. The general theorem on conservation laws for higher order differential equations is proved. The theorem is also valid for any system of differential equations, where the number of equations is equal to the number of dependent variables. The new theorem does not require the existence of Lagrangian and is based on the concept of conjugative equations for nonlinear equations recently proposed by the author. It is proved that the conjugative equation includes all the symmetries of the original equation. Accordingly, the law of conservation can be associated with Lie, Lie- Bäcklund or any group of non-local symmetries and find the laws of conservation for differential equations without classical Lagrangeans (Barut, et all, 1977).

In this section, if we want to derive the law of conservation of equation (1), we must first find the law of conservation of the system (22). Therefore, in order to construct conservation law of the system (22) we use Lie’s point symmetry (28).

$D_t(C^t) + D_x(C^x) = T$,
 here, $C = (C^x, C^t)$ conservation vectors.

N.H. Ibragimov (Ibragimov, 2007) proposes to create a new conservation theorem, ie the law of conservation of magnitude without Lagrange in the differential equation. To write the laws of conservation, we first write Lagrangean. Now, to write the Lagrangian of this equation, we multiply the equation by some function $\phi(x, y, t)$

$$L = \phi(x, y, t)(u_t + uu_x + u_{3x} - u_{5x}). \tag{25}$$

In the above system (25), we replace ϕ with u so we write the conservation vector formula $c = (c^1, c^2, c^3 \dots)$ as follows [28]:

$$\begin{aligned} C^n = & \xi^n L + W^\alpha \left[\left(\frac{\partial L}{\partial u^\alpha_n} \right) - D_j \left(\frac{\partial L}{\partial u^\alpha_{nj}} \right) + D_j D_k \left(\frac{\partial L}{\partial u^\alpha_{nj k}} \right) - \dots \right] + \\ & + D_j (W^\alpha) \left[D_j \left(\frac{\partial L}{\partial u^\alpha_{nj}} \right) - D_j D_k \left(\frac{\partial L}{\partial u^\alpha_{nj k}} \right) + \dots \right] + D_j D_k (W^\alpha) \\ & \left[\frac{\partial L}{\partial u^\alpha_{nj k}} - \dots \right], \end{aligned} \tag{26}$$

where $W^\alpha = \eta^\alpha - \xi^j u_j^\alpha$ ($\alpha = 1, 2, \dots, m$) - Lie characteristic function. Using the above formula, we can write an additional conservation vector

$$\begin{aligned} C^t = & \xi^t L + W^u \frac{\partial L}{\partial u_t}, \\ C^x = & \xi^x L + W^u \left(\frac{\partial L}{\partial u_x} - D_x^2 \frac{\partial L}{\partial u_{3x}} - D_x^4 \frac{\partial L}{\partial u_{5x}} \right) + D_x (W^u) \left(\frac{\partial L}{\partial u_x} D_x^2 \frac{\partial L}{\partial u_{3x}} - D_x^4 \frac{\partial L}{\partial u_{5x}} \right). \end{aligned}$$

Now we can use generators of symmetry V_1, V_2, V_3 and V_4 as an example to obtain the vector of conservation of the system (1).

Case 1. Thus, the following characteristics can be obtained for the generator $V_1 = \partial/\partial t$. Lie characteristic functions are

$$W = -u_t. \tag{27}$$

Now, by introducing (27) into (26), we obtain the following conservation vectors

$$C_1^t = uu_x + 1 - u_t,$$

$$C_1^x = uu_x + 1 - uu_t - uu_{tx}.$$

After the calculation we can find the following equation

$$D_t(C_1^t) + D_x(C_1^x) = u_{tx}(u - u_x - 1) - u_t u_x - uu_{txx}.$$

Case 2. Thus, the following characteristics can be obtained for the generator $V_2 = \partial/\partial x$. Lie characteristic functions are

$$W = -u_x. \tag{28}$$

Now, by introducing (28) into (26), we obtain the following conservation vectors

$$C_2^t = uu_x + 1 - u_x,$$

$$C_2^x = 1 - uu_{xx}.$$

After the calculation we can find the following equation

$$D_t(C_2^t) + D_x(C_2^x) = uu_{tx} + u_x u_t - u_{xt} - uu_{3x} - uu_{xx}.$$

Case 3. The following characteristics can be obtained for the generator $V_3 = \frac{3}{8}ux \frac{\partial}{\partial x} - t \frac{\partial}{\partial t} - u \frac{\partial}{\partial u}$. Lie characteristic functions,

$$W = u + t - \frac{3}{8}ux. \tag{29}$$

Now, by introducing (29) into (26), we obtain the following conservation vectors,

$$C_3^t = uu_x + 1 - \frac{3}{8}ux + t + u,$$

$$C_3^x = 3uu_x + 1 + u^2 \left(1 - \frac{3}{8}x\right) - \frac{3}{8}u(xu_x + u).$$

After the calculation we can find the following equation,

$$D_t(C_3^t) + D_x(C_3^x) = u_t u_x + uu_{xt} + (u_t + u_x^2) \left(1 - \frac{3}{8}x\right) + 3uu_{xx} + \left(\frac{13}{8} - \frac{3}{4x}\right)uu_x - \frac{3}{8}u^2.$$

Case 4. Thus, the following characteristics can be obtained for the generator $V_4 = \left(\frac{3}{8}xu + 1\right) \frac{\partial}{\partial x} + (1-t) \frac{\partial}{\partial t} + u \frac{\partial}{\partial u}$. Lie characteristic functions

$$W = t - 2 - u \left(1 + \frac{3}{8}x\right). \tag{30}$$

Now, by introducing (29) into (26), we obtain the following conservation vectors

$$C_4^t = u \left(u_x - \frac{3}{8}x - 1\right) + t - 1,$$

$$C_4^x = uu_x + u \left(1 + \frac{3}{8}x\right) \left(u_x - u - t - \frac{13}{8}\right).$$

After the calculation we can find the following equation,

$$D_t(C_4^t) + D_x(C_4^x) = u_x^2(u_t + 2) + uu_{xt} + (uu_{xx} - u_xu_t) \left(\frac{3}{8}x + 1\right) + \frac{3}{8}u \left(t - \frac{13}{8}\right).$$

Discussion. We constructed solutions of the Kawahara equation. For completeness, graphical representation of them is shown in Figures 1a, 1b, 1c and 2a, 2b, 2c, which clearly indicates that solutions are bright solitons because their waves are under the flat non-vanishing plane. Such wave processes play an extremely important role in modern physics and are the subject of study in hydrodynamics, nonlinear optics, plasma physics, field theory, elementary particle physics, biophysics, etc. This equation, called the Kawahara equation, occurs in plasma dynamics when a wave propagates at a certain angle to a magnetic field, in nonlinear electrical circuits, and for internal waves in a two-layer fluid, taking into account the surface tension between layers in a stratified fluid. Within the framework of this equation, solitons have oscillating tails and can be attracted to each other. This situation is realized for internal waves in a two-layer ocean, when one layer is thin and the other is thick (compared to the wavelength).

N.H. Ibragimov developed a theorem on the laws of their conservation, based on the symmetry of Lie-Becklund, ie the symmetry of higher order differential equations. N.H. Using Ibragimov's theorem on new conservation laws, we obtain the conservation laws, ie the conservation laws of the particle, for Equation (1) without the Lagrange system. This method we use is effective for finding the laws of symmetry and conservation of both soliton and higher order differential equations without Lagrange's character.

Conclusion. In this article the application of Hirota's bilinear method for constructing solitons for an integrable lattice model was illustrated. In particular, the evolution of solitons of the Kawahara equation, an equation of the Korteweg-de Vries type of the fifth order, is considered. The Hirota method is developed in relation to the Kawahara equation. Based on Hirota's bilinear method, a substitution was applied and the Kawahara equation was converted to a bilinear form. Then, one-soliton and two-soliton solutions were presented, by considering the formal series. Furthermore, graphs of the obtained soliton solutions were constructed.

As mentioned above, we have achieved new results, such as vector field, optimal system, solutions to reduce symmetry, convergence analysis and the laws of conservation of equations. Using Lee's symmetry analysis method,

we created optimal systems and reduced system symmetry. Later, using a new method of conservation introduced by N.H. Ibragimov, we obtained the law of conservation associated with the symmetry of equation (1). The new results presented in this paper can be used to describe the dynamics of solitons in nuclear physics and other optical experiments. Therefore, all the results of this study can be used to improve the dynamic operation of Kawahara equations in engineering and mathematical physics.

Acknowledgments. This research was supported by the Ministry of Education and Science of Kazakhstan, Grant AP08857372.

Information about authors:

Zhumageldina Ainur Baqtygaliqyzy – PhD doctoral student in the educational program of 8D05304-Physics of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan; tel.: +77053234733; ainurzhumageldina@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-5795-226X>;

Serikbayev, Nurzhan Sagyndykovich – Candidate of physical and mathematical sciences, PhD, Department of General and Theoretical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University, Ratbay Myrzakulov Eurasian International Centre for Theoretical Physics Nur-Sultan, Kazakhstan; serikbayev_ns@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-1259-637X>;

Dilnoza Baltabaeyeva – undergraduate student of in the educational program of 5B060400-Physics of L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan; baltabaeva-d@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8249-4398>.

REFERENCES

Ablovitz M.J., Segur H. (1981). Solitons and the inverse scattering transform. Philadelphia: SIAM, 12-49. (in Eng.).

Barut A.O., Raczka R. (1977) Theory of Group Representations and Applications, PWN, Warsaw, 340:195-203. (in Eng.).

Cui S., Deng D., (2006). Global existence of solutions for the Cauchy problem of the Kawahara equation with L2 initial data. Acta Math. Sin. (Engl. Ser.) 22:1457–1466. <https://doi.org/10.1007/s10114-005-0710-6> (in Eng.).

Doronin G.G., Larkin N.A. (2008) Kawahara equation in a bounded domain. Discrete Contin. Dyn. Syst 10 (4):783 – 799. DOI:10.1016/j.na.2015.07.008 (in Eng.).

Faminskii A.V., Larkin N.A. (2010). Initial-boundary value problems for quasilinear dispersive equations posed on a bounded interval. Electron. J. Differential Equations 1:1-20.

Faminskii A.V., Opritova M.A., (2015) On the initial-boundary-value problem in a half-strip for a generalized Kawahara equation. Journal of Mathematical Sciences 206:17–38 <https://doi.org/10.1007/s10958-015-2291-y> (in Eng.).

Hirota R. (1976) N-soliton of nonlinear network equations describing a Volterra system, *J. Phys. Soc. Japan*, 40:891–900. <https://doi.org/10.1143/JPSJ.40.891> (in Eng.).

Hirota R., (1976) A variety of nonlinear network equations generated from the Backlund transformation for the Toda lattice, *Prog. Theoret. Phys. Suppl.*, 59:64–100. DOI: 10.1143/PTPS.59.64 (in Eng.).

Hirota R. (1979) Nonlinear partial difference equations V. Nonlinear equations reducible to linear equations. *J. Phys. Soc. Japan* 46:312–319. <https://doi.org/10.1143/JPSJ.46.312> (in Eng.).

Hirota R., Satsuma J. (1976) A variety of nonlinear network equations generated from the Backlund transformation for the Toda lattice. *Prog. Theoret. Phys. Suppl* 59:64 – 100.

Ibragimov N.H. (2007) A new conservation theorem, *Math. Anal. Appl.*, 333:311-328. <https://doi.org/10.1016/j.jmaa.2006.10.078> (in Eng.).

Iguchi T. (2007) A long wave approximation for capillary-gravity waves and the Kawahara Equations. *Academia Sinica (New Series)* 2:179 – 220.

Inc M., Yusuf A., Aliyu A.I., Hashemi M.S. (2018) Soliton solutions, stability analysis and conservation laws for the brusselator reaction diffusion model with time- and constant-dependent coefficients, *The European Physical Journal Plus*, 133(5):11. DOI: 10.1140/epjp/i2018-11989-8 (in Eng.).

Kawahara T. (1972). Oscillatory solitary waves in dispersive media. *J. Phys. Soc. Japan* 33:260–264. DOI:10.1143/JPSJ.33.260 (in Eng.).

Khanal N., Wu J., Yuan J.-M. (2008) The Kawahara equation in weighted Sobolev space. *Nonlinearity* 21:1489–1505 <https://doi.org/10.1088/0951-7715/21/7/007> (in Eng.).

Myrzakul A., Nugmanova G., Serikbayev N., Myrzakulov R. (2021). Surfaces and Curves Induced by Nonlinear Schrodinger-Type Equations and Their Spin Systems. *Symmetry* 13:18-27. <https://doi.org/10.3390/sym13101827> (in Eng.).

Serikbayev N., Meirmanova A., Nugmanova G. (2020). Gauge Equivalence between the Two-Component Generalization of the (2+1)-dimensional Davey-Stewartson I equation and Γ spin system. *News of the national academy of sciences of the republic of Kazakhstan. Physico-mathematical series* 6, 334: 68 – 73. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1726.99> (in Eng.).

Tian S.F., Zhang Y.F., Zou L. (2017) Lie symmetry analysis, conservation laws and analytical solutions for the constant astigmatism equation, *Chin. J. Phys.*, 55:38-52.

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 участи 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.