

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

2023 • 2

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

Б А С Р Е Д А К Т О Р :

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 Тілеккабыл 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, PhD (биохимия, агрохимия), профессор, Корея биоғылым және биотехнология ғылымизерттеу институты (KRIBB), өсімдіктердің инженерлік жүйелері ғылыми-зерттеу орталығының бас ғылыми қызметкері, (Дэчон, Корея), Н = 34

БЕРСИМБАЕВ 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 менгерушісі, (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 менгерушісі, (Чебоксары, Ресей), Н = 23

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

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

КАЛАНДРА Пьетро, PhD (физика), наноқұрылымды материалдарды зерттеу институтының профессоры (Рим, Италия), Н = 26

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

БАЙМУҚАНОВ 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

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

ҚАЛИМӨЛДАЕВ Максат Нұрәліұлы, физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі (Алматы, Қазақстан), Н = 7

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

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

ЖҮСІПОВ 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 Жабағұлы, 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 № **KZ93VPR00025418** 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, 2023

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

АБНОВ Рухат, 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 Хамларда аль-Маджида, факультет восточной медицины Университета Хамларда (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

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

БАЙМУКАНОВ Дастанбек Асылбекович, доктор сельскохозяйственных наук, член-корреспондент НАН РК, главный научный сотрудник Департамента животноводства и ветеринарной медицины ТОО «Научнопроизводственный 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

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

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

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

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

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

ТАКИБАЕВ 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, Казахстанско-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 № KZ93VPYU00025418, 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, 2023 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>

© A.A. Zhadyranova, 2023

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

E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com

USING PYTHON SOFTWARE IN COSMOLOGY

Abstract. The article uses Bayesian Machine learning (BMO) to solve the problem of tension in gravity. The intensity in the work refers to the difference between the early measurements (for example, the cosmic microwave background and baryon acoustic oscillations) and the late (supernova type) values of the Hubble constant. The evolution of the Universe in teleparallel gravity is investigated. Gravity generalizes teleparallel gravity formulated on Weizenbeck space-time, characterized by a vanishing curvature tensor (absolute parallelism) and a non-vanishing torsion tensor. Observational constraints on modified teleparallel gravity are obtained using data obtained by the method of baryon acoustic oscillations (BAO) and the method of differential age. Results The model behaves like the cosmological constant Λ CDM under the condition. Gravity is also consistent with observations of baryon acoustic oscillations and the differential age method. Gravity can serve as a viable candidate among other modified theories of gravity. Bayesian model selection methods are used to compare gravity predictions with observations of baryon acoustic oscillations and the differential age method. The most probable models are determined. This approach will test the viability of gravity as a solution to the problem of tension. The Bayesian model selection system is described and the analysis methodology is considered. The results are presented and the implications for our understanding of gravity and the universe are discussed. The parameter spaces of background dynamics are studied using currently available Hubble observational data. The space–plane Universe of Friedman Robertson Walker is considered. In order to cover the different redshift ranges for both the lens and the sources, as well as the different number of lenses and sources, model-based data was generated.

Keywords: Bayesian machine learning, $f(T)$ gravity, H_0 tension

«This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan grant number AP14869238 Properties of cosmological models with higher-order geometric invariants against the background of cosmological observational data»

© А.А. Жадыранова, 2023

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

E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com.

КОСМОЛОГИЯДА РҮТНОН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫН ҚОЛДАНУ

Аннотация. Мақалада ауырлық күшіндегі шиеленіс мәселесін шешу үшін Байес Машиналық оқыту (БМО) қолданылады. Жұмыстағы шиеленіс ерте өлшемдер арасындағы айырмашылықты білдіреді (мысалы ғарыштық микротолқынды фон және бариондық акустикалық тербелістер) және кеш (типті суперновалар) Хаббл константасының мәндері. Телепараллель ауырлық күшіндегі Ғаламның эволюциясы зерттелуде. Ауырлық күші жойылып бара жатқан қисықтық тензорымен (абсолютті параллелизм) және жоғалып кетпейтін бұралу тензорымен сипатталатын вейценбек кеңістігінде тұжырымдалған телепараллельді ауырлық күшін жалпылайды. Бариондық акустикалық тербеліс (БАО) және дифференциалды жас әдісі арқылы алынған деректерді пайдалана отырып, өзгертілген телепараллельді ауырлық күшіне бақылау шектеулері алынды. нәтижелер модель космологиялық тұрақты Λ CDM сияқты әрекет етеді. Гравитация сонымен қатар бариондық акустикалық тербелістерді байқауға және дифференциалды жас әдісіне сәйкес келеді. Ауырлық күші басқа өзгертілген ауырлық теориялары арасында өміршең үміткер бола алады. Ауырлық күшін болжауды бариондық акустикалық тербелістерді бақылаумен және дифференциалды жас әдісімен салыстыру үшін Байес моделін таңдау әдістері қолданылады. Ең ықтимал модельдер анықталды. Бұл тәсіл ауырлық күшінің өміршеңдігін шиеленіс мәселесін шешу ретінде тексеруге мүмкіндік береді. Байес моделін таңдау жүйесі сипатталған және талдау әдістемесі қарастырылған. Нәтижелер ұсынылып, ауырлық күші мен ғаламды түсінуіміздің мағыналары талқыланды. Қазіргі уақытта қол жетімді Хаббл бақылау деректерін пайдалана отырып, фондық динамика параметрлерінің кеңістіктері зерттелді. Фридман Робертсон Уокердің кеңістіктік-жазықтық әлемі қарастырылады. Линзалар үшін де, көздер үшін де әртүрлі қызылмещысу диапазондарын, сондай-ақ линзалар мен көздердің әртүрлі санын қамту үшін модельдер негізінде деректер жасалды.

Түйін сөздер: Байес Машиналық оқыту, $f(T)$ гравитация, H_0 шиеленіс

«Осы зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырады грант № AP14869238 Космологиялық бақылау деректерінің аясындағы жоғары тәртіпті

геометриялық инварианттары бар космологиялық модельдердің қасиеттері
»

© А.А. Жадыранова, 2023

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

E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ PYTHON В КОСМОЛОГИИ

Жадыранова Алия Амирбековна — старший преподаватель кафедры общей и теоретической физики, Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, ул. Сапгаева 2, Астана, Казахстан

E-mail: a.a.zhadyranova@gmail.com;

Аннотация. В статье используется Байесовское машинное обучение (БМО) для решения задачи напряженности H_0 в гравитации $f(T)$. Под напряженностью в работе подразумевается разница между ранними измерениями (например, космический микроволновый фон и барионные акустические колебания) и поздними (сверхновые типа Ia) значения постоянной Хаббла. Исследуется эволюция Вселенной в телепараллельной гравитации $f(T)$. Гравитация $f(T)$ обобщает телепараллельную гравитацию, сформулированную на пространстве-времени Вейценбека, характеризующуюся исчезающим тензором кривизны (абсолютный параллелизм) и неисчезающим тензором кручения. Получены наблюдательные ограничения на модифицированную телепараллельную гравитацию, используя данные, полученные методом барионных акустических колебаний (БАО) и методом дифференциального возраста. Результаты модель ведет себя подобно космологической постоянной Λ CDM при условии $\omega_{de} \approx -1$. Гравитация $f(T)$ также согласуется с наблюдениями барионных акустических колебаний и методом дифференциального возраста. Гравитация $f(T)$ может служить жизнеспособным кандидатом среди других модифицированных теорий гравитации. Используются методы выбора байесовской модели для сравнения предсказаний гравитации $f(T)$ с наблюдениями барионных акустических колебаний и методом дифференциального возраста. Определены наиболее вероятные модели. Такой подход позволит проверить жизнеспособность гравитации $f(T)$ в качестве решения проблемы напряженности H_0 . Описывается система выбора Байесовской модели и рассматривается методология анализа. Представлены результаты и обсуждены значения для нашего понимания гравитации и Вселенной.

Изучены пространства параметров фоновой динамики с использованием доступных в настоящее время данных наблюдений Хаббла. Рассматривается пространственно – плоская Вселенная Фридмана Робертсона Уокера. Для того, чтобы охватить различные диапазоны красного смещения как для объектива, так и для источников, а также разное количество объективов и источников были сгенерированы данные на основе моделей.

Ключевые слова: Байесовское машинное обучение, гравитация $f(T)$, напряженность H_0 ,

«Настоящее исследование финансируется Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан грант № AP14869238 Свойства космологических моделей с геометрическими инвариантами высшего порядка на фоне космологических наблюдательных данных»

Введение

Постоянная Хаббла, обозначаемая как H_0 , является фундаментальным параметром, определяющим скорость расширения Вселенной. Это играет решающую роль в нашем понимании космоса и его эволюции. Значение H_0 может быть измерено с использованием различных методов, включая космическое микроволновое фоновое излучение и метод определения расстояния по лестнице. Однако недавние наблюдения выявили расхождение в значении H_0 , полученном разными методами. Это несоответствие называется напряжением H_0 и вызвало большой интерес в научном сообществе.

Одно из возможных объяснений напряженности H_0 заключается в том, что наше нынешнее понимание гравитации является неполным. Модифицированные теории гравитации, такие как $f(T)$ гравитация, были предложены в качестве альтернативы Общей теории относительности (ОТО) для решения этой проблемы. $f(T)$ — это модифицированная версия телепараллельного эквивалента GR, где скаляр кручения T заменяет скаляр Риччи R в гравитационном действии. Эта теория привлекла большое внимание благодаря своей способности объяснять различные космологические наблюдения без необходимости использования темной материи.

Однако проверка гравитации $f(T)$ требует сравнения ее прогнозов с наблюдениями, что является сложной задачей. Байесовское машинное

обучение (BML) предоставляет мощную платформу для достижения этой цели. BML — это статистический подход, который объединяет данные и предварительные знания для составления прогнозов и обновления убеждений. Он был успешно применен в различных научных областях, включая астрофизику и космологию, для анализа сложных наборов данных.

Конечная цель машинного обучения заключается в том, чтобы получить информацию из данных. Байесовский подход к машинному обучению представляет собой статистический подход, который позволяет нам обрабатывать неопределенность и неизвестные данные.

Байесовский машинный алгоритм использует теорему Байеса, чтобы обновлять вероятности переменных, основываясь на новых данных. Он основывается на принципе байесовского вывода, который предполагает, что нам нужно определить вероятность гипотезы на основе данных, а не наоборот.

Материалы и основные методы

Одним из альтернативных методов выполнения байесовского вывода является вариационный вывод. Он значительно быстрее, чем методы цепочки Маркова Монте-Карло (MCMC) и не страдает от проблем конвергенции, что делает его очень привлекательным для космологических и астрофизических приложений. Итак, как может быть полезен вариационный вывод. Это полезный инструмент, поскольку он предлагает решение задачи оптимизации путем аппроксимации целевой плотности вероятности. В качестве меры такой близости используется расхождение Kullback-Leibler (KL). В нашем случае целевой плотностью вероятности будет байесовская апостериорная, которая позволяет нам ограничивать параметры модели. Для этой цели первым шагом является нахождение или предложение семейства плотностей \mathcal{Q} , а затем нахождение члена этого семейства $q(\theta) \in \mathcal{Q}$, который является наиболее близким к целевой плотности вероятности. Этот элемент известен как вариационный задний, который минимизирует расхождение KL до точного заднего.

Использование программного обеспечения Python в космологии $f(T)$
гравитация

Было предложено несколько расширений общей теории относительности (Aldrovandi, 2013; Bengochea, 2009) и всесторонне исследованы для объяснения данных наблюдений в космологии и астрофизике. В частности, дополнительная гравитационная степень (степени) свободы из модифицированных гравитационных моделей мотивирована ускоряющимся расширением Вселенной как в более поздние, так и в ранние времена (инфляция). Большинство работ в этом направлении обычно исходят из стандартного гравитационного описания, т.е. из его формулировки кривизны, и различными способами расширяют действие Эйнштейна-Гильберта, например, $f(R)$ -гравитацию (Clifton, 2012), гравитацию Гаусса-Бонне (Carozziello, 2016), гравитация Лавлока, гравитация Хоравы-Лифшица

(Saridakis, 2016), массовая гравитация (Capozziello 2011) и некоторые другие. Однако в равной степени можно построить и гравитационные модификации, исходя из формулировки на основе кручения, а именно из Телепараллельного Эквивалента Общей Теории Относительности (Rham, Massive, 2014; Horava, 2009; Hayashi and Shirafuji, 1979; Linder, 2010; Mukhanov, 2007; Maluf, 2013). Поскольку в этой теории лагранжиан есть торсионный скаляр T , простейшей модификацией является $f(T)$ гравитация (Muhsin Aljaf, 2022; Nojiri, 2017; Nojiri, 2005).

Существуют различные направления, предложенные для построения модели тёмной энергии и тёмной материи. Три выбранные f функции гравитации $f(T)$ изучены в литературе и являются одними из предпочтительных. По имеющимся данным по сравнению с моделью Λ CDM В космологическом контексте постоянная Λ , введенная Эйнштейном, характеризует свойства вакуума, где полевые уравнения имеют пространственно-однородное статическое решение. Космологическая константа не была способна объяснить расширение Вселенной и впоследствии была отброшена. Однако в последние годы при построении космологических моделей, описывающих современное расширение Вселенной, в полевые уравнения снова внесли космологическую константу.

При рассмотрении телепараллель гравитации (Nojiri, 2005; Lovelock, 1971; Unzicker, 1961) используем буквы греческого алфавита $(\mu, \nu, \rho, \dots = 0, 1, 2, 3)$ для обозначения индексов, связанных с пространством-временем (базовое пространство), и буквы латинского алфавита $(i, j, k, \dots = 0, 1, 2, 3)$ для обозначения индексов, связанных с касательным пространством. Калибровочное преобразование определяется как локальное преобразование касательно-пространственных координат:

$$\delta x^i = \delta \alpha^j P_j x^i,$$

В гравитации $f(T)$ динамическими переменными являются тетрадные поля e_{μ}^A , где греческие индексы соответствуют координатам пространства-времени, а латинские индексы соответствуют координатам касательного пространства. Тетрадные поля e_{μ}^A образуют ортонормированный базис в касательном пространстве в каждой точке пространственно-временного многообразия. Отсюда следует, что они удовлетворяют соотношению $g_{\mu\nu} = \eta_{AB} e^A_{\mu} e^B_{\nu}$, где $g_{\mu\nu}$ метрика

пространства-времени, а $\eta_{AB} = (1, -1, -1, -1)$ метрика касательного пространства.

Соединение Вайтценбека в торсионной гравитации определяется как:

$$\hat{\Gamma}_{\mu\nu}^{\lambda} \equiv e_A^{\lambda} \partial_{\nu} e_{\mu}^A = -e_{\mu}^A \partial_{\nu} e_A^{\lambda} \quad (1)$$

Это соединение не включает кривизну Римана, а только ненулевое кручение, а именно:

$$T_{\mu\nu}^{\lambda} \equiv \hat{\Gamma}_{\mu\nu}^{\lambda} - \hat{\Gamma}_{\nu\mu}^{\lambda} = e_A^{\lambda} (\partial_{\mu} e_{\nu}^A - \partial_{\nu} e_{\mu}^A) \quad (2)$$

Кроме того, торсионный скаляр:

$$T = S_{\rho}^{\mu\nu} T_{\mu\nu}^{\rho} \quad (3)$$

где

$$S_{\rho}^{\mu\nu} \equiv \frac{1}{2} (K_{\rho}^{\mu\nu} + \delta_{\rho}^{\mu} T_{\alpha}^{\alpha\nu} - \delta_{\rho}^{\nu} T_{\alpha}^{\alpha\mu}) \quad (4)$$

вместе

$$K_{\mu\nu}^{\rho} \equiv \frac{1}{2} (T_{\mu}^{\rho} v^{\nu} + T_{\nu\rho}^{\mu} - T_{\mu\nu}^{\rho}) \quad (5)$$

Эта теория эквивалентна общей теории относительности на уровне уравнений движения и обобщенный Лагранжиан может быть записан как:

$$S = \int d^4 x e \left[\frac{1}{2k^2} f(t) + L_m \right] \quad (6)$$

где T — скаляр кручения, $e = \det(e_{\mu}^A) = \sqrt{-g}$, а L_m — материальный лагранжиан. Здесь e_{μ}^i компоненты векторного поля Вирбейна e_A в координатном базисе, то есть $e_A \equiv e^{\mu}_A \partial_{\mu}$. Обратите внимание, что в телепараллельной гравитации динамической переменной является поле Вирбейна $e_A(\chi^{\mu})$. Изменение действия относительно этого поля Вирбейна приводит к следующим гравитационным уравнениям движения:

$$\left[e^{-1} \partial_{\mu} (e S_i^{\mu\nu}) - e_i^{\lambda} T_{\mu\lambda}^{\rho} S_{\rho}^{\nu\mu} \right] f(T) + S_i^{\mu\nu} (\partial_{\mu} T) f_{TT} + \frac{1}{4} e_i^{\mu} f = \frac{1}{2} k^2 e^{\rho}_i T^{\nu}_{\rho}. \quad (7)$$

где $f_T \equiv \frac{\partial f(T)}{\partial T}$, а $f_{TT} \equiv \frac{\partial^2 f(T)}{\partial T^2}$, и $T(m)_{\rho}^{\mu}$ — тензор энергии-импульса материи.

Здесь скаляр кручения T задается через:

$$T = S_{\rho\mu\nu} T_{\mu\nu}^{\rho} \quad (8)$$

$$S_{\rho}{}^{\mu\nu} \equiv \frac{1}{2}(K_{\rho}{}^{\mu\nu} + \delta_{\rho}{}^{\mu}T_{\theta}{}^{\theta\nu} - \delta_{\rho}{}^{\nu}T_{\theta}{}^{\theta\mu}) \quad (9)$$

Здесь тензор искажения определяется как:

$$K_{\rho}{}^{\mu\nu} \equiv \frac{1}{2}(T_{\rho}{}^{\mu\nu} - T_{\rho}{}^{\nu\mu} - T_{\rho}{}^{\mu\nu}) \quad (10)$$

и тензор кручения выглядит следующим образом:

$$T_{\mu\nu}{}^{\lambda} \equiv \hat{\Gamma}_{\nu\mu}{}^{\lambda} - \hat{\Gamma}_{\mu\nu}{}^{\lambda} = e_i{}^{\lambda}(\partial_{\mu}e_{\nu}{}^i - \partial_{\nu}e_{\mu}{}^i) \quad (11)$$

Векторные поля Вирбейна связаны с метрикой через

$$g_{\mu\nu}(x) = \eta_{ij}e^i{}_{\mu}(x)e^j{}_{\nu}(x) \quad (12)$$

где $e_i \cdot e_j = \eta_{ij}$ и $\eta_{ij} = \text{diag}(1, -1, -1, -1)$. Теперь мы предположим плоскую однородную и изотропную FRW-вселенную с метрикой.

$$ds^2 = dt^2 - a^2(t) \sum_{i=1}^3 (dx^i)^2 \quad (13)$$

где t – космическое время. Тогда модифицированные уравнения Фрийдмана и уравнение неразрывности читаются как

$$-2TF_T + F = 2k^2 \rho_m \quad (14)$$

$$-8HTf_{TT} + (2T - 4H)F_T - F = 2k^2 p_m \quad (15)$$

$$\dot{\rho}_m + 3H(\rho_m + p_m) = 0 \quad (16)$$

Этот набор может быть переписан следующим образом

$$-T - 2Tf_T + f = 2k^2 p_m \quad (17)$$

$$-8HTf_{TT} + (2T - 4H)f_T - f = 2k^2 p_m \quad (18)$$

$$\dot{\rho}_m + 3H(\rho_m + p_m) = 0 \quad (19)$$

Этот набор можно переписать как

$$-T - 2Tf_T + f = 2k^2 p_m \quad (20)$$

$$-8HTf_{TT} + (2T - 4H)f_T - f = 2k^2 p_m \quad (21)$$

$$\dot{\rho}_m + 3H(\rho_m + p_m) = 0 \quad (22)$$

Фоновая динамика. Как мы видим в работе [21] уравнение состояния темной энергии может быть записано как:

$$w_{de} \equiv \frac{P_{de}}{\rho_{de}} = \frac{f - f_T T + 2T^2 f_{TT}}{(2Tf_T - f)(1 + f_T + 2Tf_{TT})} \quad (27)$$

В рассмотренной выше установке холодная темная материя будет иметь свою эволюцию, продиктованную сохранением тензора энергии-импульса

$$\dot{\rho}_{dm} + 3H\rho_{dm} = 0 \quad (28)$$

Плотность темной энергии также будет соответствовать уравнению сохранения (Pellegrini and Plebanski, 1963),

$$\dot{\rho}_{de} + 3H\rho_{de}(1 + w_{de}) = 0 \quad (29)$$

Для удобства мы переписываем [21] уравнение Фридмана как

$$E^2(z, r) = \Omega_{dm}^{(0)}(1+z)^3 + \Omega_{de}^{(0)}y(z, r) \quad (30)$$

где $y(z, r)$ равно:

$$y(z, r) \equiv \frac{1}{6H^2_0\Omega_{de}^{(0)}} [2Tf_T - f] \quad (31)$$

И $\Omega_{de}^{(0)}$ будучи параметром плотности темной энергии

$$\Omega_{de}^{(0)} = 1 - \Omega_{dm}^{(0)} \quad (32)$$

исследованы сохранения (Pellegrini and Plebanski, 1963) три модели $f(T)$. Три выбранные функции уже были изучены в литературе и являются одними из предпочтительных по имеющимся данным по сравнению с моделью Λ CDM. Байесовское машинное обучение влияет на прогнозы для каждой из трёх моделей.

Первая модель $f(T)$ (далее f_1 CDM) представляет собой степенную модель, которая читается как

$$f_1 = \alpha(-T)^p \quad (33)$$

Вторая $f(T)$ модель (далее f_2 CDM) известна как экспоненциальная модель и считается как

$$f_2(T) = \alpha T_0(1 - e^{-pT/T_0}) \quad (34)$$

Третья модель $f(T)$ (далее f_3 CDM), рассмотренная в данной работе, также имеет экспоненциальную форму, но имеет другую экспоненту, а именно:

$$f_3(T) = \alpha T_0(1 - e^{-p\sqrt{T/T_0}}), \quad p = \frac{1}{b} \quad (35)$$

Результаты

С использованием команды на python построен космологический график степенной модели

```

import numpy as np
from getdist import plots, MCSamples

# Define parameter values and errors
Omega_values = [0.267, 0.275, 0.237, 0.259, 0.256]
Omega_errs = [0.022, 0.018, 0.0167, 0.01, 0.006]
H_values = [67.58, 73.44, 73.18, 69.86, 73.054]
H_errs = [0.161, 0.1, 0.16, 0.125, 0.102]
p_values = [5.16, 5.15, 4.67, 4.87, 5.61]
p_errs = [0.1, 0.1, 0.142, 0.135, 0.095]

# Define parameter names and labels
names = ['Omega_dm', 'H_0', 'p']
labels = ['\\Omega_dm', '\\H_0', 'p']

# Create lists of samples for each parameter
samples_list = []
for i in range(len(Omega_values)):
    Omega_samples = np.random.normal(Omega_values[i], Omega_errs[i], 10000)
    H_samples = np.random.normal(H_values[i], H_errs[i], 10000)
    p_samples = np.random.normal(p_values[i], p_errs[i], 10000)
    samples = MCSamples(samples=[Omega_samples, H_samples, p_samples], names=names, labels=labels)
    samples_list.append(samples)

# Save samples to file
np.savetxt('Omega_samples_{}.txt'.format(i), Omega_samples)
np.savetxt('H_samples_{}.txt'.format(i), H_samples)
np.savetxt('p_samples_{}.txt'.format(i), p_samples)

# Define legend labels
legend_labels = ['Experiment {}'.format(i+1) for i in range(len(Omega_values))]

legend_labels = ['z1 ∈ [0.1,1.2], z2 ∈ [0.3,1.7], when N=50', 'z1 ∈ [0.1,1.2], z2 ∈ [0.3,1.7], when N=100', 'z1 ∈ [0.1,1.5], z2 ∈ [0.3,1.7], when N=100', 'z1 ∈ [0.1,2.0], z2 ∈ [0.3,2.5], when N=100', 'z1 ∈ [0.1,2.4], z2 ∈ [0.3,2.9], when N=100']

g = plots.get_subplot_plotter(subplot_size=2)
g.triangle_plot(samples_list, filled=True, legend_labels=legend_labels)

```

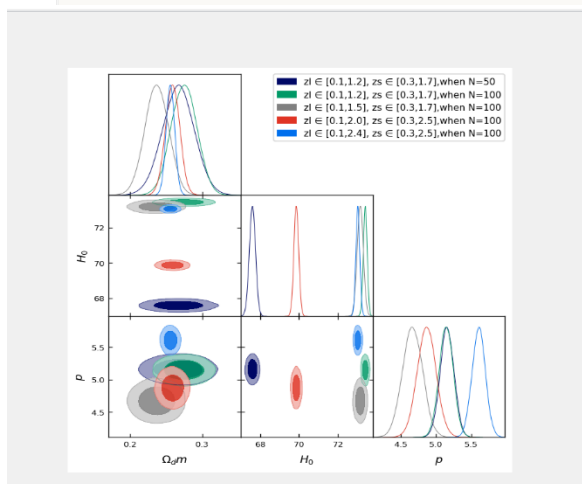


Рисунок 1. 1σ и 2σ графики контуров доверительного уровня для космологических параметров и параметра b для степенной модели

С использованием команды на python построен космологический график экспоненциальной модели

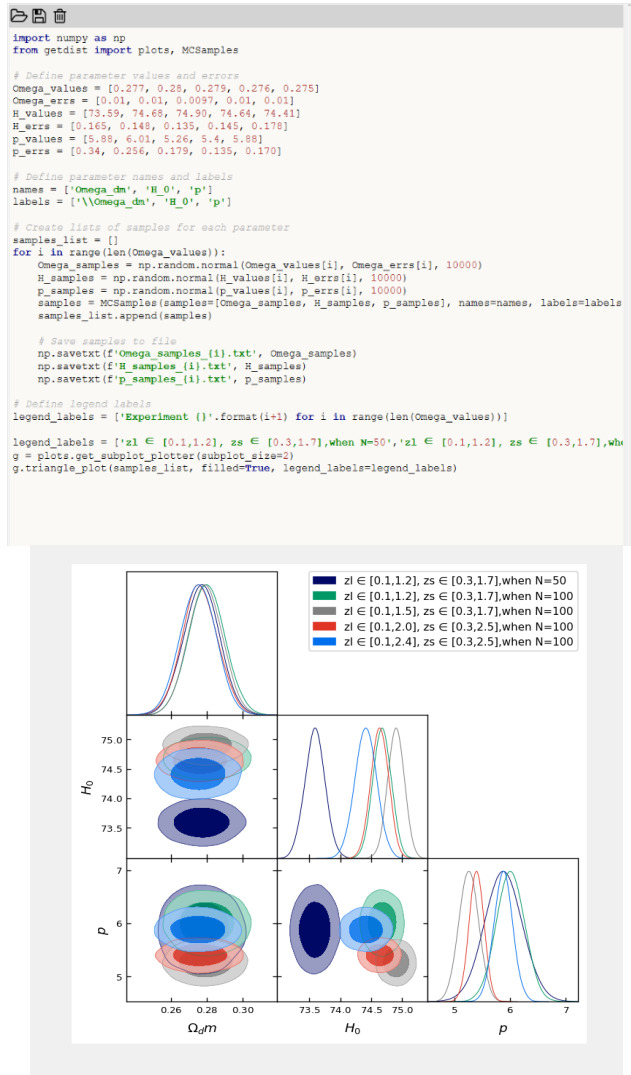


Рисунок 2. Контурные графики доверительного уровня 1σ и 2σ для экспоненциальной модели
 С использованием команды на python построен космологический график экспоненциальной модели

```

import numpy as np
from getdist import plots, MCSamples

# Define parameter values and errors
Omega_values = [0.267, 0.275, 0.237, 0.259, 0.256]
Omega_errs = [0.022, 0.018, 0.0167, 0.01, 0.006]
H_values = [67.58, 73.44, 73.18, 69.86, 73.054]
H_errs = [0.161, 0.1, 0.16, 0.125, 0.102]
p_values = [5.16, 5.15, 4.67, 4.87, 5.61]
p_errs = [0.1, 0.1, 0.142, 0.135, 0.095]

# Define parameter names and labels
names = ['Omega_dm', 'H_0', 'p']
labels = ['\\Omega_dm', 'H_0', 'p']

# Create lists of samples for each parameter
samples_list = []
for i in range(len(Omega_values)):
    Omega_samples = np.random.normal(Omega_values[i], Omega_errs[i], 10000)
    H_samples = np.random.normal(H_values[i], H_errs[i], 10000)
    p_samples = np.random.normal(p_values[i], p_errs[i], 10000)
    samples = MCSamples(samples=[Omega_samples, H_samples, p_samples], names=names, labels=labels)
    samples_list.append(samples)

# Save samples to file
np.savetxt(f'Omega_samples_{i}.txt', Omega_samples)
np.savetxt(f'H_samples_{i}.txt', H_samples)
np.savetxt(f'p_samples_{i}.txt', p_samples)

# Define legend labels
legend_labels = ['Experiment {}'.format(i+1) for i in range(len(Omega_values))]
legend_labels = ['z1 ∈ [0.1,1.2], z2 ∈ [0.3,1.7], when N=50', 'z1 ∈ [0.1,1.2], z2 ∈ [0.3,1.7], when N=100', 'z1 ∈ [0.1,1.5], z2 ∈ [0.3,1.7], when N=100', 'z1 ∈ [0.1,2.0], z2 ∈ [0.3,2.5], when N=100', 'z1 ∈ [0.1,2.4], z2 ∈ [0.3,2.5], when N=100']

g = plots.get_subplot_plotter(subplot_size=2)
g.triangle_plot(samples_list, filled=True, legend_labels=legend_labels)

```

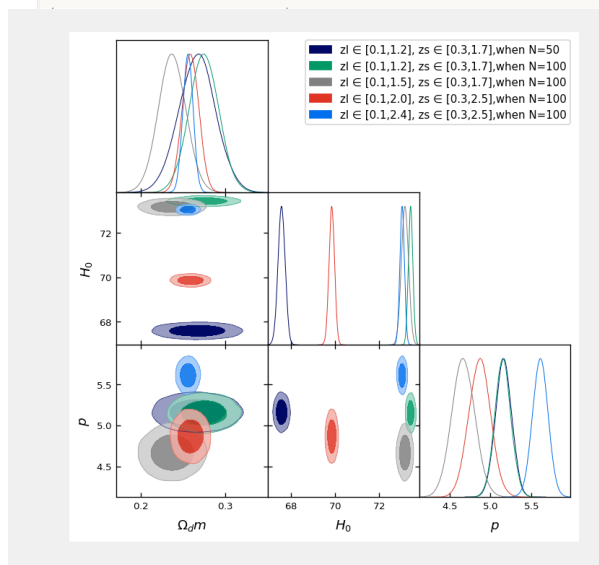


Рисунок 3. Контурные графики доверительного уровня 1σ и 2σ для экспоненциальной модели с квадратным корнем

Этот код строит треугольные графики для Байесовских выборок параметров модели, полученных в результате нескольких экспериментов. В начале кода определены значения параметров модели и их погрешности для каждого эксперимента, а также количество экспериментов. Затем для

каждого эксперимента генерируются выборки для каждого параметра модели с использованием нормального распределения с заданными средними значениями и погрешностями. Для каждой выборки создается объект класса MCSamples из библиотеки getdist, который представляет собой набор выборок с заданными метками и названиями для каждого параметра модели. Объекты MCSamples добавляются в список samples_list. Затем для каждой выборки сохраняются значения в текстовые файлы. Наконец, для списка samples_list строятся треугольные графики с помощью функции triangle_plot из библиотеки getdist, которая принимает список MCSamples, опционально заполненный цветом, а также список легенд для каждой выборки. Графики отображают зависимости между парами параметров модели, а также гистограммы для каждого параметра на диагонали графика.

Обсуждение

Использованы BML — Байесовское машинное обучение для ограничения космологических моделей, основанных на гравитации $f(T)$, чтобы посмотреть, как эта проблема может быть решена там. Рассмотрели и изучили ограничения на степенные, экспоненциальные и экспоненциальные модели с квадратным корнем $f(T)$, используя SLTD в качестве основного элемента процесса генерации и ключевого компонента вероятностного подхода ML. Результаты содержат подсказку, показывающую, что более точные измерения временной задержки и количество линзовых систем могут существенно повлиять на ограничения на параметры модели. Принимая во внимание напряжение H_0 , проверены полученные результаты с помощью доступного OHD и обнаружены признак напряжения, которое может существовать между линзовыми сигналами GW + EM и OHD. Использование $f(T)$ в свете данных SLTD может решить напряженность H_0 .

Заключение

Поскольку расстояния с временной задержкой могут быть измерены по сигналам гравитационных волн линз и их соответствующим аналогам электромагнитных волн, наш подход может быть очень полезен в процессе идентификации источника. Действительно, найден четкий намек на то, что у нас могут быть очень сильные ограничения на системы GW + EM с линзами и разумная комбинация этого с моделированием, основанным на LSST, телескопе Эйнштейна (ET) и Обзоре темной энергии (DES) может обеспечить мощный инструмент для настоящего космологического анализа. Подход, предложенный в настоящем документе, может быть легко расширен и для ограничения систем линзирования.

REFERENCES

De Andrade V.C., Guillen L.C.T., Pereira J.G.— Teleparallel Gravity: An Overview // IX Marcel Grossmann Meeting. [arXiv:gr-qc/0011087].

- R. Aldrovandi and J.G. Pereira, 2013 — Teleparallel Gravity: An Introduction, Springer, Dordrecht (2013). – 13p.
- G.R. Bengochea and R. Ferraro, 2009 — Dark torsion as the cosmic speed-up, Phys. Rev. D 79, 124019 (2009), [arXiv:0812.1205].
- T. Clifton, P.G. Ferreira, A. Padilla and C. Skordis, 2012 — Modified Gravity and Cosmology, Physics Reports 513, 1 (2012), [arXiv:1106.2476].
- Y.F. Cai, S. Capozziello, M. De Laurentis and E.N. Saridakis, 2016 — $f(T)$ Teleparallel Gravity and Cosmology, Rept. Prog. Phys. 79 4 (2016), [arXiv:1511.07586].
- Cai Y.-F. Capozziello S., De Laurentis M., Saridakis E.N., 2016 — $f(T)$ teleparallel gravity and cosmology // Reports on Progress in Physics. - 2016. - Vol. 79. - P. 106901
- S. Capozziello and M. De Laurentis, 2011 — Extended Theories of Gravity, Phys. Rept. 509, 167 (2011), [arXiv:1108.6266].
- A. De Felice and S. Tsujikawa, 2010 — $f(R)$ theories, Living Rev. Rel. 13, 3 (2010), [arXiv:1002.4928].
- C. de Rham, Massive Gravity, Living Rev. Rel. 17, 7 (2014), [arXiv:1401.4173].
- P. Horava, 2009 — Membranes at Quantum Criticality, JHEP 0903, 020 (2009), [arXiv:0812.4287].
- K. Hayashi and T. Shirafuji, 1979 — New general relativity, Phys. Rev. D 19, 3524 (1979) [Addendum-ibid. D 24, 3312 (1982)].
- E.V. Linder, 2010— Einstein's Other Gravity and the Acceleration of the Universe, Phys. Rev. D 81, 127301 (2010), [arXiv:1005.3039].
- Mukhanov V., Winitzki S., 2007 — Introduction to quantum effects in gravity // Cambridge, UK: Cambridge University Press. - 2007. - P. 273.
- J.W. Maluf, 2013— The teleparallel equivalent of general relativity, Annalen Phys. 525, 339 (2013), [arXiv:1303.3897].
- Muhsin Aljaf, Emilio Elizalde, Martiros Khurshudyan, Kairat Myrzakulov, Aliya Zhadyranova, 2022 — Solving the H_0 tension in $f(T)$ Gravity through Bayesian Machine Learning // The European Physical Journal C. – 2022. – Vol. 82. – P. 1130.
- S. Nojiri, S.D. Odintsov, V.K. Oikonomou, 2017 — Modified Gravity Theories on a Nutshell: Inflation, Bounce and Late-time Evolution, Phys. Rept. 692 (2017), [arXiv:1705.11098].
- S. Nojiri and S.D. Odintsov, 2005 — Modified Gauss-Bonnet theory as gravitational alternative for dark energy, Phys. Lett. B 631, 1 (2005), [arXiv:hep-th/0508049].
- D. Lovelock, 1971 — The Einstein tensor and its generalizations, J. Math. Phys. 12, 498 (1971).
- A. Unzicker and T. Case — Translation of Einstein's attempt of a unified field theory with teleparallelism, [arXiv:physics/0503046]. C. M'oller, Conservation laws and absolute parallelism in general relativity, Mat. Fys. Skr. Dan. Vid. Selsk. 1, 3 (1961).
- C. Pellegrini and J. Plebanski, 1963 — Tetrad fields and gravitational fields, Mat. Fys. Skr. Dan. Vid. Selsk. 2, 1 (1963).

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN ISSN 2224-5227
Volume 2. Number 346 (2023), 19-26
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.206>
UDC 530.182

© **M.B. Albatyrova, Zh.M. Sagidullayeva***, 2023
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.
E-mail: mereyalbatyrova7139@gmail.com

ROGUE WAVE AND SOLITON SOLUTION FOR THE NONLINEAR INTEGRABLE SPIN MODEL

Albatyrova Merey — Master's student in Physics, Bachelor of Science in Physics, Department of General and Theoretical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University (ENU), Astana, Kazakhstan
E-mail: mereyalbatyrova7139@gmail.com
Sagidullayeva Zhanna — Master of Natural Sciences, Senior Lecturer, Department of General and Theoretical Physics, L.N. Gumilyov Eurasian National University (ENU), Astana, Kazakhstan
E-mail: sagidullayeva.zh@gmail.com

Abstract. In this paper, we explore the properties of soliton and rogue wave solutions of a nonlinear integrable equation using the Darboux transformation method, and discuss the possible practical applications of this research in various fields. These equations are important mathematical models for describing various wave phenomena in different physical systems, such as sound waves, light waves, and water waves. The Darboux method us allows to construct various interesting solutions like soliton and rogue wave solutions for nonlinear integrable equations. By studying the properties and behavior of soliton and rogue wave solutions, scientists could potentially develop new technologies and safety measures, especially in the fields of optical communication and marine engineering.

Key words: soliton solutions, nonlinear integrable equations, Darboux method, rogue waves

Acknowledgments. This research has been funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP14972423)

© **М.Б. Альбатырова, Ж.М. Сагидуллаева***, 2023
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті.
E-mail: mereyalbatyrova7139@gmail.com

СЫЗЫҚТЫ ЕМЕС ИНТЕГРАЛДАНАТЫН СПИНДІК МОДЕЛІ ҮШІН ҚИРАТУШЫ ТОЛҚЫН ЖӘНЕ СОЛИТОНДЫ ШЕШІМДЕР

Аннотация. Бұл мақалада біз Дарбу әдісін қолдана отырып, сызықты емес интегралданатын тендеулердің солитондық және қиратушы толқын шешімдерінің қасиеттерін зерттейміз және осы зерттеудің әртүрлі салалардағы әлеуетті практикалық қолданылуын талқылаймыз. Бұл тендеулер дыбыс толқындары мен жарық толқындары, теңіз толқындары сияқты әртүрлі физикалық жүйелердегі толқындық құбылыстарды сипаттайтын маңызды математикалық модельдер болып табылады. Дарбу әдісі сызықты емес интегралданатын тендеулердің дәл солитондық және қиратушы толқын шешімдерін құруға мүмкіндік береді. Солитон және қиратушы толқын қасиеттерін зерттеу арқылы ғалымдар жаңа технологиялар мен қауіпсіздік шараларын, әсіресе оптикалық байланыс пен теңіз техникасы саласында жаңа ашу жасай алады.

Түйін сөздер: солитон шешімдері, сызықты емес интегралданатын тендеулер, Дарбу әдісі, қиратушы толқын

©**М.Б. Альбатырова, Ж.М. Сагидуллаева***, 2023
Евразийский Национальный Университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан.
E-mail: mereyalbatyrova7139@gmail.com

РАЗРУШИТЕЛЬНЫЕ ВОЛНЫ И СОЛИТОННОЕ РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНОЙ ИНТЕГРИРУЕМОЙ СПИНОВОЙ МОДЕЛИ

Аннотация. В этой статье мы исследуем свойства солитонных и разрушительных волновых решений нелинейных интегрируемых уравнений с использованием метода Дарбу и обсуждаем потенциальные практические применения данного исследования в различных областях. Эти уравнения являются важными математическими моделями для описания различных явлений волн в разных физических системах, таких как звуковые волны и световые волны, волны воды. Метод Дарбу позволяет строить точные солитонные и разрушительные решения нелинейных интегрируемых уравнений. Изучая свойства и поведение солитонных и разрушительных волновых решений, ученые могут потенциально разрабатывать новые технологии и меры безопасности, особенно в области оптической связи и морского инжиниринга.

Ключевые слова: солитонные решения, нелинейные интегрируемые уравнения, метод Дарбу, разрушительные волны

Introduction

Nonlinear wave behavior in physical systems has been a topic of research interest for many years, with the goal of gaining a better understanding of the underlying physics of these systems. We will investigate a rogue wave and soliton solution for our model, which is a nonlinear integrable equation.

A soliton solution is a type of nonlinear wave that maintains its shape and speed as it propagates through a medium. On the other side, rogue waves characterized by their extreme height and steepness. Mostly rogue waves are several times larger than the surrounding waves. They can suddenly appear and destroy everything. Because of it rogue waves claimed to as monster waves. In this paper, we will investigate the K-IAE equation (see notations in the work of (Nugmanova et al., 2022)) and focus on the soliton and rogue wave solutions of the K-IAE using the Darboux method. This method is a powerful mathematical tool that can be used to construct explicit solutions for nonlinear integrable equations, making it an important tool for analyzing the properties of soliton and rogue wave solutions.

The relevance of solving these problems lies in their ability to accurately describe various wave phenomena in different physical systems. Understanding the behavior of these waves is important for gaining insights into the underlying physics of these systems and potentially developing new technologies and safety measures. They have applications in various fields such as hydrodynamics, electrodynamics, optical communication. For example, solitons have important applications in optical communication, while rogue waves are a major safety concern. These solutions are a valuable tool for analyzing the properties of phenomena. Overall, finding soliton solution and rogue wave solutions for our model is an important part of understanding wave phenomena and could have significant practical applications in various fields.

The aim of investigating the rogue wave and soliton solution is to find a new solution with a certain method and to improve our knowledge of the behavior of nonlinear waves in physical systems.

In the first section of our paper, we extensively investigate the model and examine its Lax representations, as well as discussing the origin of this model and thoroughly studying the properties of the S-matrix. In the second section, we explain in detail the method used for new solutions, which is a highly popular method in the field of solitons and widely used by soliton specialists. In this section, we add new values to old solutions to make them consistent with old data and use the L-matrix to obtain new values for the scalar potential u' . In the third section, we use the new values for S' and u' to find soliton and rogue wave solutions for our model. We choose an appropriate solution to the linear spectral problem to obtain new solutions for the required parameters. We find soliton solutions in the form of (3.11)–(3.12) and use seed solutions to obtain parameters for the rogue wave solutions, which are shown in equations (3.22)–(3.23), (3.30)–(3.31). In conclusion, we create visualizations of these waves using the mathematical software Maple for soliton and rogue wave solutions to obtain a more detailed understanding of the properties of our model.

Methods and materials

Section 1. Model and its Lax representation. The Heisenberg ferromagnet equation is a model in statistical mechanics that describes the dynamics of a collection of spins in a ferromagnetic material. On the other hand, the nonlinear Schrödinger equation (NLSE) is a well-known equation in nonlinear optics and other areas of physics. Remarkably, it turns out that the Heisenberg ferromagnet equation can be mapped onto the nonlinear Schrödinger equation via a gauge transformation. This means that the two equations are equivalent in some sense, even though they describe very different physical systems. (Zakharov, 1979; Hoffmann, 1999; Ding, 2000; Myrzakulov et al., 1998; Makhankov et al., 1998) proved that the two equations are equivalent found connection between their solutions and integral of motions.

This equivalence is an example of the deep connections that exist between seemingly disparate areas of physics, and highlights the power of mathematical techniques in unifying our understanding of the natural world. Gauge equivalence of these equation allows us to obtain infinite number of conservation laws and solutions for both systems which also would be equivalent. In general, this equivalence is a powerful tool that help us to apply techniques from one field to the other, and has led to many important insights in both statistical mechanics and nonlinear optics.

One of the remarkable example of such nonlinear model is nonlinear Schrödinger equation. There are exact solutions of the Schrödinger equation that transform and precisely determine and reveal new equations using various solution methods, including the Darboux method. Using these methods, scientists have found new equations analogous to the Heisenberg equation. From papers (Myrzakulova et al., 2022; Myrzakulov et al., 2022) we know that is the anisotropic ZE-equation, has the following form:

$$(1 + 2\beta(c\beta + d))\mathbf{S}_t - \mathbf{S}\mathbf{A}\mathbf{S}_{xt} - u\mathbf{S}_x - 2\beta(c\beta + d)\mathbf{S}_t + 4c\omega\mathbf{S}_x = 0, \quad (1.1)$$

$$u_x + \frac{1}{2}(\mathbf{S}_x^2)_t = 0, \quad (1.2)$$

$$\omega_x + \frac{1}{4(2\beta c + d)^2}(\mathbf{S}_x^2)_t = 0, \quad (1.3)$$

Assuming that $c=0$, the system of equations (1.1) - (1.3) was rewritten in the form

$$(1 + 2\beta d)\mathbf{S}_t - \mathbf{S}\mathbf{A}\mathbf{S}_{xt} - u\mathbf{S}_x = 0, \quad (1.4)$$

$$u_x + \frac{1}{2}(\mathbf{S}_x^2)_t = 0. \quad (1.5)$$

In order to obtain a new equation, we set $B=0$ and obtain the spin equation, or K-IA equation in vector form

$$\mathbf{S}_t - \mathbf{S}\mathbf{A}\mathbf{S}_{xt} - u\mathbf{S}_x = 0, \quad (1.6)$$

$$u_x + \frac{1}{2}(\mathbf{S}_x^2)_t = 0, \quad (1.7)$$

where $\mathbf{S} = (S_1, S_2, S_3)$ is a spin vector with length $S^2 = 1$.

We know that the KE can have different variants, which are gauge equivalent to each other. In our case, we will use the Darboux transformation to find solutions for the K-IA equation.

Equation (1.6)–(1.7) is integrable and admits a Lax representation. A Lax pair is a mathematical tool used in the study of nonlinear integrable equations. It consists of a pair of linear differential equations and a compatibility condition between them. A Lax pair is a way to transform a difficult nonlinear equation into two simpler linear equations, which can be easier to solve. The compatibility condition ensures that the solutions of the linear equations are also solutions of the original nonlinear equation. By proving the existence of these pairs, we can establish that the given equation is integrable and find its solutions. The Lax pair for this equation is written as follows in the research of (Nugmanova et al., 2022):

$$\psi_x = U\psi, \tag{1.8}$$

$$\psi_t = V\psi, \tag{1.9}$$

where

$$U = -i\lambda S, \tag{1.10}$$

$$V = \frac{2\lambda}{1-2\lambda}Z, \tag{1.11}$$

where

$$Z = 0.25([S, S_t] + 2iuS), \tag{1.12}$$

u is a scalar potential and spin vector presented in matrix form

$$S = \begin{pmatrix} S_3 & S^- \\ S^+ & -S_3 \end{pmatrix}, \tag{1.13}$$

$$S^\pm = s_1 \pm is_2. \tag{1.14}$$

Section 2. Darboux transformation methods. A Darboux transformation is a popular method for constructing new solutions arising from known solutions. It is a systematic way of generating a family of solutions by introducing an auxiliary function that satisfies a linear equation, called the spectral problem. This method was studied in the scientific papers of (Chen Chi et al., 2009; Nian- Bing et al., 1989; Schief et al., 2002; Yersultanova et al., 2016). In this article we will use the following technique: let us enter new function

$$\psi' = L\psi, \tag{2.1}$$

where L is a Darboux transforming matrix

$$L = \lambda N - I. \tag{2.2}$$

ψ' also satisfies the identical Lax representation in the form:

$$\psi'_x = U'\psi', \tag{2.3}$$

$$\psi'_t = V'\psi', \tag{2.4}$$

L matrix we consider from an article of Myrzakulov R. et al. (2015). It is easy to prove that the matrix L satisfies the equations

$$L_x + LU = U'L, \tag{2.5}$$

$$L_t + LV = V'L, \tag{2.6}$$

and we get

$$\begin{aligned} &\lambda N_t + \frac{0.5}{1-2\lambda}N[S, S_t] + \frac{i}{1-2\lambda}uNS - \frac{0.5}{\lambda(1-2\lambda)}[S, S_t] - \\ &- \frac{iuS}{\lambda(1-2\lambda)} - \frac{0.5}{1-2\lambda}[S', S'_t]N - \frac{iu'S'N}{1-2\lambda} + \frac{0.5}{\lambda(1-2\lambda)}[S', S'_t] + \frac{iu'S'}{\lambda(1-2\lambda)} = 0. \end{aligned} \tag{2.7}$$

Now collecting λ by the same powers we obtain

$$u' = \frac{((N[S, S_t] - [S', S'_t]N) + NuS)}{2i} S'^{-1}N^{-1}, \tag{2.8}$$

In the same way, the new solution S'

$$S' = NSN^{-1}. \tag{2.9}$$

So finally, we obtained 1-n fold Darboux transformation for considered spin system in form (2.9). Or we can rewrite it for spin matrix components as following

$$S^{+'} = S^+ + i \left(\frac{(\lambda_1^{-1} - \lambda_2^{-1})\psi_1^*\psi_2}{\Delta} \right)_x, \tag{2.10}$$

$$S^{-'} = S^- - i \left(\frac{(\lambda_1^{-1} - \lambda_2^{-1})\psi_1\psi_1^*}{\Delta} \right)_x, \tag{2.11}$$

$$S_3' = S_3 - i \left(\frac{\lambda_1^{-1}|\psi_1|^2 + \lambda_2^{-1}|\psi_2|^2}{\Delta} \right)_x, \tag{2.12}$$

here $\Delta = |\psi_1| + |\psi_2|$. Now we are ready to construct various types of soliton and solitonlike solutions using DT (2.8)–(2.12).

Section 3. Soliton and rogue wave solutions. In order to find exact solution we choose a solution of linear spectral problem as $\psi = (\psi_1, \psi_2)^T$, where

$$\psi_i = e^{i\theta_i}. \tag{3.1}$$

On purpose to find a new soliton solution for K-IA equation, we will consider the next expression of ψ_1 and ψ_2 :

$$\psi_1 = e^{i\theta_1}, \tag{3.2}$$

$$\psi_2 = e^{i\theta_2}, \tag{3.3}$$

here, θ is a parameter that determine the shape and behavior of the soliton and defines as

$$\theta_1 = mx - kt + \Delta, \tag{3.4}$$

$$\theta_2 = -(mx - kt + \Delta), \tag{3.5}$$

where m , k , and Δ are some constants. From the work of Drazin P.G. and Johnson R. S we know a seed solution as $S_3 = 0$ and

$$S^+ = f \operatorname{sech}(c(mx - kt + \phi)) e^{i(mx - kt - \Delta)}, \tag{3.6}$$

$$S^- = f \operatorname{sech}(c(mx - kt + \phi)) e^{-i(mx - kt - \Delta)}, \quad (3.7)$$

here f , ϕ , and γ are constant parameters.

In soliton theory, seed solution is a fundamental building block for constructing other solutions of the same type. Solitons are nonlinear waves with constant shape propagating. A seed solution is typically a simple soliton solution that can be used as a starting point for constructing more complex solutions. For example, by applying certain transformations to a seed solution, such as translations and reflections, one can generate new solutions with different shapes and speeds. The importance of seed solutions in soliton theory lies in their ability to generate a wide range of other solutions through these transformations. This allows researchers to study the properties of solitons in a systematic way and gain insights into their behavior and interactions. Seed solutions are an important tool in soliton theory that enable researchers to explore the rich and fascinating world of nonlinear waves. Substituting our seed solution and ψ we get

$$(\psi_1^* \psi_2)_x = -2ie^{-i(\theta_1 - \theta_2)} \quad (3.8)$$

$$(\psi_1 \psi_2^*)_x = 2ie^{-i(\theta_1 + \theta_2)} \quad (3.9)$$

and

$$\Delta = \psi_1^* \psi_1 + \psi_2^* \psi_2 \quad (3.10)$$

After some calculations we get new soliton solutions for the K-IA equation

$$S^{+'} = f \operatorname{sech}(c(mx - kt + \phi)) e^{i(mx - kt - \Delta)} + (\lambda_1^{-1} - \lambda_2^{-1}) m e^{-2i(mx - ct + \Delta)}, \quad (3.11)$$

$$S^{-'} = f \operatorname{sech}(c(mx - kt + \phi)) e^{-i(mx - kt - \Delta)} + (\lambda_1^{-1} - \lambda_2^{-1}) m e^{2i(mx - ct + \Delta)}. \quad (3.12)$$

For the scalar u' of our model as equation (2.8) we get figure (1g) and visual representation of obtained solutions (3.11) – (3.12) we present on figures (1a)–(1f)

First rogue wave solution. A rogue wave in a soliton context refers to an unusually large and rare wave that appears suddenly and disappears quickly. It is a type of ocean wave that is much taller than the surrounding waves and can pose a significant danger to ships and structures in the ocean. Rogue waves solution and soliton solution were studied in the scientific articles of (Guo et al., 2021; Sagidullayeva et al., 2022).

As a soliton, a rogue wave occurs when several solitons interfere with each other, leading to a wave with much higher amplitude than the individual solitons. This interference can happen in a variety of ways, such as the merging of two solitons, the interaction of solitons with random waves, or the reflection of solitons from a boundary. In electrodynamics, a rogue wave refers to an extremely intense and localized electromagnetic wave that occurs unexpectedly in a medium. This wave is also known as an optical rogue wave, as it is often observed in optical fibers and other waveguides.

Rogue wave solutions demands plane wave solutions as a seed solution

$$S^+ = 5n \sec(n(x - 7nt))^2 e^{(x - 7nt)}, \quad (3.13)$$

$$S^- = 5n \sec(n(x - 7nt))^2 e^{-(x - 7nt)}, \quad (3.14)$$

$$S_3 = 0.$$

To find a new rogue wave solution for the K-IA equation, we will examine the following expressions for ψ_3 and ψ_4 as:

$$\psi_3 = e^{i\theta_3}, \quad (3.15)$$

$$\psi_4 = e^{i\theta_4}, \quad (3.16)$$

for this case the parameter θ is specified as:

$$\theta_3 = x - 7nt, \quad (3.17)$$

$$\theta_4 = -(x - 7nt), \quad (3.18)$$

where n is a constant, which determines the scale of the wave. By using equations (3.15) – (3.16) and (3.17) – (3.18), we get the next expression:

$$(\psi_3^* \psi_4)_x = -2ie^{-2i(x - 7nt)} \quad (3.19)$$

$$(\psi_3 \psi_4^*)_x = 2ie^{2i(x - 7nt)} \quad (3.20)$$

and the same result was obtained for Δ in the form:

$$\Delta = \psi_3^* \psi_3 + \psi_4^* \psi_4 \quad (3.21)$$

And we get new rogue wave solutions for the K-1A equation in the form:

$$S^{+'} = 5n \sec(n(x - 7nt))^2 e^{(x - 7nt)} + \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) e^{-2i(x - 7nt)}, \quad (3.22)$$

$$S^{-'} = 5n \sec(n(x - 7nt))^2 e^{-(x - 7nt)} + \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right) e^{2i(x - 7nt)}, \quad (3.23)$$

Figures (2a) displays a graphical representation of equation (2.8), while figures (2b) - (2r) depict graphical representations of equations (3.22) - (3.23).

Second rogue wave solution. In order to obtain second rogue wave solutions, we will use seed solutions as:

$$S^+ = \frac{g(j + lg^2 + rg^4)}{1 + qg^2} \quad (3.24)$$

$$S^- = \frac{g(j - lg^2 + rg^4)}{1 + qg^2}, \quad (3.25)$$

$$S_3 = 0.$$

where the parameters l , r , and j are considered to be constants and g regarded as:

$$g = e^{\frac{(x^2+t^2)}{2}}$$

For this case, we will take ψ_5, ψ_6 and θ_5, θ_6 to be:

$$\psi_5 = e^{i\theta_5}, \tag{3.26}$$

$$\psi_6 = e^{i\theta_6}, \tag{3.27}$$

$$\theta_5 = -\frac{(x^2 + t^2)}{2}, \tag{3.28}$$

$$\theta_6 = \frac{x^2 + t^2}{2}, \tag{3.29}$$

As a result, we obtained secondary rogue wave solutions for our model in the following form:

$$S^{+'} = \frac{g(j + lg^2 + rg^4)}{1 + qg^2} + \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)xe^{i(x^2+t^2)}, \tag{3.30}$$

$$S^{-'} = \frac{g(j + lg^2 + rg^4)}{1 + qg^2} - \left(\frac{1}{\lambda_1} - \frac{1}{\lambda_2}\right)xe^{-i(x^2+t^2)}, \tag{3.31}$$

Figures (3a) - (3d) depict graphical representations of equations (3.30)–(3.31), whereas figure (3e) displays a graphical representation of equation (2.8).

Results

Outcomes for the soliton solutions:

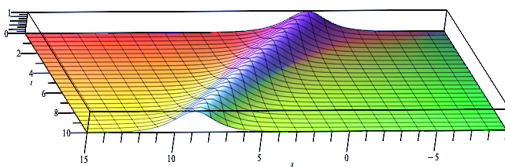


Figure 1(a). Graphic for the function $S^{+'}$ with parameters $f = 1, \gamma = 1, m = 1.5, \Delta = 1, \varphi = 1$.

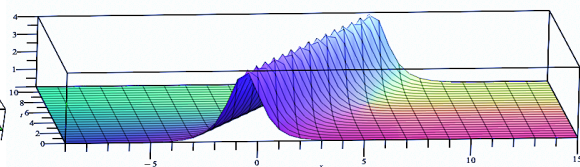


Figure 1(b). Graphic for the function $S^{+'}$ with parameters $f = 4, \gamma = 1, m = 1.5, \Delta = 1, \varphi = 1$.

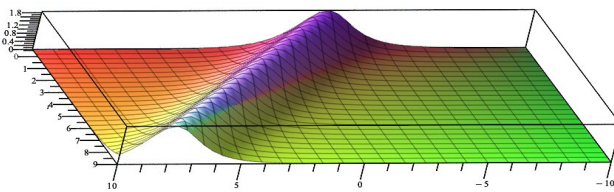


Figure 1(c). Graphic for the function $S^{-'}$ with parameters $f = 1.864353, \gamma = 1, m = 1, \Delta = 1, \varphi = 1$.

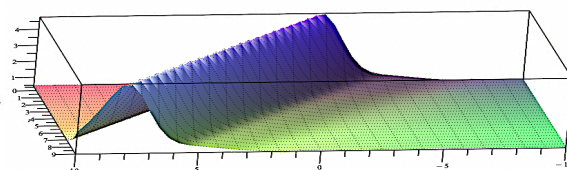


Figure 1(d). Graphic for the function $S^{-'}$ with parameters $f = 4, \gamma = 1, m = 1, \Delta = 1, \varphi = 1$.

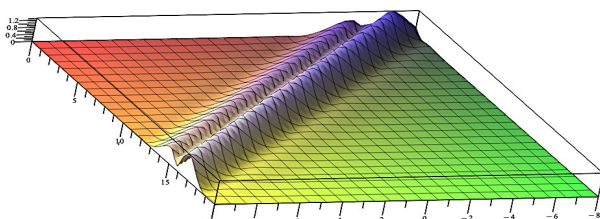


Figure 1(e). Graphic for the function $S_1^{'}$ with parameters $f = 1.2, \gamma = 1, m = 1, \Delta = 1, \varphi = 1$, and where $S_1^{'} = S^{+'} + S^{-'}$.

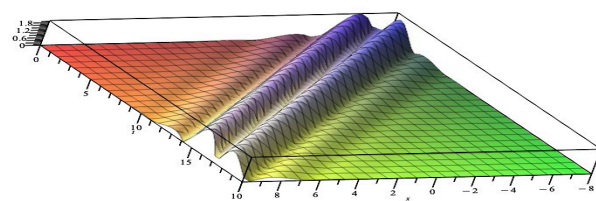


Figure 1(f). Graphic for the function $S_2^{'}$ with parameters $f = 1.2, \gamma = 1, m = 1, \Delta = 1, \varphi = 7$, and here $S_2^{'} = S^{+'} - S^{-'}$.

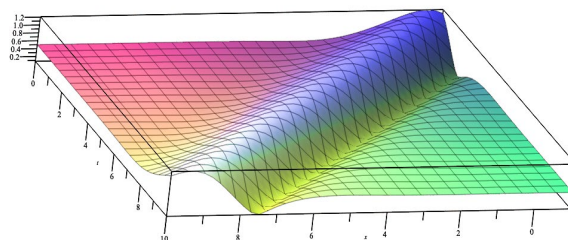


Figure 1(g). Graphic of the function $u^{'}$ with parameters $f = 1, \gamma = 1, m = 5, \Delta = 1, \varphi = 1$ for the soliton solution. Outcomes for the first case of rogue wave solutions:

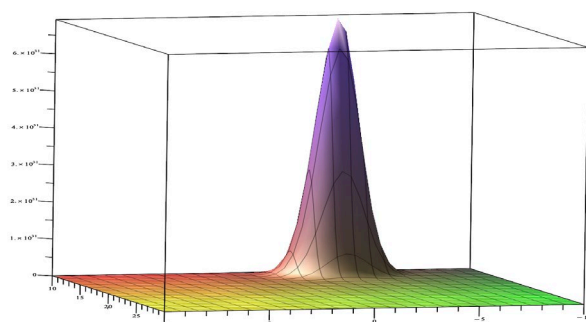


Figure 2(a). Graphic for the function u' with parameters $n=1$.

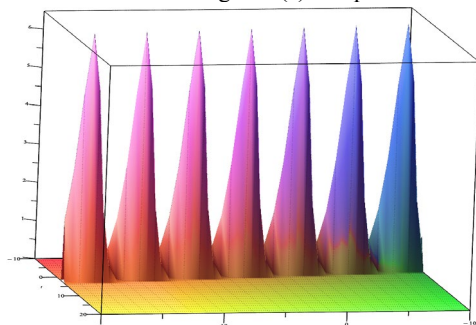


Figure 2(b). Graphic for the function $S^{+'}$ where $n = 1$. The magnitude of the waves is determined by this n .

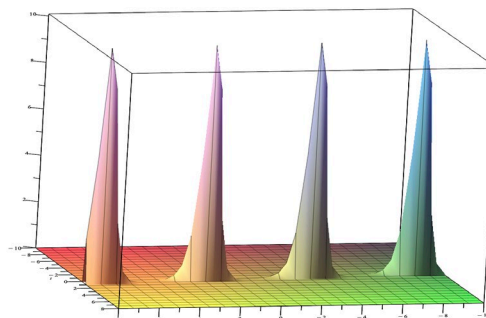


Figure 2(c). Graphic for the function $S^{+'}$ where $n = 2$.

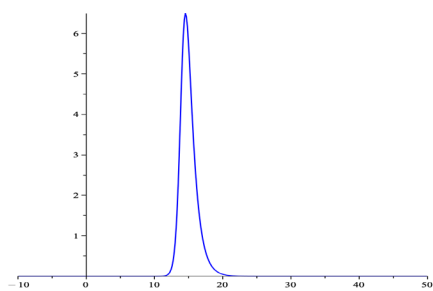


Figure 2(d). 2D Graphic for the function $S^{+'}$ where $x = 10 \dots 20, t = 7$.

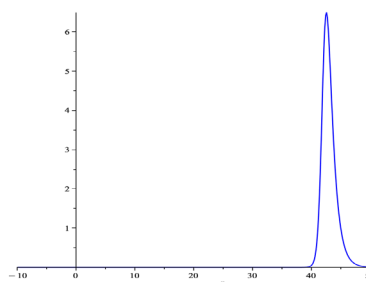


Figure 2(e). 2D Graphic for the function $S^{+'}$ where $n = 2, x = 40 \dots 50, t = 7$.

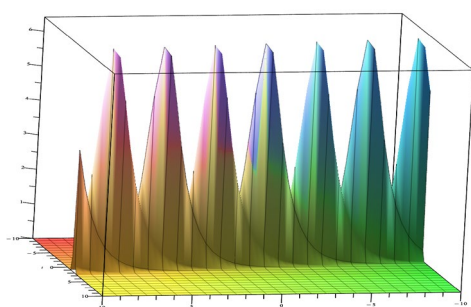


Figure 2(f). Graphic for the function $S^{-'}$ where $n = 1$.

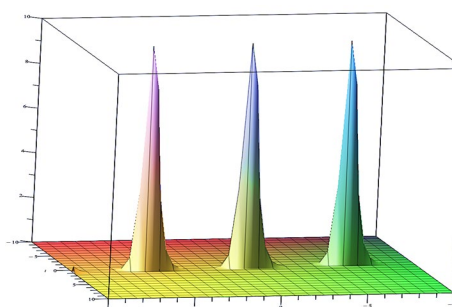


Figure 2(g). Graphic for the function $S^{-'}$ where $n = 2$.

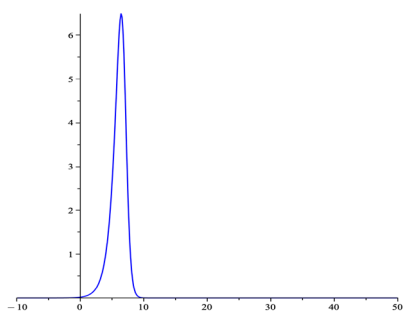


Figure 2(h). 2D Graphic for the function $S^{-'}$ where $x = -10 \dots 50, t = 2$.

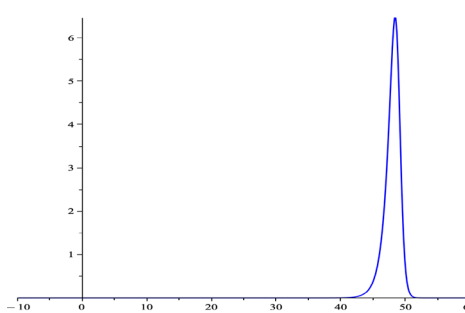


Figure 2(r). 2D Graphic for the function $S^{-'}$ where $n = 2, x = -10 \dots 60, t = 7$.

Outcomes for the second case of rogue wave solutions:

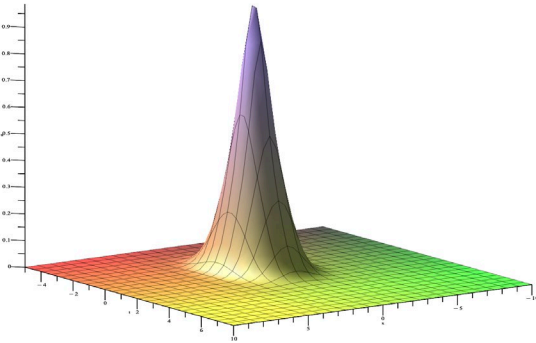


Figure 3(a). Graphic for the function S^+ where $j = 1$, $l = r = 2$, $q = 4$.

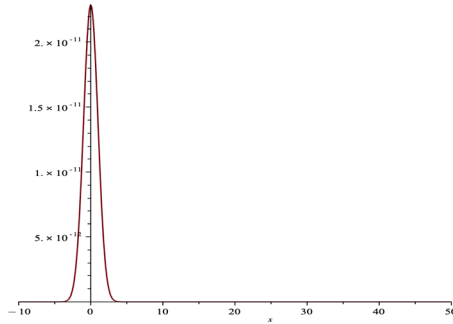


Figure 3(b). Graphic for the function S^+ . $x = -10 \dots 50$, $t = 7$ and $l = r = 2$, $q = 4$, $j = 1$.

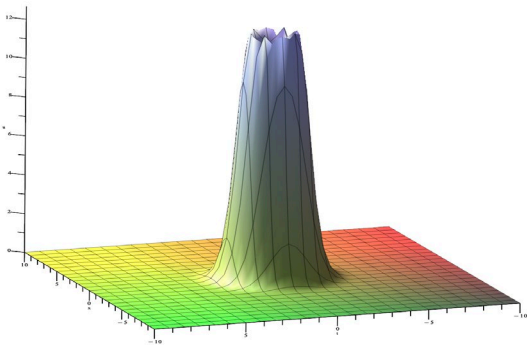


Figure 3(c). Graphic for the function S^- where $j = 51$, $l = r = 2$, $q = 4$.

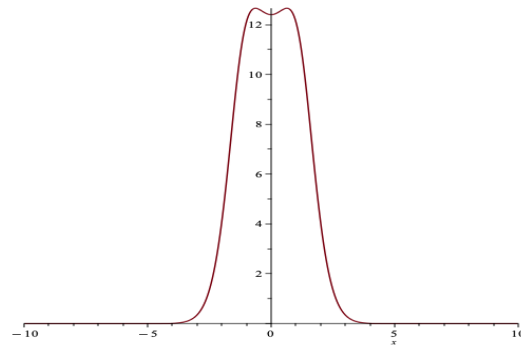


Figure 3(d). Graphic for the function S^- . $x = -10 \dots 10$, $t = 1$ and $l = r = 2$, $q = 4$, $j = 51$.

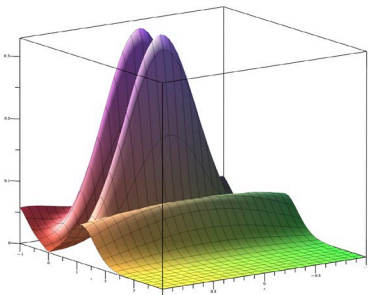


Figure 3(e1)

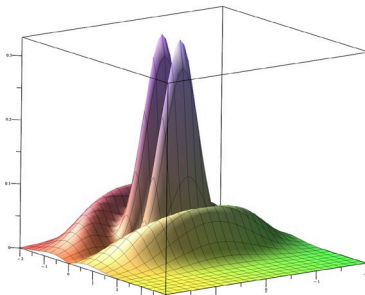


Figure 3(e2)

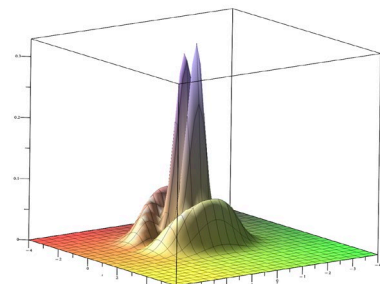


Figure 3(e3)

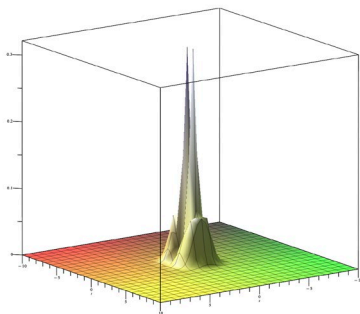


Figure 3(e4)

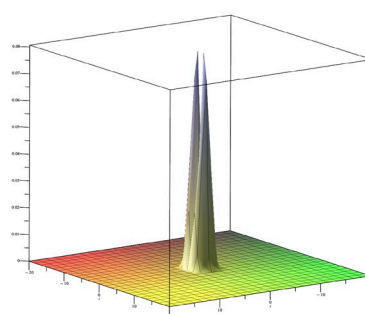


Figure 3(e5)

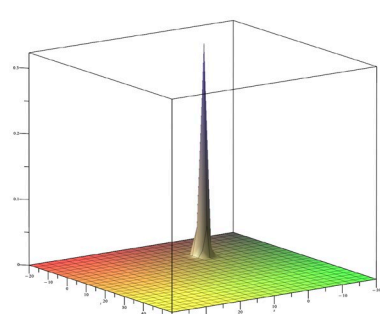


Figure 3(e6)

Figure 3(e). Graphic for the function u' for second case of rogue waves with values $l = r = q = j = 1$, $x = -1 \dots 1$, $t = -1 \dots 1$ for the figure 3(e1), $x = -2 \dots 2$, $t = -2 \dots 2$ for the figure 3(e2), $x = -4 \dots 4$, $t = -4 \dots 4$ for the figure 3(e3), $x = -10 \dots 10$, $t = -10 \dots 10$ for the figure 3(e4), $x = -20 \dots 20$, $t = -20 \dots 20$ for the figure 3(e5), and $x = -20 \dots 40$, $t = -20 \dots 55$ for the figure 3(e6).

Discussion

In our study, we found that the method used is suitable for our model. Using the Darboux transformation method, we obtained two different solutions, referred to as soliton and rogue waves. Additionally, with the help of the mathematical software Maple, we obtained representations of our model in soliton and rogue wave solutions. We understood that the method works and from our new values, graphs of rogue and soliton waves can be obtained.

Our analysis showed that the Darboux method is an effective tool for solving second-order differential equations with variable coefficients. This method allows the equation to be transformed into a canonical form, which can be easily solved using standard methods. However, we also identified some limitations of the Darboux method. This method is not suitable for all models, in particular, it can only be applied to linear second-order differential equations. Additionally, this method can be difficult to apply in some cases when the equation coefficients have a very complex form.

Conclusion

In this paper, we focused on examining the K-IA equation. We have confirmed the effectiveness of the transformation method used, leading to the discovery of new soliton and rogue wave solutions for the given equation. Additionally, a graph for the rogue wave solution was constructed using the mathematical software Maple, allowing for a clear demonstration of its properties and characteristics. As a result of our work, we have significantly expanded the understanding of this equation and its potential solutions, which may have important practical applications in various fields of science and technology.

We get soliton solutions for the spin operator S_2 , defined as $S_2 = \frac{1}{2}(S^+ + S^-)$. Similarly, we considered the spin operator $S_1 = \frac{1}{2}(S^+ - S^-)$ and obtained the corresponding rogue wave solutions. Our results can be used for further exploration of the properties of systems with spin operators S_1 and S_2 , as well as for the development of new methods for analyzing similar systems.

REFERENCES

- Bing X., Huang N., 1989 — Darboux Transformation Method for Finding Soliton Solutions of the Landau-Lifshitz Equation of a Classical Heisenberg Spin Chain, *Commun. Theor. Phys.*, 12:121-126. DOI: 10.1088/0253-6102/12/1/121 (in Eng.).
- Drazin P.G. and Johnson R.S., 1989 — *Solitons: An Introduction* (Cambridge Texts in Applied Mathematics, Series Number 2), Cambridge University Press. Pp. 14–16. ISBN-10: 0521336554, ISBN-13: 978-0521336550 (in Eng.).
- Q. Ding, 2000 — On the gauge equivalent structure of the discrete nonlinear Schrödinger equations, *Phys. Lett. A.*, 266. Pp. 146–154. DOI: 10.1016/S0375-9601(00)00027-X (in Eng.).
- Chen Chi, Zhou Zi-Xiang, 2009 — Darboux Transformation and Exact Solutions of the Myrzakulov-I Equation, *Chin. Phys. Lett.*, 26: 080504. DOI: 10.1088/0256-307X/26/8/080504 (in Eng.).
- Guo R., Wang H., 2021 — Soliton, breather and rogue wave solutions for the Myrzakulov-Lakshmanan-IV equation. 242:166353. DOI: 10.1016/j.ijleo.2021.166353 (in Eng.).
- Zakharov V.E., Takhtadzhyan L.A., 1979 — Equivalence of the nonlinear Schrödinger equation and the Heisenberg ferromagnetic equation, *Theoretical and Mathematical Physics*, vol. 38, no. 1. Pp. 26–35. DOI:10.1007/BF01030253 (in Eng.).
- Hoffmann T., 1999 — On the equivalence of the discrete nonlinear Schrödinger equation and the discrete isotropic Heisenberg magnet. [arXiv:solv-int/9907002](https://arxiv.org/abs/solv-int/9907002). Pp. 1–8. DOI: 10.1016/S0375-9601(99)00860-9 (in Eng.).
- Myrzakulov R., Nugmanova, G.N., Syzdykova R.N., 1998 — Gauge equivalence between (2+1) - dimensional continuous Heisenberg ferromagnetic models and nonlinear Schrödinger-type equations, *J. Phys. A Math. Gen.*, 31:9535–9545. DOI: 10.1088/0305-4470/31/47/013 (in Eng.).
- Makhankov V.G., Myrzakulov R., Pashaev O.K., 1998 — Gauge Equivalence, Supersymmetry and Classical Solutions of the $osp(1,1/1)$ Heisenberg Model and the Nonlinear Schrödinger Equation, *Letters in Mathematical Physics*, 16:83-92. DOI: 10.1007/bf00398174 (in Eng.).
- Myrzakulova Zh., Myrzakulov R., Nugmanova G., and Yesmakhanova K. (2022) — Integrable motion of anisotropic space curves and surfaces induced by the Landau-Lifshitz equation, [arXiv:2202.00748v2](https://arxiv.org/abs/2202.00748v2). Pp. 3–23. DOI: 10.48550/arXiv.2202.00748 (in Eng.).
- Myrzakulov R., Nugmanova G., Sagidullayeva Zh., Serikbayev N., Yesmakhanova K., and Yerzhanov K., 2022 — Integrable generalized Heisenberg ferromagnet equations in 1+1 dimensions: reductions and gauge equivalence, [arXiv:2205.02073v1](https://arxiv.org/abs/2205.02073v1). Pp.1–5. DOI: 10.48550/arXiv.2205.02073 (in Eng.).
- Myrzakulov R., Nugmanova G., Yesmakhanova K., Yersultanova Z.S., Zhassybayeva M., 2016 — Darboux Transformation and Exact Solutions of the Integrable Heisenberg Ferromagnetic Equation with Self-Consistent Potentials, [arXiv:1404.2270v2](https://arxiv.org/abs/1404.2270v2). Pp. 2–5. DOI:10.1142/s0219887815501340 (in Eng.).
- Myrzakulov R. and Sagidullayeva Zh.M., 2015 — Rogue Wave Solutions for the Heisenberg Ferromagnet Equation with Self-Consistent Potentials, 2–7 (in Eng.).
- Myrzakulov R., Nugmanova, G., Sagidullayeva Zh.M., Yesmakhanova K., 2022 — Soliton solutions of the Kuralay equation via Hirota bilinear method, 14(7):1374. DOI: 10.3390/sym14071374 (in Eng.).
- Nugmanova G.N., Sagidullayeva Zh.M., Serikbayev N.S., Myrzakulov R., 2022 — Integrable Kuralay equations: geometry, solutions and Generalizations, [arXiv:2206.05348v1](https://arxiv.org/abs/2206.05348v1), 1–16. DOI: 10.3390/sym14071374 (in Eng.).
- Schief W.K., Rogers C., 2002 — Backlund and Darboux Transformations. *Geometry and Modern Applications in Soliton Theory*, Cambridge University Press, 38–39. DOI: 10.1017/cbo9780511606359 (in Eng.).
- Yersultanova Z.S., Yesmakhanova K., Zhassybayeva M., Myrzakulov R., Nugmanova G., 2016 — Darboux transformation and exact solutions of the integrable Heisenberg ferromagnetic equation with self-consistent potentials, *Int. J. Geom. Meth. Mod. Phys.*, 13:1550134. DOI: 10.1142/s0219887815501340 (in Eng.).

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 27-33

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.207>

© **A.N. Karymbai***, **N.A. Sandybayeva**, **S.T. Toktaugalieva**, 2023

Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: aigera_karla@mail.ru

THE STRUCTURE OF TASKS OF DIFFERENT DEGREES OF COMPLEXITY WHEN STUDYING IN A HIGH SCHOOL PHYSICS COURSE

Karymbai A. N. — 3rd year doctoral student, Kazakh National Women's Pedagogical University, 050000, Almaty, Kazakhstan

E-mail: aigera_karla@mail.ru. ORCID:0000-0001-9475;

Sandybayeva N.A. — k.p.s., associate Professor, Kazakh National Women's Pedagogical University, 050000, Almaty, Kazakhstan

E-mail: nazira.s@mail.ru. ORCID:0000-0002-0283-0273;

Toktaugalieva S. T. — 3rd year doctoral student, Kazakh National Women's Pedagogical University, 050000, Almaty, Kazakhstan

E-mail: samga.toqtaugalyeva@mail.ru. ORCID:0000-0002-7867-3454.

Abstract. In this article, an individual classification of the structure of tasks of varying degrees of complexity of training in high school physics courses was compiled, the activities and tasks of each of them are shown. The article talked about the types and specifics of tasks, their significance and effectiveness. In the course of the study, it was found that secondary school students have an increased interest in physics, as well as a high role of various tasks to improve the quality of education. According to the order of their creation, its structure was considered and an example of each type of tasks was given (depending on the classification). In particular, the revision tasks were considered as theoretical and experimental. The theoretical tasks themselves were classified into such categories as calculation tasks requiring a clear quantitative answer, tasks considered by the content of the task (abstract, concrete), tasks of varying degrees of complexity (level "A", level "B", level "C" and level of creative tasks), tasks classified by composition tasks. Text tasks and theoretical tasks were also explained. If the tasks listed above are classified into categories and these tasks are presented to students, it is not only easier to assess their knowledge, but it is also expected that students' interest in the subject of physics will increase. And this system is planned to be offered for standardization.

Keywords: theoretical task, abstract task, level task, test task, problem solving, text task, problem solution, conditional calculation, modeling

© **А.Н. Қарымбай***, **Н.А. Сандибаева**, **С.Т. Тоқтауғалиева**, 2023

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан.

E-mail: aigera_karla@mail.ru

ОРТА МЕКТЕП ФИЗИКА КУРСЫНДА ОҚЫТУДА КҮРДЕЛІЛІК ДӘРЕЖЕСІ ӘРТҮРЛІ ТАПСЫРМАЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ

Қарымбай А.Н. — 3 – курс докторант, Физика, математика және ақпараттық технологиялар факультеті, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

E-mail: aigera_karla@mail.ru. ORCID:0000-0001-9475;

Сандибаева Н.А. — п.ғ.к., қауымдастырылған профессор, Физика, математика және цифрлық технологиялар факультеті, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

E-mail: nazira.s@mail.ru. ORCID:0000-0002-0283-0273;

Тоқтауғалиева С.Т. — 3 – курс докторант, Физика, математика және ақпараттық технологиялар факультеті, Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, 050000, Алматы, Қазақстан

E-mail: samga.toqtaugalyeva@mail.ru. ORCID:0000-0002-7867-3454.

Аннотация. Бұл мақалада орта мектеп физика курсына оқытуда күрделілік дәрежесі әртүрлі тапсырмалардың құрылымына жеке дара жіктеу жасалынып, әрқайсысының өзінің атқаратын қызметі мен міндеттері көрсетілді. Мақалада тапсырмалардың түрлеріне, және өзіндік ерекшеліктеріне, олардың маңыздылығы мен тиімділігіне тоқталды. Зерттеу жүргізу барысында орта мектеп оқушыларының физика пәніне қызығушылығын арттырып, білім сапасын арттыруға күрделілігі әртүрлі тапсырмалардың рөлі жоғары екендігі анықталды. Олардың құрылу реті бойынша оның құрылымы қарастырылып, тапсырманың әр түріне (жіктелуіне байланысты) мысал келтірілді. Атап өтілсе, тексеру тапсырмалар теориялық және эксперименттік тапсырмалар болып қарастырылды. Теориялық тапсырмалардың өзі нақты сандық жауап алуды қажет ететін есептік тапсырмалар, шарт есептің мазмұны бойынша қарастырылатын тапсырмалар (абстрактілі, нақты), күрделілік дәрежесі әртүрлі тапсырмалар («А» деңгейі, «В» деңгейі, «С» деңгейі және шығармашылық тапсырмалар деңгейі), есептің құрастырылуы бойынша жіктелетін тапсырмалар сынды категорияларға жіктелінді. Сондай — ақ мәтіндік тапсырмалар мен теориялық тапсырмаларға анықтама берілді. Жоғары көрсетілгендей тапсырмаларды категорияларға жіктеп, оқушыларға осы тапсырмалар ұсынылатын болса, олардың білімін бағалау оңай болып қана қоймай, оқушылардың физика пәніне деген қызығушылық артуы күтілуде. Және бұл жүйені стандарттауға ұсынылу көзделініп отыр.

Түйін сөздер: теориялық тапсырма, абстрактілі тапсырма, деңгейлік тапсырма, мәтіндік тапсырма, тапсырманы шешу, мәтіндік тапсырма, шартты есеп, модельдеу

© **А.Н. Карымбай***, **Н.А. Сандибаева**, **С.Т. Тоқтауғалиева**, 2023

Казахский национальный женский педагогический университет, Алматы, Казахстан.

E-mail: aigera_karla@mail.ru

СТРУКТУРА ЗАДАНИЙ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ ПРИ ОБУЧЕНИИ НА КУРСЕ ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ

Карымбай А.Н. — докторант 3 - курса, факультет физики, математики и информационных технологий, Казахский национальный женский педагогический университет, 050000, Алматы, Казахстан

E-mail: aigera_karla@mail.ru. ORCID:0000-0001-9475;

Сандибаева Н.А. — к.п.н., ассоциированный профессор, факультет физики, математики и информационных технологий, Казахский национальный женский педагогический университет, 050000, Алматы, Казахстан

E-mail: nazira.s@mail.ru. ORCID:0000-0002-0283-0273;

Тоқтауғалиева С.Т. — докторант 3 курса, факультет физики, математики и информационных технологий, Казахский национальный женский педагогический университет, 050000, Алматы, Казахстан

E-mail: samga.toqtaugalyeva@mail.ru. ORCID:0000-0002-7867-3454.

Аннотация. В этой статье была составлена индивидуальная классификация структуры заданий различной степени сложности обучения на курсах физики средней школы, показана деятельность и задачи каждого из них. В статье говорилось о типах и специфике задач, их значимости и эффективности. В ходе исследования было установлено, что у учащихся средней школы повышается интерес к физике, а также высока роль различных задач по повышению качества образования. По порядку их создания была рассмотрена его структура и приведен пример каждого вида заданий (в зависимости от классификации). В частности, ревизионные задания рассматривались как теоретические и экспериментальные. Сами теоретические задания были классифицированы на такие категории, как расчетные задания, требующие четкого количественного ответа, задачи, рассматриваемые по содержанию задачи (абстрактные, конкретные), задачи различной степени сложности (уровень «А», уровень «В», уровень «С») и уровень творческих заданий), задачи, классифицируемые по составлению задачи. Также были объяснены текстовые задания и теоретические задания. Если перечисленные выше задачи классифицировать по категориям и эти задачи предъявлять учащимся, то не только легче оценить свои знания, но и ожидается, что интерес учащихся к предмету физики повысится. И эту систему планируется предложить для стандартизации.

Ключевые слова: теоретическое задание, абстрактное задание, уровневое задание, текстовое задание, решение задачи

Кіріспе

Бүгінгі күні Қазақстан Республикасының білім беру жүйесі прогрессивті реформаланып, әлемдік білім кеңістігіне енудің алғашқы қадамдарын басып келеді. Ғылым мен техниканың күн санап өсуіне байланысты педагогика ғылымының теориясы мен оқыту үрдісі де түбегейлі өзгерістерге ұшырау үстінде, соған орай оқытудың парадигмасы өзгерді. Білім берудің мазмұны жаңарып, жаңаша көзқарас пайда болуда.

Еліміздің болашағы көркейіп, өркениетті елдер қатарына қосылуы, бүгінгі ұрпақ бейнесімен көрінеді. Дүниежүзілік озық тәжірибелерге сүйеніп, жаңа типті оқыту, яғни әр баланың табиғи қабілетін дамыту үшін қолайлы жағдайлар жасай отырып, оны жан-жақты дамыту керек. Қазіргі білім берудегі басты мақсат — жас ұрпақтың білім деңгейін көтеру және жан-жақты дамыған жеке тұлға қалыптастыру. Сонымен қатар, олардың өз бетімен жұмыс жасауларына жағдай жасау және шығармашылық қабілеттерін дамытуда жаңа педагогикалық технологиялардың емес оның элементтерін ұтымды пайдалану өзекті мәселеге айналып отыр.

Оқушылардың физика пәніне қызығушылығын арттыру үшін тексеру тапсырма тапсырмаларын күрделілік дәрежесі бойынша жіктеу және осы тапсырмалардың тиімділігін анықтау.

Осылаша, өзекті мәселелер мектеп қабырғасында оқушылардың физика пәнінен білім сапасын арттыру үшін күрделілігі әртүрлі деңгейлік тапсырмаларды пайдалану болып табылады, оларды жалпа орта білім беретін мектептерде, арнайы мамандандырылған мектеп, лицейлерде де пайдалануға болады және республикалық деңгейде білім сапасын бағалау мақсатында стандарттау қарастырылады.

Алынған нәтижелердің ғылыми жаңалығы:

-физика пәні бойынша тапсырмалар теориялық және эксперименттік болып жіктеледі. Бұл мақала барысында теориялық тапсырмалар өз ішінде бірнеше категорияларға бөлініп, қарастырылып, мысалдар келтіріледі. Күрделілігі әртүрлі тексеру тапсырмалар құрастырылып, әр деңгейге жіктеледі. Тапсырмалардың жіктелуін анықтау барысында теориялық анализ; білім заңдарына анализ; әдебиеттерге анализ; тапсырмалардың жіктелуіне қарай модельдеу жасалынады. Тексеру тапсырмаларының қай категорияға жататынын анықтамай жатып, оны өз ішінде күрделілігі бойынша жіктеу қиынға соғады.

Нәтижелер және оларды талқылау

Зерттеу әдістері бойынша әрбір тарауға қатысты тексеру тапсырмаларын аналитикалық тұрғыда категорияларға жіктелетінін толық көруге, білім сапа деңгейі осы жіктелуге байланысты да болатынын анықтауға мүмкіндік береді.

Бүгінгі таңда жас ұрпаққа пәнді тиімді ұғындырудың бірі — ақпараттарды жүйелендіріп, деңгейге бөлу болып табылады. Сонымен бірге өскелең ұрпақтың ақпараттарды (білімді) өмірлік тәжірибеге пайдалана білуіне назар аударған жөн. Өз іс-тәжірибемізде педагогикалық технологиялардың бірі — деңгейлік саралау технологиясының элементтерін қолданамын. Деңгейлеп оқыту технологиясының мақсаты: әрбір оқушы өзінің даму деңгейінде оқу материалын меңгеруін қамтамасыз етеді. Осындай материалдарды қамтыған қамтымағанын білу жолында күрделілік дәрежесі әртүрлі тапсырмалар жиынтығы пайдаланылады. Осы тұста мұғалім оқушының танымдық дамуының ерекшеліктеріне назар аудару қажет: қабылдау, есте сақтау, ұғымдарды қалыптастыру, мәселелерді шешу, қиял мен логика.

Оқу процесінде оқушылардың танымдық даму ерекшеліктерін ескере отырып, даралау және саралау жүзеге асырылады. Жалпы орта мектепте физика пәні бойынша білім сапасын арттыру үшін күрделілігі әртүрлі тапсырмалар қорын пайдаланған тиімді.

Зерттеу бойынша 9 — сынып оқушыларынан алынған күрделілігі әртүрлі тапсырмалар арқылы білім сапасы артатыны көрсетілген. Тапсырмалар күрделілік дәрежесі бойынша деп үш топқа бөлінді: «А» деңгейі, «В» деңгейі, «С» деңгейі. Күрделілігі әртүрлі тапсырмалар қорын пайдалану білім сапасын арттыру жолында үлкен маңызға ие. Жалпыға ортақ білім жүйесінде осы үш деңгейдегі тапсырмалардың құрылымына аса көңіл бөлген жөн (Татенов, 2007: 279).

Тапсырмалардың шешімін табу - бізге берілген оқытудың негізгі механизмі. Тапсырмаларды шешу арқылы жаңа білім алып және алған білім бекітіледі, миға сіңіріледі. Жүйеленген тапсырмаларды бір сарынды етіп қана қоймай, түрлі ситуациялық сұрақтармен ойын түрінде жасалса, балалардың қызығушылығы артып, келесі деңгейге өтуге (сол арқылы білім сапасын арттыруға мүмкіндік туады) ұмтылыс болады. Және мұндай ойындардың ерекшелігі — оқушылардың қиындыққа қарай жүруі. Мысалы, қарапайым гаджет, телефондағы ойындар да бастапқыда ең жеңіл деңгейінен өтсе, сосын ол қызық болмай кейінгі кезеңге ауысқысы келеді. Физикалық тапсырмалар ықтимал қиындықтарды бейнелейді делік, мысалы, құлау уақытын есептеу кезінде кездесуі мүмкін болатын кедергі, снарядтың

ұшу қашықтығын немесе газдың жануы кезінде пайда болатын қысым. Осындай тапсырмалардың оқытудан басқа тағы бір мақсаты бар, олар бізге оқу материалын меңгеру деңгейін анықтауға көмектеседі. Дәл осындай күрделілік дәрежесі әртүрлі тапсырмалар арқылы білім алушының сабақ тақырыбын немесе бөлімді қаншалықты барлық оқушы түсінгенін анықтау.

Күрделілігі әртүрлі тапсырмалар білім сапасын бақылау үшін өте ыңғайлы барлық басқа әдістерді іс жүзінде кіріктірген оқу үлгерімінің мониторингін шығаруға болады, өйткені оларда нақты жауап және шешім барысы бар.

Тапсырмаларды шешу, шешімін табу — бұл жаратылыстану пәндерінің ешқандай жағдайда назардан тыс қалмайтын артықшылығы. Е.В. Полицинский жазғандай, «есептерді шеше білу-оқу материалын зерделеу тереңдігін және оны игеруді бағалаудың ең жақсы критерийі» (Абросимов, 2006: 287). Тапсырмалар оқу материалын түсінуге байланысты, сондықтан бұл мәлімдеме оқу материалын терең зерттеу қажеттілігін мүмкіндігінше жақсы жеткізеді.

Сонымен қатар, ең бастысы, тапсырмалар оқушылардың өз білімдеріне деген сенімділігін арттыруға көмектеседі.

Физикалық мәселенің алғашқы анықтамасын Е.В. Полицинский береді: физикалық тапсырма - бұл білім алушыдан білім мен дағдыларды игеруге, ойлауды дамытуға бағытталған физиканың заңдары мен әдістеріне негізделген оны шешу, ойлау және физикалық заңдылықтарды түсіну үшін практикалық әрекеттерді талап ететін ақпараттық кодтың (мәтіндік, графикалық, бейнелі және олардың комбинациялары) көмегімен көрсетілген проблемалық жағдай.

Мәтіндік тапсырмалар-бұл тапсырмалардың көптеген түрлерін қамтитын ұғым, сондықтан әрі қарай айтпас бұрын олардың жіктелуін анықтау керек. Ең алдымен, олар екі үлкен блокқа бөлінеді — теориялық және эксперименттік. Теориялық есептер оқу процесінің көп бөлігін құрайды, сондықтан алдымен оларды қарастырыңыз.

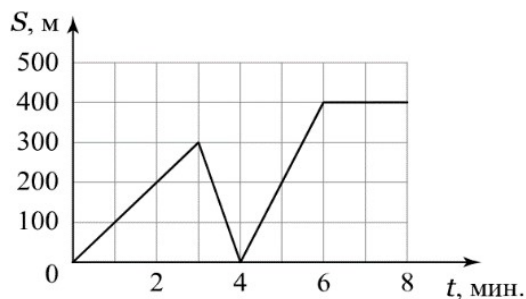
Теориялық тапсырма-бұл нақты жағдайларды модельдейтін есеп, бірақ нақты ғылым емес. Көбінесе біз нақты мәселені әр түрлі дәлдікпен сипаттайтын модельдер ретінде қабылдаймыз немесе В.С. Игропуло жазғандай, «теориялық (тапсырмалар) — «қағазда» компьютердің көмегімен шешілетін мәселе ретінде» (Ахмадулин, 2016: 79). Теориялық есептер ешқандай қосымша эксперименттерді қажет етпейді, яғни оның бастапқы деректері шартта келісіледі. Мектептегі тапсырмалардың көпшілігі, бұрын айтылғандай, теориялық сипатқа ие, бұл таңқаларлық емес, өйткені оларды шешу әлдеқайда аз уақытты алады, зертханалық жабдық пен алдын-ала дайындықты қажет етпейді.

Теориялық есептердің мүмкін болатын нұсқаларының саны өте көп, сондықтан тапсырмалардың бұл үлкен реті одан әрі категорияларға бөлінуді қажет етеді, атап айтқанда:

1. Нақты сандық жауап алуды қажет ететін есептік тапсырмалар. Мысал: егер штанганың массасы 1 кг болса және штанганың үйкеліс коэффициенті 0,3 болса, горизонтпен 30° бұрыш жасайтын көлбеу жазықтықтан айналатын штанганың үдеуін есептеңіз.

2. Сапалы есептер (качественные задачи) мәтіндік шешімді одан әрі логикалық негіздей отырып, тапсырманың шарттарын жалпы талдауды қажет етеді. Мысал: керемет зауытта қорғасын, алтын, темір және вольфрамнан бірдей көлемдегі жолақтар жасалады. Жолақтардың қайсысы ең ауыр болады?

3. Графиктер, суреттер, схемалар және басқа да көрнекі ақпарат көздерінің көмегімен шешілетін графикалық есептер. Мысал: оқушы таңертең мектепке бара жатып, үйде күнделігін



қалдырғаны есіне түсті. Ол үйге қайтып, күнделігін алды және сабаққа кешікпей бару үшін мектепке скутермен барды. Оқушының мектепке дейінгі қашықтықты, сондай-ақ скутерде жүру уақытын анықтаңыз. Егер ол күнделігін ұмытпаса, мектеп оқушысына мектепке жету үшін қанша минут қажет болар еді?

Осы классификациядан басқа, мысал ретінде басқаларын да ажыратуға болады:

II. шарт есептің мазмұны бойынша (Бабаева, 2011: 92–96).

1. Абстракттілі, онда тапсырманың шарттары мен талаптарының белгілі бір параметрлері ғана жазылады. Мысал: салмағы 10 кг болатын физикалық дене 140 Н жүктеме кезінде жыртылатын салмақсыз жіпке ілінеді. Егер жіпке тағы 2 кг салмақтағы денені ілсек, жіп көтере алады ма?

2. Нақты, тапсырма жүйесі шарттарды егжей-тегжейлі сипаттайды және егжей-тегжейлі көрсетеді. Мысал: фильм кинотеатрда түсіріледі, онда сценарий бойынша актер Трамплиннің көмегімен қайнаған қышқыл бар шұңқырдан секіруі керек. Трюк сәтті болуы үшін секіру кезінде кем

дегенде 40 м/с жылдамдыққа ие болу керек. Каскадер 10 м/с бастапқы жылдамдыққа ие бола отырып, 4 м/с^2 үдетіп бастайды және 8 секундтан кейін секіреді. Актер шұңқырдан секіре алатынын анықтаңыз.

3. Деңгейлік, күрделілік дәрежесі әртүрлі тапсырмалар. Мысалы:

1) Денені қай жағдайда материялық нүкте деп қарастыруға болатын мысалдарды анықтаңыз. Дұрыс жауаптарды таңдаңыз

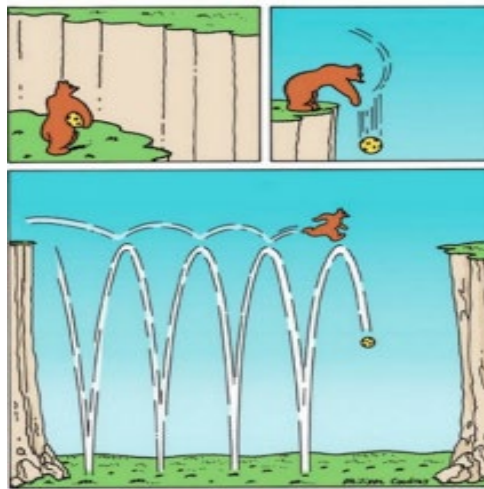
- А) Жерді айнала қозғалып жүрген жасанды серік
- Ә) Сынып бөлмесінде жүрген оқушы
- Б) Эскалатормен көтеріліп бара жатқан адам
- В) Мектеп ауласында ойнап жүрген оқушы
- Г) Жағалаудан алшақтап бара жатқан кеме

2) Дене шеңбер бойымен қозғала отырып, 5 с ішінде 2π радианға тең жол жүрсе, шеңбер радиусын 10 м деп ала отырып, дененің сызықтық жылдамдығын анықтаңыз.

3) Шеңбер бойымен бірқалыпты қозғалған дене, 9 секундта 18 айналым жасаса, онда дененің айналу периоды мен жиілігін табыңдар.

II. Есептің құрастырылуы бойынша

Шығармашылық, онда оқушы тапсырма бойынша сұрақты өзі қоюы керек және оны шешу керек. Мысалы 1 – сурет.



1 – сурет.

2) Тәжірибеге бағытталған, оқушы тапсырмалардағы сұраққа жауап беру үшін қажетті өлшем бірлікті анықтайды.

Мысал: Егер Марат шкафты 200 Н күшпен итерсе, жылжыта алатынын немесе жылжыта алмайтынын анықтаңыз. Еден мен ағаш шкафтың үйкеліс коэффициенті 0,33, ал шкафтың салмағы 100 кг. Сонымен қатар, шкаф жалпы салмағы 10 кг заттарға толы.

3) Ізденіске бағытталған, онда оқушы нақты қойылған сұраққа жауап іздейді. Мысал: Егер шкаф пен еденнің үйкеліс коэффициенті 0,33, ал шкафтың салмағы 100 кг және шкафта жалпы массасы 10 кг-ға тең заттар бар болса, шкафтың үйкеліс күшін анықтаңыз.

Жоғарыда аталып өткен шартты есептің мазмұны бойынша күрделілігі әртүрлі тапсырмалардың негізгі құрылымы келесідей жіктеледі:

Оқушыларға үш деңгейдегі жеке тапсырмалар беріледі. Бірінші деңгейдегі тапсырмалар — базалық стандарт болып табылады. Оларды орындауда оқушы бұл пәннен өткен тақырыпты қайталап айтып беру деңгейінде болады. Бұларды әрбір оқушы орындай алуы тиіс. Екінші деңгей тапсырмаларын оқушылардың оқу және ойлау қабілетін жетілдіретін жалпы және арнайы тәсілдерді игеруді қамтамасыз етеді. Үшінші деңгей тапсырмалары оқушылардың алған білімдерін ойлап, саралап пайдалануды талап етеді. Бір деңгейден екіншіге өту жүйесінің шекарасы сезілмейтіндей өте икемді болуы тиіс. Күрделілігі әртүрлі тапсырмалар кәдімгі қатардағы мектептегі әрбір оқушының артықшылықтарын есепке алатын «жеке тұлғаны жетілдіру» барысында да септігін тигізеді, мұндай мектепте балалар оқуға талпынатын, пән негіздерін жақсы бере алатын алдыңғы қатардағы оқу орнына айналады. Міне осындай тәсілдермен өзгермелі ортада тиімді шешімді жылдам қабылдай алатын, өзіндік ойлау қабілеті бар, өзін өзі жетілдіре алатын, жаңа типтегі адамды қалыптастыруға, тәрбиелеп шығаруға болады. Осы тұрғыда батыстық оқыту жүйесіндегі принципке ұқсас, өз беініне өзінің мүмкіндігін анықтай алатын, өзі жеке қасиеттер қалыптастыруға, ерекшеленіп тұруға, жалпы өз

бетімен шешім қабылдауға бет бұрып келеді. Осындай қасиеттері бар адам әлеуметтік жағынан да өзін – өзі жақсы қорғай алады.

Күрделілік дәрежесі әртүрлі тапсырмалар таңдау және қолдау. Оқушы деңгейлік тапсырмаларды өздері таңдайды. Егер қиын деңгейдегі тапсырманы орындай алмаса, онда ол тапсырмадан жеңілірек алады; әрбір оқушы тапсырмамен қамтамасыз етіледі; сол деңгейдің есебін шығарып болса келесі деңгейдің есебіне өтуге қызығушылығы артады; оқушыларда бір — бірінен көшіру әдеті жоғалады, адамгершілік қасиетке, жоғары сапалы білімге баулиды; оқушылардың пәнге қызығушылығын арттырады, ақыл — ойын, ойлау қабілетін дамытады; Оқушы шығармашылық жеке тұлғасын қалыптастыруға ынтасын дамытудағы рөлі үлкен; жеке тапсырмалардың әр түрлі болуы жеке тұлғаның өзін — өзі дамытуға, оны әдебиеттерден ізденіп оқуға және өз бетімен білім алуға дағдыландырады; деңгейлік тапсырмалардың орындалуына қарап бағалау жеңіл болады. Деңгейлік тапсырмалар оқушылардың әр түрлі білім дәрежесіне сай ұсынылады. Деңгейлік тапсырмаларды орындағанда мұғалім – бақылаушы, кеңесші. Деңгейлік тапсырмаларды қолдануда оқушылардың ақыл-ой еңбегін жетілдіру талабы қойылады. Оқушыларға деңгейлік тапсырмалар оны орындау әдістемелік кешенімен ұсынылады. Бұл технологияда жұмыс міндеті үш деңгейлік және қосымша шығармашылық деңгей талаптарынан тұрады (Варламов, 2019: 184).

- 1-деңгей: міндетті, оқушылық;
- 2-деңгей: алгоритмдік;
- 3-деңгей: эвристикалық материалды саналы түрде меңгеру;
- 4-деңгей: шығармашылық – өз бетімен ауқымды оқу материалын меңгеру;

1-деңгейдегі тапсырмаларға:

- 1) Жаттап алуға лайықталған болуы керек;
- 2) Алдыңғы сабақта жаңадан меңгерілген білімнің өңін өзгертпей қайталап, пысықтауына мүмкіндік беру тиіс;
- 3) Тапсырмалар жаңа тақырып үшін тиімді және өмірмен байланысты болуы керек.
- 4) Немесе жеңіл формуланы қолданып есептің шешімін табу. Мұндай тапсырмаларды құрастырған кезде олардың танымдылығы мен қызығушылық жақтарына көңіл аударған жөн.

2-деңгейлі тапсырмаларға:

- 1) Өтіп кеткен материалды реттеуге және жүйелеуге берілген тапсырмалар;
- 2) Оқушылардың ойлау қабілетін жетілдіруге берілетін тапсырмалар. Бұлар: логикалық есептер, ребустер мен сөз жұмбақтар.

3-деңгейлік тапсырмаларға:

- 1) Танымдық — ізденім түрдегі тапсырмаларды орындау барысында оқушылар жаңа тақырып бойынша меңгерген алғашқы қарапайым білімділігін жетілдіріп, тереңдетумен қатар, ол тағы да жаңа білімді меңгеріп, өзі үшін жаңалық ашуы тиіс. Мұндай жұмыс — анализ бен синтез және салыстыру арқылы негізгісін анықтау, қорытындылау сияқты ой жұмыстарын қажет етеді.
- 2) Әртүрлі әдіс-тәсілдермен шешілетін есептер.
- 3) Өздігімен мысалдар мен есептер құрастыру және оны өздігімен шығару, өмірден алынған мәліметтер диаграмма, графиктер салу, жергілікті жағдайда өлшеу жұмыстарын жүргізу, көрнекі құралдар дайындауға берілетін тапсырмалар, ой қорытуға арналған, дағды қалыптастыратын тапсырмалар.

4-деңгей шығармашылық деңгей тапсырмалары:

- 1) Оқушылардың жинаған өмірлік тәжірибесі мен қалыптастырған ұғым, түсініктердің қиялы мен белсенді ой еңбегінің нәтижесінде жаңаша, бұған дейін болмаған, белгілі бір дәрежеде олардың басының икемділігін байқататын дүние жасап шығуына негізделген (теорема дәлелдеу, заңдылықтарды оқулыққа сүйенбей мұғалімнің көмегісіз қорытып шығару).

- 2) Олимпиада есептерін шығару.

- 3) Берілген тақырыпқа өз бетімен реферат, ғылыми жобалар қорғау. Демек, бұл тапсырмалар — оқушылардың біліктілігі мен дағдысын қалыптастыру және оны бағалау деңгейі болады. Барлық оқушылар жұмысын бір мезгілде бастап әрқайсысы білім игерудегі өз қабілетіне қарай өз биігіне жетеді. Әр оқушының әр пәннен 100 % үлгеріміне қол жеткізудің кепілі болады және әр оқу пәнінің барлық тақырыбы бойынша ең болмағанда міндетті 1-деңгейді игеруін толық жүзеге асырады. Бұл өз кезегінде, мемлекеттік стандарттың талаптарының орындалуына әкеліп, оқушылардың пән бойынша түсінігі болады. Және барлық жалпы орта мектептер мен арнайы мамандандырылған мектептерге ортақ бағалау жүйесі қалыптасады.

Қорытынды

Қазіргі таңда білімді, бәсекеге қабілетті ұрпақ тәрбиелеу — әрбір жоғары оқу орны мен жалпы орта білім беретін мекемелердің басты міндеті. Білім алушылардың физика пәніне деген қызығушылығын арттыру үшін күрделілігі әртүрлі тапсырмалардың жиынтығының рөлі зор маңызға ие.

Физика пәні бойынша тапсырмаларды теориялық және эксперименттік тапсырма деп екіге бөліп қарастыруға болады. Теориялық тапсырманың түрлері мен саны көп болғандықтан, бірнеше категорияларға бөліп қарастырған дұрыс. Мысалы, нақты сандық жауапты қажет ететін тапсырма, сапалы есептер, графикпен берілген есептер. Ал шартты мәніне қарай; абстрактілі, нақты. Тапсырманың күрделілік деңгейіне қарай: «А» деңгей, «Б» деңгей, «С» деңгей және олимпиадалық есептер деп жіктелінді. Деңгейлік тапсырмалар, оқушылардың өз еріктері бойынша таңдалынып алынады. Яғни «А» деңгейіндегі тапсырмаларды толық шешкен бала — «3» деген бағаға лайық балды алады, ал «Б» деңгейінде — «4», «С» деңгейінде — «5» деген бағаға ие болады. Осының нәтижесінде мұғалімнің бағалау жүйесі стандартқа сай келеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- Абросимов Б.Ф., 2006 — Физика. Есептерді шешудің жолдары мен әдістері / Абросимов Б.Ф. – Москва, Экзамен баспасы, 2006 ж.—287б.
- Ахмадулин Ш.Т., 2016 — Балалардың мотивациясы. Баланы оқуға қалай ынталандыруға болады. / Ахмадулин Ш.Т. Шарафиева Д.Н. Мәскеу Билингва баспасы, 2016 ж. —79 б.
- Бабаева Е.С., 2011 — Қазіргі мектеп оқушыларының оқу мотивациясының ерекшеліктерін зерттеу. // РУДН Хабаршысы. Серия: Психология және педагогика. 2011 ж.-№4. 92–96 б.
- Варламов С.Д., 2009 — Физика сабақтарында және физикалық олимпиадаларда эксперименттік тапсырмалар // Варламов С.Д., Зильберман А.Р., Зинковский В.И. – Мәскеу МСНМО, 2009 ж. – 184 б.
- Татенов А.М., Жанғазина Г., 2007 — Жаңа ақпараттық технологиялар негізінде орта мектепте білім беру процесін басқарудың автоматтандырылған жүйесі. Алматы: Ғылыми журнал Мин. ор. ҚР. Іздеу-Іздеу, 2007 ж. -279 б.

REFERENCES

- Abrosimov B.F., 2006 — Physics. Ways and methods of solving problems / Abrosimov B.F. – Moscow, examen publishing house, 2006. -287 p.
- Akhmadulin Sh.T., 2016 — Motivation of children. How to motivate a child to learn. / Akhmadulin SH.T. Sharafieva D.N. Moscow Bilingva publishing house, 2016. -79 p.
- Babaeva E.S., 2011 — Study of the features of educational motivation of modern schoolchildren. // RUDN Bulletin. Series: psychology and pedagogy. 2011. -№4. Pp. 92–96.
- Varlamov S.D., 2009 — Experimental tasks in physics lessons and physical Olympiads // Varlamov S.D., Zilberman A.R., Zinkovsky V.I. – Moscow MSNMO, 2009. -184 p.
- Tatenov A.M., Zhangazina G.D., 2007 — Automated system for managing the educational process in secondary school based on new information technologies. Almaty: scientific journal Min. or. RK. Search-Search, 2007. -279 p.

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 2224-5227
Volume 2. Number 346 (2023), 34-41
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.208>
ГРНТИ 81.09.03

© **L.K. Tastanova, A.Z. Bekeshev, G.S. Basbayeva***, 2023
K. Zhubanov Aktobe regional university, Aktobe, Kazakhstan.
E-mail: basbayevag@gmail.com

INVESTIGATION OF THE THERMAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON EPOXY RESIN MODIFIED WITH TITANIUM DIOXIDE NANOPARTICLES

Tastanova L.K. — PhD, Associate professor of the department “Chemistry and Chemical Technology”, K. Zhubanov Aktobe regional university, Aktobe, Kazakhstan
E-mail: lyazzatt@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-9236-5909>;
Bekeshev A.Z. — Associate professor of the department of Physics, K. Zhubanov Aktobe regional university, Aktobe, Kazakhstan
E-mail: amirbek2401@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7038-4631>;
Basbayeva G.S. — master of technical sciences, innovation department specialist, K. Zhubanov Aktobe regional university, Aktobe, Kazakhstan
E-mail: basbayevag@gmail.com. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2893-8386>.

Abstract. In the course of the research, polymer composite materials reinforced with nanosized titanium dioxide in various amounts (0.01 %, 0.05 %, 0.1 %, 0.5 %, 1 %) based on epoxy resin were obtained. When analyzing images of composite materials obtained using a scanning electron microscope, it was noted that as a result of particle agglomeration, as the amount of nanosized filler increases, polydisperse agglomerates 1–10 µm in size are formed. The formation of such agglomerates is explained by the high surface energy of nanoparticles and their high chemical activity. In addition, to further improve the properties of composites, filling with nanofillers requires special treatment to prevent or prevent pre-agglomeration (adding functionalizing additives, annealing at a very high temperature, etc.). The resulting materials were tested for Martens heat resistance and Charpy impact resistance. Based on the research results, it was concluded that nanostructured fillers significantly improve the thermophysical properties of the composite material. During the study of the properties of nanocomposites based on epoxy resin, the effective rate of adding fillers was determined. It was confirmed that the introduction of a nanostructured filler into the polymer matrix allows to obtain a composite material with improved thermal properties up to 16 % compared to pure epoxy resin. It was assumed that the obtained material will be used for bactericidal purposes in biomedicine, ecology, electric power industry and many other fields.

Keywords: nanocomposites, epoxy resin, amine curing agents, agglomeration, titanium dioxide nanoparticles, thermal resistance

© **Л.К. Тастанова, А.З. Бекешев, Г. С. Басбаева***, 2023
Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті.
E-mail: basbayevag@gmail.com

ТИТАН ДИОКСИДІ НАНОБӨЛШЕКТЕРІМЕН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЭПОКСИДТІ ШАЙЫР НЕГІЗІНДЕГІ КОМПОЗИТТІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЖЫЛУ-ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Зерттеу барысында эпоксидті шайыр негізінде наноөлшемді титан диоксидімен әр түрлі мөлшерде (0,01 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,5 %, 1 %) армиленген полимерлі композитті материалдар алынды. Композитті материалдардың сканерлеуші электронды микроскоп арқылы алынған суреттеріне талдау жасалынып, наноөлшемді толтырғыштың мөлшері ұлғайған сайын, бөлшектердің агломерациясы нәтижесінде, өлшемдері 1–10 мкм жететін полидисперсті агломераттар түзілгені байқалды. Мұндай агломераттардың пайда болуы наноөлшектердің жоғары беттік энергиясымен және олардың жоғары химиялық белсенділігімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, композиттердің қасиеттерін одан әрі жақсарту мақсатында нанотолықтырғыштармен толтыру — алдын-ала агломерацияның алдын алу немесе болдырмау үшін арнайы өңдеуді қажет етеді (Функционалдаушы

агенттер қосу, өте жоғары температурада күйдіру, т.б.) Алынған материалдардың Мартенс бойынша жылуға тұрақтылығы, Шарпи бойынша соққыға төзімділігі сыналды. Зерттеу нәтижелері бойынша, наноқұрылымды толтырғыштар композитті материалдың жылу-физикалық қасиеттерін айтарлықтай жақсартады деген тұжырым жасалды. Эпоксидті шайыр негізіндегі нанокомпозиттердің қасиеттерін зерттеу барысында толтырғыштарды қосудың тиімді мөлшерлемесі анықталды. Полимер матрицасына наноқұрылымды толтырғышты енгізу — таза эпоксидті шайырмен салыстырғанда жылулық қасиеті 16 %-ға дейін жақсартылған композитті материал алуға мүмкіндік беретініне көз жеткізілді. Алынған материал бактерицидтік мақсатта биомедицина, экология, электроэнергетика және т.б. көптеген салаларда қолданыс табады деген болжам жасалды.

Түйін сөздер: нанокомпозиттер, эпоксидті шайыр, аминді қатайтқыштар, агломерация, титан диоксиді нанобөлшектері, жылуға тұрақтылық

©Л.К. Тастанова, А.З. Бекешев, Г.С. Басбаева*, 2023

E-mail: basbayevag@gmail.com

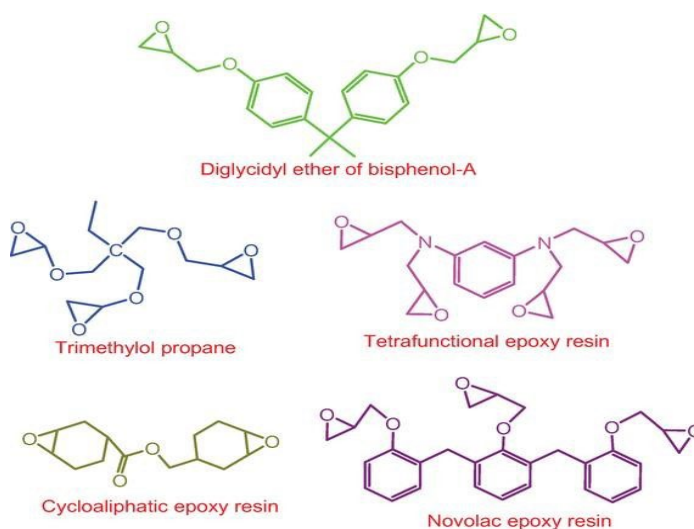
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ДИОКСИДА ТИТАНА

Аннотация. В ходе исследований были получены полимерные композиционные материалы, армированные наноразмерным диоксидом титана в различных количествах (0,01 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,5 %, 1 %) на основе эпоксидной смолы. При анализе изображений композиционных материалов, полученных с помощью сканирующего электронного микроскопа, было замечено, что в результате агломерации частиц по мере увеличения количества наноразмерного наполнителя образуются полидисперсные агломераты размером 1–10 мкм. Образование таких агломератов объясняется высокой поверхностной энергией наночастиц и их высокой химической активностью. Кроме того, для дальнейшего улучшения свойств композитов наполнение нанонаполнителями требует специальной обработки для предотвращения или предупреждения предварительной агломерации (добавление функционализирующих добавок, отжиг при очень высокой температуре и т.д.). Полученные материалы были испытаны на термостойкость по Мартенсу и ударпрочность по Шарпи. По результатам исследований сделан вывод, что наноструктурированные наполнители значительно улучшают теплофизические свойства композиционного материала. В ходе исследования свойств нанокомпозитов на основе эпоксидной смолы было определено эффективное количество введения наполнителей. Подтверждено, что введение в полимерную матрицу наноструктурированного наполнителя позволяет получить композиционный материал с улучшенными теплофизическими свойствами до 16 % по сравнению с чистой эпоксидной смолой. Предполагалось, что полученный материал найдет применение в бактерицидных целях в биомедицине, экологии, электроэнергетике и во многих других областях.

Ключевые слова: нанокомпозиты, эпоксидная смола, аминовые отвердители, агломерация, наночастицы диоксида титана, термостойкость

Кіріспе

Эпоксидті шайырлар термореактивті полимер болып табылады, олар қатайту реакциялары арқылы әр түрлі қатайтатын агенттердің көмегімен өңделеді. Олардың қасиеттері эпоксидті шайырлар мен қатайтатын агенттер түрінің нақты комбинациясына байланысты. Тамаша механикалық қасиеттеріне, көптеген негіздерге жоғары жабысқақтығына және жақсы жылу және химиялық төзімділігіне байланысты қазіргі уақытта эпоксидті шайырлар талшықты арматураланған материалдар, әмбебап желімдер ретінде кең ауқымда қолданылады (Jin, 2015). Эпоксидтің химиялық құрылымына байланысты олар тамаша электрлік қасиеттерге, термиялық тұрақтылыққа, ультракүлгін тұрақтылыққа және ауа райына төзімділікке ие болуы мүмкін. Сзықтық эпоксидті шайырлардан басқа, олар циклоалифатты, үш функционалды және тетра функционалды эпоксидті шайырлар болуы мүмкін (1-суретте көрсетілген) (Chen, 2004).



Сурет 1. Әртүрлі құрылымды эпоксидті шайырлар

Композиттегі эпоксидті шайырдың рөлі толтырғышқа күшті біркелкі беру және бүкіл композиттік жүйенің тұтастығын қорғау болып табылады (Abdellaoui, 2019). Эпоксидті шайырлар тек қана жабындар үшін қолданылмайды, Бисфенол А (немесе F) және эпихлоргидрин негізіндегі эпоксидті шайырлар бөлме температурасында алифаттық полифункционалды аминдермен және полиамидтермен өңделген, кемелерге, мұнай бұрғыларына және резервуарларға, сондай-ақ су құбырларына арналған ауыр жабындарда қолданылады (Oldring, 2001). Қатайтатын заттардың молекулалық құрылымы алынатын композитті материалдың құрылымы мен қасиеттеріне әсер етеді (Ahmad, 2010).

Амин қатайтқыштары эпоксидті шайырларды каталитикалық механизм арқылы немесе эпоксидті молекулалар арқылы көпірмен байланыстырады. Жалпы алғанда, біріншілік және қайталама аминдер реактивті қатайтқыш ретінде әрекет етеді, ал үшінші реттік аминдер каталитикалық болады (Pascualt, 2013).

(Sevaeva, 2019) жұмыста ЭД-20 маркалы эпоксидті шайыр негізіндегі композитті материал алу үшін қатырғыш агент ретінде 20-200°C температура интервалында вакуумды айдау арқылы алынған полиэтилнполиамин (ПЭПА) фракциялары қолданылады. Айдау барысында 5 түрлі фракция алынады, олардың сипаттамалары 2-кестеде берілген.

ПЭПА фракцияларының хромато-масса-спектрометриялық және газ-хроматографиялық талдауы нәтижесінде 1-фракция құрамы бойынша су, 2-фракцияның негізгі компоненті диэтилентриамин (мас. 90-нан астам %) болатыны анықталды. 3-фракция массасының 98 % астамы 6:4 қатынасында диэтилентриамин мен аминоэтилпиперазиннің тұрады. 4 және 5 фракцияларда алифатты және ароматты аминдердің қоспасы бар. Осылайша, 2-фракцияны қатайтқыш ретінде пайдалану тығыз торлы үлгілерді алуға мүмкіндік береді; 3-фракциямен өңделген композициялар ең жоғары ыстыққа төзімділікке ие.

Кесте 2 – ПЭПА қатырғышының фракционды құрамы

Фракцияномеры	Сыртқы бейнесі	Температуралық интервал, °С	Фракцияның құрамы, % масс.	pH
1	Түссіз, мөлдір, тұтқырлығы төмен сұйықтық	55–75	2,07	7
2	Түссіз, мөлдір, тұтқырлығы төмен сұйықтық	75–110	1,70	11
3	Ашық сары түсті, мөлдір, тұтқырлығы төмен сұйықтық	120–160	14,2	10
4	Сары түсті, мөлдір, тұтқырлығы төмен сұйықтық	165–172	17,28	9,5
5	Сары түсті, мөлдір, тұтқыр сұйықтық	182–200	9,50	9
Кубтыққалдық	Қанық сұры түсті, тұтқырлығы жоғары сұйықтық	> 200	54,42	9

Қатайтқыштар мұрынның, тамақтың, көздің шырышты қабығын тітіркендіреді. Амин буларымен ұзақ байланыс ішкі ағзалардың зақымдалуына әкелуі мүмкін. Аминдер, тіпті аз мөлшерде және концентрацияда болса да, жүйке жүйесіне әсер етеді. Эпоксидті полимерлерді және олардың негізіндегі материалдарды механикалық өңдеу кезінде пайда болатын шаң шырышты қабықтардың, терінің және тыныс алу жолдарының тітіркенуін тудырады. Эпоксидті композициялардың улы

компоненттерінің зиянды әсерін болдырмау және азайту үшін сақтық шараларын сақтау қажет (Kinloch, 2003).

Толтырғыш термині әдетте композитте жеке фазаны құрайтын қатты қоспаларға қолданылады және маңызды жүктеме деңгейлерінде қолданылады. Толтырғыштар алғашқыда негізінен шығындарды азайту үшін қатты еріткіштер ретінде пайдаланылған кезден бастап айтарлықтай прогреске жетті. Бүгінгі күні олар полимерге экономикалық мақсатта емес, оның физикалық (әдетте механикалық) қасиеттерін өзгерту үшін жиі енгізіледі (Kinloch, 2003).

Құрамдастардың бірінің нанометрлік диапазондағы өлшемі бар нанокомпозиттердің әлеуеті туралы көптеген мәлімдемелер жасалды, бірақ кейбір маңызды материалдар комбинациясы үшін тәжірибелік деректер аз шығарылды (Kinloch, 2006). Бөлшектердің өлшемі кішірейген сайын, бірлік көлемге келетін беттің ұлғаюына байланысты құрамдас бөлікте аралық аудан (фаза) артады. Екінші фазалық материалды (толтырғыштарды) эпоксидті матрицаны күшейту мақсатында (10–9 м) пайдалану арқылы, композицияның қасиеттерінің көптеген жақсартулары байқалады, бұл негізінен жақсартылған фазааралық байланысқа байланысты. Жетілдірілген композиттерді жасаудың тиімді әдісі эпоксидті матрицаға эпоксидті және наноматериалдардың артықшылықтарын біріктіретін нанотолтырғыштарды енгізу болып табылады (Bulychev, 2019).

Оптикалық, термиялық, фотокаталитикалық және электрофизикалық қасиеттеріне байланысты титан диоксиді нанотолтырғыш ретінде перспективалы материалдардың бірі болып табылады. Нанодисперсті TiO_2 қолдану әлеуеті өте жоғары: титан диоксиді және оның негізіндегі материалдар пластмассадағы қоспа, ультракүлгін сәулелерді блокатор, күн батареяларында энергия түрлендіргіш, бактериялардың фотокаталитикалық ыдырауы және улы заттардың фотохимиялық ыдырауы үшін агент ретінде пайдаланылуы мүмкін. ағынды суларды тазартуға арналған химиялық заттар. Титан диоксиді (TiO_2) нанобөлшектері өздерінің химиялық инерттілігіне, төмен уыттылығына, фотокаталитикалық белсенділігіне, жоғары сыну көрсеткішіне және басқа да пайдалы қасиеттеріне байланысты көптеген зерттеушілердің назарын аударды және тамақ, бояу және лак өнеркәсібінде және т.б. TiO_2 нанобөлшектерін енгізу эпоксидті шайырдың кейбір қасиеттерін жақсартатынын көрсетті. Бірақ эпоксидті шайырдың әрекеттесу процесі мен катаю механизмі толық түсінілмеген (Bekeshev, 2020). Титан диоксиді улы емес, сондықтан косметикалық өнімдерде (күннен қорғайтын кремдер, ерін далабы, дене ұнтағы, сабын, інжу эссенциясының пигменттері, тіспасталары), сонымен қатар арнайы фармацевтикада қолданылады. Титан диоксиді тіпті тамақ өнімдерінде, мысалы, салямиді орауда қолданылады. Титан диоксидінің фотокаталитикалық сипаттамалары нанотехнологияның пайда болуына байланысты айтарлықтай жақсарды. Нано-масштапта титан диоксиді бөлшектерінің бетінің ауданы ғана күрт артып қана қоймайды, сонымен қатар ол оптикалық қасиеттерге және өлшемді кванттауға басқа әсерлерді көрсетеді. Тотығу-тотықсыздану потенциалы артып, өлшемі кішірейген сайын фотокаталитикалық реакция жылдамдығының жоғарылауы байқалады.

(Bekeshev, 2021) жұмыста минералды толықтырғыш ретінде ұнтақталған охраны пайдаланып, эпоксидті шайыр негізінде композитті материалдар алынды. Алдымен, бимодальды таралу әдісімен охраның композиттік құрамы зерттеліп, көп мөлшерде темір алюминий, никель оксидтерін және аз мөлшерде титан оксиді болатыны анықталды. Жүргізілген зерттеулер модифицирлеуші қоспа ретінде охраның ең ұтымды қосылу мөлшері массаның 0,5 бөлігін құрайтынын көрсетті, өйткені бұл зерттелетін физикалық-механикалық қасиеттердің жоғары мәндерін қамтамасыз етеді: иілу кернеуі 30 %-ға және иілу модулі 58 %-ға, беріктік 75 %-ға және созылу модулі 20 %-ға артады, соққыға төзімділік 83 %-ға артады.

(Rezaei, 2009) жұмыста диоритті толтырғыш ретінде қолдана отырып, зерттеулер жүргізілген. Диорит – қол жетімді ғана емес, құрамында әр түрлі металл оксидтері (соның ішінде титан диоксиді – 2,4 %) болуына байланысты таңдалған. Диоритті эпоксидті композиттерге қосу олардың термиялық қасиеттерін, жылуға тұрақтылығын жақсартатыны, жанғыштығын азайтатыны байқалған.

Титан оксиді сияқты жарыққа сезімтал химиялық қосылысқа жарық түскенде фотокатализ деп аталатын құбылыс орын алады. Жарық титан диоксидімен соқтығысқанда, химиялық реакция жақын аймақта қайталанатын және органикалық токсиндердің, иістердің және т.б. ыдырауды тудырады. Бұл реакция көптеген құнды нәтижелерге ие (Rezaei, 2009).

Материалдар

ЭД-20 маркалы Эпоксид-диан шайыры – Ерохітахх компаниясы өндірген сары, қоңыр түсті мөлдір, тұтқыр сұйықтық.

Полиэтиленполиаминдер (ПЭПА) – механикалық қоспалары жоқ ашық сарыдан қою қоңырға дейінгі майлы сұйықтық.

Титан диоксиді нанобөлшектері (ультрадисперсті титан диоксиді) – диаметрі 100 нм-ден аз

титан диоксиді бөлшектері, ақ түсті ұнтақ.

Нанобөлшектермен толтырылған композитті материал алу әдістемесі. Эпоксидті шайырға 100:15 қатынасында ПЭПА қосылған, және 0,01 %, 0,05 %, 0,1 %, 0,5 %, 1 % мөлшерінде титан диоксиді нанобөлшектері қосылған композитті материалдар дайындалды. Ол үшін қажетті мөлшерде өлшенген реактивтерді пластик ыдысқа құйып, 5 мин үздіксіз араластырған соң, силикон формаларға құйылды. Композиттердің қату режимі – 24 сағ бөлме температурасында ұстаған соң, физика-механикалық қасиеттерін жақсарту үшін 1 сағат 90°C және 1 сағат 120°C-та кептіргіш шкафта ұсталды. Дайын композиттердің қасиеттерін зерттеу үшін бөлме температурасына дейін суытылды.

Зерттеу әдістері

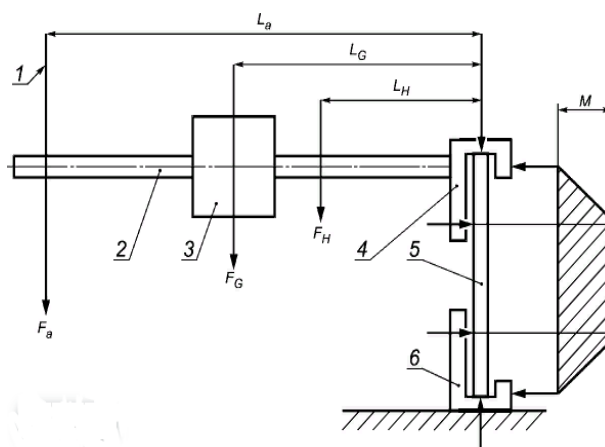
Сканерлеуші электронды микроскоп. Phenom G2 PRO маркалы электронды сканерлеуші микроскопта алынған композитті материалдардың құрылымы, толтырғыш бөлшектерінің өлшемі мен агломераттардың құрылысы зерттелді.

Мартенс бойынша жылутұрақтылықты анықтау. Бұл жұмыста қатайтылған эпоксидті композициялардың термофизикалық қасиеттерін зерттеу үшін Мартенс (ГОСТ 21341-75) бойынша ыстыққа төзімділікті өлшеудің белгілі әдісі қолданылды. Әдістің мәні белгілі бір статикалық кернеумен жүктелген сынақ үлгісінің үлгіге бекітілген жүктемесі бар рычагтың ұшы 6 ± 1 мм төмендейтіндей деформацияланатын температураны анықтау болып табылады.

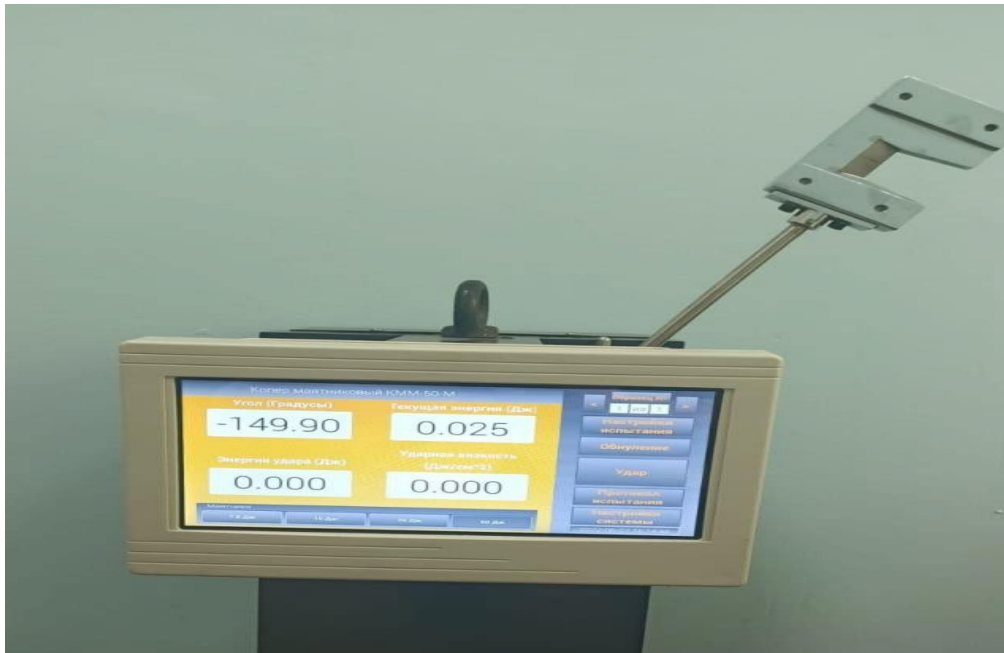
Мартенс бойынша ыстыққа төзімділікті анықтауға арналған құрылғы қысқыш құрылғыдан, деформация индикаторынан, температураны өлшеу және басқару жүйесі бар жылыту шкафынан тұрады. ГОСТ 21341-75 талаптарына сәйкес сынақ үлгісі өлшемдері 10x15x120мм, температураның көтерілу жылдамдығы $50 \pm 5^\circ\text{C}$, иілудің бекітілген кернеуі $5 \pm 0,5$ МПа болатын тік бұрышты арқалық түрінде болуы керек.

Мартенс бойынша жылуға төзімділік – деформация 6 ± 1 мм-ге жеткен кезде анықталады. 2-суретте көрсетілгендей құрылғы жинақталып, ГОСТ 21341 бойынша сынақ жүргізілді.

Шарпи бойынша соққыға тұрақтылықты анықтау әдісі. Ойығы бар үлгінің соққы күші a , кДж/м - ойық астындағы үлгінің бастапқы көлденең қимасының ауданына бөлінген ойық сыналған үлгінің сынуы кезінде жұтылатын соққы энергиясы. Әдістің мәні сынақта жатыр, онда екі тіректе жатқан үлгі тұрақты жылдамдықпен маятниктің соққысына ұшырайды («жалпақ» немесе «жиекте» соғылған кезде) және соққы сызығы ортасында болады. тіректер арасында және ойығы бар үлгілер үшін ойыққа тікелей қарама-қарсы. Сынақ үшін ГОСТ 10708 бойынша «КММ-50-М» маркалы маятникті соғу сынағыштары (копер) (3-сурет) пайдаланылды, олар үлгіні бұзуға жұмсалған соққы энергиясын өлшейді және маятниктің бастапқы потенциалдық энергиясы мен маятник бұзылғаннан кейін қалған энергия арасындағы айырмашылық ретінде анықталады.

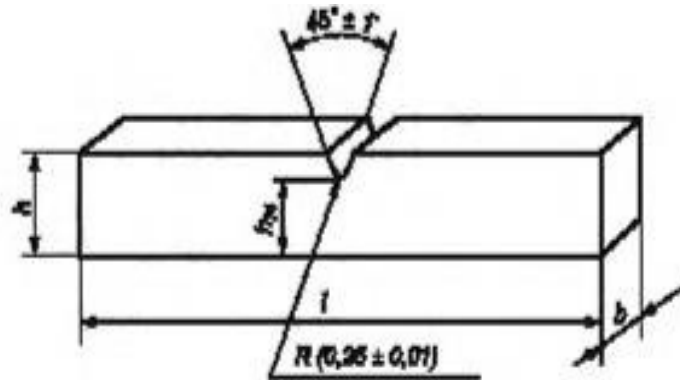


Сурет 2. Мартенс бойынша жытұрақтылықты анықтауға арналғанқондырғыны жинау схемасы



Сурет 3. «КММ-50-М» маркалы маятникті копер

Сынақ үшін 80x10x4 мм өлшемімен V-пішінді ойығы бар үлгілер алынды (4-сурет). Үлгілердің ені мен қалыңдығын, сондай-ақ ойық астындағы үлгілердің қалыңдығын немесе енін өлшеу үлгілердің өлшемдерін миллиметрмен дәлдікпен өлшеуді қамтамасыз ететін ГОСТ 6507 бойынша микрометрмен жүзеге асырылды. Сынау алдында үлгілер нормативтік құжаттың немесе материалға арналған техникалық құжаттаманың талаптарына сәйкес ГОСТ 12423 бойынша атмосфера 23/50 жағдайында кондицияланды.



Сурет 4. V-пішінді ойығы бар үлгілер

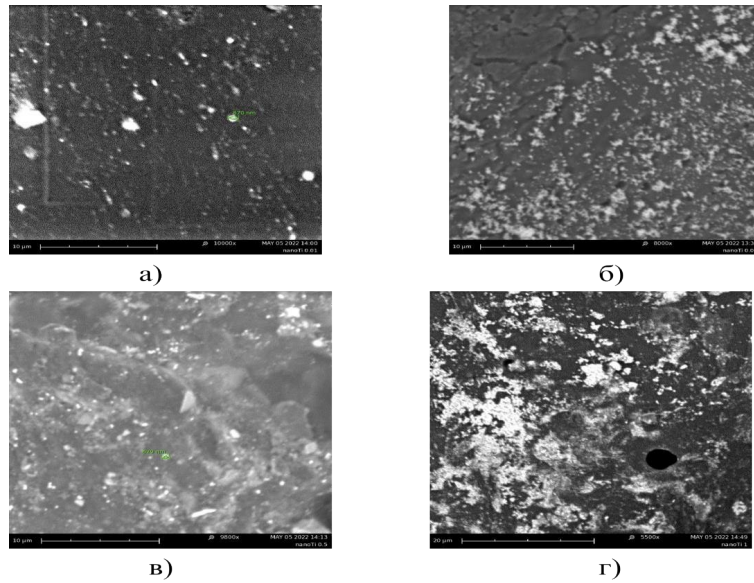
Кесілген үлгі маятниктің соғуын сынаушының тіректеріне маятник пышағы соққысы ойыққа қарама-қарсы үлгінің ойықсыз жазықтығына түсетіндей етіп орналастырылады. Маятникті алдын ала белгіленген биіктікке көтеріп, бекітіліп, содан кейін абайлап (серпілмей) маятник босатылады. Үлгі жұтқан соққы энергиясы жазылады және үйкеліске қажетті түзетулер енгізіледі. Ойығы бар үлгінің Шарпи бойынша соққы күші a , кДж/м², келесі формуламен есептеледі:

$$a = \frac{A_k}{b \cdot S_N}$$

мұндағы A_k – ойығы бар үлгіні бұзуға қажетті соққы энергиясы, Дж; b – үлгінің ені, мм; S_N – соққының бағытына параллель үлгінің өлшемі, мм.

Нәтижелер және оларды талдау

5-суретте 0,01 %, 0,05 %, 0,5 %, 1 % мөлшерде ТДН қосылған үлгілердің микрофотографиялары келтірілген

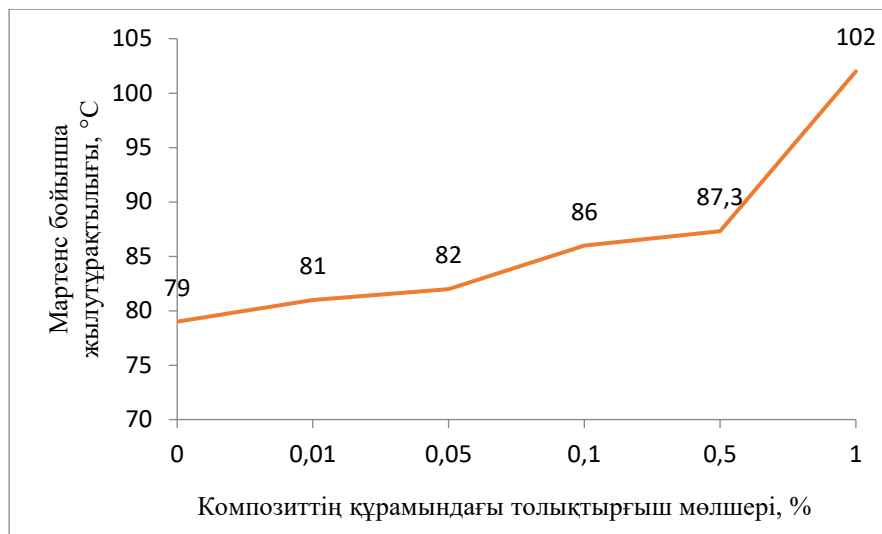


Сурет 5. Композиттердің СЭМ фотографиялары: а- ЭД-20 + ПЭПА + 0,01 % н- TiO_2 ; б – ЭД-20 + ПЭПА + 0,05 % н- TiO_2 ; в – ЭД-20 + ПЭПА + 0,5 % н- TiO_2 ; г – ЭД-20 + ПЭПА + 1 % н- TiO_2

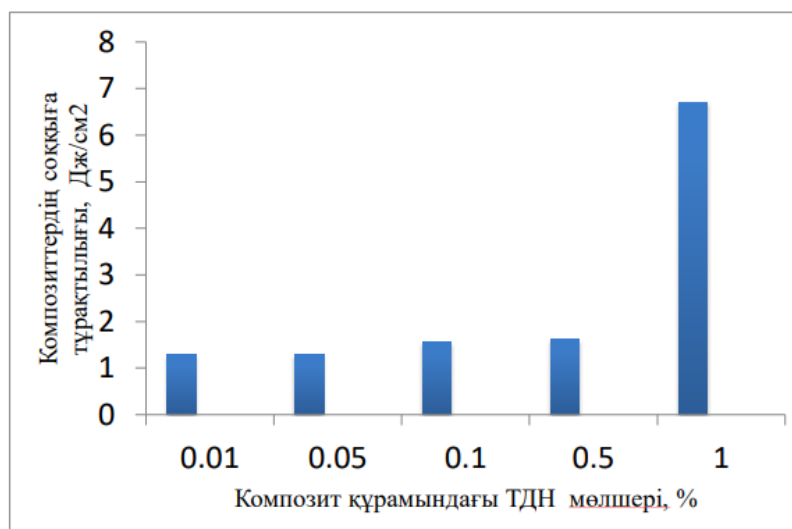
Суреттен композиттердің құрамында наноөлшемді фракциялар да, өлшемдері 1–10 мкм жететін бөлшектер агломераттары да бар полидисперстік екенін көрсетеді. Композит құрамындағы н- TiO_2 мөлшері артқан сайын, агломераттар түзіле бастағанын байқауға болады. Мұндай агломераттардың пайда болуы нанобөлшектердің жоғары беттік энергиясымен және олардың жоғары химиялық белсенділігімен түсіндіріледі. Сонымен қатар, композиттердің қасиеттердің одан әрі жақсарту мақсатында нанотолықтырғыштармен толтыру — алдын-ала агломерацияның алдын алу немесе болдырмау үшін арнайы өңдеуді қажет етеді (Функционалдаушы агенттер қосу, өте жоғары температурада күйдіру, т.б.)

6-суретте наноқұрылымды толтырғыштармен армиленген эпоксидті композиттердің Мартенс бойынша жылуға тұрақтылық мәндері көрсетілген. Суреттен көрінгендей, эпоксидті матрица құрамына 1 % н- TiO_2 қосу арқылы композиттердің жылуға тұрақтылығын айтарлықтай мөлшерде арттыруға болатыны байқалады.

7-суретте композиттердің соққы күші — құрамындағы ТДН мөлшеріне тәуелділік графигі көрсетілген. Сурет бойынша ТДН-мен эпоксидті композиттерді армирлеу – механикалық қасиеттері жақсартылған материалдар алуға мүмкіндік береді деген қорытынды жасауға болады.



Сурет 6. Композитті материалдардың жылуға тұрақтылығының композит құрамына тәуелділік графигі



Сурет 7. Композиттердің соққыға тұрақтылығы – құрамындағы ТДН мөлшеріне тәуелділік графигі.

Қорытынды

1. Бұл жұмыста әртүрлі мөлшерде полимер матрицасына нанокұрылымды толтырғыштарды енгізу арқылы қалыптау әдісімен композиттер алынды. Алынған материалдардың Мартенс бойынша жылуға төзімділігі және Шарпидің соққыға төзімділігі зерттелді. Нанокұрылымды титан оксиді бөлшектерін өте аз мөлшерде полимер матрицасына енгізу — композитті материалдың жылулық қасиеттерін 13–16 %-ға дейін жақсартуға мүмкіндік береді.

2. Алынған композициялық материалдардың құрылымын сканерлеуші электронды микроскопта зерттеу барысында құрамы 1 % ТДН-мен толтырылған композиттерде агломераттардың түзілуі анықталды, бұл композиттік материалдардың қасиеттеріне кері әсер етуі мүмкін.

3. Микроқұрылымды толтырғыштар мөлшері артқан сайын, композитті материалдардың жылуға тұрақтылық қабілеті жоғарылайды.

REFERENCES

- Jin F.L., Li X., Park S.J., 2015 — Synthesis and application of epoxy resins: A review, *J. Ind. Eng. Chem.* 29:1–11. DOI:10.1016/j.jiec.2015.03.026.
- Chen Y. et al., 2004 — Thermal and mechanical properties of tetrafunctional epoxy resin toughened with epoxidized soybean oil, *Mater. Sci. Eng.* 374(1):109–114. DOI:10.1016/j.msea.2004.01.002.
- Abdellaoui H. et al., 2019 — Investigation of the deformation behavior of epoxy-based composite materials, *Fail. Anal. Biocomposites, Fibre-Reinforced Compos. Hybrid Compos.* Pp. 29–49. DOI:10.1016/B978-0-08-102293-1.00002-4.
- Oldring P., 2001 — *Encyclopedia of Physical Science and Technology*. 3rd ed., Academic Press Inc., California, USA. ISBN-10: 0122274105.
- Ahmad Z., Ansell M.P., Smedley D., 2010 — Effect of nano- and micro-particle additions on moisture absorption in thixotropic room temperature cure epoxybased adhesives for bonded-in timber connections, *Int. J. Adhes. Adhes.* 30(6):448–455. DOI:10.1016/j.ijadhadh.2010.04.001.
- Pascualt J.-P., Williams R.J.J., 2013 — *Handbook of Polymer Synthesis, Characterization, and Processing*. ISBN: 9780470630327.
- Sevaeva G.S., Andreev A.N., Olihova Yu.V., 2019 — The study of the properties of composite materials based on epoxy resin and fractions of polyethylenepolyamine, *Advances in the field of chemistry and chemical technologies*, 33:82–84.
- Epoxy resins and materials based on them: Catalog, 1981 — Cherkasy, NIITEKHIM.
- DeArmitt C., Rothon R., 2017 — *Fillers (Including Fiber Reinforcements)*, Brydson's Plastics Materials. Pp. 169–204. DOI:10.1016/B978-0-323-35824-8.00008-6.
- Kinloch A.J., Taylor A.C., 2003 — Mechanical and fracture properties of epoxy/inorganic micro- and nano-composites, *J. Mater. Sci. Lett.*, 22:1439–1441. DOI/10.1023/A:1025719715808.
- Kinloch A.J., Taylor A.C., 2006 — The mechanical properties and fracture behaviour of epoxy-inorganic micro- and nano-composites, *J. Mater. Sci.*, 22:1439–1441. DOI:10.1023/A:1025719715808.
- Bulychev N.A., Ivanov A.V., 2019 — Nanostructure of Organic/Inorganic Composite Materials Based on Polymer Hydrogels, *Int. J. Nanotechnol.*, 16:344–355. DOI:10.1504/IJNT.2019.106610.
- Bekeshev A., Mostovoy A., Tastanova L., Kadykova Y., Kalganova S., Lopukhova M., 2020 — Reinforcement of Epoxy Composites with Application of Finely-ground Ochre and Electrophysical Method of the Composition Modification, *Polymers*, 12:1437. DOI:10.3390/polym12071437.
- Bekeshev A., Mostovoy A., Kadykova Y., Akhmetova M., Tastanova L., Lopukhova M., 2021 — Development and Analysis of the Physicochemical and Mechanical Properties of Diorite-Reinforced Epoxy Composites, *Polymers*, 13:2421. DOI:10.3390/polym13152421.
- Rezaei B., Mosaddeghi H., 2009 — Applications of Titanium Dioxide Nanoparticles, *Nano-Technology in Environments Conference*. 2009. 46.

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 42-57

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.209>

UDC 517.624.2

© **Z. Utemaganbetov¹, G. Nigmatova¹, B. Urbisinova¹, K. Astemessova^{2*},
G. Turlybekova², 2023**

¹Caspian University of Technology and Engineering named after Sh.Yessenov,
Aktau, Kazakhstan;

²Kazakh National Technical University named K.I. Satbayev, Almaty,
Kazakhstan.

E-mail: k.astemessova@satbayev.university

ALTERNATIVE AND EXTENDED VERSION OF RUN METHOD (THOMAS ALGORITHM) OF NUMERICAL SOLUTION OF 1-OY EDGE PROBLEM FOR LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF SECOND ORDER

Utemaganbetov Zinepkali — Candidate of Physics and Mathematics Science, professor. Caspian University of Technology and Engineering named after Sh.Yessenov, 130000, Aktau, Kazakhstan
E-mail: zinepkali.utemaganbetov@yu.edu.kz. ORCID: 0000-0003-4656-8964;

Nigmatova Gulmira — Candidate of Physics and Mathematics Science, professor. Caspian University of Technology and Engineering named after Sh.Yessenov, 130000, Aktau, Kazakhstan

Urbisinova Batihan — Assistant Professor (Senior Lecturer). Caspian University of Technology and Engineering named after Sh.Yessenov, 130000, Aktau, Kazakhstan

E-mail: batikhan.urbisinova@yu.edu.kz. ORCID: 0000-0002-0868-0536;

Astemessova Kalamkas — PhD, Senior Lecturer. Kazakh National Technical University named K.I. Satbayev, 050043, Almaty, Kazakhstan

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

Turlybekova Gulzhan — Candidate of technical sciences, Senior Lecturer. Kazakh National Technical University named K.I. Satbayev, 050043, Almaty, Kazakhstan

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

Abstract. A new algorithm is proposed, which is an alternative to the run method for numerical solution of linear differential equations of the second order with fixed boundary conditions. The purpose of this work is to obtain recurrent formulas similar to the run-through formulas for the numerical solution of the boundary value problem of second-order differential equations. The above method has the first order of accuracy and is absolutely stable, that is, its stability does not depend on the magnitude of the step. The paper shows the consistency and computational stability of the difference schemes represented by the proposed

recurrent formulas. The results of this article are confirmed by computation data.

Key words: differential equations, sweep method, numerical solution, boundary value problems, computational error, classical sweep method, Gauss method, recurrent formula, boundary conditions, simple factorization method

© **З.С. Утемаганбетов¹, Г.Н. Нигметова¹, Б.Т. Урбисина¹,
К.С. Астемесова^{2*}, Г.К. Турлыбекова², 2023**

¹Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг
университеті, Ақтау, Қазақстан;

²Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,
Алматы, Қазақстан.

E-mail: k.astemessova@satbayev.university

ЕКІНШІ РЕТТІ СЫЗЫҚТЫҚ ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕНДЕУЛЕР ҮШІН 1- ШЕКАРАЛЫҚ ЕСЕПТІ САНДЫҚ ШЕШУДІҢ ҚУАЛАУ ӘДІСІНІҢ (ТОМАС АЛГОРИТМІ) БАЛАМА ЖӘНЕ КЕҢЕЙТІЛГЕН НҰСҚАСЫ

Утемаганбетов Зинепкали Сисенгалиевич — физико-математика ғылымдарының кандидаты, доцент. Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, 130000, Ақтау, Қазақстан

E-mail: zinepkali.utemaganbetov@yu.edu.kz. ORCID: 0000-0003-4656-8964;

Нигметова Гулмира Нагимовна — Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, 130000, Ақтау, Қазақстан

E-mail: gulmira.nigmatova@yu.edu.kz. ORCID: 0000-0001-6362-6439;

Урбисина Батихан Туленжановна — профессор ассистенті (аға оқытушы), жаратылыстану ғылымдарының магистрі. Ш. Есенов атындағы Каспий технологиялар және инжиниринг университеті, 130000, Ақтау, Қазақстан

E-mail: batikhan.urbissinova@yu.edu.kz. ORCID: 0000-0002-0868-0536;

Астемесова Каламкас Сериковна — PhD, аға оқытушы. Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050043, Алматы, Қазақстан

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

Турлыбекова Гулжан Капсаовна — техника ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы. Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, 050043, Алматы, Қазақстан

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

Аннотация. Бекітілген шекті шартты екінші ретті сызықтық дифференциалдық теңдеулерді сандық шешу үшін қуалау әдісіне балама болып табылатын жаңа алгоритм ұсынылды. Алгоритм белгілі қуалау әдісіне қарағанда қолдану аймағы кең және теңдеу коэффициентінің оң және теріс мәнді болуына тәуелсіз. Бұл жұмыстың мақсаты екінші ретті дифференциалдық теңдеулердің шекаралық есебін сандық шешу үшін қуалау формулаларына ұқсас рекуренттік формулаларды алу болып табылады.

Жоғарыда келтірілген әдіс дәлдіктің бірінші ретіне ие және мүлдем тұрақты, яғни оның тұрақтылығы h қадамның мөлшеріне байланысты емес. Жұмыста ұсынылған рекуренттік формулалар арқылы берілген айырымдық сұлбаларының үйлесімділігі мен есептеу тұрақтылығы көрсетілген. Мақаладағы алынған нәтижелер есептік деректермен расталады.

Түйінді сөздер: дифференциалдық теңдеулер, қуалау әдісі, сандық шешім, шекаралық есептері, есептеу қателігі, классикалық қуалау әдісі, Гаусс әдісі, рекуренттік формула, шекаралық шарттары, қарапайым факторизация әдісі

© З.С. Утемаганбетов¹, Г.Н. Нигметова¹, Б.Т. Урбисина¹,
К.С. Астемесова², Г.К. Турлыбекова², 2023

¹Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова,
Ақтау, Казахстан;

²Казахский национальный исследовательский технический университет им.
К.И. Сатпаева, Алматы, Казахстан.

АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ И РАСШИРЕННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ПРОГОНКИ (АЛГОРИТМ ТОМАСА) ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ 1- ОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА

Утемаганбетов Зинепкали Сисенгалиевич — кандидат физико-математических наук, доцент. Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, 130000, Ақтау, Казахстан

E-mail: zinepkali.utemaganbetov@yu.edu.kz. ORCID: 0000-0003-4656-8964;

Нигметова Гулмира Нагимовна — кандидат физико-математических наук, доцент. Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, 130000, Ақтау, Казахстан

E-mail: gulmira.nigmatova@yu.edu.kz. ORCID: 0000-0001-6362-6439;

Урбисина Батихан Туленжановна — ассистент профессор (старший преподаватель), магистр естественных наук. Каспийский университет технологий и инжиниринга имени Ш. Есенова, 130000, Ақтау, Казахстан

E-mail: batikhan.urbissinova@yu.edu.kz. ORCID: 0000-0002-0868-0536;

Астемесова Қаламқас Сериковна — PhD, старший преподаватель. Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, 050043, Алматы, Казахстан

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

Турлыбекова Гулжан Капасовна — кандидат технических наук, старший преподаватель. Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, 050043, Алматы, Казахстан

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

Аннотация. Предложен новый алгоритм, который является альтернативой методу прогонки для численного решения линейных дифференциальных уравнений второго порядка с закрепленными краевыми условиями. Алгоритм имеет более широкую область применимости, чем известный метод прогонки и работает как при положительных, так и при отрицательных коэффициентах уравнения. Целью настоящей работы является получение рекуррентных формул аналогичных формулам прогонки, для численного решения краевой задачи дифференциальных уравнений второго порядка. Приведенный метод имеет первый порядок точности и является абсолютно устойчивым, то есть его устойчивость не зависит от величины шага h . В работе показаны согласованность и вычислительная устойчивость разностных схем представляемых посредством предлагаемых рекуррентных формул. Результаты, полученные в данной статье, подтверждаются расчетными данными.

Ключевые слова: дифференциальные уравнения, метод прогонки, численное решение, краевые задачи, вычислительная погрешность, метод классической прогонки, метод Гаусса, рекуррентная формула, граничные условия, метод простой факторизации

Введение

Применения широко распространенных конечно-разностных, проекционно-сеточных и многих других методов для численного решения краевых задач для дифференциальных уравнений, в конечном этапе решения приводит к применению метода прогонки. Поэтому метод прогонки занимает важное место среди наиболее часто применяемых численных методов.

Метод прогонки, предназначен для решения разностных уравнений, которые получаются при написании разностных соотношений для дифференциальных уравнений. Вычислительная устойчивость метода прогонки гарантируется при условии, когда имеет место свойство диагонального преобладания матрицы системы разностных уравнений. В свою очередь, для соответствующих дифференциальных уравнений это свойство означает, что коэффициент при искомом решении должен быть положительным. Методы прогонки при условии, когда вышеуказанное свойство устойчивости выполнено хорошо зарекомендовали себя как широко применяемое средство численного решения краевых задач дифференциальных уравнений второго порядка. К данному моменту существуют различия в оценках условий устойчивости метода прогонки (вплоть до решительной критики, (Бабенко, 2002) но, тем не менее, этот класс методов в целом положительно принят и является одним из основных инструментов специалистов-вычислителей, о чем свидетельствует описание

этих методов в учебниках. Несомненно, решающую роль сыграла более чем, 50-летняя практика применения методов прогонки к решению конкретных задач. К сожалению, строгого обоснования применимости методов этого класса желает оставлять лучшего, так как в совокупности строгих результатов имеются существенный пробел. Например, в работе (Бахвалов, 1973) приводится подробный анализ формул прогонки и излагается о трудностях при замыкании вычислительного алгоритма, как следствие того, что формулы прямой прогонки в начальной точке ведут себя как обратная величина к шагу сетки.

Примеры, когда метод прогонки дает неудовлетворительные результаты при решении краевых задач, имеются множество в разных источниках. В частности, таких примеров можно найти в (Амосов, 1994; Ильин, 1985). Причем неудовлетворительный результат может получиться и в том случае, когда все условия применимости метода прогонки выполнены.

Такая неблагоприятная ситуация может быть следствием накопления вычислительных погрешностей. При расчетах с достаточно крупными шагами h , влиянием вычислительной погрешности на решение часто можно пренебречь. Однако все же стоит иметь в виду, что при решении системы разностных уравнений соответствующей краевой задаче методом прогонки может происходить накопление вычислительной погрешности. Известно, что при $h \rightarrow 0$, вычислительная погрешность может возрастать пропорционально $1/h^2$.

1. Таким образом, при достаточно малых значениях шага h возможна катастрофическая потеря точности. Такая недопустимая потеря точности происходит из-за того, что уже на этапе составления разностных уравнений происходит существенное искажение искомого решения (Бахвалов, 1973). То есть, такая ситуация является следствием недостатка метода конечных разностей, а не следствием метода прогонки, что полностью соответствует изложенному в книге Бабенко К.И. (Бабенко, 2002).

Метод классической прогонки предназначен для решения конечно-разностных уравнений, матрицы которых имеет трехдиагональный вид. Но, если для таких матриц не выполнены условия диагонального преобладания, то обоснование вычислительной устойчивости метода прогонки не представляется возможным. Следовательно, применение классической прогонки для решения таких систем не совсем правомерно. Поэтому для таких случаев напрашивается применения метода «немонотонной прогонки», который является методом Гаусса с выбором главного элемента. Однако при попытке применить «немонотонную прогонку» может быть нарушен трёхдиагональность исходной матрицы, поэтому «немонотонную прогонку» не применяет для ленточных матриц (Калиткин, 2013). Анализ устойчивости

счета при выборе ведущего элемента и возможность недопустимого роста некоторых коэффициентов необходимых для счета приведен в работе (Ильин, 1985).

На основе вышеприведенных обстоятельств можно прийти к выводу, что следовало бы, иметь в арсенале вычислительной математики серию рекуррентных формул, аналогичных формулам прогонки но, тем не менее, которая представляла бы собой некую альтернативу к формулам классической прогонки. При этом желательно, чтобы предлагаемые формулы были вычислительно устойчивыми для широкого класса задач, чем это имеет место для известных вариантов методов прогонки.

Цель настоящей работы — получение рекуррентных формул аналогичных формулам прогонки, для численного решения краевой задачи дифференциальных уравнений второго порядка, когда метод прогонки может привести к неутешительным результатам.

В частности, особенно важным является вопрос о наличии прогоночных формул, когда коэффициент при решении в уравнении (имеет отрицательный знак или является знакопеременным) и граничные условия не удовлетворяет условиям устойчивости широко применяемого метода прогонки.

Постановка задачи. Рассматривается дифференциальное уравнение второго порядка

$$y''(t) - q(t)y(t) = f(t), \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (1)$$

со следующими краевыми условиями

$$y(0) = \beta_0 \quad (2)$$

$$y(1) = \beta_1 \quad (3)$$

где $\beta_0, \beta_1 \in \mathfrak{R} =]-\infty, +\infty[$. Будем считать, что коэффициенты уравнения $f(t), q(t)$ — непрерывны на отрезке $[0, 1]$.

Для исследования вопросов численного решения данной краевой задачи разобьем отрезок $[0, 1]$ на N частей, введением узловых точек $0 = t_0 < t_1 < \dots < t_N = 1$.

Если обозначить через h расстояния между узлами (шаг сетки), то $h = \frac{1}{N}, t_n = \frac{n}{N}, (n = 0, 2, \dots, N)$ где N - целое число отрезков разбиения (шаг сетки может быть и неравномерным). В дальнейшем будем обозначать через $y(t_n)$ значение точного решения краевой задачи (1) - (3) в точке t_n , а через y_n и y'_n соответствующее приближенное решение и ее

производную, построенное с помощью рассматриваемого численного метода. Также для удобства будем пользоваться обозначениями вида

$$\mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t) dt, \quad \sigma_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} f(t) dt, \quad \theta_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} \int_{t_{n-1}}^t q(x) dx dt,$$

$$\mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t)(t - t_{n-1}) dt, \quad \sigma'_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} f(t)(t - t_{n-1}) dx dt, \quad n = 1, 2, \dots, N$$

Необходимо получить рекуррентные прогоночные формулы численного решения краевой задачи (1)-(3) и исследовать их на предмет согласованности и устойчивости, и тем самым указать условия применимости полученных формул.

Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1)-(3), в случае когда $q(t) \geq 0$. Как известно, что в этом случае существует и единственно решение краевой задачи (1)-(3).

Описание алгоритма

В случае когда $q(t) \geq 0$, для численного решения краевой задачи (1) - (3) могут быть использованы следующие рекуррентные формулы:

Формулы прямого хода:

$$a_0 = 0, \quad a_n = \frac{a_{n-1}(1 + \eta_n) + h}{1 + a_{n-1}\mu_n + \eta_n}, \quad (4)$$

$$v_0 = \beta_0,$$

$$v_n = \frac{v_{n-1} - a_{n-1}\sigma_n - \sigma'_n}{1 + a_{n-1}\mu_n + \eta_n}, \quad (5)$$

для всех $n = 1, 2, \dots, N$.

Формула обратного хода:

$$y_N = \beta_1, \quad y_{n-1} = \frac{(1 + \eta_n)y_n + v_n \frac{h}{a_n} \left(1 + \frac{h}{a_n}\right) + \sigma'_n}{(a_n + h)a_n + h^2} a_n^2$$

(6)

для всех $n = N, N-1, \dots, 2$.

Доказательство согласованности. Для этого покажем, что при $h \rightarrow 0$, из приведенных рекуррентных формул (4) - (6) можно получить задачу Коши для трех дифференциальных уравнений первого порядка,

которая в свою очередь, является эквивалентной исходной краевой задаче (1) – (3).

Из формулы (4), после отбрасывания слагаемых порядка $O(h^2)$, имеем $a_n + a_n a_{n-1} \mu_n = a_{n-1} + h$ или $a_n - a_{n-1} = h - a_n a_{n-1} \mu_n$. Деля обе части этого выражение на h и переходя к пределу при $h \rightarrow 0$, можно получить дифференциальное уравнение который носит название Рикатти

$$a'(t) + q(t)a^2(t) = 1, \text{ с начальным значением } a(0) = 0 \quad (7)$$

Рассуждая совершенно аналогично, можем убедиться в том, что дифференциальными аналогами соответствующим рекуррентным формулам (5) - (6) являются следующие дифференциальные уравнения

$$v'(t) + q(t)a(t)v(t) = -a(t)f(t) \quad v(0) = \beta_0, \quad (8)$$

$$y(t) - a(t)y'(t) = v(t) \quad y(1) = \beta_1. \quad (9)$$

где последнее уравнение системы интегрируется справа налево. Эквивалентность исходной краевой задачи (1)-(3) и задачи (7)-(9) проверяется (продифференцируем последнее уравнение и воспользуемся предыдущими двумя уравнениями) непосредственной подстановкой.

Доказательство устойчивости. Теперь убедимся, в том, что вышеприведенные рекуррентные формулы являются вычислительно

устойчивыми. Заметим, что по условию $\mu_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t)dt \geq 0, \quad a_0 = 0$,

$\eta_n = \int_{t_{n-1}}^{t_n} q(t)(t - t_{n-1})dt \geq 0$, отсюда, как видно из формулы (4) следует, все что

$a_n \geq 0$, значит, выполняется неравенство $\frac{1}{1 + a_{n-1}\mu_n + \eta_n} \leq 1$, для всех

$n = 1, 2, \dots, N$. Это обстоятельство обеспечивает устойчивость счета по формулам (4) – (5).

В формуле (6) множитель, непосредственно влияющий на устойчивость, (стоящий перед y_n), имеет вид:

$$\frac{1 + \eta_n}{1 + \frac{h}{a_n} + \left(\frac{h}{a_n}\right)^2}.$$

Здесь в числителе второе слагаемое η_n имеет порядок $O(h^2)$ и тем самым не оказывает существенного влияния на устойчивость счета по этой формуле, и поэтому можно только рассмотреть выражение: $\frac{1}{1 + \frac{h}{a_n} + \left(\frac{h}{a_n}\right)^2}$.

Поскольку, по условию $a_n \geq 0$, то выполняется неравенство

$$\frac{1}{1 + \frac{h}{a_n} + \left(\frac{h}{a_n}\right)^2} \leq 1 \text{ для всех } n = N, N-1, \dots, 1, \text{ что гарантирует устойчивость}$$

счета по формуле обратного хода (6). Заметим, что приведенные рекуррентные формулы (4) - (6) аппроксимирует исходную краевую задачу с вторым порядком точности. При необходимости, могут быть выписаны аналогичные к (4)-(6) рекуррентные формулы, которые обеспечивают более высокую точность, чем приведенные, но целью этого пункта данной работы является обоснования корректности этих формул, которые являются основой при построении алгоритма для численного решения задачи (1)-(3), в случае когда $q(t) \leq 0$.

Сведение краевой задачи (1) - (3) к дифференциальной задаче Коши (7) - (9) и последующее ее решение называется методом дифференциальной прогонки или методом простой факторизации и в том случае когда, в уравнении (1) $q(t) \geq 0$, был предметом исследования многих авторов. Среди них Гельфанд, Локуциевский, Марчук, Ридли и т.д. К развитию метода прогонки применительно к задачам разного характера внесли весомые вклады многие видные математики. Среди них: Абрамов А.А., Бахвалов Н.С., Владимиров В.С., Воеводин А.Ф., Годунов С.К., Отелбаев М.О., Дегтярев Л.М., Сафронов И.Д. и другие. В результате в данный момент существует много модификаций метода прогонки такие как: классическая, потоковая, циклическая, ортогональная, немонотонная прогонки. Все они предназначены для решения систем уравнений, возникающих при аппроксимации краевых задач, и являются модификациями метода классической прогонки, и каждый из них может быть выбран для решения конкретного класса задач.

Численные примеры

1. В качестве численного примера рассмотрим краевую задачу

$$\begin{aligned} y''(t) - 25y(t) &= 0, \quad 0 \leq t \leq 1, \quad y(0) = 1, \\ y(1) &= 1. \end{aligned}$$

В условиях этого примера; $k(t) \equiv 1$, $q(t) \equiv 25$, $f(t) \equiv 0$ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 1$.

При численном расчете с шагом $N = 100$, по формулам (4)-(6), абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.0005$.

2. В качестве следующего примера рассмотрим

$$y''(t) - 100y(t) = 0, \quad 0 \leq t \leq 1, \quad y(0) = 1, \quad y(1) = 1.$$

Здесь; $k(t) \equiv 1$, $q(t) \equiv 100$, $f(t) \equiv 0$ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 1$.

При численном расчете с тем же шагом $N = 100$, по формулам (4)-(6), абсолютная величина наибольшей погрешности достигает значение $\delta = 0.0001$.

3. В качестве третьего численного примера рассмотрим

$$y''(t) - 10000y(t) = 0, \quad 0 \leq t \leq 1, \quad y(0) = 1, \quad y(1) = 1.$$

Здесь; $k(t) \equiv 1$, $q(t) \equiv 10\,000$, $f(t) \equiv 0$ $\beta_0 = 1$, $\beta_1 = 1$.

При расчете с тем же шагом $N = 1000$, по формулам (4)-(6), абсолютная величина наибольшей погрешности достигает значение $\delta = 0.009$.

Рассмотрение этих и других примеров показывает, что чем больше значение коэффициента уравнение $q(t)$ и/или значения β_0 , β_1 , параметров на концах интервала для достижения лучшей точности, необходимо уменьшение шага сетки. Здесь высказывается тот факт, что при больших значениях $q(t)$, β_0 , β_1 - исходная задача становится более жестким, при этом решение краевой задачи в окрестности концов изменяется очень быстро и образует «пограничный слой» или «краевой эффект». А внутри отрезка решение изменяется очень медленно, т.е., переходит на «квазистационарный режим».

В подобных случаях, в рамках данного метода можно указать точки перехода шага интегрирования из крупного на малый шаг и обратно. Такая ситуация существенно влияет на точность расчета.

Но в данной работе углубляться в этот вопрос не будем, что может быть предметом дальнейших исследований) так как основной целью данной работы является исследования вопросов численного задачи (1)-(3) в случае, когда $q(t) \leq 0$.

Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1)-(3) в случае когда $q(t) \leq 0$.

Описание алгоритма. Организация прямого хода Счет начнем по формулам

$$a_0 = 0, \quad a_n = \frac{a_{n-1}(1 + \eta_n) + h}{1 + a_{n-1}\mu_n + \eta_n}, \quad v_0 = \beta_0, \\ v_n = \frac{v_{n-1} - a_{n-1}\sigma_n - \sigma'_n}{1 + a_{n-1}\mu_n + \eta_n}, \quad (10)$$

которых для данного случая назовем *формулами прямого хода для отрицательного «входа»*.

По этим формулам вычисления ведутся для всех $n = 1, \dots, \theta_1 - 1$, где θ_1 , - такой номер шага, где впервые окажется $a_{\theta_1} > 0$, (если такого номера θ_1 , не существует, то расчет по формулам (11) будет вестись до правого конца отрезка) и далее полагая,

$$b_{\theta_1} = \frac{1}{a_{\theta_1}}, \quad v_{\theta_1} = -\frac{v_{\theta_1}}{a_{\theta_1}} \quad (11)$$

счет продолжим по следующим формулам, которых назовем формулами прямого хода для положительного «входа»

$$b_n = \frac{b_{n-1}(1 + \eta_n) + \mu_n}{1 + hb_{n-1} + \eta_n}, \quad ; \quad v_n = \frac{v_{n-1} + b_{n-1}\sigma'_n + \sigma_n}{1 + hb_{n-1} + \eta_n}; \quad n = \theta_1 + 1, \dots, \theta_2. \\ (12)$$

где θ_2 , - такой номер, что для всех $n = \theta_1 + 1, \dots, \theta_2 - 1$, значения $b_n > 0$, и $b_{\theta_2} < 0$ (если такого номера θ_2 , не существует, то расчет по этим формулам будет вестись до правого конца отрезка). Здесь:

$$a_{\theta_2} = \frac{1}{b_{\theta_2}}, \quad v_{\theta_2} = -\frac{v_{\theta_2}}{b_{\theta_2}} \quad (13)$$

Далее, при необходимости вышеописанная процедура повторяется и в следующих возможных точках перехода.

Таким образом, до завершения прямого хода могут быть осуществлены множества переходов, между формулами прямых ходов для отрицательного и положительного «входов». Количество таких переходов зависит от поведение функции $q(t)$.

Если обозначим $\theta_0 = 1$, и θ_k - тот номер, на котором последний раз совершался переход из формул (10) к формулам (12) или наоборот, то множества индексов, представляющие собой «номера шагов перехода» можно обозначить через $\{\theta_0, \theta_1, \theta_2, \dots, \theta_k\}$.

И соответственно, множество индексов от 1 до N , разбиваются на подинтервалы; $[0, \theta_0]$, $[\theta_0 + 1, \theta_1]$, $[\theta_1 + 1, \theta_2]$, ..., $[\theta_{k-2} + 1, \theta_{k-1}]$, $[\theta_{k-1} + 1, \theta_k]$, $[\theta_k + 1, N]$.

В терминах введенных обозначений можно утверждать, что переход из (10) к (12) и обратно, осуществляется с помощью соотношений $a_{\theta_j} = \frac{1}{b_{\theta_j}}$,

$$v_{\theta_j} = -\frac{v_{\theta_j}}{b_{\theta_j}}, \text{ (или по формулам } b_{\theta_1} = \frac{1}{a_{\theta_1}}, v_{\theta_1} = -\frac{v_{\theta_1}}{a_{\theta_1}} \text{)} \text{ здесь } \theta_j - \text{ номер}$$

индекса, начиная с которого осуществляется указанный переход

($j = 0, 1, 2, \dots, k$.), где j - номер перехода.

Итак, поочередное использование формул (10) и (12), прямого хода для отрицательного и для положительного «входов», позволяет вести расчет до правого конца рассматриваемого отрезка и тем самым завершить «прямой ход». При этом на последнем отрезке, где ведется прямой ход расчета, то есть на $[\theta_k + 1, N]$, возможны следующие два взаимоисключающих случая:

- 1) расчет ведется по формулам (10) прямого хода для отрицательного «входа».
- 2) расчет ведется по формулам (12) прямого хода для положительного «входа».

Организация обратного хода

В первом случае, начнем обратный расчет по следующим формулам, которых назовем формулами обратного хода для отрицательного «входа»

$$y_N = \beta_1, \quad y_{n-1} = \frac{(1 + \eta_n)y_n + v_n \frac{h}{a_n} \left(1 + \frac{h}{a_n}\right) + \sigma'_n}{(a_n + h)a_n + h^2} a_n^2$$

$$n = N, N-1, \dots, \theta_k + 2, \theta_k + 1. \quad (14)$$

Далее, начиная с шага θ_k , продолжим счет, по следующей рекуррентной формуле которого удобно назвать формулой обратного хода для положительного «входа».

$$y_N = \beta_1, \quad y_{n-1} = \frac{(1 + \eta_n)y_n - h v_n (1 + h b_n) + \sigma'_n}{1 + h b_n + (h b_n)^2}$$

$$n = \theta_k, \dots, \theta_{k-1} + 2, \theta_{k-1} + 1. \quad (15)$$

Таким образом, в тех точках, где потребуется переход, чередуются формулы (13)-(14) две формулы «обратных ходов»

Во втором случае, полагается, что $y_N = \beta_1$, и расчет продолжается по формулам (14) то есть, по формулам обратного хода для положительного «входа» от индекса N до индекса $\theta_k + 1$. В остальном процесс вычисления организуется аналогично предыдущему случаю.

Доказательство согласованности. Согласованность рекуррентных формул (10) и (14) с исходной краевой задачей было показано в третьем разделе. Совершенно аналогично показывается согласованность формул (12), (15). А именно, при $h \rightarrow 0$ из рекуррентных формул (12), (15) можно получить следующую задачу Коши для трех дифференциальных уравнений первого порядка

$$b'(t) + b^2(t) = q(t) \quad (16)$$

$$v'(t) + b(t)u(t) = f(t) \quad (17)$$

$$y'(t) - b(t)y(t) = u(t) \quad (18)$$

где последнее уравнение системы интегрируется справа налево.

Если продифференцируем последнее уравнение данной системы и воспользуемся предыдущими двумя уравнениями, то можно получить краевую задачу (1)–(3). Данную систему дифференциальных уравнений можно также получить, произведя в (7)–(9) следующую замену

$$b(t) = \frac{1}{a(t)}, \quad v(t) = -\frac{v(t)}{a(t)},$$

Или обратно, из (16)–(18) с помощью обратной замены

$$a(t) = \frac{1}{b(t)}, \quad v(t) = -\frac{v(t)}{b(t)},$$

вернутся к системе (7)–(9).

Тем самым, было показано, что краевая задача (1)–(3) и системы дифференциальных уравнений (14)–(16) имеют одинаковые решение. Краевые условия определяются из приведенных выражений для замены уравнений.

Системы дифференциальных уравнений (19)–(21) и (7)–(9) приводится во многих литературных источниках в частности в книгах (Амосов, 1994).

Исследования вычислительная устойчивость приведенных рекуррентных формул (10), (12), (14), (15) проводится по методологии, описанной в пункте 3.

Численные примеры

1. В качестве численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) + 49y(t) = 0$, $0 \leq t \leq 1$, $y(0) = -1$, $y(1) = 0$. В условиях этого примера; $q(t) \equiv -49$, $f(t) \equiv 0$ $\beta_0 = -1$, $\beta_1 = 0$. При численном расчете с шагом $N = 100$, по вышеуказанному алгоритму, абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.00302$. Такая низкая точность является следствием того, что в этом примере функция $q(t)$ и количество шагов N - величины одного порядка. Тем не менее, такая точность не противоречит гарантируемому первому порядку точности излагаемого метода. А при расчете с шагом $N = 1000$, та же самая погрешность равна $\delta = 0.00006$.

2. В качестве следующего численного примера рассмотрим краевую задачу $y''(t) + 100y(t) = 0$, $0 \leq t \leq 1$, $y(0) = -1$, $y(1) = 0$. В условиях этого примера; $q(t) \equiv -100$, $f(t) \equiv 0$ $\beta_0 = -1$, $\beta_1 = 0$. При численном расчете с шагом $N = 100$, по вышеуказанному алгоритму, абсолютная величина наибольшей погрешности равна $\delta = 0.00724$. А при расчете с шагом $N = 1000$, та же самая погрешность равна $\delta = 0.00009$.

Рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1) – (3) в случае, когда $q(t)$ является знакопеременной функцией

Так как, в рамках данного алгоритма происходит перенос краевых условия в выбранные узловые точки внутри рассматриваемого отрезка, поэтому на любой из узловых точек $t_k \in [0, 1]$ могут быть реализованы следующие возможные сценарий:

1) $a_{k-1} \geq 0$, $q(t) \geq 0$. В этом случае, может быть применен алгоритм указанный в пункте (3). А также применимы формулы классической прогонки.

2) $a_{k-1} \leq 0$, $q(t) \geq 0$. Тогда, если $|a_{k-1}| \leq \sqrt{q_k}$, то начиная с — шага k счет ведется слева направо по формулам (12), но если $|a_{k-1}| > \sqrt{q_k}$, то по формулам (10). В рамках вышеуказанных условий, как следует из дифференциального аналога этих формул (формулы (7), (19)) происходит резкий монотонный рост значений a_n и b_n , и в результате за «малое» количество шагов они становятся положительными. И значит, для формул (10), (12) условие устойчивости нарушается только на «малом» количестве

шагов, что не влияет на результаты конечного счета. Обратный счет по этим формулам осуществляется, как указано в пункте (4).

3) $a_{k-1} > 0$, $q(t) \leq 0$. Расчет происходит по алгоритму, изложенному в пункте (4).

4) $a_{k-1} > 0$, $q(t) \leq 0$. Расчет происходит по алгоритму, изложенному в пункте (4).

Заключение

В данной работе предложены рекуррентные формулы для численного решения краевой задачи (1)-(3), которые имеют более широкую область применимости, чем метод прогонки, при решении краевых задач дифференциальных уравнений второго порядка. Формулы применимы вне зависимости от знака коэффициента $q(t)$ при решении $y(t)$. Результаты, полученные в данной статье, подтверждаются расчетными данными. Приведенный метод имеет первый порядок точности и является абсолютно устойчивым, то есть его устойчивость не зависит от величины шага h . Ради строгости изложения исходная задача сформулирована при условии, что коэффициенты уравнения являются непрерывными функциями. Тем не менее, один из далеко идущих целей данной работы является изложение одношагового численного метода решения краевой задачи (1)-(3), при минимальных требованиях на условия гладкости коэффициентов уравнения. Поэтому, акцент данной работы делается на вывод рабочих рекуррентных формул предоставляющих возможности работы с уравнениями с разрывными (т.е. кусочно-непрерывными) коэффициентами и в ряде случаев с коэффициентами, имеющими интегрируемые особенности. Возможности современных ЭВМ позволяет работать при достаточно малых шагах h , и тем самым методы первого порядка точности могут быть вполне пригодным рабочим инструментом обеспечивающих необходимую точность для численного решения большинства практических задач.

Повышения порядка точности метода предполагает существование более ограничительных условий на коэффициенты исходной краевой задачи. Если все же возникает необходимость повышения точности решения, то может быть использован метод Рунге повышения точности или другие общеизвестные методы.

2. Изложенный алгоритм может иметь хорошие перспективы для распараллеливания счета. Есть возможность обобщить идеи метода изложенного в настоящей работе на другие типы краевых условий, а также для краевых задач для дифференциальных уравнений более высоких порядков. После небольшой модификаций представленный здесь метод может быть использован и для численного решения линейных уравнений частных производных. Ради справедливости хотелось бы отметить, что

первоначальная идея вышеизложенного метода принадлежит Отелбаеву М.О. (Утемаганбетов, 1995) и получила развитие в работах (Utemaganbetov, 2013; Utemaganbetov, 2014; Утемаганбетов, 2015).

Недостатки и преимущества излагаемого здесь метода, могут быть выяснены на основе практики применения этого метода специалистами по вычислительной математике.

REFERENCES

Amosov A.A., Dubinsky Yu.A., Kopchenova N.V., 1994 — Computational methods for engineers. M.: "Higher School". 1994.

Babenko K.I., 2002 — Fundamentals of numerical analysis. //Moscow-Izhevsk: SIC "Regular and chaotic dynamics", 2002.

Bakhvalov N.S., 1973 — Numerical methods. - M.: Nauka, 1973. – 654 p.

Ilyin V.P., Kuznetsov Yu.I. 1985 — Tridiagonal matrices and their applications. - M.: Nauka, 1985.

Kalitkin N.N., Alshina E.A., 2013 — Numerical methods. Book 1, Numerical analysis. Moscow: Publishing Center "Academy", 2013. - 304 p. - (University textbook. Applied Mathematics and Computer Science series).

On Ts. Computational methods for solving applied boundary value problems: Trans. from English—M.: Mir, 19827 -296 p

Utemaganbetov Z.S., Otelbaev M.O., 1995 — On a numerical method for solving boundary value problems for second-order differential equations. // In the book: Topical issues of mathematics and methods of teaching mathematics. (part II) Almaty, 1995.

Utemaganbetov Z.C., 2013 — Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the First Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations. Life Science Journal 2013; 10 (12p). Pp 603–611.

Utemaganbetov Z.C. Diyarova L.D., Nigmatova. G.N., 2014 — Alternative and Expanded Version of the Sweep Method for the Numerical Solution of the Second and Third Boundary Value Problem for Second-Order Linear Differential Equations (printed). Life Science Journal 2014; 11(8p)

Utemaganbetov Z.S., Nigmatova G.N., Urbisinova B.T., 2015 — Method of transferring boundary conditions for numerical solution of the 1st boundary value problem for linear differential equations of the second order Bulletin of KazNTU Series of Physics and Mathematics, № 5, 2015. Pp. 493–501.

CHEMISTRY

REPORTS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
ISSN 2224-5227
Volume 2. Number 346 (2023), 58-74
<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.210>
UDC 549.01:556.551(574.25)

© **Kh. Akimzhanova^{1*}, A. Sabitova¹, B. Mussabayeva², B. Bayahmetova¹, 2023**

¹Shakarim University, Semey, Kazakhstan;

²Astana International University, Astana, Kazakhstan.

E-mail: Akimzhanova_Kh@sm.nis.edu.kz

CHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF THE NATURAL MUD OF THE SALT LAKES MOIYLDY AND TUZKALA AS A POTENTIAL NATURAL RESOURCE

Akimzhanova Khafiza — PhD student. Shakarim University. 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: Akimzhanova_Kh@sm.nis.edu.kz. ORCID: 0000-0002-8775-5873;

Sabitova Alfira — PhD. Shakarim University. 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: a.sabitova@shakarim.kz. ORCID: 0000-0002-3360-7998;

Mussabayeva Binur — Candidate of Chemical Sciences, professor. Astana International University. 010000. Astana, Kazakhstan

E-mail: mussabayevabinur@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2209-1209;

Bayakhmetova Bulbul — candidate of chemical sciences. Shakarim University. 071412. Semey, Kazakhstan

E-mail: bulbul.bayahmetova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5663-5107.

Abstract. Interest in natural muds has been increasing in recent years around the world. Until now, there is relevance in the study of the composition of these muds, causing their active physiological effect. An analysis of studies in recent years shows the lack of systematic studies of the composition and structure of peloids in the North-Eastern part of the Kazakhstan, which are popular among the population for their healing properties. The article presents the results of a study of the physicochemical properties, mineral and elemental composition of natural muds of large lakes Moiyllydy and Tuzkala and assesses the possibility of using this natural raw material in general. To achieve the goals and objectives of the study, potentiometric, photometric methods of analysis, inductively coupled plasma mass spectrometry, X-ray diffraction, the capillary electrophoresis system, and scanning electron microscope (SEM) were used. The studied samples of therapeutic mud are salt-saturated slightly alkaline dark gray silt of continental origin with a faint smell of hydrogen sulfide. It is characterized by an increased content of ammonium, magnesium, sulfate, which are biologically active components with a positive

physiological effect. The results of this study can further contribute to the study of the therapeutic effect, processes of sedimentation of natural mud of salt lakes and open up new prospects for the use of this raw material not only in Kazakhstan, but also in other countries.

Keywords: natural mud, peloid, mineralogy, composition, silt, Moiyldy, Tuzkala

©Х. Әкімжанова^{1*}, А. Сабитова¹, Б. Мұсабаева², Б. Баяхметова¹, 2023 ж

¹Шәкәрім университеті, Семей, Қазақстан;

²Астана халықаралық университеті, Астана, Қазақстан.

E-mail: Akimzhanova_Kh@sm.nis.edu.kz

МОЙЫЛДЫ ЖӘНЕ ТҰЗҚАЛА ТҰЗДЫ КӨЛДЕРІНІҢ ТАБИҒИ БАЛШЫҒЫНЫҢ ӘЛЕУЕТТІ ТАБИҒИ РЕСУРС РЕТІНДЕГІ ХИМИЯЛЫҚ-МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ

Әкімжанова Хафиза — PhD студент. Шәкәрім университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: Akimzhanova_Kh@sm.nis.edu.kz. ORCID: 0000-0002-8775-5873;

Сабитова Альфира — PhD, қауымдастырылған профессор. Шәкәрім университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: a.sabitova@shakarim.kz. ORCID: 0000-0002-3360-7998;

Мұсабаева Бинур — химия ғылымдарының кандидаты, профессор. Астана халықаралық университеті. 010000. Астана, Қазақстан

E-mail: mussabayevabinur@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2209-1209;

Баяхметова Бұлбұл — химия ғылымдарының кандидаты. Шәкәрім университеті. 071412. Семей, Қазақстан

E-mail: bulbul.bayahmetova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5663-5107.

Аннотация. Соңғы жылдары бүкіл әлемде табиғи емдік балшыққа қызығушылық артып келеді. Олардың белсенді физиологиялық әрекетін анықтайтын композицияны зерттеу өзекті болып қала береді. Соңғы жылдардағы зерттеулерді талдау еліміздің Солтүстік-Шығыс аймағындағы халық арасында емдік қасиеттерімен танымал пелоидтардың құрамы мен құрылымын жүйелі түрде зерттеудің жоктығын көрсетеді. Мақалада Павлодар облысындағы Мойылды және Тұзқала ірі тұзды көлдерінің табиғи балшықтарының физика-химиялық қасиеттерін, минералдық және элементтік құрамын зерттеу нәтижелері, сондай-ақ осы табиғи шикізатты кеңінен пайдалану мүмкіндіктері берілген. Бұл жұмыстың мақсаты — зерттелетін үлгілердің беткі морфологиясына, гранулометриясына және элементтік құрамына кешенді талдау жүргізу және осы табиғи шикізаттың әлеуетті пайдалануының физика-химиялық бағасын ұсыну. Зерттеудің мақсаты мен міндеттеріне қол жеткізу үшін талдаудың потенциометриялық, фотометриялық әдістері, индуктивті байланысқан плазмамен масс-спектрометрия, рентгендік дифракциялық талдау, капиллярлық электрофорез жүйесі, сканерлеуші электронды микроскоп (SEM) пайдаланылды. Зерттелетін емдік балшық үлгілері континенттік шығу тегі бар тұзға

қаныққан аздап сілтілі тұнбалар, қою консистенциялы күкіртсутектің әлсіз иісі бар, майлы жылтырлығы бар қара сұр түсті. Ол оң физиологиялық әсері бар биологиялық белсенді компоненттер болып табылатын аммоний, магний, сульфат иондарының жоғарылауымен сипатталады. Бұл химиялық-минералогиялық зерттеудің нәтижелері емдік әсерін, тұзды көлдердің табиғи лайының шөгу процестерін зерттеуге одан әрі ықпал ете алады және осы шикізатты тек Қазақстанда ғана емес, сонымен қатар басқа да аймақтарда қолданудың перспективаларын аша алады.

Түйін сөздер: табиғи балшық, пелоид, минералогиясы, құрамы, лай, Мойылды, Тұзқала

©Х. Акимжанова^{1*}, А. Сабитова¹, Б. Мусабаева², Б. Баяхметова¹,
2023

¹Университет Шакарима, Семей, Казахстан;

²Международный университет Астана, Астана, Казахстан.

E-mail: Akimzhanova_Kh@sm.nis.edu.kz

ХИМИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ ГРЯЗЕЙ СОЛЕННЫХ ОЗЕР МОЙЫЛДЫ И ТУЗКАЛА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО РЕСУРСА

Акимжанова Хафиза — PhD студент. Университет Шакарима. Кафедра химической технологии и экологии. 071412. Семей, Казахстан

E-mail: Akimzhanova_Kh@sm.nis.edu.kz. ORCID: 0000-0002-8775-5873;

Сабитова Альфира — PhD, ассоциированный профессор. Университет Шакарима. Кафедра химической технологии и экологии. 071412. Семей, Казахстан

E-mail: a.sabitova@shakarim.kz. ORCID: 0000-0002-3360-7998;

Мусабаева Бинур — кандидат химических наук, профессор. Международный университет Астаны. Высшая школа естественных наук. 010000. Астана, Казахстан

E-mail: mussabayevabinur@gmail.com. ORCID: 0000-0003-2209-1209;

Баяхметова Булбул — кандидат химических наук. Университет Шакарима. 071412. Семей, Казахстан

E-mail: bulbul.bayahmetova@mail.ru. ORCID: 0000-0002-5663-5107.

Аннотация. В последние годы во всем мире растет интерес к природным целебным грязям. Актуальным остается изучение состава, определяющего их активное физиологическое действие. Анализ исследований за последние годы показывает отсутствие системных исследований состава и структуры пелоидов Северо-Восточной части страны, являющимися популярными среди населения своими целебными свойствами. В статье представлены результаты изучения физико-химических свойств, элементного состава природных грязей крупных соленых озер Мойылды и Тузкала Павлодарской области, а также возможность использования этого природного сырья. Цель данной работы заключается в проведении комплексного анализа поверхностной морфологии, гранулометрии, а также элементного состава исследуемых образцов и

представлении физико-химической оценки потенциального использования данного природного сырья. Для достижения целей и задач исследования использовались потенциометрический, фотометрический методы анализа, масс-спектрометрия с индуктивно-связанной плазмой, рентгеноструктурный анализ, система капиллярного электрофореза, сканирующая электронная микроскопия (СЭМ). Исследованные образцы лечебной грязи представляют собой соленасыщенный слабощелочной или континентального происхождения, имеют густую консистенцию со слабым запахом сероводорода темного-серого цвета с маслянистым блеском. Характеризуются повышенным содержанием аммония, магния, сульфат-ионов, которые являются биологически активными компонентами, обладающими положительным физиологическим эффектом. Результаты данного химико-минералогического исследования в дальнейшем могут внести вклад в изучение терапевтического воздействия, процессов осадкообразования природных грязей соленых озер, в перспективы использования данного сырья не только в Казахстане, но и в других странах.

Ключевые слова: природная грязь, пелоид, минералогия, состав, ил, Мойылды, Тузкала

Введение

Солёные озера Мойылды и Тузкала располагаются в северной области Казахстана и содержат большие объемы нативной грязи, толщиной слоя около 0.6 м. Они были популярны среди местного населения издревле. Если на базе грязевых запасов озера Мойылды создан еще в 1922 г. оздоровительный комплекс АО «Санаторий Мойылды» и в настоящее время получил мировую популярность, то грязь озера Тузкала активно применяется в качестве народного лечебно-оздоровительного средства. Особенно в период пандемии возрос интерес к данному доступному целебному источнику. В открытых источниках отсутствуют данные о системных исследований грязей данных озер за последние годы, а имеющиеся небольшие сведения о химическом составе пелоида Мойылды носят информационно-рекламный характер. Цель данного исследования определить минеральный и гранулометрический состав, а также элементный состав для определения и расширения потенциально значимых сфер применения, а также переработки, рационального использования данного сырья в промышленности.

Природный ил представляет собой комплексный продукт, полученный в ходе длительных комплексных процессов геохимического и биологического происхождения. Химический состав естественных грязей, их физические свойства, а также терапевтический эффект изучаются повсеместно. Были описаны комплексное физико-химическое исследование грязей, включающее определение pH, гранулометрии, химического и минералогического состава, органической части в Румынии (Baricz и др., 2021), в Черногории (Potpara и др., 2017), в Турции (Odabasi и др., 2007; Karakaya и др., 2018), на Кубе (Suárez и др., 2011; Martínez-Villegas N. и др., 2020). Были проведены

многолетние мониторинговые исследования физико-химического состава и экологического состояния естественных пелоидов в России (Muradov и др., 2019), в Латвии (Pavlovska и др., 2020), в Италии (Bergamaschi и др., 2020). В Казахстане наиболее исследованы физико-химические свойства пелоидов соленых озер Западного Казахстана Хакисор, Аралсор, Индер, Альжансор, Большой Сор, Сорколь (Ахмеденов и др., 2021), а также Южного Казахстана - месторождения «Коссор», расположенное в урочище «Актубек» в трех километрах от южного побережья озера Алаколь (Dzhetimov и др., 2014), озера Жаланашколь (Токранов и др., 2016), и озера Рей с 2012–2015 гг. (Токранов и др., 2021).

Условия и время созревания могут изменять некоторые характеристики пелоидов, такие как их пластичность, способность к поглощению, биохимический состав (Carretero, 2002; Centini и др., 2015). К факторам, влияющим на формирование химического состава и генезиса иловых грязей относятся солевой состав рапы водоема, почвы и органическое вещество растительного и животного происхождения. При этом на степень накопления грязи большое влияние оказывают морфологические особенности водоемов, соленость воды, геологическое строение берегов и связанные с ним особенности ландшафта. В зависимости от географического положения и климатических условий колебания состава и содержания минеральных и органических веществ пелоидов будет варьировать в довольно широких пределах, что свидетельствует об их специфичности в каждом отдельном случае. В этой статье представлены результаты исследования физико-химических свойств и минералогического состава целебной грязи озер Мойылды и Тузкала, проведен их анализ и дана характеристика с точки зрения имеющейся классификации, а также сделана попытка научной интерпретации возможных промышленных применений данных пелоидов.

Материалы и методы эксперимента

Образцы отбирали из района, где добывается грязь, методом точечных проб глубиной до 20 см в одном слое через каждые 5 м в радиусе источника и подвергались дальнейшему квартованию согласно ГОСТ 17.1.5.01-80. На рисунке 1 обозначены координаты места отбора проб озера Мойылды (52°23'48"N 77°04'03"E) и Тузкала (51°52'11"N77°28'29"E) и внешний вид пелоида соответственно. Местоположение GPS во время отбора проб определялось с помощью приложения для мобильного телефона GoogleMaps. Отбор проб производился в осенний период (сентябрь 2022г). Усредненные пробы хранили в чистых полиэтиленовых контейнерах с плотно закрытой крышкой при температуре 4°C в темном месте. Определение значения pH пелоида и плотного остатка водной вытяжки определяли согласно ГОСТ 26423-85 с помощью двухканального измерителя S47 Seven Multidial meter pH/conductivity (Россия).

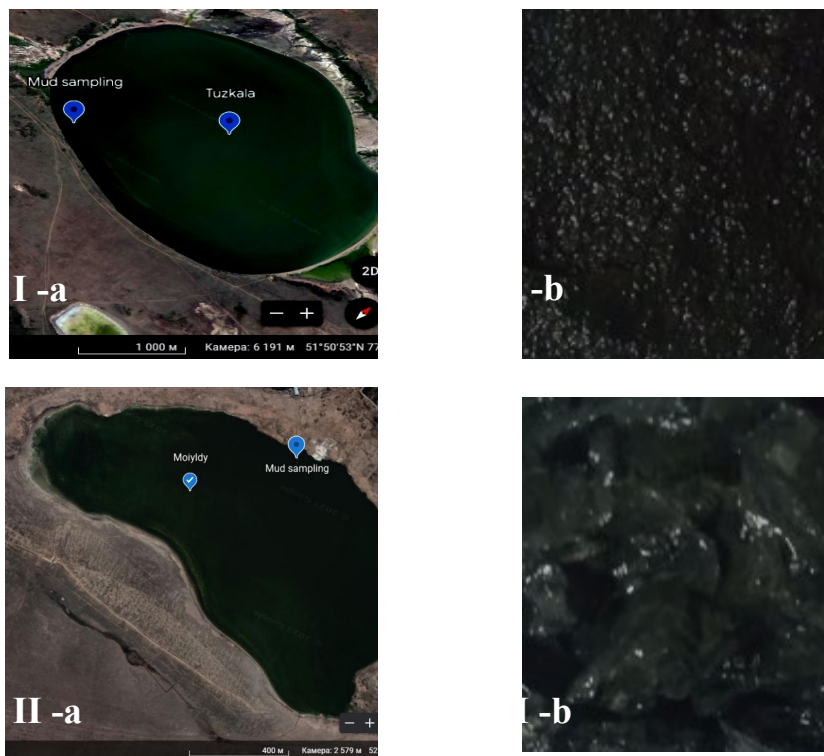


Рис. 1. Место отбора (а) и общий вид образцов грязи (б): I – Тузкала; II – Мойылды
 (Fig. 1. Sampling (a) and general view of mud samples (b): I - Tuzkala; II – Moylydy)

Также были определены содержание подвижных форм азота в нитратной форме согласно ГОСТ 26951-86 потенциометрическим методом; фосфора и калия по методу Мачигина согласно ГОСТ 26205-91; серы фотометрическим методом согласно ГОСТ 26490-85. Были определены капиллярным электрофорезом катионы натрия, калия, аммония, кальция, магния согласно методике ПНДФ 16.1:2.2:2.3.74-2012 (KZ.07.00.03091-2015), хлорид-ионы, сульфат-ионы в вводной вытяжке согласно ПНДФ 16.1:2:2.3:2.2.69-10 (KZ.07.00.03091-2015). Для данных исследований использовалась система капиллярного электрофореза "КАПЕЛЬ-104Т" с программным обеспечением "Эльфوران". Валовые концентрации металлов были определены методом лазерной абляции в сочетании с масс-спектрометрией ICP-MS Agilent 7500cx производства компании «Agilent Technologies» (США). Для получения достоверных результатов был проведен трехкратный анализ образцов. Данные представлены в виде среднего значения $\pm SD$. Гранулометрический состав грязи определяли согласно ГОСТ 12536-2014 пипеточным методом. Объемную минералогию определяли методом рентгеновской дифракции (XRD) с использованием рентгеновского дифрактометра модульной конструкции X'Pert High Score производства

компании «PANalitical» (Нидерланды). Анализы проводились в диапазоне углов дифракции 2θ от -12° до $+140^\circ$ при минимальном шаге сканирования $0,001^\circ$. Расшифровка данных дифрактограмм производилась с использованием картотеки Crystallography Open Database (COD), Inorganic Crystal Structure Database (ICSD). Для изучения микрорельефа поверхности и распределения частиц по размерам (PSD) была использована сканирующая электронная микроскопия (СЭМ) с использованием низковакуумного аналитического растрового электронного микроскопа JSM6390LV производства компании «JEOL Ltd.» (Япония) с системой энергодисперсионного микроанализа INCA EnergyPenta FET X3 компании «OXFORD InstrumentsAnalyticalLimited» (Великобритания) микроскоп. Распределение частиц по размерам было рассчитано с использованием программного обеспечения ImageJ, распределение частиц по размерам было построено в программе OriginPro 2018.

Результаты

Пелоиды озера Тузкала (образец 1) и Мойылды (образец 2) представляют собой однородную массу тёмно-серого цвета без крупных включений органических остатков, имеющую маслянистый блеск и запах сероводорода (рисунок 1). Образец 1 имел более плотную консистенцию. Образец 1 содержит в больших количествах гумусного углерода гуминовых кислот в сравнении с образцом 2. Гуминовые кислоты по сравнению с фульвокислотами обладают большей поглотительной способностью элементов, формируют структурные минеральные агрегаты, улучшая тепловые свойства.

Таблица 1. Физико-химические показатели исследуемых образцов

Параметр	Тузкала	Мойылды
pH	8.664±0.024	8.973 ± 0.088
Максимальная гигроскопическая влага, %	29.60	27.82
Минерализация грязевого раствора, г/дм ³	408.00±2.34	400.00± 2.12
Групповой состав гумуса, %		
С общий	0.1212	0.039
С (гуминовые кислоты)	0.0936	0.0012
С (фульвокислоты)	0.0276	0.0378
Состав водной вытяжки, мг кг ⁻¹		
Cl ⁻	42,273±1,502	29,966±756
SO ₄ ²⁻	115,498±5,549	125,500±6,024
Ca ²⁺	1,200±24	800±16
Mg ²⁺	840±10	1,980±24
Na ⁺	18,698.5±430.1	5,275±121
K ⁺	263.3±10.3	213.33±8,19
NH ₄ ⁺	141,262±8,193	253,849±19,750
Концентрация обменных форм ионов, мг кг ⁻¹		
P – P ₂ O ₅	27.60±0.36	33.11±0.31

ЗК в 2.0 раза и 1.2 раза соответственно. Большинство из представленных элементов находятся в меньших количества в сравнении с их содержанием в ЗК, однако превышают среднего значения для ГВКО: магний в 4.9 для Мойылды и 5.2 раза для Тузкала, калий в 3.9 раз, фосфор в 2.2 раза, титан в 2.0 и 1.7 раза, железо в 1.8 раз и алюминий в 1.8 и 2.0 раза соответственно.

Среди элементов, содержание которых не превышает 80мг/кг, но больше 5 мг/кг (рисунок 3), в образцах Мойылды и Тузкала наблюдается повышенное содержание лития в сравнении с ЗК в 1.9 и 1,5 раза соответственно; для образца озера Тузкала наблюдается повышенное содержание свинца в 1.9 раза.

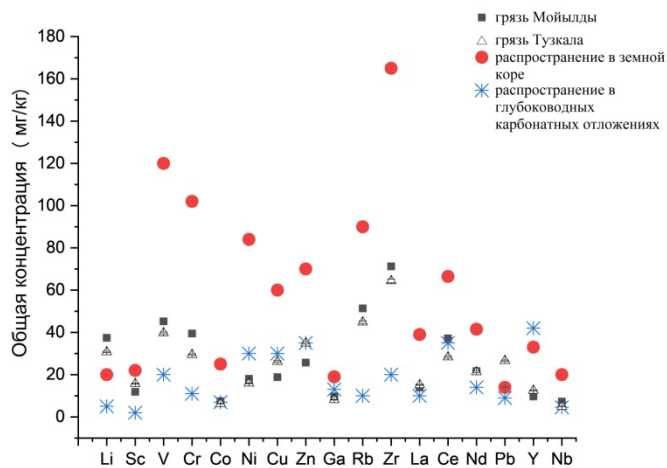


Рис. 3. Общая концентрация элементов в диапазоне < 80 мг/кг в образце грязи Мойылды и Тузкала в сравнении с ЗК и ГВКО, мг/кг
 (Fig.3. Total concentration of elements in interval < 80 mg/kg in the mud sample of Moylydy and Tuzkala lakes in comparison with the CC and in the CDSS, mg/kg)

Превышают среднего значения для ГВКО: скандий в 5.9 и 7,9 раз, рубидий в 5.1 и 4,5 раз, хром в 3.6 и 2.7 раза, цирконий в 3.6 и 3.2 раза, ванадий в 2.3 и 2.0 раза, свинец в 1.5 раза для Мойылды, неодий и неодий в 1.5 раза для обоих образцов.

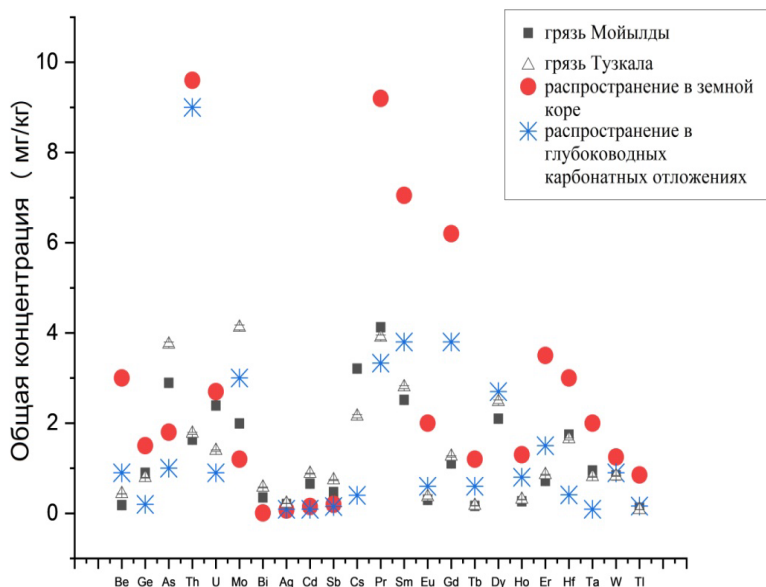


Рис. 4. Общая концентрация элементов $< 5 \text{ мг/кг}$ в образце грязи Мойылды и Тузкала в сравнении с ЗК и ГВКО, мг/кг
 (Fig.4. Total concentration of elements in interval $< 5 \text{ mg/kg}$ in the mud sample of Moiylды and Tuzkala lakes in comparison with the CC and in the CDSS, mg/kg)

Среди элементов, содержание которых не превышает 5 мг/кг (рисунок 4), в образцах наблюдается относительно высокое содержание висмута в сравнении с ЗК в 41.4 в случае Мойылды и 67.6 раза в случае Тузкала. Также повышенные количества обнаружены для кадмия в 4.4 и 5.9 раза, серебра в 2.7 и в 2.9 раза, сурьмы в 2.4 и 3.7 раза, мышьяка в 1.6 и в 2.1 раз соответственно. Концентрации следующих элементов превышают средние значения для ГВКО: цезий в 8.0 и 5.4 раза, германий и гафний в 4.4 раза.

Анализ гранулометрического и минерального состава пелоида показывает его тесную связь с физико-химическими свойствами и агрегатным состоянием. На рисунке 5а представлены результаты дисперсионного рентгеновского анализа (EDAX) с трех засвеченных областях каждого образца. Анализ результатов показывает, что в образце Мойылды во всех них наибольшая доля по массе приходится на кислород и натрий. В образце Тузкала во всех исследованных областях в сравнении с Мойылды наблюдается также большее содержание кислорода, но гораздо меньшее содержание натрия, серы. Также он отличается большим содержанием магния, кремния, титана, марганца.

Образец Мойылды согласно распределению частиц по размерам (рисунок 5б-в) отличается наибольшим содержанием фракции ила (<0.001мм) и грязь можно отнести к типу «песчаный ил» (Shepard, 1954).

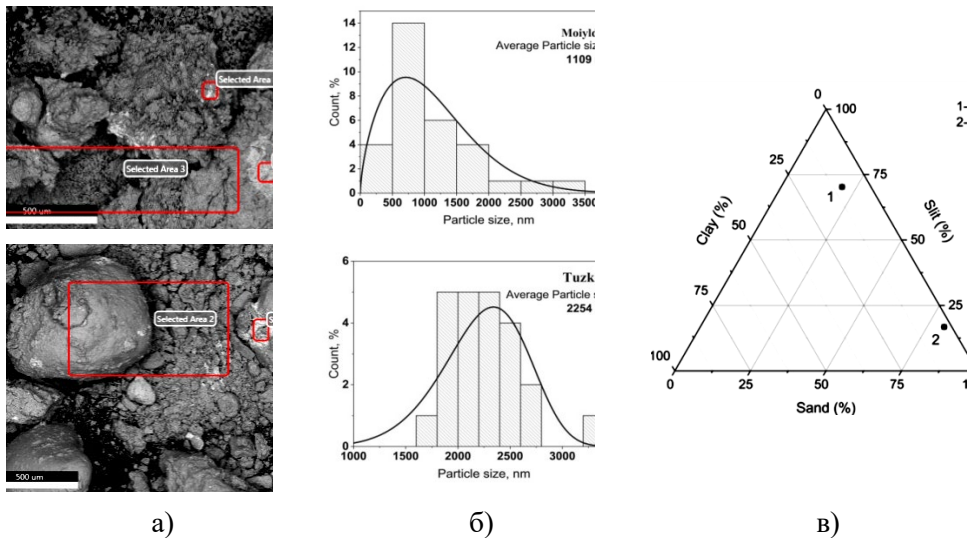


Рис. 5. Морфология образцов грязи Мойылды (верхний образец) и Тузкала (нижний образец): СЭМ-изображения масштаба 500 мкм (а); распределение частиц по размеру (б-в)

(Fig. 5. Morphology of mud samples from Molyldy (upper sample) and Tuzkala (lower sample): 500 μm SEM images (a); particle size distribution (b-c))

Согласно литературе, распределение частиц по размерам играет важную роль в подвижности ионов металлов. Размер частиц пелоида Мойылды варьировался от 239 нм до 3,446 нм, средний размер составил 1,109 нм. Пелоид обогащен мелкозернистым кварцем, галитом и кальцитом (таблица 2). Размер частиц пелоида Тузкала варьировался от 1,697 нм до 3,243 нм, средний размер составил 2,254 нм, что больше среднего размера Мойылды в 2 раза. Грязь можно отнести к типу «песок» (Shepard, 1954).

Таблица 2. Фазовый минералогический и гранулометрический состав образцов пелоидов, %

	Тузкала	Мойылды
Силикаты		
Кварц (SiO ₂)	37.8	45.3
Плагиоклаз-Альбит (Na[AlSi ₃ O ₈])	40.5	-
Цеолит Y (Na [AlSi _{1,5-3} O ₅₋₈])×(3-4)H ₂ O)	2.1	-
Карбонаты		

Кальцит (CaCO_3)	2.3	23.5
Соли		
Галит (NaCl)	15.2	29.3
Оксиды		
Гематит (Fe_2O_3)	-	1.9
Магнетит ($\text{FeO}\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$)	2.1	-

Образец Тузкала в своём составе содержит в большинстве фракцию песка размером 1-0.25мм, что в десятки раз превышает принятой нормы для использования в пелоидтерапии. Это свидетельствует о необходимости отсева этой фракции при потенциальном использовании данной грязи в пелоидтерапии. Минеральный состав образца Тузкала представлен, в основном, кварцем, альбитом, галитом. Также он отличается наличием незначительного количества магнетита, цеолита Y.

Обсуждение

Согласно полученным физико-химическим показателям (таблица 1) оба пелоида относятся к соленасыщенным слабощелочным, высокоминерализованным илам с приблизительно одинаковыми значениями влажности. Учитывая нормы влажности, принятые для использования грязи в бальнеорологии 25–75 %, данные образцы могут подходить для этих целей. Согласно данным таблицы 1 в большей степени в водной вытяжке образца озера Тузкала находятся ионы кальция, натрия, калия, хлорид анионы. Ионы кальция способствуют регуляции кожного барьера, проницаемости микроорганизмов через кожу, дифференцировки кератиноцитов (Lee и др., 2018). Ионы натрия и калия повышают проницаемость кожи, способствуют удержанию влаги, активируют систему транспорта ионов через клеточную мембрану (Potpara и др., 2017) Образец Мойылды отличается в сравнении с образцом 1 наибольшим содержанием ионов магния, аммония, сульфат анионов. Сульфат-ионы оказывает антиоксидантное и противовоспалительное действие (Vajgai и др., 2017). Ионы магния играют важную роль в клеточном метаболизме (Pygmalion и др., 2010). Соли аммония обладают кератолитическим эффектом противоаллергического характера, облегчая течение кожных заболеваний, таких как псориаз, дерматит (экзема) т.д. (Medasani, 2004). Сравнение количественных значений валового содержания фосфора и калия (рисунок 2) и их обменных форм (таблица 1) показывает, что основная часть фосфора находится в обоих пелоидах в связанном виде (около 96 %). Калий в образце озера Тузкала также в большей степени находится в неподвижной форме (95 %). В природной грязи Мойылды

основное содержание калия находится в обменной форме, то есть является более легкодоступной. Анализ результатов элементного состава показывает, что уменьшенное содержание меди в сравнении с ГВКО может свидетельствовать о глинистом характере исследуемых образцов. Такие элементы как хром и свинец проявляют ограниченную подвижность так как находятся в менее выщелачиваемых фракциях и несмотря на токсичность не оказывает негативное влияние на качество природной грязи, используемой в пелоидотерапии (Suárez и др., 2015). Большое содержание висмута может быть объяснено тем, что в сульфидных минералах содержание висмута варьируется на несколько порядков величины и имеет тенденцию концентрироваться в большей степени вместе с галенитом. Элементы, находящиеся в повышенных по сравнению с значениями в ЗК концентрациях в исследуемых образцах, входят в группу халькофильных металлов согласно Goldschmidt и имеют специфическое сродство к сере (Siegel, 1979). Большинство форм их минералов является малоподвижным в щелочной минеральной среде, что представляет естественные геохимические барьеры. Однако другие факторы, как температура, отношение катионов к анионам, ионная сила среды, микробные метаболиты могут значительно изменять подвижность элементов (Sherene, 2010). Высокие концентрации галита, в случае пелоида Мойылды, могут обуславливать увеличение содержания илистой фракции и влиять на текстурные особенности пелоида (Caga и др., 2000; Pozo и др., 2013). Содержание илистой фракции до 70,15 % свидетельствует о длительном процессе созревания исследуемого образца Мойылды и приближает его к составу термальных пелоидов из Турции. Присутствие кальцита в образце может обуславливать терапевтическое действие, поскольку карбонаты стимулируют подкожное кровообращение и обновления эпидермиса (Karakaya и др., 2010). Минерал магнетит обладает магнитными свойствами, что открывает перспективы комплексного использования грязи Тузкала в магнитотерапии. Цеолиты могут усиливать сорбционную активность данных пелоидов с точки зрения активных радикалов, солнечной радиации, экотоксикантов, патогенных микробов (Pesando и др., 2022). Поскольку образец отличается повышенными в сравнении с Мойылды общими концентрациями серебра, кадмия, сурьмы, это может показывать потенциальную связь и сродство данного минерала к этим элементам. Низкий процент глинистой фракции обоих пелоидов может свидетельствовать о прибрежном характере континентального происхождения. Согласно результатам дисперсионного рентгеновского анализа в выделенных областях можно предположить присутствие в большей степени хлоридов, сульфатов,

оксидов, карбонатов, алюмосиликатов, сульфидов натрия, калия, кальция, железа в случае образца Мойылды. В выделенных областях поверхности пелоида Туз калавозможно в большей степени присутствуют алюмосиликаты, оксиды, карбонаты кальция и магния, железа, титана, марганца. Анализируя данные обоих пелоидов показывает положительную корреляцию магний, кальций, алюминий и кремний; железо и алюминий в выделенных областях. Отрицательная корреляция наблюдается между натрием и серой с кремнием и алюминием.

Проведение детального исследования физико-химического состава сапропелей соленого озера Мойылды и Тузкала осуществлено впервые, его богатый минеральный состав даёт возможности научно обоснования условий его комплексного использования в курортологии, а также содействует новым разработкам для расширения спектра его использования и получения продуктов на его основе.

Заклучение

Физико-химический и минералогический анализ природной грязи озер Северного Казахстана Мойылды и Тузкала показал, что данные пелоиды относятся к слабощелочным, высокоминерализованным, сульфидным гязям с низким содержанием гумусного углерода. Имеют однородную мелкодисперсную коллоидную массу темно-серого цвета. Минералогический анализ показал, что пелоид Мойылды в основном состоит из мелкозернистого кварца, галита, кальцита и относится к типу «песочный ил». Преимущественное содержание иловой фракции доказывает его достаточно длительное созревание и может оказывать мягкое тактильное воздействие на кожу, может являться достаточно реакционноспособным. Пелоид Тузкала в большинстве своем содержит крупную фракцию размером 1–0.25 мм и относится к типу «песок». При потенциальном использовании в гязелечении данный образец требует предварительного отсеивания. К минералам, входящим в состав гязи Тузкала относятся кварц, альбит, галит, а также цеолит Y и магнетит, что позволяет использовать в терапии его магнитные свойства. Анализ валового содержания элементов в обоих гязях показал увеличенное содержание скандия, рублидия, хрома, циркония, ванадия, кадмия, серебра, сурьмы, цезия, германия, гафния в сравнении с их кларковыми значениями в земной коре. Большинство из этих металлов относится к халькофилам и имеют естественный барьер в слабощелочной адсорбционной среде, и может не оказывать негативное влияние на терапевтическую активность пелоида. Изучение поверхностной морфологии показывает, что в большей степени в образце Мойылды присутствуют оксидная, хлоридная,

сульфатная, силикатная формы минералов натрия, калия, железа; в образце Тузкала оксидная, карбонатная, алюмосиликатная формы магния, железа, титана, марганца, кальция. Исследование содержания подвижных форм основных катионов и анионов природной грязи, показывает, что оба пелоида можно отнести к аммонийно-натриевый-сульфатно-хлоридному типу, обладающими в комплексе противовоспалительным и антиоксидантным эффектом в борьбе с кожными заболеваниями. Проведение детального исследования физико-химического состава сапропелей соленых озер Мойылды и Тузкала осуществлено впервые, их богатый минеральный состав даёт возможности научно обоснования условий его комплексного использования в курортологии, а также содействует новым разработкам для расширения спектра его использования и получения продуктов-концентратов на его основе.

REFERENCES

- Akhmedenov K.M., Khalelova R.A., 2021 — *Akhmedenov K.M., Khalelova R.A.* Salt lakes of the West Kazakhstan region as objects of medical tourism. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 36(2). Pp. 637–645. DOI: <https://doi.org/10.30892/gtg.362spl11-693> (in Eng.).
- Bajgai J., Fadriuela A., Ara J., 2017 — *Bajgai J., Fadriuela A., Ara J.* Balneotherapeutic effects of high mineral spring water on the atopic dermatitis-like inflammation in hairless mice via immunomodulation and redox balance. *BMC Complement Altern Med.*, 17:481. DOI: [10.1186/s12906-017-1985-8](https://doi.org/10.1186/s12906-017-1985-8) (in Eng.).
- Baricz A., Levei E.A., Şenilă M., 2021 — *Baricz A., Levei E.A., Şenilă M.* Comprehensive mineralogical and physicochemical characterization of recent sapropels from Romanian saline lakes for potential use in pelotherapy. *Sci Rep.*, 11, 18633. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-021-97904-1> (in Eng.).
- Bergamaschi B., Marzola L., Radice M., Manfredini S., Baldini E., Vicentini C.B., Marrocchino E., Molesini S., Ziosi P., Vaccaro C., Vertuani S., 2020 — *Bergamaschi B., Marzola L., Radice M., Manfredini S., Baldini E., Vicentini C.B., Marrocchino E., Molesini S., Ziosi P., Vaccaro C., Vertuani S.* Comparative Study of SPA Mud from “Bacino Idrominerario Omogeneodei Colli Euganei (B.I.O.C.E.) – Italy” and Industrially Optimized Mud for Skin Applications. *Life*, 10, 78. DOI: <https://doi.org/10.3390/life10060078> (in Eng.).
- Cara S., Cargangiu, G., Padalino, G., Palomba, M., Tamanini, M., 2000 — *Cara S., Cargangiu, G., Padalino, G., Palomba, M., Tamanini, M.* The bentonites on pelotherapy: Chemical, mineralogical and technological properties of materials from Sardinia deposits (Italy). *Appl. Clay Sci.*, 16. Pp. 117–124 (in Eng.).
- Carretero M.I., 2002 — *Carretero M.I.* Clay minerals and their beneficial effects upon human health. A review. *Appl. Clay Sci.*, 21(3–4). Pp. 155–163. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(01\)00085-0](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(01)00085-0) (in Eng.).
- Centini M., Tredici M.R., Biondi N., Buonocore A., Maffei Facino R., Anselmi C., 2015 — *Centini M., Tredici M.R., Biondi N., Buonocore A., Maffei Facino R., Anselmi C.* Thermal mud maturation: organic matter and biological activity. *Int J Cosmet Sci.*, 37(3). Pp. 339–347. DOI: <https://doi.org/10.1111/ics.12204> (in Eng.).
- Dzhetimov M.A., Mazbayev O.B., Asubayev B.K., Yesengabylova A., Tokpanov E.A., 2014 — *Dzhetimov M.A., Mazbayev O.B., Asubayev B.K., Yesengabylova A., Tokpanov*

E.A. Physical and chemical microbiological analysis of the therapeutic mud of “Kossor” deposit of Alakol lake. *Life Sciences*, 11(5). Pp. 217–221 (in Eng.).

Karakaya C. M., Karakaya N., 2018 — *Karakaya Ç. M., Karakaya N.* Chemical composition and suitability of some Turkish thermal muds as peloids. *Turkish Journal of Earth Sciences*, 27. Pp. 191–204. DOI: <https://doi.org/10.3906/yer-1712-8> (in Eng.).

Karakaya C.M., Karakaya N., Sarioglan S., Koral M., 2010 — *Karakaya C.M., Karakaya N., Sarioglan S., Koral M.* Some properties of thermal muds of some spas in Turkey. *Appl. Clay Sci*, 48. Pp. 531–537 (in Eng.).

Lee S.E., Lee S.H., 2018 — *Lee S.E., Lee S.H.* Skin Barrier and Calcium. *Annals of dermatology*, 30(3). Pp. 265–275. DOI: <https://doi.org/10.5021/ad.2018.30.3.265> (in Eng.).

Martínez-Villegas N., Suárez Muñoz M., González-Hernández P., Melián Rodríguez C., Barrios Cossio J., Hernández Díaz R., Fagundo Castillo J. R., Gelen Rudnikas A., Díaz López C., Pérez-Gramatges A., Díaz Rizo O., 2020 — *Martínez-Villegas N., Suárez Muñoz M., González-Hernández P., Melián Rodríguez C., Barrios Cossio J., Hernández Díaz R., Fagundo Castillo J. R., Gelen Rudnikas A., Díaz López C., Pérez-Gramatges A., Díaz Rizo O.* Inorganic and organic characterization of Santa Lucía salt mine peloid for quality evaluations. *Environ Sci Pollut Res*, 27, 15944–15958. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11356-019-04790-2> (in Eng.).

Medasani M., 2004 — *Medasani M.* Ammonium compounds for treating psoriasis and eczema. *PCT/IN2004/000354*. A61K31/14, WO2006054312A1.

Muradov S.V., Khomenko A.I., Rogatykh S.V., 2019 — *Muradov S.V., Khomenko A.I., Rogatykh S.V.* Influence of the Paratunka geothermal deposit of thermomineral waters on the ecological characteristics of the formation and state of the therapeutic mud deposit. 2nd International Geothermal Conference IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 249, 012039. DOI: [10.1088/1755-1315/249/1/012039](https://doi.org/10.1088/1755-1315/249/1/012039) (in Eng.).

Odabasi E., Gul H., Macit E., Turan M., Yildiz O., 2007 — *Odabasi E., Gul H., Macit E., Turan M., Yildiz O.* Lipophilic Components of Different Therapeutic Mud Species. *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. V.13, Issue 10. 1115–1118. DOI: <http://doi.org/10.1089/acm.2007.0504> (in Eng.).

Pavlovskaya I., Klavina A., Auce A. et al., 2020 — *Pavlovskaya I., Klavina A., Auce A. et al.* Assessment of sapropel use for pharmaceutical products according to legislation, pollution parameters, and concentration of biologically active substances. *Sci Rep*, 10, 21527. DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-020-78498-6> (in Eng.).

Pesando M., Bolzon V., Bulfoni M., Nencioni A., Nencioni E., 2022 — *Pesando M., Bolzon V., Bulfoni M., Nencioni A., Nencioni E.* Exploring the Adsorption Properties of Zeolite in a New Skin Care Formulation. *Cosmetics*, 9(1):26. DOI: <https://doi.org/10.3390/cosmetics9010026> (in Eng.).

Potpara Z., Pantovic S., Duborija-Kovacevic N., Tadic V., Vojinovic T., Marstijepovic N., 2017 — *Potpara Z., Pantovic S., Duborija-Kovacevic N., Tadic V., Vojinovic T., Marstijepovic N.* The Properties of the Ulcinj Peloid make it Unique Biochemical Laboratory Required for the Treatment of Problematic Skin and Health Care. *Natural Product Communications*. Vol. 12 (6). Pp. 911–914 (in Eng.).

Pozo M. et al., 2013 — *Pozo M. et al.* Composition and physico-chemical properties of peloids used in Spanish spas: A comparative study. *Appl. Clay Sci.*, 83–84, 270–279 (in Eng.).

Pygmalion M.J., Ruiz L., Popovic E., Gizard J., Portes P., Marat X., Lucet-Levannier K., Muller B., Galey J.B., 2010 — *Pygmalion M.J., Ruiz L., Popovic E., Gizard J., Portes P., Marat X., Lucet-Levannier K., Muller B., Galey J.B.* Skin cell protection against UVA by Sideroxyl, a new antioxidant complementary to sunscreens. *Free Radical Biology and Medicine*, 49, 1629–1637. (in Eng.).

Siegel F.R., 1979 — *Siegel F.R.* Review of research on modern problems in geochemistry. Earth sciences, Unesco, Belgium.

Shepard F.P., 1954 — *Shepard F.P.* Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of Sedimentary Petrology*. V. 24. Pp. 151–158. (in Eng.).

Sherene T., 2010 — *Sherene T.* Mobility and Transport of Heavy Metals in Polluted Soil Environment. *Biological Forum — An International Journal*, 2. Pp. 112–121. (in Eng.).

Suárez M., González P., Domínguez R., Bravo A., Melián C., Pérez M., Herrera I., Blanco D., Hernández R., Fagundo J. R., 2011 - *Suárez M., González P., Domínguez R., Bravo A., Melián C., Pérez M., Herrera I., Blanco D., Hernández R., Fagundo J. R.* Identification of Organic Compounds in San Diego de los Baños Peloid (Pinar del Río, Cuba). *The Journal of Alternative and Complementary Medicine*. V.17. Issue 2. Pp. 155–165. DOI: <http://doi.org/10.1089/acm.2009.0587> (in Eng.).

Suarez M., Melián C., Rudnikas A., Diaz Rizo O., Martínez-Santos M., Ruiz-Romera E., González-Hernández P., 2015 — *Suarez M., Melián C., Rudnikas A., Diaz Rizo O., Martínez-Santos M., Ruiz-Romera E., González-Hernández P.* Physicochemical characterization, elemental speciation and hydrogeochemical modeling of river and peloid sediments used for therapeutic uses. *Applied Clay Science*, 104. Pp. 36–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clay.2014.11.029> (in Eng.).

Tokpanov E.A., 2016 — *Tokpanov E.A.* Hydromineral recreational resources of lake Zhalanashkol [Gidromineral'nyye rekreatsionnyye resursy ozera Zhalanashkol']. *KazNU Bulletin, Geography series*, №2 (43). Pp.305–309 (in Russ.).

Tokpanov Y., Atasoy E., Mendybayev E., Abdimanapov B., Andasbayev Y., Mukhitdinova R., Inkarova Zh., 2021 — *Tokpanov Y., Atasoy E., Mendybayev E., Abdimanapov B., Andasbayev Y., Mukhitdinova R., Inkarova Zh.* Prospects for the development of health tourism on lake Ray in the Almaty region of the Republic of Kazakhstan. *Geo Journal of Tourism and Geosites*, 37(3). Pp. 888–893. DOI: <https://doi.org/10.30892/gtg.37320-722> (in Eng.).

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 75-93

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.211>

ЭОЖ 553.57:541.18

МРПТИ 31.15.37

© A. Assanov, S.A. Mameshova*, A.A. Assanov, 2023

Taraz Regional University named after M.D. Dulati, Taraz, Kazakhstan.

E-mail: saya8383@mail.ru

COLLOID-CHEMICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CLAY MINERALS OF THE SOUTHERN REGION

Assanov Amankait — Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati, Professor, Taraz, Kazakhstan

E-mail: asanovamankait@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9176-6690>;

Mameshova Sayat Alisherievna — Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati, senior lecture, Taraz, Kazakhstan

E-mail: saya8383@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2484-8420>;

Assanov Akylbek Amankaitovich — Taraz Regional University named after M.Kh. Dulati, Director of the center of information and communication technologies, Taraz, Kazakhstan

E-mail: asanov@tarsu.kz.

Abstract. The article discusses the colloid-chemical, rheological properties of hydrodispersions of bentonite clay samples obtained from the Kelessky, Kyzylorda deposits of natural clay minerals in the southern, southwestern region of Kazakhstan, including the mineral composition of clay, the characteristics of the nature of the functional groups contained in it, as well as their hydrophilicity, the possibility of frequent use in industrial conditions of research aimed at determining the adsorption method and ion-exchange capacity. To evaluate the research results, modern unique instruments were used: X-ray phase analysis method (X-ray diffractometer), infrared spectral method (IR-Fourier spectrophotometer), electrokinetic potential (Zetasizer Nano) and rheological properties (Brookfield viscometer) of the samples were comprehensively determined. Physical and mathematical methods widely used in colloid chemistry: colloidalilty, sediment volume, optical density of the liquid on the sediment surface, electrical conductivity, salinity and pH values of hydrodispersions of selected samples of natural clays and filtrates of these bentonite clays were studied. Analyzing the obtained results, it was determined that the features of the chemical composition of bentonite clay change depending on the concentration of solutions, along with phase transformations occurring in the system.

Keywords: clay mineral, bentonite, montmorillonite, hydrodispersion, zeta potential, filtrate optical density, rheology

© А. Асанов, С.А. Мамешева*, А.А. Асанов, 2023

М.Х. Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан.

E-mail: saya8383@mail.ru

ОҢТҮСТІК ӨНІР САЗДЫ МИНЕРАЛДАРЫНЫҢ КОЛЛОИДТЫ-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

Аннотация. Мақалада Қазақстанның оңтүстік, оңтүстік - батыс өңірінің табиғи сазды минералдары Келес, Қызылорда кен орындарынан алынған бентонитті саз үлгілерінің гидродисперсияларының коллоидты-химиялық, реологиялық қасиеттері, оның ішінде саздың минералды құрамы, құрамында кездесетін функционалдық топтарының табиғатының ерекшеліктері, сонымен қатар олардың гидрофильдік қасиеті, өндірістік жағдайда жиі пайдалануға мүмкіндік беретін адсорбциялау әдіс-тәсілі мен ион алмастырғыштық қабілеттерін анықтауға қаратылған ізденістер жүргізілген. Зерттеу нәтижелерін сараптау үшін қазіргі заманғы бірегей құрылғылар: рентгенді фазалық талдау әдісі (рентгенді дифрактометр), ИҚ спектрлік зерттеу әдісі (ИК-фурье спектрометр) қолданылып және үлгілердің электрокинетикалық потенциалы (Zetasizer Nano), реологиялық қасиеттері (Брукфильд вискозиметрінде) жан-жақты анықталған. Таңдалған табиғи саз үлгілерінің гидродисперсияларының және осы көрсетілген бентонитті саздардың фильтраттарының коллоидтылығы, тұнба көлемі, тұнба бетіндегі сұйықтықтың оптикалық тығыздығы, меншікті электрөткізгіштігі, тұздылығы және рН көрсеткіштері коллоидты химияда кеңінен пайдаланылатын физикалық, математикалық әдіс-тәсілдермен зерттелген. Алынған нәтижелерді сараптау арқылы жүйенің құрамындағы жүретін фазалық өзгерістермен, бентонит сазының химиялық құрамының ерекшеліктері ерітінді концентрациясына қарап өзгертіндігі түсіндірілген.

Түйін сөздер: сазды минерал, бентонит, монтмориллонит, гидродисперсия, дзета потенциал, фильтраттың оптикалық тығыздығы, реология

© А. Асанов, С.А. Мамешева*, А.А. Асанов, 2023

Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан.

E-mail: saya8383@mail.ru

КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ЮЖНОГО РЕГИОНА

Аннотация. В статье рассмотрены коллоидно-химические, реологические свойства гидродисперсий образцов бентонитовой глины, полученных из Келесского, Кызылординского месторождений природных глинистых минералов южного, юго-западного региона Казахстана, в том числе минеральный состав глины, особенности характера функционального

содержащихся в нем групп, а также их гидрофильность, возможность частого использования в промышленных условиях исследований, направленных на определение адсорбционного метода и ионообменной способности. Для оценки результатов исследований использовали современные уникальные приборы: метод рентгенофазового анализа (рентгеновский дифрактометр), инфракрасный спектральный метод (ИК-Фурье-спектрофотометр), электрокинетический потенциал (Zetasizer Nano) и реологические свойства (вискозиметр Брукфильда) образцов всесторонне определено. Широко применяемыми в коллоидной химии физическими, математическими методами: изучены коллоидальность, объем осадка, оптическая плотность жидкости на поверхности осадка, удельная электропроводность, солесодержание и рН показатели гидродисперсий отобранных образцов природных глин и фильтратов указанных бентонитовых глин. Анализируя полученные результаты, было определено, что особенности химического состава бентонитовой глины изменяются в зависимости от концентрации растворов, наряду с фазовыми превращениями, происходящими в системе.

Ключевые слова: глинистый минерал, бентонит, монтмориллонит, гидродисперсия, дзета потенциал, оптическая плотность фильтрата, реология

Кіріспе

Еліміздің жер қойнауында әлемдегі табиғи қазба байлықтардың барлық түрлері кездеседі. Солардың бірі болып есептелетін бентонит деген атпен белгілі сазды минералдар халық шаруашылығының әртүрлі салаларында өте көп қолданылатын құнды қазбалы материал (Сапарғалиев, 2003).

Бентонит саздарының практикалық маңызы өте зор. Олар 200-ден астам өнеркәсіп салаларында жиі қолданылады. Оның ішінде, тау кен, газ және мұнай химиясы саласында мұнай кеніштерін барлау жұмыстарына қажетті бұрғылау ерітінділерін дайындауда, мұнай дистилляттарын тазартуда, тампонажды жуу сұйықтықтарын әзірлеуде, темір рудаларының түйіршіктерін өндіруде, құрылыста су өткізбейтін бетон өндірісінде, көбікті құрылыс материалдарын өндіруде, машина жасауда құмды — сазды үлгілерді алуда, стержндерді дайындауда, тоқыма өнеркәсібінде ақаба суларды бояғыш заттардан тазартуда, тағамтану өндірісінде майларды, шарап сусындарын тазартуда, медицинада суспензиялар мен тұзды ерітінділерді сүзуде, емдік ванналарда, косметологияда әртүрлі бет терісіне қажетті жақпа майлар мен маскалар алуда, сонымен бірге, ядролық энергетика саласында сорбциялық материалдарда, сұйық радиоактивті қалдықтарды сақтауға арналған гидроқшаулағыш төсемдерді әзірлеуде кеңінен қолданылады (Zhou және т.б., 2013; Белоусов және т.б., 2019).

Осы бағытта әдебиеттен белгілі ғылыми ізденістерді талдау арқылы, сазды дисперсиялардың мұндай әр алуан мақсаттарда қолданылуы олардың

кейбір коллоидтық-химиялық, адсорбциялық және реологиялық қасиеттерін сол салалардың талабына сәйкестендіруді қажет ететіндігін байқатты.

Бентонит — минералды смектиттерден құралған тау жынысы. Смектиттерге қатпарлы силикатты минералдар жатады. Бентонит сазының негізгі құрамдас бөлігі — монтмориллонит. Сол себепті ол гидрофильділік пен ісіну қабілетіне ие болады. Табиғатта оның құрамы бойынша бір-бірінен айрықша ерекшеленетін түрлері бар, олар тек сіңірілген катиондарға байланысты емес, сонымен қатар кристалдық тордың сәйкесінше ісінуімен алюминийді әртүрлі иондармен ауыстыруына байланысты. Басым құрылымдық катиондарға байланысты монтмориллониттер (химиялық формуласы: $(Al, Mg, Fe^{3+})_{2-2,5}Na_{0,3-0,3,5}[(Al, Si)_4O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$) бейделитті немесе алюминилі $(Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O \cdot nH_2O)$, нонтронитті (темір) - $Al_2O_3(Fe_2O_3) \cdot 4SiO_2 \cdot nH_2O$ және сапонитті (магнезиалдық) $NaMg_3[AlSi_3O_{10}](OH)_2 \cdot 4H_2O$ болып бөлінеді (1). Сингониясы моноклинді. Барлық смектиттердің құрылымы үш қабаттан тұрады. Оның екі қабаты кремний оттекті (SiO_4) — тетраэдрлерден құралған, олардың арасындағы алюминий (Al) катиондарынан тұратын үшінші октаэдрлі қабаты кристалдың тұрақтылығын қамтамасыз етеді (Babahoum және т.б., 2021; Xiong және т.б., 2019). Минералдың түсі ақшыл сұр, көкшіл ақ, қызғылт, кейде жасыл болып келеді.

Қазақстанда бентонит саздарының жеткілікті қоры бар (Сапарғалиев, 2003). Сазды минералдар кеніштерінің басым көпшілігі Қазақстан республикасының Оңтүстік, оңтүстік батыс өңірлерінде орналасқан және сол өңірлердің әртүрлі аймақтарында белгілі бір тәртіппен таралған (Асанов және т.б., 2020).

Материалдар мен зерттеу әдістері

Жұмыста зерттеу нысаны ретінде Қазақстанның оңтүстік, оңтүстік — батыс өңірі кейбір кен орындарының Келес (Түркістан облысы, Сарыағаш ауданы) және Қызылорда (Қызылорда облысы) табиғи бентонитті саздары қолданылды. Зерттелетін үлгілердің коллоидты-химиялық қасиеттерін қарастыру үшін минералдық құрамын анықтауда рентгенді фазалық талдау әдісі, саз үлгілерінің табиғатын зерттеу мақсатында ИҚ спектрлік зерттеулер әдісі қолданылып, сондай-ақ үлгілердің электрокинетикалық потенциалы мен әртүрлі концентрациялы сулы ерітінділерінің реологиялық қасиеттері зерттелді. Сонымен қатар таңдалған саз үлгілерінің гидродисперсиялары фильтраттарының кейбір коллоидты-химиялық қасиеттері де қарастырылды.

Рентгенді дифракция. Саз үлгілерінің фазалық құрамы және құрылысы CuK_{α} -сәулесінде (2θ бұрыштық аралығында) рентгенді дифрактометр X, Pert PRO MRD (PANalytical, Нидерланд) құрылғысында анықталды.

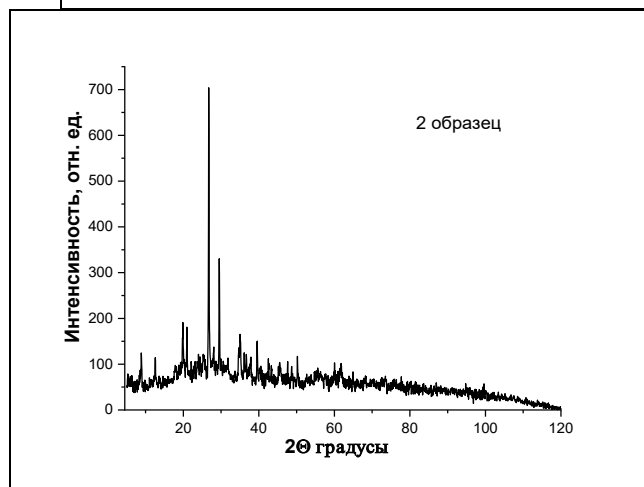
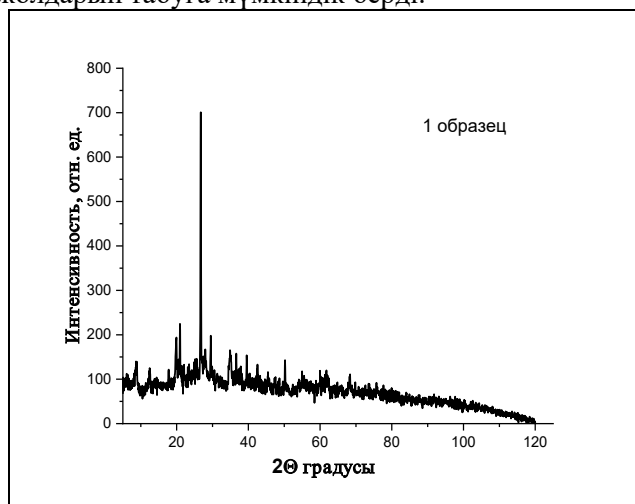
Инфрақызыл спектроскопия. Үлгілердің құрамындағы функционал топтары KBr -ның қатысында нығыздалған таблетка түрінде (таблетканың диаметрі 13 мм) және гидродисперсия күйінде (5 % ерітінді) $4000-800\text{ см}^{-1}$ аймағында ИК-фурье спектрометрде (Cary 660 Agilent, АҚШ) зерттелді.

Электрокинетикалық потенциал. Саз үлгілерінің 5 % гидродисперсияларының құрамындағы бөлшектерінің ζ -потенциалы 633 нм лазер көзімен жабдықталған Zetasizer Nano ZS90 (Malvern, Ұлыбритания) құрылғысында анықталды.

Реологиялық қасиеттері. Саз үлгілерінің құрылымдық механикалық қасиеттері ротационды вискозиметр (DV2T-II Брукфильд, АҚШ, LV №64 шпиндельде) құрылғысында жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері

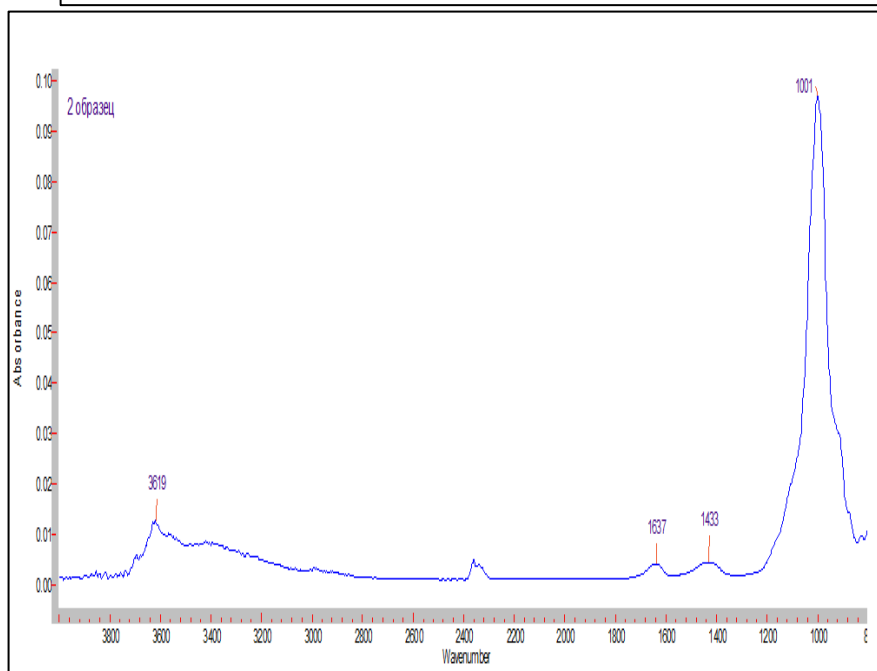
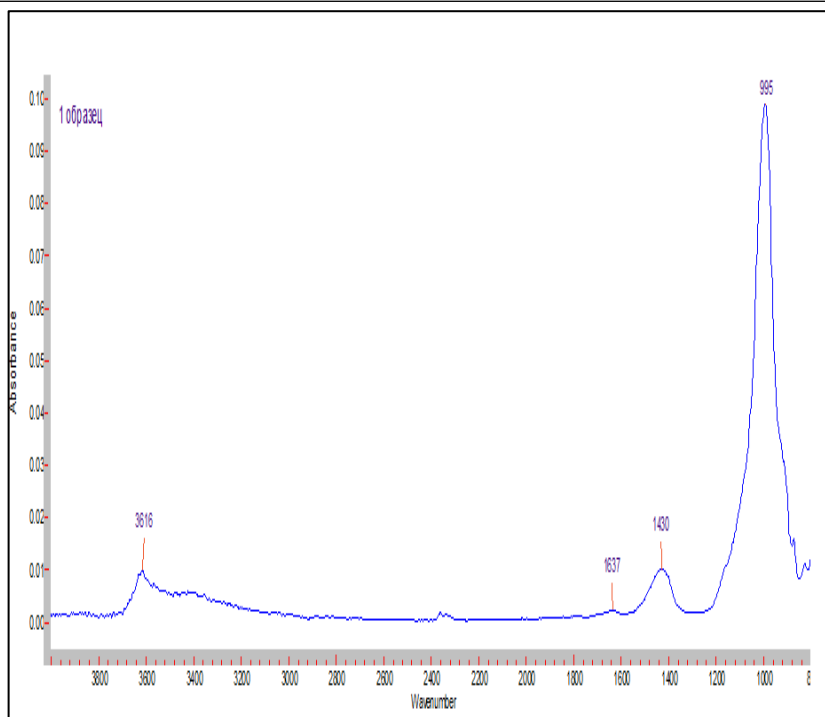
Ізденіс нәтижелерін сараптау арқылы зерттеу нысаны ретінде таңдалған саз үлгілерінің коллоидты – химиялық, реологиялық қасиеттерін анықтау олардың қолданыс бағыты бойынша тиісті салаларға барынша икемдестірудің жолдарын табуға мүмкіндік берді.



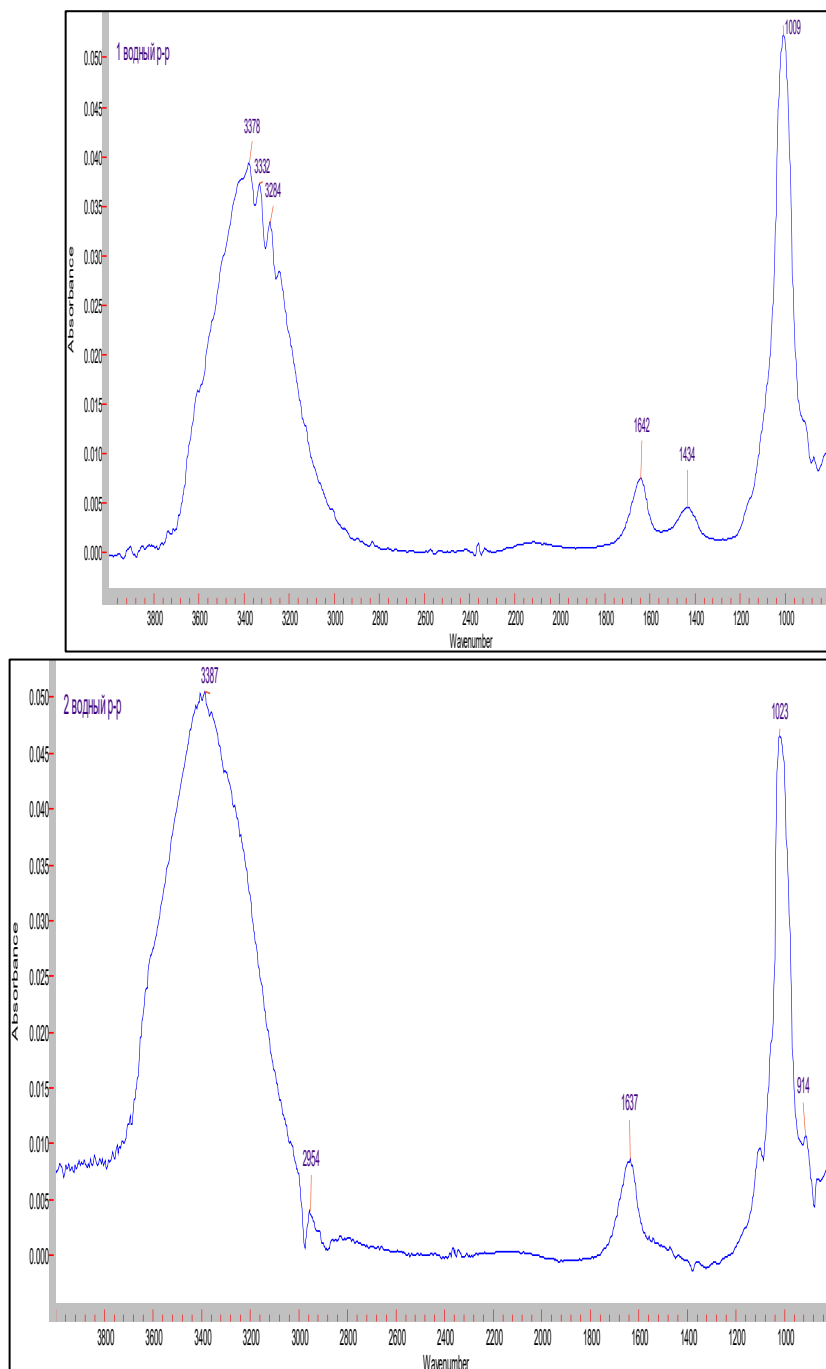
1 - сурет. Келес (а), Қызылорда (б) бентонитті саз үлгілерінің рентгенді дифрактограммалары

Саздардың фазалық құрамы және құрылысы бойынша талдаудың нәтижелері зерттелетін саздардың минералдық құрамы ұқсас полиминералды, сазды құрамдас минералдармен, яғни монтмориллонит, нонтронит, мусковит, кальцит, слюда т.б. қоспалардың мәлім дәрежеде мөлшері бар болатындығына көз жеткізілді (1-сурет а, б). Яғни, рентгендік сызбаларға: монтмориллонит – 14,73–14,56; 6,43–6,48; 2,54–2,60 Å, кварц - 2,46; 3,36–3,34; 2,29; 2,24–2,25 Å, ортоклаз түріндегі дала шпаты - 3,80; 3,20–3,18; 2,92; 2,53 Å, мусковит түріндегі слюдалар – 5,03; 3,50; 3,20; 2,34–2,35 Å рентгенограмма рефлекстерінде сәйкес келетіндігі дәлелденді (1-сурет а, б) (Wang және т.б., 2008, Gea және т.б., 2018, Каспржицкий және т.б., 2012).

Келес, Қызылорда кен орындары бентонит саздарына инфрақызыл спектрлік талдау жүргізу барысында (2 сурет а, б, в, г) минералдың ИҚ спектрі оның химиялық құрамына және кристалдық құрылымдағы атомдардың орналасуына байланысты екені көрсетілген. Спектрлік талдау нәтижесінде саз үлгілерінің құрғақ күйінде де, сулы дисперсия түрінде де екі үлгінің өзара ұқсастығы бар болатындығына көз жеткізілді. Мәселен (2-сурет а,б) 3100–3700 см⁻¹ диапазонында құрылымдық байланысқан топтың -ОН топтарының созылу тербелісіне байланысты Келесте 3616 см⁻¹ болса, Қызылорда үлгісінде 3619 см⁻¹ жұтылу жолағы пайда болады. Ал 1637 см⁻¹-де сазға адсорбцияланған су молекулаларының ν_2 (Н-О-Н) деформация тербелістерінен жолақ бар. Осы үлгілердің сулы дисперсиясының спектр талдауының нәтижесінен 3378, 3332, 3284 см⁻¹ диапазонында сутегімен бос және байланысқан судың ν_1 (Н-О-Н) симметриялық созылу тербелістерінің кең жолағы байқалады.



a



2 - сурет. Бентонитті саз үлгілерінің құрғақ күйіндегі және 5 % сазды гидродисперсияларының ИҚ спектрлік талдаулары (құрғақ күйіндегі Келес сазы (а); Қызылорда сазы (б); 5% үлгілер үшін Келес (в); Қызылорда (г))

Сулы үлгі спектрінде бұл жолақ жоғары жиілікті аймаққа (1642 см^{-1}) ауысады және бір уақытта бұл жолақтың қарқындылығы төмендейді. Сонымен қатар спектрлік талдау кезінде Келесте 995 см^{-1} , Қызылорда үлгісінде $914, 1023 \text{ см}^{-1}$ (2-сурет в, г сәйкес) жолақтары монтмориллониттің Si-O және Si-O-Si созылу тербелістеріне сәйкес келеді. Саз жолағын өзгерткеннен кейін 1009 см^{-1} -ден төменгі жиіліктерге ауысады. Ал, Қызылорда саз үлгісінде құрылымдық байланысқан топтың -ОН функционал топтарының созылу тербелісі құрғақ кезінде 3619 см^{-1} болса, сулы кезінде 3387 см^{-1} жұтылу жолағы пайда болады. Сондай-ақ осы үлгінің сулы дисперсиясында 2954 см^{-1} жиілікті аймаққа дейін абсорбция жолағының қарқындылығының төмендеуі саздың құрамында бар H_2O молекулаларының сутектік байланыстарының санының төмендейтінін көрсетеді. Бұл сазды дисперсия бетінің гидрофильді қабілетке айналуының нәтижесі. Зерттелген екі үлгі үшін ИҚ-фурье спектрометр талдау нәтижелері негізінде олардың сілтілі жер бентонитті саздар сыныбына жататындығынан хабар береді (Джусуева және т.б., 2014; Сассато және т.б., 2020).

Зерттелген үлгілердің судағы саз бөлшектерінің бетіндегі энергияны анықтау үшін электрокинетикалық потенциалы (дзета (ξ) потенциалы) өлшенді, оның мәндері 1-кестеде келтірілген. Кестеде үлгілердің дзета потенциалының теріс заряды бар екені көрсетілген. Бұл коллоидтың адсорбциялық қабатының түзілуі кезінде су молекулалары (катиондар) сазды бөлшектің теріс зарядын толық өтей алмайтынын көрсетеді. Айта кету керек, дзета потенциалының өлшенген мәндері коллоидтың адсорбциялық (бекітілген) қабатының бетіндегі энергетикалық күйді сипаттайды. Демек, дзета потенциалының мәні неғұрлым үлкен болса, соғұрлым диффузиялық (қозғалғыш) қабаттың күші коллоидпен түзіледі.

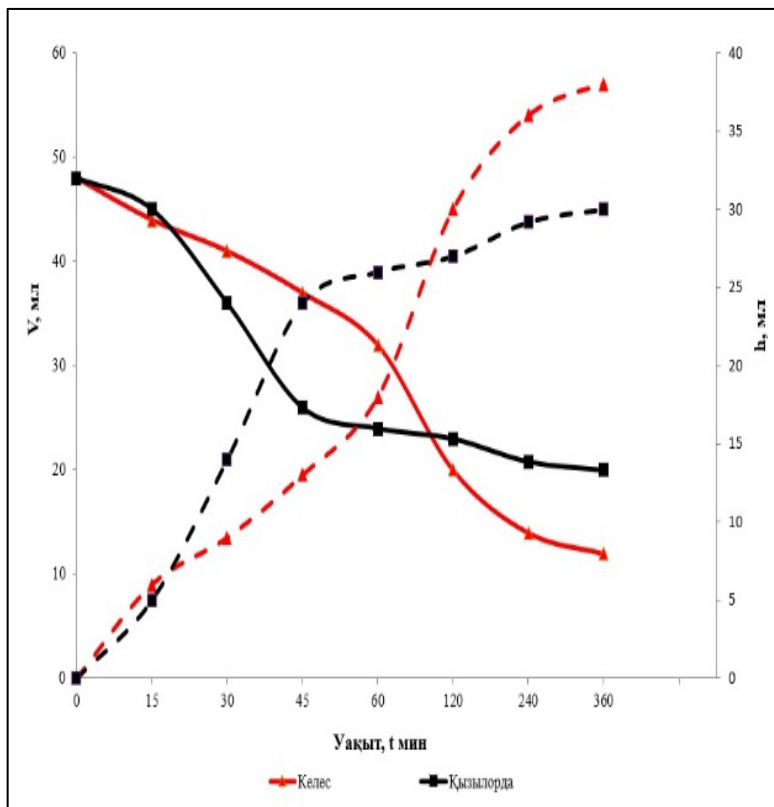
1 - кесте

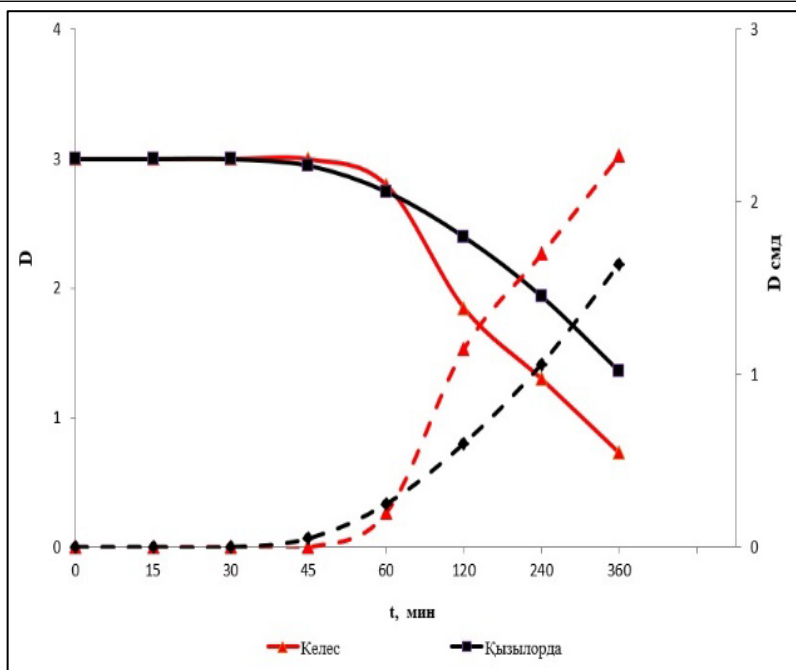
Сазды гидродисперсиялардың кейбір коллоидты – химиялық қасиеттері

№	Саз үлгілері	Сулы гидродисперсия үлгілері		Сулы гидродисперсия үлгілерінің фильтраттары			
		ξ – потенциалы	K_d оң оң	D ф	χ_y м/см	Тұздылығы, мг/дм ³	pH
1	Келес	- 8,41 ±0,6 мВ	12	0 , 0 2	51 , 0	255, 5	7,81
2	Қызылорда	- 12,3 ±0,6 мВ	16 ,6 7	0 , 0 2	25 , 8	120, 1	7,56

Ол электр өрісі әсер еткен кезде фазалардың қозғалысын анықтайды. Дифрактограммдан алынған нәтиже негізінде зерттелген үлгілердің екеуі де

бейделитті бентонитті саз деген қорытынды жасауға мүмкіндік берді. Сонымен қатар саз үлгілерін белгілі авторлардың еңбектерінде көрсетілген (Овчаренко, 1961) әдіспен (бояулар әдісі) анықталып нәтижесінде олардың Са-монтмориллонит және бейделит түріндегі минералды саз екендігіне нақты көз жеткізілді (1-кесте). Сонымен бірге саз үлгілерінің суда ісінгіштік қабілеттеріне сипаттама беру үшін (Бортников және т.б., 2018) әдіс бойынша коллоидтылығы зерттелді. Нәтижесінде Келес үлгісінің коллоидтылығы Қызылорда үлгісіне қарағанда 1,5 есе төмен екендігі байқалды. Бұл көрсеткіштің дәлелі зертханалық жағдайда орындалған бірқатар тәжірибе жұмыстарының негізінде де көз жеткізілді. Яғни, өткізілген зерттеулер нәтижесінде саз үлгілерінің тұнба көлемінің (V), тұнба бетіндегі сұйықтықтың биіктігінің мөлшері (h), фильтрленуінің, тұнба бетіндегі сұйықтық пен фильтраттың оптикалық тығыздығының (D), сонымен қатар, мөлдірлену дәрежесінің уақытқа байланысты өзгеруі (3-сурет а,б), фильтрлену жылдамдығы (4 сурет), фильтраттардың оптикалық тығыздығы, электрөткізгіштігі, тұздылығы және рН көрсеткіштері (1-кесте) зерттелді.





3 - сурет. Бентонитті саз үлгілерінің 5 % гидродисперсияларының тұнба көлемінің (V), тұнба бетіндегі сұйықтықтың биіктігі (h) (а), оптикалық тығыздығы (D) мен сұйықтықтың мөлдірлену дәрежесінің (D_{смл}) (б) уақытқа байланысты өзгеруі

Сондай-ақ, Оңтүстік, Оңтүстік батыс өңірі сазды гидродисперсияларының реологиялық қасиеттері негізінде тұтқырлық аномалиясының көрінісін сипаттайтын, гидродисперсиялардың табиғатына байланысты дисперсті фазада түзілетін тұтқырлықтың бұзылуы және қайта қалпына келу үдерісі арасындағы гидродинамикалық қасиеттерін түсіндіретін ізденістер жүргізілді. Осыған байланысты таңдалған саз үлгілері гидродисперсиялары қатты фазасының әртүрлі концентрациялары (2,5 %; 5,0 %; 7,5 %; 10 %; 12,5 %; 15 %) әзірленіп Брукфильд вискозиметрінде олардың әртүрлі концентрацияларының бірдей қозғалу жылдамдығына (с⁻¹) байланысты тұтқырлықтарының (η сП) өзгеретіндігі (5-сурет а,б) анықталды. Сазды минералдың ісінуінің табиғатын түсіндіре отырып, бұл үдеріс екі кезеңде жүретінін атап өткен жөн: бірінші кезең - адсорбция немесе ішкі кристалды ісіну, екінші кезең - макроскопиялық немесе «осмостық» ісіну. Бірінші кезеңде сазды минерал саздың майда бөлшектері молекулаларының кристалдық торының қабаттасу кеңістігі мен су молекулаларының адсорбциясы салдарынан ылғалды сіңіреді. Бұл кезең іс жүзінде саздың көлемінің өзгеруіне әсер етпейді. Ісінудің екінші кезеңінде ылғал осмостық қысым арқылы сіңіріледі. Ол саз бөлшектерінің бетіне жақын жерде орналасқан ерітіндідегі саз бөлшектерінің бетінен бөлініп шыққан көптеген алмасу катиондарының шамадан тыс шоғырлануына байланысты пайда

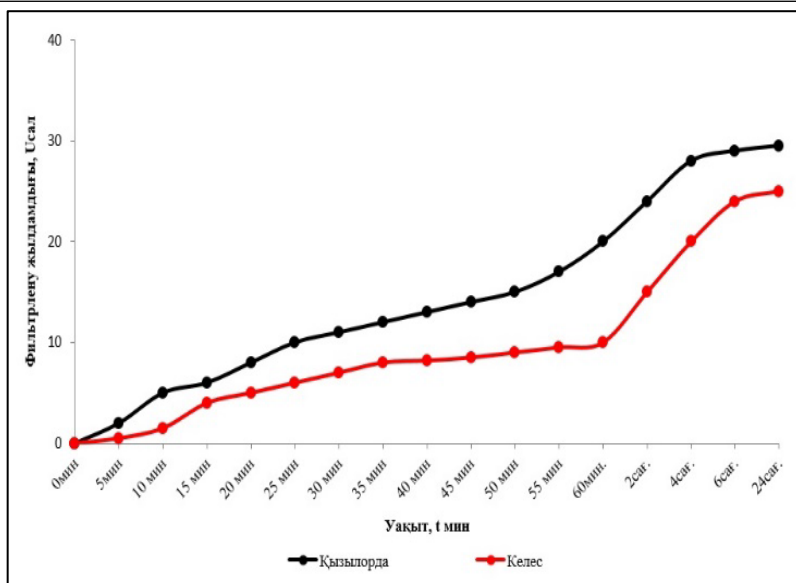
болады. Сондықтанда саздардың көлемінің ұлғайып ісінуі негізінен дәл осы макроскопиялық кезеңде жүзеге асады (Осипов және т.б., 2013).

Тұнба бетіндегі сұйықтықтың оптикалық тығыздығы (D) мен мөлдірлену дәрежесінің өзгеруін салыстырып қарағанда Келесте оптикалық тығыздығы 6 сағаттан кейінде 0,50 екені байқалса, Қызылорда үлгісінде 0,15 көрсетті, бұл олардың сазды гидродисперсиясындағы майда бөлшектердің сумен әрекеттесу механизмінің жоғарылығынан, яғни гидрофильді қасиетінің басым екендігінен келіп шығады (3-сурет, б).

Үлгілердің тұнбадан ажырап шыққан сұйықтықтарының оптикалық тығыздықтарын анықтағанда (D) екі үлгінің де 6 сағаттан кейінгі анықталған оптикалық тығыздықтарының сандық мәндері концентрация өскен сайын пропорционалды түрде өсіп бара жатқандығын көрсетті. Ал бір тәуліктен кейін барлығы үшінде оптикалық тығыздық (D) бір-біріне өте жақын сандық мәнге ие екендігі айқындалды (1-кесте). Бұл олардың сазды майда бөлшектерінде бар иондарды жұту қабілеттерімен түсіндіріледі.

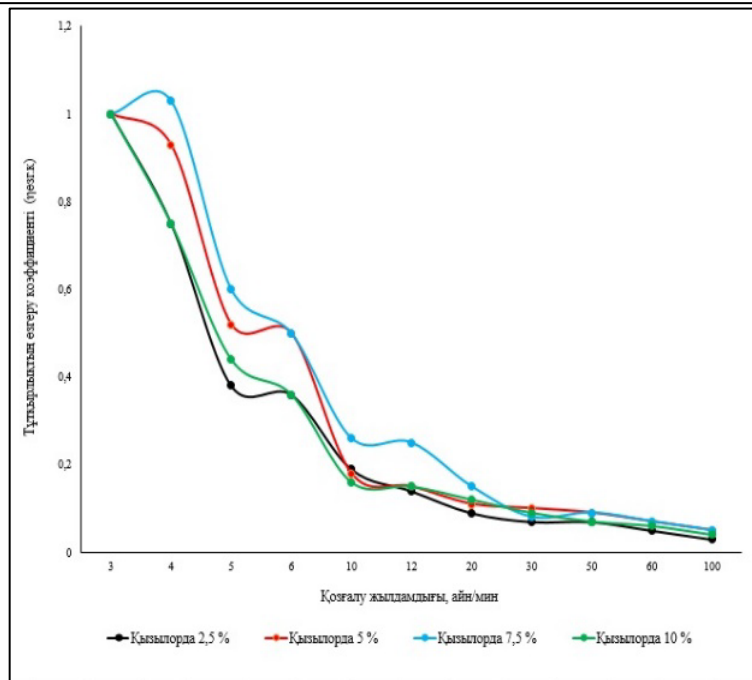
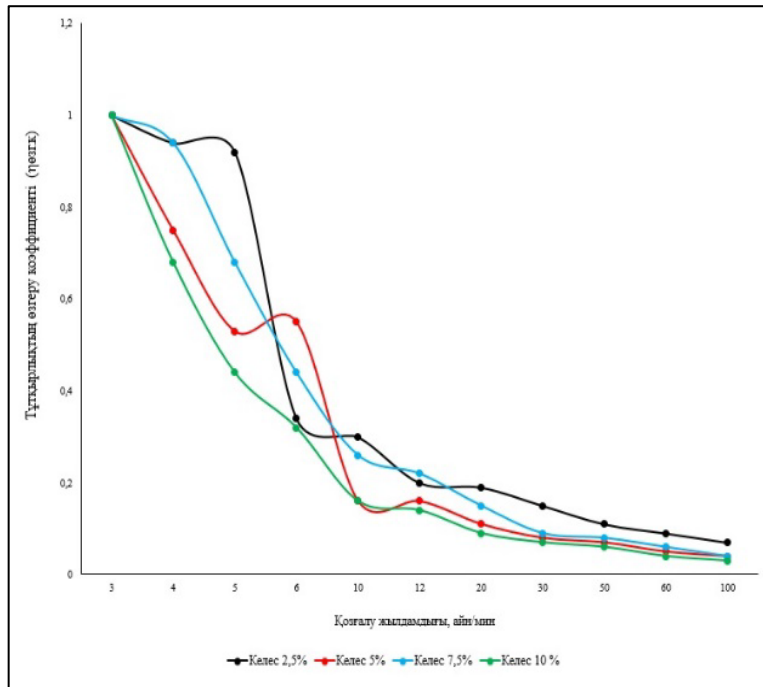
Сазды гидродисперсияның фильтраттарының меншікті электрөткізгіштік қабілеттері ($\chi_{\text{менш}}$) мен рН көрсеткіштері мәндерін салыстыру кезінде барлық аталған шамалар үшін Келес үлгісінде жоғары болатындығы байқалады (1-кесте). Бұл аталған үлгінің құрамында еріген электролиттің концентрациясына байланысты иондардың да мөлшерінің артатындығын білдіреді. Яғни, қатты фазаның құрамында болатын электролиттердің сандық мөлшерімен түсіндіруге болады. Сұйықтықтың рН көрсеткіштері оның химиялық құрамымен де тығыз байланысты болады деген ғылыми тұжырымдама да осыған дәлел. Ол кальций, магний, калий мен натрий оксидтерінің көрсеткіштеріне де тікелей байланысты. Зерттелген үлгілердің суретте келтірілген рН көрсеткіштерінің мәні 7,5–8,0 аралығында. Бұдан келіп шығатын қорытынды сазды минералдардың сілтілік, сілтілік жер металды болатындығын мәлімдейді. Мұндай ғылыми тұжырымдар көрсетілген авторлардың (Сапарғалиев, 2003; Овчаренко, 1961; Батталова, 1986; Овчаренко және т.б., 1963) еңбектерінде де жан-жақты түсіндіріліп берілген.

Үлгілердің 5 % сазды гидродисперсиясының фильтрлену жылдамдығының ($U_{\text{сал}}$) уақытқа байланысты өзгеруін сараптағанда бастапқыда фильтрлену жылдамдығы ($U_{\text{сал}}$) біршама жоғары мәнге жетеді де, одан соң уақыт өте бірте-бірте ($U_{\text{сал}}$) кеміп баруы орын алады (4-сурет). Мұның себебі, түзілген гидродисперсия бөлшектерінің тек біршама майда болатындығымен ғана байланысты болмастан беттік қасиетінің өзгеруінен де келіп шығады (Asanov және т.б., 2021). Сондықтан дисперс фазаның дисперс ортадан ажырауы өте баяу жүреді, соған сәйкес, фильтрлену жылдамдығы ($U_{\text{сал}}$) да төмендейді.



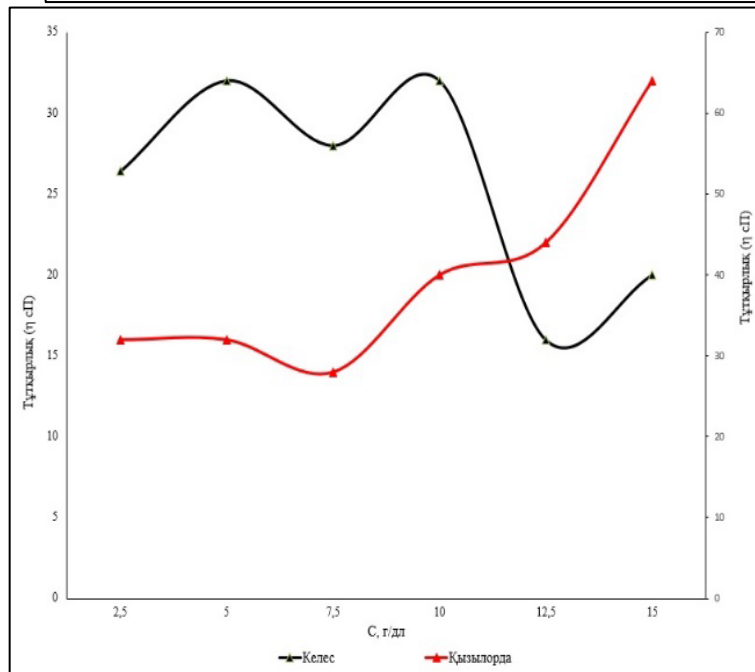
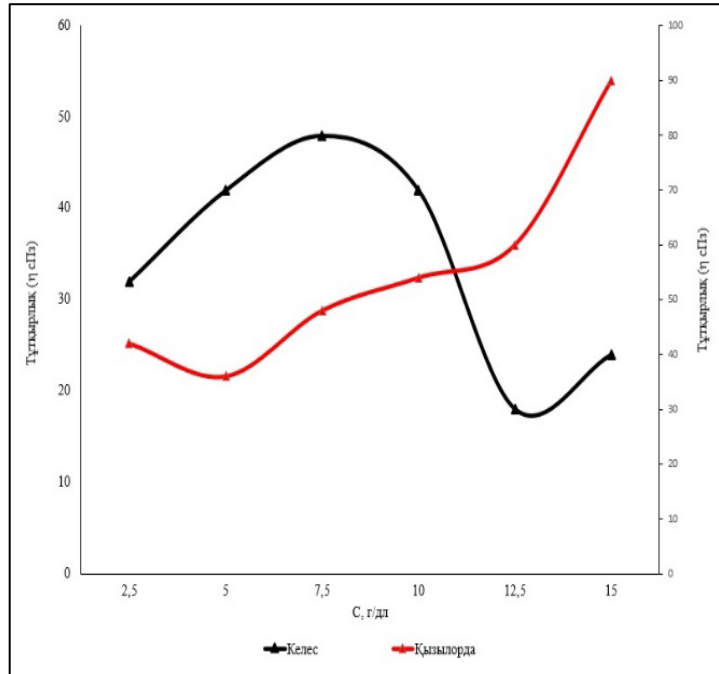
4 - сурет. Бентонитті саз үлгілерінің 5 % гидродисперсияларының салыстырмалы фильтрлену жылдамдығының ($U_{сал}$) уақытқа қарап өзгеруі

Жұмыста таңдалған сазды гидродисперсияларының реологиялық қасиеттері негізінде тұтқырлық аномалиясының көрінісін сипаттайтын, гидродисперсиялардың табиғатына байланысты дисперсті фазада түзілетін тұтқырлықтың бұзылуы және қайта қалпына келу үдерісі арасындағы гидродинамикалық қасиеттерін түсіндіретін ізденістер жүргізілді. Нәтижесінде ерітінділердің тұтқырлығын өлшеу кезінде олардың реологиялық сипаттамаларының әртүрлі екендігіне болатындығына көз жеткізілді. Осыған байланысты таңдалған саз үлгілері гидродисперсиялары қатты фазасының әртүрлі концентрациялары (2,5 %; 5,0 %; 7,5 %; 10 %; 12,5 %; 15 %) дайындалып, Брукфильд вискозиметрінде олардың бірдей концентрацияларының әртүрлі қозғалу жылдамдығына (c^{-1}) қарап тұтқырлықтарының өзгеру коэффициенттерінің ($\eta_{өзг.к}$) (5-сурет а, б) және әртүрлі концентрацияларының бірдей қозғалу жылдамдығына (c^{-1}) байланысты тұтқырлықтарының ($\eta_{сП}$) өзгеретіндігі (6-сурет а,б) зерттелді.



5-сурет. Оңтүстік, оңтүстік - батыс өңірі сазды гидродисперсиялары тұтқырлықтарының өзгеру коэффициенттерінің ($\eta_{өзг.к}$) қозғалу жылдамдығына (айн/мин) қарап өзгеруі (Калес (а), Қызылорда (б) саз үлгілері)

Осы көрсеткіштерді қарастыру барысында (5-сурет а, б) саздардың концентрациялары артқан сайын олардың тұтқырлықтарының өзгеру коэффициенті бойынша сандық мәндері пропорционалды өзгермейтіндігі байқалды. Жүргізілген жұмыстар нәтижесінде Келес, Қызылорда сазды гидродисперсияларының бірдей концентрациялы ерітінділерін әртүрлі қозғалу жылдамдығына (c^{-1}) қарап өзгеруін анықтағанда ең жоғары тұтқырлықтың өзгеру коэффициенті ($\eta_{\text{өзг.к}}$) 7,5 % үлгіде көрінсе, ең төменгі сандық мән Келестің 10 % үлгісінде, Қызылорда сазында 2,5 % үлгіде көрінді (5-сурет, а). Саз үлгілерінің кейбір тұтқыр аққыштық күйлеріне байланысты қатты фазаның сумен әрекеттесуі кезінде қозғалу жылдамдығының әсерінде өзгерістердің орын алатындығы айқын байқалды.



6 - сурет. Оңтүстік, оңтүстік - батыс өңірі сазды гидродисперсияларының тұтқырлықтарының (η сП) концентрацияға (C , г/дл) байланысты өзгеруі (20 айн/мин. (а); 60 айн/мин. (б))

Ол өз кезегінде дисперсті жүйелердің фаза аралық қабаттардың өзара әрекеттесуі кезінде тұтқырлықтың аномальды қасиеттерінің орын алуымен түсіндіріледі. Бұл ауыспалы қасиеттің келіп шығуы саз үлгілерінің құрамындағы майда бөлшектердің өлшемдерімен, яғни дисперстік дәрежесімен олардың дисперс фазасының химиялық құрамындағы ерекшеліктерімен түсіндірілді. Сонымен қатар зерттелген үлгілердің біркелкі қозғау жылдамдығы бойынша (20 айн/мин., 60 айн/мин.) ерітінді концентрациясы артқан сайын әрқайсысында әртүрлі болатындығын көру қиын емес (6-сурет, а, б). Мәселен бірдей 20 айн/мин қозғалу жылдамдығы кезінде Келес сазында 2,5 %-дан 7,5 %-ға дейін тұтқырлығы баяу өсіп барса, 10 % бен 15 % ерітінділер аралығында тұтқырлықтың сандық мәні әсте түсіп барады. Ал Қызылорда үлгісінде 5 %-дан бастап 15 %-ға дейін сезілерлі дәрежеде тұтқырлықтары асады. Сондай-ақ, бірдей 60 айн/мин қозғалу жылдамдығында осы үлгілердің тұтқырлығының өзгеруін анықтағанда Келес үлгісінде 2,5 %-дан 5%-ға дейін тұтқырлығы баяу өсіп, 7,5 %-да әсте түсетіндігі, 10 %-бен 15 % ерітінділер аралығында тұтқырлық жаймен түсіп баратындығы көрінді. Қызылорда саз үлгісінде 5 %-дан бастап 15 %-ға дейін баяу ғана тұтқырлықтарының сандық мәндері өсетіндігі айқын көрінді (6-сурет, б). Бұл келтірілген мәліметтер құрылым түзілудің оңтайлы концентрациясын анықтауға да мүмкіндік берді. Яғни, бұрғылау ерітіндісінің бұрғылау құбырларының бұрғыланушы ұңғы қабырғасымен арасындағы үйкеліс күшіне әсерін бағалау үшін тиімді концентрациясын білу маңызды. Осы мақсатты орындау үшін өткізілген ізденіс жұмыстарының нәтижелерін ғылыми әдебиет көздерінен алынған мәліметтермен салыстыра (Асанов және т.б., 2022) келе оңтайлы концентрация Келес және Қызылорда саздары үшін де 2,5 %–7,5 % гидродисперсиялары оңтайлы концентрация болып табылады. Бұл зерттеулер саздардың коллоидты-химиялық, реологиялық қасиеттеріне тікелей байланысты екендігінен мәлімет береді.

Қорытынды

Мақалада Оңтүстік, Оңтүстік батыс өңірі кен орындарының Келес және Қызылорда табиғи бентонитті саздарының коллоидты-химиялық, реологиялық қасиеттері мен олардың халық шаруашылығына қажетті басқада қолданыс бағытын анықтауға қаратылған ізденіс жұмыстары жүргізілді. Өткізілген тәжірибе нәтижелері арқылы таңдалған табиғи бентонитті сазды гидродисперсияларының қасиеттерін яғни, минералдық құрамдарын, табиғатын, химиялық қасиеттерін, коллоидтылығы мен тұнба көлемін, тұнба бетіндегі сұйықтықтың оптикалық тығыздығын, фильтрлену жылдамдығын, фильтраттың оптикалық тығыздығын, меншікті электр өткізгіштігін, тұздылығын, рН көрсеткіштерін анықтай отырып олардың ішінара қасиеттерінің сұйықтықтың құрамындағы қатты фазаның, дисперс фазаның тек концентрациясына ғана емес, олардың дисперстік дәрежесі және химиялық құрамымен табиғатына қарай құрылысына да байланысты болатын түрлеріне қарап өзгеретіндігі көрсетілді.

REFERENCES

- Asanov A., Mameshova S., 2021 — *Asanov A., Mameshova S.* Influence of functional polyelectrolytes on the stability of clay hydrodispersions. Chem. Pap. 75. Pp. 5695–5703. <https://doi.org/10.1007/s11696-021-01718-4> (in Eng.)
- Asanov A., Mameshova S., 2022 — *Asanov A., Mameshova S.A.* Application of some properties of clay hydrodispersions of the southern region in environmental protection in the industrial area // Development of mining and metallurgical complex of kazakhstan on realization of the state investment project. Proceeding international scientific - technical conference – Almaty, KazNRTU named after K.I. Satpaev, 2022, - Pp. 248–252.
- Asanov A., Mameshova S., Amankaitova S., 2021 — *Asanov A., Mameshova S., Amankaitova S.* Study of some colloid-chemical properties of clay hydrodispersion in the southern region of the Republic of Kazakhstan. *InterConf*, (39). Pp. 1563–1572. <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/interconf/article/view/8065> (in Russ.).
- Battalova Sh.B., 1986 — *Battalova Sh.B.* Physical and chemical bases for the production and use of catalysts and adsorbents from bentonites / - Alma-Ata: Science, 1986. – 165. (in Russ.)
- Bortnikov S., Gorenkova G., 2018 — *Bortnikov S.V., Gorenkova G.A.* Obtaining organo-modified bentonite when interacting with nitrogen-containing compounds // Successes of modern natural sciences. № 8. – Pp. 12–17. ISSN: 1681–7494 (in Russ.)
- Belousov P., Krupskaya V., 2019 — *Belousov P.E., Krupskaya V.V.* Bentonite clays of Russia and neighboring countries. Georesources, 21(3). Pp.79–90. <https://doi.org/10.18599/grs.2019.3.79-90> (in Russ.)
- Babahoum N., Ould Hamou M., 2021 — *Babahoum N., Ould Hamou M.* Characterization and purification of Algerian natural bentonite for pharmaceutical and cosmetic applications. BMC Chemistry 15, 50. <https://doi.org/10.1186/s13065-021-00776-9> (in Eng.)
- Caccamo M., Mavilia G., Mavilia L., Lombardo D., Magazù S., 2020 — *Caccamo M., Mavilia G., Mavilia L., Lombardo D., Magazù S.* (2020) Self-assembly Processes in Hydrated Montmorillonite by FTIR Investigations. Materials (Basel). Mar 2;13(5):1100. <https://doi.org/10.3390/ma13051100> (in Eng.)
- Dzhusueva M., Ismattillaev S., Moldobaev S., 2014 — *Dzhusueva M.S., Ismattillaev S.P., Moldobaev S.M.* Study of the mineralogical composition of Nookat clay by IR-spectroscopic analysis. Proceedings of the universities of Kyrgyzstan, no. 5. Pp. 26–28. <https://doi.org/10.26104/IVK.2019.45.557> (in Russ.)
- Hutapea Y. The preparation and characterization of bentonite nanoparticle from Bener Meriah, Indonesia. Journal of Physics: Conference Series. V.1116. Issue 4. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1116/4/042011> (in Eng.)
- Sapargaliev E., 2003 — *Sapargaliev E.M.* Modern ideas about the bentonites of Kazakhstan // Izvestiya NAS RK. Ser. geologist. - 2003. - № 3. - Pp. 64–80. (in Russ.)
- Gea S., Firmansyah M., Hidayat T., Marpongahtun, Hutapea Y., 2018 — *Gea S., Firmansyah M., Hidayat T., Marpongahtun,*
- Zhou C., Keeling J., 2013 — *Zhou C., Keeling J.* Clays and clay minerals: geology, properties and uses, Applied Clay Science, 74:1–162. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.02.009> (in Eng.)
- Kasprzhitsky A., Lazorenko G., Morozov A., Yavna V., 2012 — *Kasprzhitsky A.S., Lazorenko G.I., Morozov A.V., Yavna V.A.* (2012) Identification of structural features of layered minerals by X-ray diffractometry // Engineering Bulletin of the Don, № 4. ISSN Electronic: 2073–8633 (in Russ.)
- Ovcharenko F.D., 1961 — *Ovcharenko F.D.* Hydrophilicity of clays and clay minerals, Kyiv: Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR, 1961, 276 p. (in Russ.)
- Osipov V., Sokolov V., 2013 — *Osipov V.I., Sokolov V.N.* Clays and their properties. Composition, structure and formation of properties. // M.: GEOS, ISBN: 978-5-89118-617-0 (in Russ.)

Ovcharenko F., Tretinnik V., Kruglitsky N., 1963 — *F.D. Ovcharenko, V.Yu. Tretinnik, N.N. Kruglitsky* "Kinetics of processes of coagulation structure formation in aqueous clay dispersions", Dokl. USSR Academy of Sciences, 153:6 (1963). Pp. 1385–1386 (in Russ.)

Xiong L., Qinyi L., Sen Y., Gang Y., 2019 — *Xiong L., Qinyi L., Sen Y., Gang Y.*, Swelling of clay minerals: dual characteristics of K⁺ ions and exploration of critical influencing factors // Phys. Chem. Chem. Phys., 21. Pp. 1961–1971. <https://doi.org/10.1039/C8CP07567K> (in Eng.)

Wang L. and Wang A., 2008 — *Wang L., and Wang A.* Adsorption properties of Congo Red from aqueous solution onto surfactant-modified montmorillonite. J. Hazard. Mater. 160. Pp. 173–180. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2008.02.104> (in Engl.)

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 94-107

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.212>

UDK 661.187.83

© **B. Imangaliyeva^{1*}, G. Rakhmetova¹, B. Dossanova¹, R. Zhanaliyeva²,**
2023

¹Aktobe Regional University named after K. Zhubanov, Kazakhstan,
Aktobe;

²Central Asian Innovation University, Shymkent.
E-mail: nur_b_70@mail.ru

TECHNOLOGY OF MANUFACTURING SOAP FROM NATURAL SUBSTANCES IN DOMESTIC CONDITIONS

Bazarkhan Imangaliyeva — K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: nur_70@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3121-3135>;

G. Rakhmetova — K. Zhubanov Aktobe Regional State University, senior teacher, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: rak_g_62@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8152-2777>;

B. Dossanova — K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Candidate of Pedagogical Sciences, Aktobe, Kazakhstan

E-mail: b_dosanova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9723-7312>;

R. Zhanaliyeva — Central Asian Innovation University, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Shymkent, Kazakhstan

E-mail: rashida_zhanalie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2171-2707>.

Abstract. Today, one of the leading directions of modernization of vocational education is to increase the role of the student's personality, including strengthening the applied orientation of the chemistry course. Chemical knowledge is used in the study of various branches of the national economy, direct acquaintance with which was carried out through industrial practice; the basis for the implementation of the polytechnic principle is laid. The main task of modern education, along with the formation of the student's qualifications, is the formation of a personality capable of independently searching for information and choosing the most effective, as well as rationally using and servicing it, i.e., the student's scientific work is a requirement of time. Organization of research work formation of research skills and teamwork skills, development of professional and creative training of students. Today, the demand for domestic products is growing day by day, including household goods. Since ancient times, our ancestors used "black soap" from natural plants with healing properties to treat many diseases. Therefore, if domestic "black soap" is produced on an industrial scale and presented on the market, this product will undoubtedly be in great demand.

The paper describes the technology of making this soap at home.

Keywords: education, research work, innovative activity, creative professional thinking, laboratory work

© Б. Имангалиева^{1*}, Г. Рахметова¹, Б. Досанова¹, Р. Жаналиева²,
2023

¹Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, ҚР,
Ақтөбе;

²Орталық Азия Инновациялық университеті, Шымкент.
E-mail: nur_b_70@mail.ru

ТҮРМЫСТЫҚ ЖАҒДАЙДА ТАБИҒИ ЗАТТАРДАН САБЫН ЖАСАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Базархан Имангалиева — Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, педагогика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: nur_70@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3121-3135>;

Гүлсім Рахметова — Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, аға оқытушы, Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: rak_g_62@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8152-2777>;

Бибігүл Досанова — Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік университеті, педагогика ғылымдарының кандидаты, Ақтөбе, Қазақстан

E-mail: b_dosanova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9723-7312>;

Рашида Жаналиева — Орталық Азия Инновациялық университеті, химия ғылымдарының кандидаты, доцент, Шымкент, Қазақстан

E-mail: rashida_zhanalie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2171-2707>.

Аннотация. Бүгінгі таңда кәсіби білім беруді жаңғыртудың жетекші бағыттарының бірі білім алушы тұлғасының рөлін арттыру, соның ішінде химия курсының қолданбалы бағытын күшейту болып табылады. Химиялық білім халық шаруашылығының әртүрлі салаларын зерттеуде қолданылады, олармен тікелей танысу өндірістік практика арқылы жүзеге асырылды, политехникалық принципті жүзеге асырудың негізі қаланады. Қазіргі білім берудің негізгі міндеті білім алушының біліктілігін қалыптастырумен қатар, өз бетімен ақпаратты іздеп, тиімдісін таңдай алатын, сонымен қатар оны іс жүзінде ұтымды пайдаланатын және қызмет етуге қабілетті тұлғаны қалыптастыру, яғни білім алушының ғылыми жұмыспен айналысуы уақыт талабы болып табылады. Ғылыми-зерттеу жұмыстарын ұйымдастыру зерттеушілік және ұжымда жұмыс жасау дағдыларын қалыптастыру, студенттердің кәсіби-шығармашылық дайындығын дамыту мәселелерін шешуге болады. Қазіргі күні отандық өнімдерге сұраныс күннен күнге артуда, соның ішінде тұрмыстық заттардың да маңызы зор. Ежелден ата бабаларымыз емдік қасиеті бар табиғи өсімдіктерден дайындалған кара сабынды көптеген ауруларды емдеуде қолданған. Сол себептен қазіргі күні қазақты кара сабынын өндірістік көлемде дайындалып нарыққа ұсынылса

отандық өнім үлкен сұранысқа ие болатыны сөзсіз. Жұмыста сол сабынды тұрмыстық жағдайда дайындау технологиясы баяндалған.

Түйін сөздер: білім беру, ғылыми-зерттеу жұмыстары, инновациялық қызмет, шығармашылық кәсіби ойлау, зертханалық жұмыстар

© **Б. Имангалиева^{1*}, Г.А. Рахметова¹, Б.Б. Досанова¹, Р. Жаналиева², 2023**

¹Актюбинский региональный университет имени К. Жубанова, Актөбе;

²Центрально-Азиатский инновационный университет, Шымкент.

E-mail: nur_b_70@mail.ru.

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЫЛА ИЗ ПРИРОДНЫХ ВЕЩЕСТВ В БЫТОВЫХ УСЛОВИЯХ

Базархан Имангалиева — Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, кандидат педагогических наук, ассоциированный профессор, Актөбе, Казахстан

E-mail: nur_70@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3121-3135>;

Гулсім Рахметова — Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, старший преподаватель, Актөбе, Казахстан

E-mail: rak_g_62@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0002-8152-2777>;

Бибигул Досанова — Актюбинский региональный университет им. К. Жубанова, кандидат педагогических наук, Актөбе, Казахстан

E-mail: b_dosanova@mail.ru, <https://orcid.org/0009-0006-9723-7312>;

Рашида Жаналиева — Центрально-Азиатский инновационный университет, кандидат химических наук, ассоциированный профессор, г. Шымкент, Казахстан

E-mail: rashida_zhanalie@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-2171-2707>.

Аннотация. Сегодня одним из ведущих направлений модернизации профессионального образования является повышение роли личности обучающегося, в том числе усиление прикладной направленности курса химии. Химические знания используются при изучении различных отраслей народного хозяйства, непосредственное знакомство с которыми осуществлялось через производственную практику, закладывается основа реализации политехнического принципа. Основной задачей современного образования, наряду с формированием квалификации обучающегося, является формирование личности, способной самостоятельно искать информацию и выбирать наиболее эффективную, а также рационально ее использовать и обслуживать, т. е. занятие обучающимся научной работой является требованием времени. Организация научно-исследовательской работы формирование исследовательских навыков и навыков работы в коллективе, развитие профессионально-творческой подготовки студентов. Сегодня спрос на отечественную продукцию растет день ото дня, в том числе и на товары для быта. С давних времен наши предки использовали «черное мыло» из натуральных растений, обладающих целебными свойствами, для

лечения многих болезней. Поэтому, если отечественное «черное мыло» будет произведено в промышленных масштабах и представлено на рынке, этот продукт, несомненно, будет пользоваться большим спросом. В работе описана технология изготовления этого мыла в домашних условиях.

Ключевые слова: образование, научно-исследовательская работа, инновационная деятельность, творческое профессиональное мышление, лабораторная работа

Кіріспе

Химия ғылымының қолданбалы аспектісі әрқашан өмірімізде кездеседі. Химиялық білім халық шаруашылығының әртүрлі салаларын зерттеуде қолданылады, олармен тікелей танысу политехникалық принципті жүзеге асырудың негізі қаланады (Glinka, 2018).

Әлемде экологиялық таза өнімге деген сұраныстың артуы елімізге жаңа мүмкіндіктер ашып берді. Адамзат ерте заманнан химия ғылым ретінде қалыптаспаған кезеңде де оның мүмкіндіктерін қолданып, қолда бар шийаттарды тұрмыстық жағдайда өңдеп, қажетіне жарата білген. Бүгінгі күні химия ғылымының жетістіктері халық шаруашылығында, күнделікті өмірімізде кеңінен қолданылып отыр (Lomotey, 2017).

Қазіргі күні ғылым мен техниканың қарқынды дамуы кезеңінде елімізде отандық өнімдерді өндірудің маңызы зор.

Соңғы жылдары гигиеналық тұрмыстық өнімдер тұтынушылардың табыс деңгейінің артуына байланысты нарықта үлкен сұранысқа ие. Елімізде сабынның тұтыну нарығын дамыту мәселелері қазіргі уақытта зерттелетін өнімді шығаратын шетелдік фирмалар арасында жоғары бәсекеге қабілетті болып табылады.

Сабын жасаудың ғылыми-теориялық негізі сілтілі гидролизді сабын жасау деп аталатын процеске негізделген. Сабын әдетте майларды немесе майларды сілтімен гидролиздеу арқылы жасалады. Бұл процесс сабын түзу үшін сілті иондарымен қосылатын сабын молекулаларын (май қышқылдары) шығарады.

Сабын алу процесін келесі негізгі кезеңдерге бөлуге болады:

Сілтілік гидролизді сабын жасау: Бұл қадамда май немесе май сабын мен глицерин түзу үшін сілтілі ерітіндімен (әдетте натрий немесе калий гидроксиді) әрекеттеседі. Бұл реакция сілтілі гидролизді сабын жасау немесе сілтілі агломерация ретінде белгілі. Глицерин өнімде жанама өнім ретінде қалады.

Бейтараптандыру: Сабын жасау реакциясы аяқталғаннан кейін сілтінің қалдықтары қышқылмен, әдетте тұз қышқылымен немесе фосфор қышқылымен бейтараптандырылады. Бұл қалдық сілтілерді жою және сабынның дұрыс рН деңгейіне жету үшін қажет.

Тазалау және өңдеу: Сабын бейтараптандырылғаннан кейін қосымша тазалау және өңдеу қажет болуы мүмкін. Бұл артық суды кетіруді, қауіпті емес қоспаларды кетіру үшін сүзуді немесе қосымша сабын қасиеттерін қосу

үшін хош иістер, түстер немесе қоспалар сияқты қосымша ингредиенттерді қосуды қамтуы мүмкін.

Қалыптау және қатыру: Тазартылған және өңделген сабын қалыптарға құйылады немесе қолмен қалыпталады. Сабын пісіп-жетілу процесін аяқтау үшін біраз уақыт бойы тұндыруға және қатаюға қалдырылады. Бұл процесс барысында сабын қатып, пайдалануға дайын болады.

Сабын жасау процесі пайдаланылатын ингредиенттерге және соңғы өнімнің қажетті қасиеттеріне байланысты өзгеруі мүмкін екенін ескеру маңызды. Дегенмен, сабын жасаудың негізгі принциптері өзгеріссіз қалады.

Зерттеудің мақсаты

Сабын алудың мақсаты әдетте оны үйдегі әртүрлі беттер мен заттарды тазалау және күту үшін пайдаланумен байланысты. Адамдар кір сабын алғысы келетін негізгі себептердің бірнешеуі:

а) Әмбебап тазалағыш: Кір сабын әр түрлі беттерден кірді, майды, дақтарды және басқа ластаушы заттарды кетіру үшін қолдануға болатын қуатты тазартқыш болып табылады. Ол ас үй үстелдерінде, пештерде, раковиналарда, ванна бөлмелерінде, терезелерде, едендерде және дөрекі тазалауды қажет ететін басқа жерлерде тиімді жұмыс істейді.

ә) Киімдегі дақтарды кетіру: Кір сабын көбінесе матадағы қатты дақтарды кетіру үшін қолданылады. Ол кір, май, бояу және кәдімгі кір жуғыш ұнтақ немесе сұйықтық үшін қиын болуы мүмкін басқа заттардың дақтарымен күресуде тиімді болуы мүмкін.

б) Қол күтімі: Кір сабын бағбандық, гараж жұмыстары немесе басқа механикалық немесе жөндеу жұмыстарынан кейін қолыңыздан кірді және қатты кірді кетіруге өте пайдалы болуы мүмкін. Ол сондай-ақ иістерді кетіруге де көмектеседі.

Материалдар мен әдістер

Қатты сабын химиялық жағынан қатты сабынның негізгі құрамы жоғары май қышқылдарының еритін тұздарының қоспасы болып табылады. Оларға стеарин және пальмитин, лаурин, олеин т.б. қышқылдарының көбіне натрий, сирек калий, аммоний тұздары жатады.

Қатты сабынның химиялық құрамына - $C_{17}H_{35}COONa$ (сұйықтық - $C_{17}H_{35}COOK$) кіреді.

Сонымен қатар, сабын құрамында жуғыш әсері бар басқа заттар, дәм мен бояғыштар болуы мүмкін.

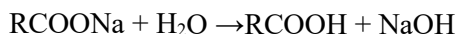
Қазіргі заманғы сұйық сабындар — консерванттар, хош иістер, бояғыштар, тұтқырлықты реттейтін тұздар, кальций және магний иондарын байланыстыратын қоспалар және т.б. қосылған синтетикалық иондық немесе иондық емес беттік белсенді заттардың судағы ерітінділері.

Жабысқақ сабын салқындаған кезде кір сабын алынады. Қатты сабынның құрамында 40–72 % негізгі зат, 0,1–0,2 % бос сілті, 1–2 % бос Na немесе K карбонаттары, 0,5–1,5 % суда ерімейтін қалдық болады.

Сабынның жуу әсері сабынның әрбір молекуласының суға бейім бас бөлігінің болуына, ал құйрықтың майды «артық көретініне» негізделген. Құйрық молекуласы майдың бөлшектерімен қоршалған, ал бастары суда қалады, ал май суға өтеді. Сабын — жоғары май қышқылдарының натрий тұздары, олардың сулы ерітінділері жуу әсеріне ие [6-8].

Сабын — жоғары май қышқылдарының натрий (калий) тұздары. Сондықтан сабын молекуласы полярлы емес көмірсутек радикалынан және полярлы карбоксил тобынан тұрады, онда сутегі атомы натрийге (қатты сабындарда) немесе калийге (сұйық сабындарда) ауыстырылады. Сабынның бұл құрылымы оның көптеген қасиеттерін, соның ішінде жуу әсерін анықтайды.

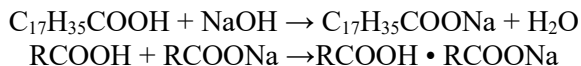
Гидролиз — әртүрлі заттар мен су арасындағы метаболикалық ыдырау реакциясы. Сабын сулы ерітіндідегі күшті негіз бен әлсіз қышқылдың тұзы ретінде гидролизденеді, яғни сумен әрекеттеседі, май қышқылы мен бос сілтіге ыдырайды:



бірақ сабын ерітінділерінің гидролизі ерітінді концентрациясының төмендеуімен, май қышқылдарының молекулалық массасының жоғарылауымен және ерітіндінің температурасымен артады.

Қанықпаған қышқылдардың сабындары қаныққанға қарағанда біршама аз гидролизденеді. Шайыр қышқылының сабындары май қышқылының сабындарына қарағанда гидролизге көбірек ұшырайды.

Гидролизден пайда болған май қышқылдарының молекулалары гидролизденбеген сабынмен әрекеттесіп, теңдеу бойынша қышқыл сабын түзеді:



Кір сабынды даярлау әдістемесі

Ингредиенттер: 800 г күнбағыс майы; 300 г кастор майы; 100 г кокос майы; 140 г сілті; 330 мл таза су. Бұл компоненттерден орташа есеппен 1 кг өнім алынады. Сабын жасауға арналған барлық өнімдерді мамандандырылған дүкендерде сатып алуға болады. Сонымен қатар, жолақтардың жуу қасиеттерін жақсартатын түрлі қоспаларды қосуға болады.

Үйде кір сабын қалай жасауға болады: қайнатуға арналған ыдысты дайындайды. Оған кокос майын салады, ол қатты, сондықтан сұйық болып еріту үшін көп уақыт қажет. Еріген сұйықтыққа күнбағыс майы қосылады. Үнемі араластырып, су мен сілтінің мөлшерін өлшеу керек. Соңғысы сұйықтыққа мұқият құйылады. Бұл кезде ерітінді үнемі араластырылуы керек.

Штамм. Майларға сілтілік ерітіндіні баяу құяды. Компоненттердің температурасы бірдей болуы керек. Алынған масса үнемі араластырылып отыру қажет, оны блендермен жасауға болады. Бірте-бірте қалың массада іздер пайда бола бастайды. Содан кейін алынған тұтқыр зат су ваннасына салынып, 3–4 сағат ішінде қайнатылуы керек. Осыдан кейін масса гельге

ұқсас затқа айналады. Оған рН жолағын салады. Алынған мән 8,5–10 аралығында өзгеруі керек. Массаға кастор қосады және оны пішіндерге құйып, пленкамен жабады.

Соңғы кезең – қатаю. Тәжірибе барысында сабын екі-үш күннен кейін сабын толығымен дайын болды. Содан кейін оны кішкене текшелерге кесіледі.



Қара сабын алу (алабота өсімдігінен)

Бәсекеге қабілеттілігін сақтау үшін табиғи емдік қасиеттері бар сабын дайындаған кезде оның сыртқы тартымды сипаттамалары болуы керек, тез әрекет етеді және көрінетін әсер етеді, бірақ терінің регенеративті функцияларын жақсартатын метаболизм процестеріне тиімді әсер ететін биологиялық белсенді заттар болуы керек.

Ең пайдалы табиғи сабын-Ганада өндірілген какао мен пальма ядросының майынан жасалған сабын. Табиғи сабын еріген сары майдан, каустикалық содadan, эфир майларынан, сақардан және т.б. жасалуы мүмкін.

Сакар-Алабота шөптерінің күлінен оның қатысуымен дайындалған сабын "қара сабын" деп аталады. Ежелгі заманнан бері қара сабын келесі жолмен қолданылған. Алдымен күзде Альботаны шыңдалған сабақтарымен жинап, өртеп, күлін алып тастады. Алынған күлдің үстіне қайнаған су құйған кезде күл қоректік сумен бірге ағып, контейнерге жиналады.

Алынған сұйықтықты майланған қазанға құйып қайнату арқылы сақар алынады. 4–5 қазан күлдің сөлінен жарты қазан сақар жинап, табиғи сабын жасауға болады (Richard, 2021).

Нәтижелер және талқылау

Қара сабынның дайындалу әдістемесі

Қолданылатын заттар: 800 г алабота, 2,5 л су, 40 г тон май

Қара сабынды үй жағдайында келесі әдіспен алуға болады:

- алаботаны өртеу;
- алынған күлді су қосып қайнату;
- тұнбаны бөлу;
- сақарды алу;
- сақар мен тоң майды араластырып, сабынды алу.

Дайындау барысы: 800 г алабұта өртелді. Өртеуден қалынған күлді таразыда өлшегенде 300 г тең болды [1-сурет].



1-сурет. Алаботаны өртеу

Содан кейін қазандыққа 2,5 литр қайнаған су құйылды, ал су қайнағаннан кейін алынған күл үстіне қойылды. 20 минут қайнаған кезде үнемі араластыра отырып қара түсті қоспасы алынды [2-сурет].



2-сурет. Тұнбаны алу кезеңі

Келесі кезеңде қоспаны құйып, бір күн талап етті. Тұндырылғаннан соң ол қызыл шайдың түсіне ұқсас қызылға айналды.

Сұйықтықты мәрлінің көмегімен күлден сүзіліп бөлініп алынды [3-сурет].



3-сурет. Сақар алу

Келесі кезеңде ерітіндіні қазанға құрғағанша, яғни сақар түзілгенше қыздырылды, нәтижесінде алынған сақардың массасы 10 г тең болды [4-сурет].



4 - сурет. Қара сабынды алу

Одан соң 50 г сиырдың тоң майын қазанда ерітіледі, оның үстіне сақарды салып, баяу отта қыздырылды. Сақарды салған кезде көбік пайда бола бастады. Алынатын өнім күйіп кетпеуі үшін үнемі алынатын өнімді араластырып отырамыз.

Қоспа қоюланып, жабысқақ болған кезде, отты өшіріп, дайын өнімді қалыпқа салып суытамыз. Нәтижесінде емдік қасиеттері бар қара сабын пайда

болды. Ескерту: егер қолды сабынмен жуу кезінде дұрыс көпірмесе, қайтадан қайнатамыз [5-сурет].



5-сурет. Қара сабын (алабота өсімдігінен)

Қара сабын алу (сексеуіл ағашынан) дайындалу әдістемесі
Қара сабынды алабота өсімдігімен қатар сексеуіл ағашынан да алуға болады

Қажетті құрал-жабдықтар: 8 кг сексеуіл, 5 л су, шойын қазан, сүйек майы, 500 гр тон май.

Алдымен сексеуіл ағашын оның күлін алу мақсатында, өртелді. Жану ұзақтығы 5 сағатты құрады. Күлі ақ ұнтақ және ақшыл болды. Алынған күлдің салмағы – 2 кг [6-сурет].



6-сурет. Сексеуілді өртеу процесі

Шойын қазанды қыздырып алып, алынған күлге 5 л су құйып қайнатылды. Біркелкі масса болғанша 30–40 минут қайнатып, шағын қазанға 1 күнге тұндырылды. Сонда суы бетіне шығып, күлі ыдыстың түбіне тұнды. Бетіне бөлінген суды қайтадан шойын қазанға қайнатылды. Сұйық су 1 сағат көлемінде қоюланып, ақшыл-сұрғылт ұнтаққа айналды. Бұл – сақар [7-сурет].



7-сурет. Күлден сақар алу

Келесі кезекте 8 сағат сүйектерді қайнатып, сүйек майы алынды. Шойын қазанға сүйек майын және тон майды салып, ерітіп алынды [8-сурет].



8-сурет. Сүйектен май алу процесі.

Содан соң сақарды ағаш таяқпен араластыра отырып салынды.

Қоюланып түсі өзгеріп қайнайды. Түбіне жабысып бастағанда қою массаны оттан алынды. Ыстықтай мәрліге салып, қатты орап бірнеше сағатқа кептіруге қойылды. Сабынды 7 бөлікке 180 грамнан бөлінді. Осымен қара сабын дайын болды. Алынған қара сабын иісі жағымды және көпіретін қасиетке ие болды [9-сурет].



9-сурет. Қара сабын алу процесі

Қара сабынның емдік қасиеттері

Бұрын күнделікті өмірде кеңінен қолданылатын және осы күні ұмытылған қазақтың қара сабыны – Сақар көптеген емдік, шипалық қасиеттерге ие болды.

- іштің ауыруы, тұмау кезінде;
- бас ауруы кезінде, егер бас қара сабынмен жуылып, жылы бүркеп жатқызып қойса, бас ауруы қояды;
- денедегі қызарған жараны, бөртпені, теміреткіні емдейді,
- ірінді, ауырсыну басу үшін көзді, құлақты, қара сабынмен жуыңыз;
- бұзаушықпен (дайындалған қара сабын) – беті мен қолын жуған баланың денесі таза болып қалады және дерт асқынбайды.

Алынған екі қара сабындардың емдік қасиетін анықтау мақсатында бет күтіміне шағын тәжірибе жасалды. Тәжірибе барысында беттегі безеулерді кетіру және теріні тазарту үшін күніне қара сабынмен екі рет жуылып, бес күн аралығында оң нәтиже көрсетті.

Сабын қалдықтарынан сабын алу әдістемесі

Қажетті құрал жабдықтар: Сабын немесе сабын қалдықтары (хош иісті немесе иіссіз), үккіш, су (тазартылған су міндетті емес), су моншасы, глицерин, эфир майы, сабынды бояу (міндетті емес)

Сұйық сабынды алу кезеңдері:

- сабынды үккіштен өткізу (50 г);
- үгітілген сабынды салып, 600 мл суды пеште қайнату;
- эфир майынжәнебояуқосады;
- қоспаға глицерин қосады:

Алдымен 50 г сабынды үккіштен өткізілді.

Үгітілген немесе ұсақталған сабынды қоспаны жасау үшін арнайы қолданылатын үлкен ыдысқа салынып, 600 мл су құйылып сулы моншада қайнатылды. Сонан соң сұйық консистенцияға эфир майы және сабын бояуы, глицерин қосылды. Сабын ыдысын жауып, оны 12–24 сағатқа дейін қойылды. Егер қоспасы тым жұқа болып көрінсе, оны қайта қыздырып, сабын үлпектерін қосады. Ал тым қалың болса, қайта қыздырып су қосады. Дайын сабынның консистенциясын блендер арқылы тегіс етіп жасауға болады (Akhmetov, 2021).

Қорытынды

Тәжірибе барысында алабота мен сексеуіл өсімдіктерінен қара сабын, өсімдік майларынан кір және иіс сабын, сұйық сабындар дайындалды. Тұрмыстық жағдайда 5 сабын түрі алынды:

- табиғи өсімдіктер негізінде алынған 2 түрлі қара сабын;
- әр түрлі майлардан дайындалған кір және иіс сабын;
- сабын қалдықтарынан алынған сұйық сабын.

Дайындалған сабын үлгілері мен сатылымдағы «Хозяюшка» және «Антипятин» сабындарының органолептикалық көрсеткіштері: түрі, түсі, иісі және көбіктенуі, рН және жуғыштық қасиеттері анықталды.

Алынған зерттеу нәтижелері бойынша келесі қорытынды жасалды: дақ кетіру көрсеткіші бойынша қара сабын арнайы сабындардан да жоғары нәтиже көрсетті және ол емдік қасиеттерге, ал дайындалған иіс сабындар жоғары сапа көрсеткіштеріне (суға тұрақты, яғни еріп кетпейді) ие болды.

Қазіргі уақытта Қазақстан нарығында тек "Phytoperfume" компаниясы Бактерияға қарсы табиғи сабын шығарады. Бұл компания шығаратын сабын дәрілік өсімдіктер мен эфир майларынан жасалған Бактерияға қарсы әсері бар жоғары сапалы табиғи өнім болып табылады.

Қазақстанда сабын өндірісі іс жүзінде кең ауқымда дамымаған, сонымен бірге табиғи сабын өндіруде отандық өндірушілер өте аз деп айтуға болады. Егер біз осы табиғи сабын өндірісін қолға алсақ, онда нарықтың құны жоғары болар еді. Себебі оның артықшылықтары:

- инновациялық технологиялар;
- өсімдік шикізатын пайдалану;
- өндірісте табиғи және таза компоненттерді қолдану;
- синтетикалық сабынмен салыстырғанда Бактерияға қарсы сабын

алу;

- арзан болу;
- Қазақстанда өз өнімдері сатып алынды, химиялық өндірістерді

дамыту.

ӘДЕБИЕТТЕР

- Glinka N.L., 2018 — General chemistry: manual for graduate students: volume 3/N.L. Glinka,-27 edition.-Almaty, 2018-248p.
- 2019 — "Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial" by John Pichtel (2019)
- 2016 — "Sustainable Solid Waste Management" by Ni-Bin Chang (2016)
- 2014 — "Waste Management and Sustainable Resource Recovery" by Charles R. Rhyner and Joseph M. Derosier Jr. (2014)
- 2012 — "Waste Management and Sustainable Development: An Introduction" by N. Selvaraj (2012)
- 2018 — "Green Chemistry for Environmental Remediation" by Rashmi Sanghi and Vandana Singh (2018)
- Lomotey V., 2017 — Towards a Socially Responsible University. In Global University Network for Innovation. Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global and the Local, 2017. URL: <http://www.guninetwork.org/report/higher-education-world-6>
- Richard N.P., 2021 — Quantum Field Theory, 2021-284 p.
- Saginayev A., Dosmurzina E., Apendina A., Dossanova B., Imangaliyeva B., 2023 — Development of individual approaches to the use of the gasoline fraction as a raw material for the process of hydrocatalytic isomerization. Materials Science for Energy Technologies, Volume 6, 2023, 158-165p.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299122000738>
- Akhmetov N.S., 2021 — General and inorganic chemistry. - M.: Krasnodar, 2021.-74 4p.
- Egorov V.V., 2021 — General chemistry: St. Petersburg: Lan, 2021.-192 p.
- Goncharov E.G. and others., 2017 — A short course in theoretical inorganic chemistry. St. Petersburg; 2017. -464 p.

REFERENCES

- Glinka N.L., 2018 — General chemistry: manual for graduate students: Volume 3/N.L. Glinka,- 27 edition. -Almaty, 2018. -248 p.
- 2019 — "Waste Management Practices: Municipal, Hazardous, and Industrial" by John Pichtel (2019)
- 2016 — "Sustainable Solid Waste Management" by Ni-Bin Chang (2016)
- 2014 — "Waste Management and Sustainable Resource Recovery" by Charles R. Rhyner and Joseph M. Derosier Jr. (2014)
- 2012 — "Waste Management and Sustainable Development: An Introduction" by N. Selvaraj (2012)
- 2018 — "Green Chemistry for Environmental Remediation" by Rashmi Sanghi and Vandana Singh (2018)
- Lomotey V., 2017 — Towards a Socially Responsible University. In Global University Network for Innovation. Higher Education in the World 6. Towards a Socially Responsible University: Balancing the Global and the Local, 2017. URL: <http://www.guninetwork.org/report/higher-education-world-6>
- Richard N.P., 2021 — Quantum Field Theory, 2021. -284 p.
- Saginayev A., Dosmurzina E., Apendina A., Dossanova B., Imangaliyeva B., 2023 — Development of individual approaches to the use of the gasoline fraction as a raw material for the process of hydrocatalytic isomerization. Materials Science for Energy Technologies. Volume 6. 2023. Pp. 158-165.
- <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2589299122000738>
- Akhmetov N.S., 2021 — General and inorganic chemistry. - M.: Krasnodar, 2021. -744 p.
- Egorov V.V., 2021 — General chemistry: St. Petersburg: Lan, 2021.-192 p.
- Goncharov E.G., and others., 2017 — A short course in theoretical inorganic chemistry. St. Petersburg; 2017. -464 p.

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 108-117

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.213>

UDK 637.3.071

© **A.S. Iskakova^{1*}, Z.Zh. Seidakhmetova¹, E.K. Assembayeva¹,
D.E. Nurmukhanbetova², A.N. Aralbaeva³, 2023**

¹Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan;

²Narxoz University, Almaty, Kazakhstan;

³Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: araiskakova@mail.ru

STUDY OF THE QUALITY OF SOFT CHEESE ENRICHED WITH POLYUNSATURATED FATTY ACIDS

Iskakova Arailym Sakenkyzy — master's student, 2nd year, Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Almaty, Kazakhstan

E-mail: araiskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9044-5115;

Seidakhmetova Zauze Zhunusovna — doctor of biological sciences, associate Professor, Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Almaty, Kazakhstan

E-mail: s.zaure@bk.ru; s.zaure@bk.ru. ORCID: 0000-0002-9213-7391;

Assembayeva Elmira Kuandykovna — PhD, associate Professor, Almaty Technological University, Department of Food Biotechnology, Almaty, Kazakhstan

E-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7964-7736;

Nurmukhanbetova Dinara Erikovna — candidate of Technical Sciences, associate Professor at the Department of Tourism, Narxoz University, Almaty, Kazakhstan

E-mail: dinara.nurmukhanbetova@narxoz.kz. ORCID: 0000-0002-8939-6325;

Aralbaeva Arailym Nugmanovna — candidate of biological science, associate professor, Al Farabi Kazakh National University, department of Fundamental medicine, Almaty, Kazakhstan

E-mail: aray3005@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4610-4342.

Abstract. One of the main tasks of the food industry is to meet the needs of the population with high-quality, biologically valuable and environmentally friendly products with specified functional properties. Among the various types of dairy products, soft cheeses occupy a special place. The world science of nutrition recognizes soft cheese as a highly nutritious, biologically complete, easily digestible product. Soft cheeses are essential and indispensable components of the human diet. Up to this date, soft cheeses are one of the most promising segments of the general food market. For this reason, expanding the range of soft cheeses and increasing the biological value of products is an urgent problem for dairy production. In the modern food industry, there is a positive trend in the production of food products from enriched raw materials. This article presents the rationale for the technology of obtaining soft cheese with the addition of salmon meat as a source of semi-unsaturated fatty acids. The analysis of soft cheese samples was carried out

in the laboratory of the Department of Food Biotechnology and the Research Institute of Food Safety of the Almaty Technological University. The results of scientific research of the obtained product have shown that the addition of salmon significantly improves the taste and quality of soft cheese, increases its biological value by increasing the content of semi-unsaturated fatty acids. Not only it enriches the cheese product with functional ingredients, but also gives the product a pleasant taste.

Keywords: soft cheese, semiunsaturated fatty acids, vitamins, salmon

© **А.С. Искакова^{1*}, З.Ж. Сейдахметова¹, Э.К. Асембаева¹,
Д.Е. Нурмуханбетова², А.Н. Аралбаева³, 2023**

¹Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан;

²Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан;

³Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: araiskakova@mail.ru

ЖАРТЫЛАЙ ҚАНЫҚПАҒАН МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫМЕН БАЙЫТЫЛҒАН ЖҰМСАҚ ІРІМШКІТІҢ САПАСЫН ЗЕРТТЕУ

Искакова Арайлым Сакенқызы – магистрант, 2 курс. Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы. Алматы, Қазақстан

E-mail: araiskakova@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9044-5115;

Сейдахметова Зауре Жунусовна – биология ғылымдарының докторы. Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы. Алматы, Қазақстан

E-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: 0000-0002-9213-7391;

Асембаева Эльмира Куандыковна – PhD. Алматы технологиялық университеті, «Тағамдық биотехнология» кафедрасы. Алматы, Қазақстан

E-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7964-7736;

Нурмуханбетова Динара Ериковна – техника ғылымдарының кандидаты. Нархоз университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: dinara.nurmukhanbetova@narхоз.kz. ORCID: 0000-0002-8939-6325;

Аралбаева Арайлым Нугмановна – биология ғылымдарының кандидаты. Әл Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті. Алматы, Қазақстан

E-mail: aray3005@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4610-4342.

Аннотация. Тамақ өнеркәсібінің негізгі міндеттерінің бірі — халықтың белгілі функционалдық қасиеттері бар жоғары сапалы, биологиялық құнды және экологиялық таза өнімге сұранысын қанағаттандыру. Сүт өнімдерінің алуан түрлерінің ішінде жұмсақ ірімшіктер ерекше орын алады. Дүниежүзілік тамақтану ғылымы ірімшікті жоғары қоректік, биологиялық толық, оңай сіңетін өнім ретінде таниды. Ол адам рационының міндетті және ауыстырылмайтын құрамдас бөлігі болып табылады. Бүгінде олар жалпы азық-түлік нарығының ең перспективалы сегменттерінің бірі болып табылады. Осы себепті жұмсақ ірімшік ассортиментін кеңейту және өнімдердің биологиялық құндылығын арттыру сүт өндірісінің өзекті мәселесі болып табылады. Заманауи тамақ өнеркәсібінде химиялық құрамы түзетілген тамақ өнімдерін өндіруде оң үрдіс

байқалады. Мұндай өнімдерді дамытудың бір бағыты — шикізаттарды байыту. Мақалада жартылай қанықпаған май қышқылдарының көзі ретінде ақсерке балығының етін қосу арқылы жұмсақ ірімшік алу технологиясын негіздеу және ғылыми зерттеулердің нәтижелері берілген. Жұмсақ ірімшік үлгілеріне талдау жұмыстары Алматы технологиялық университетінің «Тағамдық биотехнология» кафедрасының және «Тамақ қауіпсіздігі» ғылыми зерттеу институтының зертханасында жүргізілді. Қорытындылай келе, жұмсақ ірімшікке ақсерке балығын қосу арқылы жартылай қанықпаған май қышқылдарының құрамын жоғарылата отырып, жұмсақ ірімшіктің дәмі мен сапасын айтарлықтай жақсартуға және оның биологиялық құндылығын арттыруға болатынын атап өткен жөн. Ақсерке балығының еті ірімшік өнімін функционалды ингредиенттермен байытып қана қоймайды, сонымен қатар өнімге жағымды дәм береді.

Түйін сөздер: жұмсақ ірімшік, жартылай қанықпаған май қышқылдары, дәрумендер, ақсерке балығы

© А.С. Искакова^{1*}, З.Ж. Сейдахметова¹, Э.К. Асембаева¹,
Д.Е. Нурмуханбетова², А.Н. Аралбаева³, 2023

¹Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан;

²Университет Нархоз, Алматы, Казахстан;

³Казахский Национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан.

E-mail: araiskakova@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВО МЯГКОГО СЫРА, ОБОГАЩЕННОГО ПОЛИНАСЫЩЕННЫМИ ЖИРНЫМИ КИСЛОТАМИ

Искакова Арайлым Сакенқызы – магистрант, 2 курс. Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология». Алматы, Казахстан

E-mail: omar.mashulya@mail.ru. ORCID: 0000-0001-5393-5908;

Сейдахметова Зауре Жунусовна – доктор биологических наук. Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология». Алматы, Казахстан

E-mail: s.zaure@bk.ru. ORCID: 0000-0002-9213-7391;

Асембаева Эльмира Қуандықовна – PhD. Алматинский технологический университет, кафедра «Пищевая биотехнология». Алматы, Казахстан

E-mail: elmiraasembaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0001-7964-7736;

Нурмуханбетова Динара Ериковна – кандидат технических наук. Университет Нархоз, Алматы, Казахстан

E-mail: dinara.nurmukhanbetova@narхоз.kz. ORCID: 0000-0002-8939-6325;

Аралбаева Арайлым Нугмановна – кандидат биологических наук. Казахский национальный университет имени аль-Фараби. Алматы, Казахстан

E-mail: aray3005@mail.ru. ORCID: 0000-0003-4610-4342.

Аннотация. Одной из основных задач пищевой промышленности является удовлетворение потребности населения качественными, биологически ценными и экологически чистыми продуктами с заданными функциональными свойствами. Среди разнообразных видов молочных

продуктов особое место занимают мягкие сыры. Мировая наука о питании признает мягкий сыр высокопитательным, биологически полноценным, легкоусвояемым продуктом. Мягкие сыры являются обязательными и незаменимыми компонентами рациона человека. На сегодняшний день мягкие сыры одни из самых перспективных сегментов общего продовольственного рынка. По этой причине расширение ассортимента мягких сыров и повышение биологической ценности продукции является актуальной проблемой молочного производства. В современной пищевой промышленности наблюдается положительная тенденция производства продуктов питания из обогащенного сырья. В статье представлено обоснование технологии получения мягкого сыра с добавлением мяса семги в качестве источника полиненасыщенных жирных кислот. Анализ образцов мягкого сыра проводился в лаборатории кафедры «Пищевая биотехнология» и НИИ «Безопасности пищевых продуктов» Алматинского технологического университета. Результаты научных исследований полученного продукта показали, что добавление семги значительно улучшает вкус и качество мягкого сыра, повышает его биологическую ценность за счет увеличения содержания полиненасыщенных жирных кислот. Мясо семги не только обогащает сырный продукт функциональными ингредиентами, но и придает продукту приятный вкус.

Ключевые слова: мягкий сыр, полиненасыщенные жирные кислоты, витамины, семга

Кіріспе

Тұтынушылардың ірімшікке үлкен көңіл бөлуін оның жоғары биологиялық құндылығымен, кең ассортиментімен және ірімшіктің кейбір түрлерінің ұзақ уақыт сақталуымен түсіндіруге болады. Ірімшіктің тағамдық және биологиялық құндылығы оның құрамындағы сүт белогының және кальцийдің жоғары болуына, адам ағзасына қажетті алмастырылмайтын аминқышқылдарының, май және басқа органикалық қышқылдардың, дәрумендердің, минералды тұздардың, микроэлементтерінің болуына байланысты (Ostroumov et al., 2015; Khodunova et al., 2016; Kohlmeier et al., 2013; Ivanova et al., 2019).

Жұмсақ ірімшіктердің қатты және жартылай қатты ірімшіктерге қарағанда бірқатар артықшылықтары бар. Олар ұйытқы микрофлорасының қатысуымен жеткілікті тез жетіледі. Олар престоуге ұшырамайды, сондықтан жұмсақ ірімшіктер нәзік жұмсақ құрылымға және дайын өнімде жоғары ылғалдылыққа ие. Сонымен қатар, олардың технологиясының қарапайымдылығын, салыстырмалы түрде төмен еңбек шығындарын, технологиялық операциялардың аз санын, бөтен микрофлораның даму мүмкіндігін айтарлықтай төмендететін жоғары гигиеналық көрсеткіштерді атап өту керек. Адам ағзасына жақсы сіңетін, еритін түрінде берілген жұмсақ ірімшіктердегі белоктар мен басқа да азотты қосылыстардың мөлшері қатты

және жартылай қатты ірімшіктерге қарағанда 2–3 есе жоғары болады (Khodunova et al., 2016; Kuzina et al., 2016).

Жартылай қанықпаған май қышқылдары (ЖҚМҚ) құрылымдық липидтер мен әртүрлі физиологиялық белсенді заттардың түзілуіне қатысады. Олардың азық-түлікте болмауы семіздік, гипертония, қант диабеті, ревматоидты артрит, қатерлі ісік сияқты әртүрлі аурулардың пайда болуына әкеледі (Kuzina et al., 2016).

ЖҚМҚ адам ағзасында синтезделмейтіндіктен, олар тамақпен түсіп отыру керек. Бұл қышқылдар екі топқа бөлінеді: ω -6 (линол және арахидон қышқылдары) және ω -3 (линолен, эйкозапентаен, докозагексаен қышқылдары), олар жануарларда жоқ және өсімдік майларында кездеседі. Эйкозапентаен және докозагексаен қышқылдары тек теңіз балықтарының майларында болады.

Өнімдерде ЖҚМҚ оңтайлы қатынасын рецепттерге осы қышқылдарға бай өсімдік майларын қосу арқылы алуға болады. ЖҚМҚ ағзаға жақсы сіңу үшін белгілі бір мөлшерде болуы керек, әйтпесе жүрек-қан тамырлары, аскорыту, жүйке және қан тамырларының қызметін реттеу үшін үлкен маңызы бар простагландиндердің – иммундық жүйе, стероидтардың өндірісі және гормондардың синтезі, гормонға ұқсас молекулалардың толық метаболизмі болмайды (Gladyshev et al., 2012).

Ақсерке етінің құрамында көп мөлшерде омега-3 ЖҚМҚ болады. Май қышқылдарынан басқа, ақсерке құрамында 22 минералды заттар, соның ішінде кальций, магний, күкірт және тағы басқалары, сондай-ақ А, В, С, РР дәрумендері бар (Dzantieva et al., 2012).

Осылайша, ЖҚМҚ көзі болып табылатын балық етімен жұмсақ ірімшік өнімдерін әзірлеу өзекті болып табылады.

Зерттеу жұмысының мақсаты жартылай қанықпаған май қышқылдарымен байытылған жұмсақ ірімшіктің сапасын зерттеу.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу нысаны ретінде алынды:

- сиыр сүті;
- «VIVO» (Украина) компаниясында әзірленген жұмсақ ірімшік алуға әзірленген ұйытқы;
- ақсерке балығының туралған еті;
- қоспасыз жұмсақ ірімшік үлгісі;
- ақсерке балығының еті қосылған жұмсақ ірімшік үлгісі.

Зерттеуді жүргізу кезінде стандартты, жалпы қабылданған зерттеу әдістері қолданылды. Алынған ірімшік үлгілерінің дәрумендік және май қышқылдық құрамын анықтау үшін талдаулар жүргізілді.

Жұмсақ ірімшік үлгілерінің құрамындағы А дәруменін МЕМСТ 30627.1-98 (GOST 30627.2-98, 2009); Е дәруменін МЕМСТ 27547-87 (GOST 27547, 2013); С дәруменін МЕМСТ 30627.2-98 (GOST 30627.2-98, 2009); В₉ және В₁₂ дәрумендерін М-04-41-2005 әдістемесі бойынша «Капель 105» құрылғысында анықталды (М-04-41-2005, 2005).

Жұмсақ ірімшік үлгілерінің құрамындағы моноқанықпаған (олеин қышқылы) және жартылай қанықпаған май қышқылдарының (линол және линолен) массалық үлесі «Кристаллюкс-4000М» хроматографының көмегімен анықталды.

Жұмсақ ірімшік үлгілеріне талдау жұмыстары Алматы технологиялық университетінің «Тағамдық биотехнология» кафедрасының және «Тамақ қауіпсіздігі» ғылыми зерттеу институтының зертханасында жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері және оны талдау

Ірімшіктердің әртүрлі түрлерін өндірудің экономикалық және технологиялық ерекшеліктерін талдау негізінде жұмсақ ірімшіктерді өндіру өте перспективалы болып табылады. Олардың артықшылығы – шикізатты тиімді пайдалану, мұндай ірімшіктің кейбір түрлерін жетілдірмей немесе жетілу мерзімі қысқа уақытта сатуға мүмкіндігі, өнімнің жоғары тағамдық және биологиялық құндылығы.

Зертхана жағдайында жұмсақ ірімшік үлгілері алынды. Технологиялық процесс келесі негізгі кезеңдерді қамтиды: сүтті қабылдау, тазалау, салқындату, пастерлеу, ұйытқы және ақсерке балығын қосу, араластыру, ашыту, алынған массаны текшеге бөлу, сары суынан ажырату, өздігінен престеу, сақтау. Шикізаттар стандарт талаптарына сәйкес алынды. Шикі сиыр сүті (70 ± 2) °C температурада пастерленді.

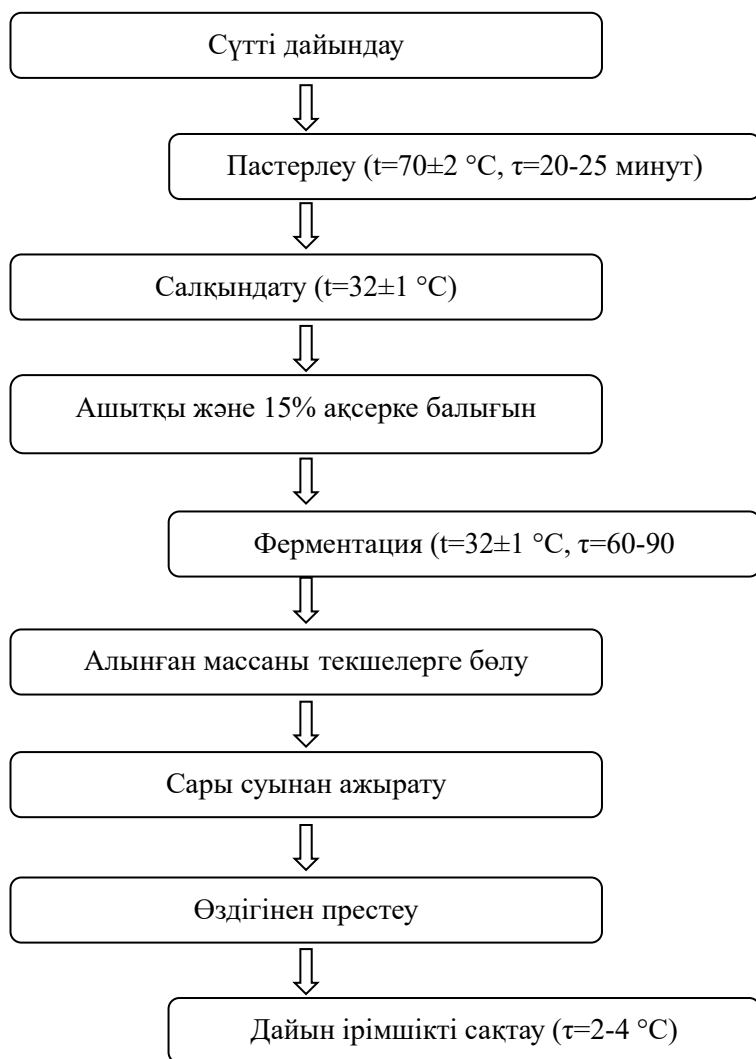
Дайындалған сүт термиялық өңдеуден өтеді. Ірімшіктер өндірісіндегі термиялық өңдеудің мақсаты:

- патогенді микрофлораны жоя отырып, санитарлық-гигиеналық қауіпсіз өнім алу;
- жалпы бактериалық ластануды төмендете отырып, өнімнің зақымдалуын анықтайтын шикі сүт ферменттерін бұзу;
- ұйытқы микроорганизмдерін дамыту үшін қолайлы жағдайлар жасау.

Ашыту температурасына (32 ± 1)°C дейін салқындатылды және жұмсақ ірімшік дайындауға арналған «VIVO» (Украина) ұйытқы, содан кейін алдын ала дайындалған 5 %, 10 %, 15 % ақсерке балығы қосылды. Ашыту уақыты 60-90 минутқа созылды. Алынған масса 20–30 мм текшелерге кесілді. Сары суынан ажыратылып, өздігінен престелді. Дайын ірімшік 2–4°C температурада сақталады.

Органолептикалық көрсеткіштерін талдау нәтижесі бойынша, жұмсақ ірімшікке 15 % ақсерке балығы қосылғанда жоғары нәтижелер көрсетті. Одан әрі тәжірибелік зерттеулер 15 % ақсерке балығы қосылған үлгіге жүргізілді, балық еті жұмсақ ірімшік өнімін функционалды ингредиенттермен байытып қана қоймайды, сонымен қатар өнімге жағымды дәм береді.

Балық еті қоспалары бар жұмсақ ірімшік өнімін алудың технологиялық процесі суретте келтірілген операциялық-технологиялық схемаға сәйкес жүргізілді (1-сурет).



Сур. 1. Жұмсақ ірімшік алу технологиясы
(Fig. 1. Soft cheese production technology)

Дәрумендер — тірі ағзадағы өмірлік маңызды биохимиялық және физиологиялық процестерді жүзеге асыру үшін қажетті, әртүрлі химиялық табиғаты төмен молекулалы органикалық қосылыстар. Адам және жануарлар ағзасы дәрумендерді синтездемейді немесе оларды жеткіліксіз мөлшерде синтездемейді, сондықтан оларды дайын күйінде тағаммен бірге қабылдап отыруы керек. Дәрумендер өте жоғары биологиялық белсенділікке ие және

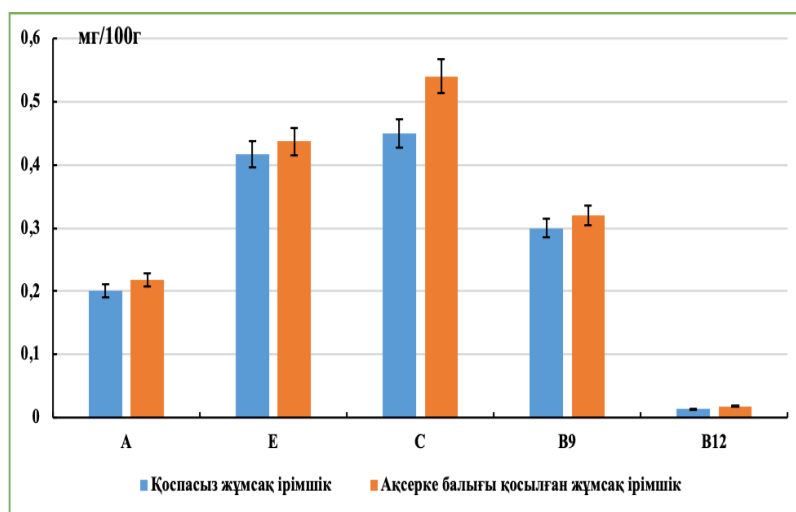
ағзаға өте аз мөлшерде қажет — күніне бірнеше микрограммнан бірнеше мг-ге дейін.

Биохимиялық процестерге қатысатын дәрумендер коферменттердің алғы заты (мысалы В₁ тиамин) немесе коферменттердің өздері (мысалы липамид) болып табылады. Коферменттер — ферменттердің каталитикалық әрекетіне қажетті белоксыз табиғаттың органикалық табиғи қосылыстары.

Коферменттер ферменттің аминқышқылдары қалдықтарының функционалдық топтарымен бірге ферменттің белсенді аймағын құрайды, онда субстратпен байланысуы және белсендірілген фермент-субстрат кешенінің түзілуі жүреді.

Кейбір дәрумендер физиологиялық процестерді жүзеге асыруды қамтамасыз етеді, мысалы: А дәрумені көру қабылдау процесіне, жасушаның дифференциациялану процесінде қатысады; D дәрумені сүйек тінінің түзілу процесіне қатысады; Е дәрумені антиоксидант болып табылады (Seitov, 2011).

Жұмыстың барысында жұмсақ ірімшік үлгілерінің құрамындағы кейбір майда және суда еритін дәрумендерге талдау жүргізілді, нәтижесі төмендегі келтірілген (2-сурет).



Сур. 2. – Жұмсақ ірімшіктердің дәрумендік құрамы
(Fig. 1. Vitamin composition of soft cheeses)

Суреттегі нәтижелерден қоспасыз ірімшікке қарағанда ақсерке балығы қосылған ірімшікте, дәрумендердің мөлшері жоғары болғандығын көруге болады. Қоспасыз ірімшікте А дәрумені – 0,201 мг/100 г, Е дәрумені – 0,417 мг/100 г, С дәрумені – 0,45 мг/100 г, В₉ дәрумені – 0,3 мг/100 г, В₁₂ дәрумені – 0,014 мг/100 г; ақсерке балығы қосылған ірімшікте А дәрумені – 0,218 мг/100г, Е дәрумені – 0,437 мг/100 г, С дәрумені – 0,54 мг/100 г, В₉ дәрумені – 0,32 мг/100 г, В₁₂ дәрумені – 0,018 мг/100 г болды.

Майлардың биологиялық құндылығы олардың құрамындағы жартылай қанықпаған май қышқылдарымен анықталады. ЖҚМҚ өте қажет қоректік фактор болып табылады, өйткені олар ағзада түзілмейді, ол тек тамақпен тамақпен түсіп отыруы керек.

Жұмсақ ірімшік үлгілеріндегі май қышқылдарының үлесін анықтау мақсатында талдаулар жүргізілді, нәтижесі төмендегі 1-кестеде келтірілген.

Кесте 1 – Жұмсақ ірімшік үлгілеріндегі май қышқылдарының үлесі, %

Май қышқылының тривиальды атауы	Май қышқылының химиялық формуласы	Май қышқылдарының индексі	Қоспасыз жұмсақ ірімшіктегі май қышқылдарының массалық үлесі, %	Ақсерке балығы қосылған жұмсақ ірімшіктегі май қышқылдарының массалық үлесі, %
Олейн қышқылы	$C_{17}H_{33}COOH$	($C_{18:1}$) цис-9	24,32	25,50
Линол қышқылы	$C_{17}H_{31}COOH$	($C_{18:2}$) цис-9,12	3,75	3,96
α -Линолен қышқылы	$C_{17}H_{29}COOH$	($C_{18:3}$) цис-9,12,15	0,43	0,72

1-кестедегі талдау нәтижелерінен ақсерке балығы қосылған жұмсақ ірімшік үлгісінде қоспасыз жұмсақ ірімшік үлгісіне қарағанда моно және жартылайқанықпаған май қышқылдарының массалық үлесінің жоғарылайтынын көруге болады. Себебі ақсерке балығы жартылай қанықпаған май қышқылдарының негізгі көздерінің бірі.

Қорытынды

Қорытындылай келе, жұмсақ ірімшікке ақсерке балығын қосу арқылы жартылай қанықпаған май қышқылдарының құрамын жоғарылата отырып, жұмсақ ірімшіктің дәмі мен сапасын айтарлықтай жақсартуға және оның биологиялық құндылығын арттыруға болатынын атап өткен жөн. Ақсерке балығының еті ірімшік өнімін функционалды ингредиенттермен байытып қана қоймайды, сонымен қатар өнімге жағымды дәм береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

Дзантиева Л.Б., Цугкиева В.Б., Тохтиева Л.Х., Кирюшкина Л.А., Шабанова И.А., 2016 — *Дзантиева Л.Б., Цугкиева В.Б., Тохтиева Л.Х., Кирюшкина Л.А., Шабанова И.А.* Разработка кулинарных изделий для здорового питания // *Фундаментальные и прикладные исследования в странах ЕС и СНГ.* – 157.

Гладышев М.И., 2012 — *Гладышев М.И.* Незаменимые полиненасыщенные жирные кислоты и их пищевые источники для человека // *Вестник Сибирского федерального университета. Биология.* – 5(4), 352–386.

ГОСТ 30627.2–98 Продукты молочные для детского питания. Методы измерений массовой доли витамина С (аскорбиновой кислоты) – Минск: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2009. – 10 с.

ГОСТ 27547–87 Витамин Е (альфа-токоферола ацетат) микрогранулированный кормовой. Технические условия – Москва: Стандартинформ, 2013. – 15с.

Иванова В.В., Ключникова Д.В., 2019 — *Иванова В.В., Ключникова Д.В.*

Использование фермента микробиологического происхождения в технологии производства мягких сыров // Пищевая промышленность. – (4), 43–44.

Ходунова О.С. и Силантьева Л.А., 2016 — *Ходунова О.С. и Силантьева Л.А.* Разработка состава и технологии мягкого сыра с пророщенными зернами овса // Научный журнал НИУ ИТМО. Серия "Процессы и аппараты для производства пищевых продуктов" – 1, 100–106.

Кольмайер А.С., Силантьева Л.А., 2013 — *Кольмайер А.С., Силантьева Л.А.* Использование пищевых волокон для обогащения мягких сыров // Биотехнологии и ресурсосберегающие инженерные системы – 61.

Кузина Е.Ю., Острецов В.Н., 2016 — *Кузина Е.Ю., Острецов В.Н.* Состояние и перспективы производства сыра в России // Молочный бюллетень – 1 (21), 115–123.

М-04-41–2005: Способ измерения массовой доли свободных форм водорастворимых витаминов в образцах премиксов, витаминных добавок, концентратов и смесей методом капиллярного электрофореза с использованием системы капиллярного электрофореза Kapel-105 – С-Пб.: ООО «Люмэкс», 2005. – 36с.

Остроумов Л.А., Смирнова И.А., Захарова Л.М., 2015 — *Остроумов Л.А., Смирнова И.А., Захарова Л.М.* Особенности и перспективы производства мягких сыров // Техника и технология производства пищевых продуктов – 39(4), 80–86.

Сейтов З., 2011 — *Сейтов З.* Биохимия // Учебник для вузов – Алматы: Акбар – 795.

REFERENCES

Dzantieva L.B., Tsugkiewa V.B., Tokhtieva L.H., Kiyashkina L.A. & Shabanova I.A., 2016 — The Development of Culinary Products for a Healthy Diet. *Fundamental and Applied Studies in EU and CIS Countries*, 157 p.

Gladyshev M.I., 2012 — Essential polyunsaturated fatty acids and their dietary sources for humans. *Journal of the Siberian Federal University. Biology*, 5(4). Pp. 352-386.

GOST 30627.2-98. Infant milk products. Method for determination of mass part of vitamin A (Retinoli) – Minsk: Interstate Council for Standardization of Metrology and Certification 2009. - 10p. (in Russ.)

GOST 27547-87. Vitamin E (alpha-tocopherol acetate) microgranulated fodder. Specifications. - M.: Standartinform, 2013. – 15 p. (in Russ.)

GOST 30627.2-98. Infant milk products. Methods for determination of mass part of vitamin C (Acidum ascorbinium) – Minsk: Interstate Council for Standardization of Metrology and Certification 2009. - 10p. (in Russ.)

Ivanova V.V., Klyuchnikova D.V., 2019 — The use of an enzyme of microbial origin in the technology of soft cheeses. *Food Industry*, (4). Pp. 43–44. doi: 10.24411/0235-2486-2019-10021

Khodunova O.S. & Silantieva L.A., 2016 — Development of the composition and technology of soft cheese with germinated oat grains. *Scientific journal NRU ITMO. Series "Processes and apparatuses of food production"*, 1:100–106.

Kohlmeier A.S. & Silantieva L.A., 2013 — The use of dietary fiber for the enrichment of soft cheeses. *Biotechnology and resource-saving engineering systems*, 61 p.

Kuzina E.Yu. & Ostretsov V.N., 2016 — State and prospects of cheese production in Russia. *Dairy Bulletin*, 1 (21). Pp. 115–123.

М-04-41-2005: Method for measuring the mass fraction of free forms of water-soluble vitamins in samples of premixes, vitamin supplements, concentrates and mixtures by capillary electrophoresis using the Kapel-105 capillary electrophoresis system. - St. Petersburg: LLC "Lumex", 2005.- 36 p.

Ostroumov L.A., Smirnova I.A., Zakharova L.M., 2015 — Features and prospects for the production of soft cheeses. *Technique and technology of food production*. 39(4). Pp. 80–86. [in Russ.].
Seitov Z., 2011 — *Biochemistry: textbook for universities*. - Almaty: Akbar. - 795 p.

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 118-126

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.214>

УДК 547.3

МРНТИ 31.23.15, 31.23.17, 31.23.21

© **A.B. Kaiyngbek¹, M.A. Dyusebaeva¹, S.A. Sydykbayeva², S.S. Askanbaev³, G.E. Berganayeva^{1*}, 2023**

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

²Zhetysu University named after Ilyas Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan;

³RSI "Republican methodological center for phytosanitary diagnosis and forecasts", Almaty.

E-mail: gulzat-bakyt@mail.ru

PHYTOCHEMICAL STUDY OF CO₂-EXTRACT VARIETIES OF WHEAT "LICAMERO"

Abstract. In this scientific paper qualitative and quantitative analysis of wheat seeds of "Licamero" variety was carried out. The method of atomic-adsorption spectral analysis revealed 11 elements from ashes of wheat grain. Of these, K (187.04 µg/g), Na (26.39 µg/ml) and Mg (78.49 µg/g) constituted the bulk. An extract was obtained by subcritical CO₂ extraction. Phytochemical analysis of the CO₂-extract showed the presence of carbohydrates, amino acids, flavonoids, and unsaturated fatty acids. The method of gas chromatography showed that the extract contains 9 fatty acids, the main part of which is methylbutyrate (99,777 mg/100 g). The content of vitamins riboflavin (B2) and pantothenic acid (B3) was determined by capillary electrophoresis.

Keywords: wheat BAC, subcritical CO₂-extraction, CO₂-extract, gas chromatography

© **А.Б. Қайыңбек¹, М.А. Дюсебаева¹, С.А. Сыдықбаева², С.С. Асқанбаев³, Г.Е. Берганаева^{1*}, 2023**

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

²І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан;

³"Республикалық фитосанитариялық диагностика және болжамдар әдістемелік орталығы" РММ, Алматы өңірлік филиалы, Қазақстан.

E-mail: gulzat-bakyt@mail.ru

«ЛИКАМЕРО» БИДАЙ СОРТЫНЫҢ СО₂-СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ САРАПТАМАСЫ

Аннотация. Бұл ғылыми жұмыста «Ликамеро» сортының бидай тұқымына сапалық және сандық талдау жүргізілді. Атомдық-адсорбциялық спектрлік талдау әдісімен бидай дәнінің күлінен 11 элемент анықталды. Олардың негізгі бөлігі К (187,04 мкг/г), Na (26,39 мкг/мл) және Mg (78,49 мкг/г) болды. Критикаға дейінгі CO₂-экстракциясы арқылы сығынды алынды. CO₂-сығындысының фитохимиялық талдауы ондағы көмірсулардың, аминқышқылдарының, флавоноидтардың, қанықпаған май қышқылдардың болуын көрсетті. Газды хроматографиясы әдісімен сығындыда 9 май қышқылы бар екені анықталды, оның негізгі бөлігі метилбутират (99,777 мг/100 г) құрады. Капиллярлық электрофорез әдісімен рибофлавин (B₂) және пантотен қышқылы (B₃) дәрумендерінің мөлшері анықталды.

Түйін сөздер: бидайдың ББЗ, критикаға дейінгі CO₂-экстракциясы, CO₂-экстракт, газды хроматография

© А.Б. Кайынбек¹, М.А. Дюсебаева¹, С.А. Сыдыкбаева², С.С. Асканбаев³, Г.Е. Берганаева^{1*}, 2023

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан;

²Жетысуский университет им. И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан;

³РГУ "Республиканский методический центр фитосанитарной диагностики и прогнозов", Алматинский региональный филиал, Казахстан.

E-mail: gulzat-bakyt@mail.ru

ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ CO₂-ЭКСТРАКТА СОРТА ПШЕНИЦЫ "ЛИКАМЕРО"

Аннотация. В данной научной работе проведен качественный и количественный анализ семян пшеницы сорта "Ликамеро". Методом атомно-адсорбционного спектрального анализа выявлено 11 элементов из золы зерна пшеницы. Из них основную массу составили К (187,04 мкг/г), Na (26,39 мкг/мл) и Mg (78,49 мкг/г). Путем докритической CO₂-экстракции был получен экстракт. Фитохимический анализ CO₂-экстракта показал наличие в нем углеводов, аминокислот, флавоноидов, ненасыщенных жирных кислот. Методом газовой хроматографии установлено, что в состав экстракта входят 9 жирных кислот, основную часть которых составляет метилбутират (99 777 мг/100 г). Методом капиллярного электрофореза определены содержание витаминов рибофлавина (B₂) и пантотеновой кислоты (B₃).

Ключевые слова: БАВ пшеницы, докритическая CO₂-экстракция, CO₂-экстракт, газовая хроматография

Кіріспе

Бидай азық-түлік дақылдары ретінде адам мен жануарлардың негізгі энергия көздерінің бірі болып табылады. Оның әлемдік мәдениет ретіндегі маңызы үнемі артып отырады, өйткені ол өте кең және әртүрлі жағдайларда

өсіруге болатын қоректік және үнемді азық-түлік дақылын білдіреді. Әлемдік егіншілікте дәнді дақылдар басқа дақылдармен салыстырғанда барлық егістіктің шамамен 55 % құрайды (Долгополова және т.б., 2009).

Бидай ұрықтары — ең жоғары тағамдық құндылығы бар шикізат болып табылады. Бидай ұрық майының құрамында көп мөлшерде полиқаньқпаған май қышқылдары және токоферолдар бар. КҚМҚ пластикалық, энергетикалық функцияларды орындайды; сонымен қатар гормондардың түзілуіне қатысады және олардың әрекетін күшейтеді; ми мен жүйке жүйесін ынталандырады; иммундық жүйені нығайтады және дененің аллергиялық реакцияларға бейімділігін азайтады; онкологиялық аурулардың алдын алады және т.б.

Әр түрлі шикізатты өңдеуге арналған тағамдық қоспалар мен дәрілік препараттардың қазіргі заманауи көзқарастарына сәйкес, қызығушылық тудыратын заттардың концентраттарын сусыз ортада немесе еріткіш мүлдем болмаған кезде алған жөн. Оларды алудың бір жолы – сұйытылған газдарды қолдану. Бұл әдіс қолайлы температура жағдайында тіпті еріткіштің іздері мүлдем жоқ сығындыларды алуға мүмкіндік береді. Флюидты көмірқышқыл газы осы түрдегі ең қолайлы, қол жетімді және арзан еріткіш деп танылуы мүмкін (Родионова және т.б., 2013).

Дәстүрлі экстракция әдістерімен салыстырғанда CO_2 -экстракциясының айтарлықтай артықшылықтарының болуы бірқатар жұмыстарда көрсетілген (Сафаров және т.б., 2015). Атап кетсек,

- CO_2 -сығындыларының ылғал үлестері 5 %-дан аспайды, олар спиртке, майларда өте оңай ериді, суда ерімейді;
- табиғи өнім болып табылады;
- биологиялық белсенді заттарды жоғары мөлшерде сақтайды;
- ерітінді өңделген өнімнің барлық дәмі мен хош иісін сақтайды;
- сығындыны пайдалану мерзімі кемінде 2 жыл құрайды;
- құрамында синтетикалық консерванттар жоқ және антиоксиданттардың саны өнімді сапалы сақтайды (Занин және т.б., 2018; Водяник және т.б., 2008; Филиппова, 2017).

Зерттеу нысана: Солтүстік Қазақстан Қостанай облысында өсірілген (2021 ж). «Ликамеро» бидай сұрыпы.

Зерттеу жұмыстары әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің, Химия және химиялық технология факультетінің «Органикалық заттар, табиғи қосылыстар және полимерлер» кафедрасында жүргізілді. Сонымен қатар, сандық сараптамалар факультеттегі "Физикалық-химиялық әдістер және талдау орталығы" мен АҚ «Алматы Технологиялық Университеті» «Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін бағалау жөніндегі ғылыми зерттеу зертханасында» жүргізілді.

Материалдар және әдістер

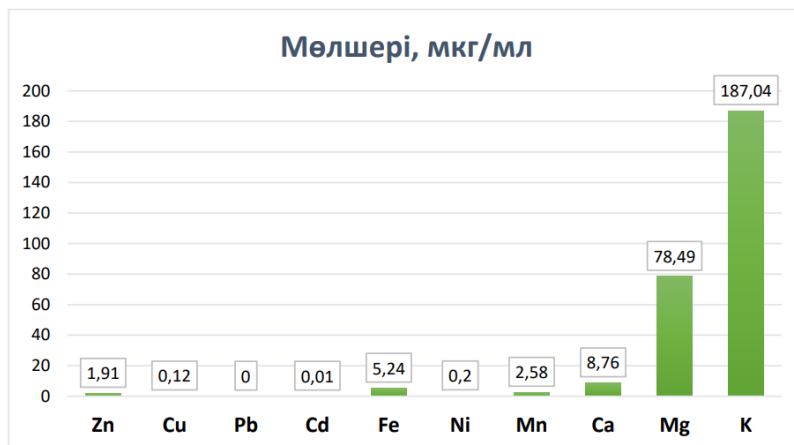
«Ликамеро» бидай сұрыпының ылғалдылығы мен күлділігі Мемлекеттік Фармакопеяның МЕМСТ 10847–2019 және 13586–2015 талаптарына сәйкес анықталды (ГФ Қазақстан, 592). Шиказаттың минералдық құрамы әл-Фараби атындағы "Қазақ ұлттық университетінің КЕАҚ "Физикалық-химиялық әдістер және талдау орталығында" атомдық-адсорбциялық спектрлік талдау әдісімен анықталды. Жұмыс барысы: 2,0 г шикізатты алдын ала қыздырылған және дәл өлшенген фарфор тигельге орналастырады. Кейін муфель пешінде тигельды ақырын қыздырып, алдымен заттың ең төменгі температурада жануына мүмкіндік береді. Сосын температураны біртіндеп жоғарлатып, 500°C-та шикізатты күлді сұр түске айналғанша күйдіреді. Кальцилеудің соңында тигель эксикаторда салқындатады. Түзілген күлге 5 мл HNO_3 (1:1) қосып, электр плиткада ылғал тұз қалғанша қыздырады. Қалған тұздың үстіне 10–15 мл 1н HCl немесе 1н HNO_3 қосып ерітеді, дайын болған ерітіндіні 25 мл өлшемдік колбаға құйып, белгіленген мөлшерге дейін жеткізеді. Дайын ерітінділерді Shimadzu 6200 сериялы спектрометр арқылы зерттейді.

CO_2 -сығынды критикаға дейінгі CO_2 -экстракция әдісі арқылы алынды. Сараптама ЖІШ «ЖАНАФАРМ» кешені орталығында жүргізілді. Жұмыс барысы: алдымен бидай дәндерін (720 г) 6–8 мм дейін зертханалық ұсақтағышта ұнтақталып, CO_2 -экстракторға (УУПЭ-5л) еңгізіледі. Экстракция жағдайлары: экстрагент – сұйық көмірқышқыл газы МЕМСТ 8050-85, қысым 57–65 кгс/см², температура 18–23°C, экстракция уақыты – 8 сағат. Экстракт мөлшері 10 г құрады.

«Ликамеро» бидай сұрыпынан алынған CO_2 -сығындысына сандық сараптама АО «Алматы Технологиялық Университеті» «Азық-түлік өнімдерінің сапасы мен қауіпсіздігін бағалау жөніндегі ғылыми зерттеу зертханасында» жүргізілді. Май қышқылдарының сандық сараптамасы газды хроматография арқылы МЕМСТ 30623–2018 талаптарына сәйкес, ал дәрумендердің мөлшері капиллярлы электрофорез әдісі арқылы МЕМСТ 31483–2012 талаптарына сәйкес анықталды. Зерттеу «Кристаллюкс-4000М» хроматографында жүргізілді.

Зерттеу нәтижелері

Жұмыс барысында «Ликамеро» бидай тұтас дәнінің шынайлығы анықталған. Зерттеу нәтижелері бойынша ылғалдылық 7,5 % және күлділік 2,1 % құрады. Сонымен қатар, атомдық-адсорбциялық спектрлік талдау әдісімен бидай дәнінің күлінің элементтік құрамы анықталды. Сараптама нәтижелері 1-суретте көрсетілген:



Сурет 1 – «Ликаеро» бидай тұтас дәнінің макро- және микроэлементтік құрамы

Нәтижелерге сүйене отырып, «Ликаеро» бидай сұрыпының құрамында калий (187,04 мкг/мл), магний (78,49 мкг/мл), натрий (26,39 мкг/мл), кальций (8,76 мкг/мл) элементтері басым болатыны анықталды. Сонымен қатар, мырыш (1,91 мкг/мл) пен марганец (2,58 мкг/мл) элементтері бірдей мөлшерде кездесті. Айтап өтетін жайт, қорғасын секілді ауыр металл мүлдем жоқ болды.

Зерттеулерді жалғыстыра отырып, ЖШС «ЖАНАФАРМ» кешенінде «Ликаеро» бидай тұтас дәнінен критикаға дейінгі (қысым 57–65 кгс/см²) СО₂-экстракция жағдайында сығынды алынды. Алынған экстракт құрамындағы ББЗ анықтау мақсатында сапалық реакциялар арқылы фитохимиялық сараптама жүргізілді (1-кесте).

Кесте 1 – «Ликаеро» бидай сортының СО₂-сығындысы құрамындағы ББЗ-ға фитохимиялық сараптама нәтижелері

Реагенттер	Зерттелетін заттар	Реакция нәтижелері	Зерттеу нәтижесі
NH ₃	флавоноидтар, флавоон, флаванон, флаванол, флаванонол	сары	+
	халкондар, аурондар	ашық сары, қызыл	-
AlCl ₃	Ксантондар	жасыл-көк	-
	флавоноидтар, қатарымен үш ОН-тобы бар полифенолды қосылыстар	ашық сары	+
о-Толуидин	бос СООН-тобы бар полисахаридтер	қызыл	+
Нингидрин реактиві	аминқышқылдар, аминоканттар, NH ₂ және NH-тобы бар алкалоидтар	қызғылт, көк, күлгін, сары	+
Йод ерітіндісі	қанықпаған май қышқылдары	қоңыр	+
	Крахмал	көк	+
	Кумариндер	қоңыр	-

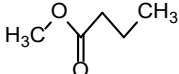
NH ₃ +AlCl ₃	барлық флавоноидтар	ашық сары түс	+
------------------------------------	---------------------	---------------	---

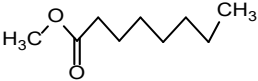


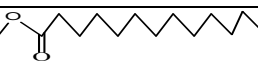


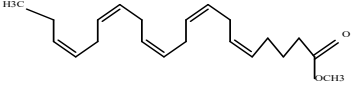


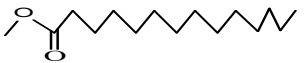



Фитосараптама нәтижесі бойынша CO₂-сығындының құрамында қанықпаған май қышқылдары, флавоноидтар, моносахаридтер және амин қышқылдары бар екені анықталды. Антрахинон, халкондар, кумариндер қатардағы қосылыстар болмады.

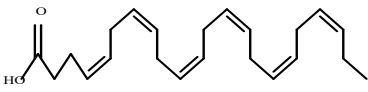
«Ликамеро» бидай сұрыпынан алынған CO₂-сығындысының құрамындағы май қышқылдарына сандық құрамын анықтау мақсатында қосымша талдауларды жүргізуді ұйғардық. Сараптама газды хроматография әдісі бойынша арнайы «Кристаллюкс-4000М» зерттеу хроматографында жүргізілді. Тасымалдаушы газ ретінде азот қолданылды. 2-Кестеде «Ликамеро» бидай дәнінен бөліп алған CO₂-экстракттағы май қышқылдарымен қоса алдыңғы алынған зерттеу мәліметтері, яғни «Уралосибирская 2» бидай сортының CO₂-сығындысы құрамындағы май қышқылдарының сандық мөлшері көрсетілген (Токбаева т.б., 2022).

Ескеретін жайт, «Уралосибирская 2» бидай сұрыпынан CO₂-сығындысы жоғары флюидты экстракциясы арқылы алынған болатын, ал «Ликамеро» бидай сұрыпынан сығынды, жоғарыда айтып кеткендей, критикаға дейінгі CO₂-экстракциясы арқылы алынды. Бұл жағдай CO₂-сығынды құрамындағы май қышқылдарының сапалық және сандық мөлшеріне айтарлықтай әсер ететін байқасақ болады. Мәселен, екі бидай CO₂-экстракттар құрамында метил бутират және метил деканоат анықталған болатын. Алайда «Ликамеро» бидай сұрыпындағы метил бутират мөлшері «Уралосибирская 2» бидай сұрыпымен салыстырғанда 100 есе көп болды, керісінше метил деканоат мөлшері 21 есе аз екені айқын болды. Сонымен қатар, «Ликамеро» бидай сұрыпының CO₂-сығындысында көбінесе қанықпаған май қышқылдардың өкілдері (метил цис-9-олеин қышқылы, метил цис-5.8.11.14.17-эйкозапентаеноат, цис-8,11,14-эйкозатриен қышқылының метил эфирі, цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаеноаттар) анықталған болатын, ал «Уралосибирская 2» бидай сұрыпының CO₂-сығындысында, керісінше, қаныққан май қышқылдар басым болды. Аталған қаныққан май қышқылдары «Ликамеро» сығындысында кездеспеді. Екі сығындыда метил γ-линолен қышқылы және метил арахидат анықталған жоқ. Ескеретін жайт, қанықпаған май қышқылдары антиоксиданттық қасиет көрсетеді.

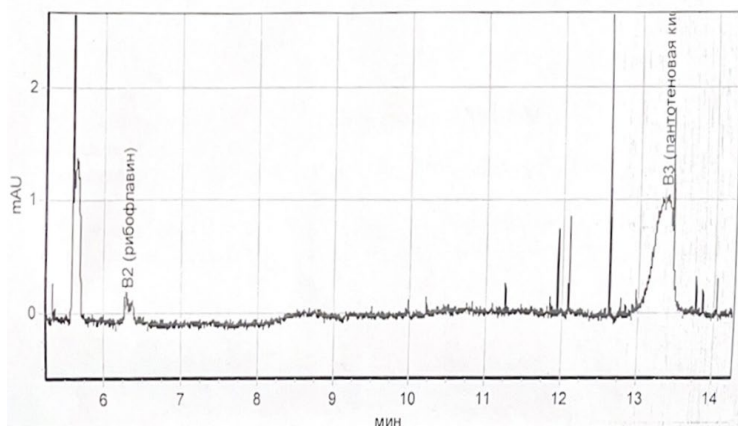
Кесте 2 – «Уралосибирская 2» және «Ликамеро» бидай сорттарының CO₂-сығындысының құрамындағы май қышқылдарының сандық мөлшері

Бидай сорты Компонент	Құрылымдық формула	«Уралосибирская 2»*	Ликамеро *
		Мөлшері, %	
Метил бутират		1,416	99,777

Метил октаноат		1,351	-
Метил деканоат		21,365	0,002
Метил лаурат		4,268	-
Метил тридеcanoат		30,855	-
Метил гептадеcanoат		-	0,015
Метил γ -линолен қышқылы		-	-
Метил цис-9-олеин қышқылы	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_7 \begin{array}{c} \text{H} \\ \diagdown \\ \text{C}=\text{C} \\ \diagup \\ \text{H} \end{array} (\text{CH}_2)_7 \text{COOCH}_3$	-	0,0009
Метил цис-5.8.11.14.17-Эйкозапентаеноат		-	0,059
Метилді эфир цис-8,11,14-эйкозатриен қышқылы		-	0,001
Метил арахидат		-	0
Метил миристал		24,470	-
Метилді эфир цис-10-пентадецен қышқылы		2,279	-
Метилді эфир цис-10-гептадецен қышқылы		0,719	-
Метил стереат		13,274	-

Цис-4,7,10,13,16,19-докозагексаеноаттар		-	0,001
Ескертпе: * «Уралосибирская 2» бидай сорты - CO ₂ -экстракт ЖКФ әдіс арқылы алынды, ** «Ликамеро» бидай сұрпы - экстракт критикаға дейінгі CO ₂ -экстракциясы арқылы алынды.			

Жұмыс барысында «Ликамеро» бидай сортының CO₂-экстрактысының құрамындағы В тобындағы дәрумендерге капиллярлық электрофорез әдісі арқылы сандық сараптама жүргізілді. Зерттеу температура 22°C және ылғалдылығы 62 %-да жүргізілді. В тобындағы дәрумендердің шындары электрофореграммада көрсетілген (2-сурет).



Сурет 12 – «Ликамеро» бидай сортының CO₂-сығындының құрамындағы В-дәрумендерінің мөлшері (электрофореграмма)

«Ликамеро» бидай сортының CO₂-сығындысының құрамында В-тобындағы дәрумендердің ішінен тек В₂ (рибофлавин) және В₃ (пантотен қышқылы) дәрумендері анықталды. В₂ рибофлавин дәруменінің мөлшері 0,032 мг/100 г, ал В₃ пантотен қышқылы дәруменінің мөлшері 0,637 мг/100г. Мәліметтерге сүйенсек, В₂ дәруменінің мөлшері 2 мг/100 г құрау керек болған, ал В₃ дәруменінің мөлшері 10 мг/100 г болу керек, CO₂-сығындысынан алынған В тобының дәрумендердің мөлшері біршама аз екенін көрсетеді (Козлов, 2012).

Қорытынды

Алғашқы рет «Ликамеро» бидай сұрыпының шынайлығы, элементтік құрамы анықталды. Нысана шикізатынан критикалық дейінгі CO₂-экстракция арқылы сығынды алынып, сапалық және сандық сараптама жүргізілді. Зерттеу нәтижелері бойынша CO₂-сығындының құрамында маңызды ББЗ анықталды: май қышқылдарының 9 түрі, дәрумендер, флавоноидтар, амин қышқылдар. Ескеретін жайт, сығындыда қанықпаған май қышқылдардың

үлесі басым болды. Бұл алынған CO₂-экстрактыны фармацевтика, косметология саласында қолдануға ықпалын тигізетіні сөзсіз.

ӘДЕБИЕТТЕР

Долгополова Н.В., Скрипин В.А., Шершиева О.М., Алябьева Ю.В., 2009 — Значение озимой и яровой пшеницы в производстве продуктов питания // Вестник Курской госуд. сельскохозяйственной академии. -2009. -№5. – С.52–56.

Родионова Н.С. и др. Разработка растительной комплексной пищевой системы на основе продуктов переработки зародышей пшеницы сбалансированного жирнокислотного состава //Фундаментальные исследования. – 2013. – №. 11-8. – С. 1594–1597.

Сафаров О.Ф., Мухаммадиев Б.Т., Рузиева К.Э., 2015 — «Состояние технологий использующих сверхкритическую CO₂ экстракцию» // Матер. 5-ой межд. конф. «Новое в технологии и технике функ. прод.», Воронеж, 2015, С. 18.

Занин Д.Е., Марченко Л.А., 2018 — Препаративная субкритическая и флюидная CO₂-экстракция // Матер. междунар. науч.-конф. «Инновационные технологии, оборудование и добавки для переработки сырья животного происхождения» – 2018. – С. 26–29.

Водяник А.Р., Шадрин А.Ю., Синев М.Ю., 2008 — Сверхкритическая флюидная экстракция природного сырья: мировой опыт и ситуация в России // «Сверхкритические Флюиды: Теория и Практика» – 2008. – Т.3 – № 2. – С.58–69.

Филиппова Е.А., 2017 — Применение CO₂-экстрактов в пищевой промышленности // Вестник Мичуринского госуд. аграрного ун-та. – 2017. – №. 1. – С. 74.

Государственная фармакопея Казахстана. – Алматы: Жибек Жолы, 2008. С. 592–609.

Токбаева Н.Н., Берганаева Г.Е., 2022 — «Уралосибирская 2» бидай дәні сорттының химиялық құрамын зерттеу // «ФАРАБИ ӘЛЕМІ» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конф. материалдары: Алматы, Қазақстан, 2022 жылдың 6–8 сәуірі, С. 34.

В.А. Козлов., 2012 — Витамины: История. Химия. Биохимия. Фармакология // Клиника: учебное пособие – 3-е изд. с испр. и доп. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2012. – 148 с.

REFERENCES

Dolgoplova N.V., Skripin V.A., Shershieva O.M., Alyabyeva Y.V., 2009 — Importance of winter and spring wheat in food production // Bulletin of Kursk State Agricultural Academy. -2009. -№5. - Pp. 52–56 (in Russ.).

Rodionova N.S. et al., 2013 — Development of plant complex food system based on wheat germ products of balanced fatty acid composition // Fundamental Research. - 2013. - №. 11-8. - Pp. 1594–1597 (in Russ.).

Safarov O.F., Muhammadiev B.T., Ruzieva K.E., 2015 — "The state of technology using supercritical CO₂ extraction" // Mater. 5th Inter. 5th International Conf. "New in technology and engineering of functional products", Voronezh, 2015, P. 18 (in Russ.).

Zanin D.E., Marchenko L.A., 2018 — Preparative subcritical and fluid CO₂-extraction // Mater. of Intern. international. scientific-conf. "Innovative technologies, equipment and additives for processing of raw materials of animal origin" - 2018. - Pp. 26-29 (in Russ.).

Vodyanik A.R., Shadrin A.Yu., Sinev M.Yu., 2008 — Supercritical fluid extraction of natural raw materials: world experience and the situation in Russia // "Supercritical Fluids: Theory and Practice" - 2008. - Т.3 - № 2. - Pp.58–69 (in Russ.).

Filippova E.A., 2017 — Application of CO₂-extracts in the food industry // Vestnik Michurinskogo gosud. agrarnogo un-ta. - 2017. - №. 1. - С. 74 (in Russ.).

State Pharmacopoeia of Kazakhstan. - Almaty: Zhibek Zholy, 2008. Pp. 592–609 (in Russ.).

Tokbaeva N.N., Berganayeva G.E., 2022 — "Uralosibirskaya 2" bidai dani varieties offt chemistry kurramayn zertteu // "FARABI Ә LEML" atty studentter men zhas ғалымдардың halykaralykrylym conf. materials: Almaty, Kazakhstan, 2022 zhyldyң 6-8, P. 34 (in Kaz.).

V.A.Kozlov., 2012 — Vitamins: History. Chemistry. Biochemistry. Pharmacology // Clinic: textbook - 3rd ed. with corrections and additions - Cheboksary : Chuvash State Pedagogical University, 2012 - 148 p. (in Russ.).

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 127-138

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.215>

MPHTИ 31.01.05

© **L.M. Kalimoldina, G.S. Sultangazieva, S.O. Abilkasova*, J.E. Shaikhova, 2023**

Almaty technological university, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: kalimoldina.laila@mail.ru

DETERMINATION OF GROUND-LEVEL AIR POLLUTION BY VEHICLE EXHAUST GASES BASED ON CARBON MONOXIDE CONCENTRATIONS

Kalimoldina L.M. — Senior lecturer of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Candidate of Technical Sciences, Almaty Technological University, 100 Tole bi str., Almaty, Kazakhstan

E-mail: kalimoldina.laila@mail.ru;

Sultangazieva G.S. — Lecturer of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Master's degree, Almaty Technological University, 100 Tole bi str., Almaty, Kazakhstan

E-mail: gul-2012-61@mail.ru;

Abilkasova S.O. — Senior lecturer of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Ph.D., Almaty Technological University, 100 Tole bi str., Almaty, Kazakhstan

E-mail: sandy_ao@mail.ru;

Shaikhova Zh.E. — Lecturer of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Master's degree, Almaty Technological University, 100 Tole bi str., Almaty, Kazakhstan

E-mail: zh.shaikhova@mail.ru.

Abstract. Road transport is one of the sources of environmental pollution. Nowadays, the impact of transport on the environment is the most urgent and pressing problem of modern society. The relevance of the study lies in the fact that adverse environmental factors affect the condition and health of people. A huge role in the formation of atmospheric air pollution is played by emissions of impurities from fuel combustion process. One of the reasons for the increase in the volume of pollutants from exhaust emissions is the growth of the car fleet. The environmental situation is worsened by: poor environmental performance of fuels and vehicles in Kazakhstan, an ageing vehicle fleet and deteriorating maintenance, inadequate road development and deterioration, and underestimation of architectural and planning factors in cities. Carbon dioxide and other gases, which have a greenhouse effect, spread throughout the atmosphere, causing global geo-environmental impacts. The purpose of the research was to determine the impact of automobile exhaust gases on the ecology of the city and to improve the methodology for assessing the environmental and economic damage from chemical pollution by motor vehicle emissions to the environment of Almaty. The levels of

atmospheric air pollution by carbon monoxide on a particular section of the motorway were determined. The coefficient of toxicity of CO emissions into the atmosphere, the background pollution of the surface layer of the atmospheric air, the total traffic intensity of cars on the streets of Almaty, a certain type of cars for CO emissions into the atmosphere; the coefficient taking into account aeration on a given road section and the value of the slope of the roadway; wind speed, air humidity, dependence of carbon monoxide concentration on the type of road crossing were calculated. The research was conducted on control points of emissions of chemical pollutants. The work was carried out in the laboratory of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology of Almaty Technological University.

Keywords: maximum permissible concentration, atmospheric pollution index, carbon monoxide, chemical air pollutants, motor transport, toxicity factor, exhaust gases

© Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О. Абилкасова*,
Ж.Е. Шаихова, 2023

Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: kalimoldina.laila@mail.ru

КӨЛІКТЕРДЕН ШЫҒАТЫН ГАЗДАРМЕН АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАНЫҢ БЕТКІ ҚАБАТЫНЫҢ ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН КӨМІРТЕГІ ТОТЫҒЫНЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ БОЙЫНША АНЫҚТАУ

Калимолдина Л.М. — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, т.ғ.к., Алматы технологиялық университеті, Төле би көш. 100, Алматы, Қазақстан
E-mail: kalimoldina.laila@mail.ru;

Султангазиева Г.С. — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының лекторы, магистр, Алматы технологиялық университеті, Төле би көш. 100, Алматы, Қазақстан
E-mail: gul-2012-61@mail.ru;

Абилкасова С.О. — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, т.ғ.к., Алматы технологиялық университеті, Төле би көш. 100, Алматы, Қазақстан
E-mail: sandy_ao@mail.ru;

Шаихова Ж.Е. — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының лекторы, магистр, Алматы технологиялық университеті, ул. Төле би. 100, Алматы, Қазақстан
E-mail zh.shaikhova@mail.ru.

Аннотация. Автомобиль көлігі қоршаған ортаны ластау көздерінің бірі болып табылады. Қазіргі уақытта көліктің қоршаған ортаға әсері қазіргі қоғамның ең өзекті және өзекті мәселесі болып табылады. Зерттеудің өзектілігі - қолайсыз экологиялық факторлар адамдардың жағдайы мен денсаулығына әсер етеді. Атмосфералық ауаның ластануын қалыптастыруда отынның жану процесінде пайда болатын қоспалардың шығарындылары үлкен рөл атқарады. Пайдаланылған газдар шығарындыларынан ластаушы заттар көлемінің ұлғаюының себептерінің бірі автомобильдер паркінің өсуі болып табылады. Қазақстанның отыны мен автокөлік техникасының

қанағаттанарлықсыз экологиялық сипаттамалары, автомобиль паркінің қартаюы және оның күтімінің нашарлауы, жолдардың жеткіліксіз дамуы және олардың жай-күйінің нашарлауы, қалалардың сәулет-жоспарлау факторларын жете бағаламау. Көмірқышқыл газы және парниктік әсері бар басқа газдар бүкіл атмосфераға таралып, жаһандық геоэкологиялық әсерлерді тудырады. Зерттеудің мақсаты автомобильдердің пайдаланылған газдарының қала экологиясына әсерін анықтау және Алматы қаласының қоршаған ортаның автокөлік шығарындыларымен химиялық ластанудан болатын экологиялық-экономикалық зиянды бағалау әдістемесін жетілдіру болды. Автокөлік магистралінің белгілі бір учаскесінде атмосфералық ауаның көміртегі тотығымен ластану деңгейі анықталды. Зерттеулер химиялық ластаушы заттар шығарындыларын бақылау нүктелерінде жүргізілді. Жұмыс Алматы технологиялық университетінің "Химия, химиялық технология және экология" кафедрасының зертханасында орындалды.

Түйін сөздер: көміртегі тотығы, ауаны химиялық ластаушы заттар, автокөлік, уыттылық коэффициенті, пайдаланылған газдар

© Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О. Абилкасова*,
Ж.Е. Шаихова, 2023

Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан.
E-mail: kalimoldina.laila@mail.ru

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТРАБОТАННЫМИ ГАЗАМИ ОТ АВТОТРАНСПОРТА ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА

Калимолдина Л.М. — сениор-лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», к.т.н., Алматинский технологический университет, ул. Толе би. 100, Алматы, Казахстан
E-mail: kalimoldina.laila@mail.ru. Orcid ID 0000-0003-4397-9629;

Султангазиева Г.С. — лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», магистр, Алматинский технологический университет, ул. Толе би. 100, Алматы, Казахстан
E-mail: gul-2012-61@mail.ru. Orcid ID 0000-0001-7724-9558;

Абилкасова С.О. — сениор-лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», к.т.н., Алматинский технологический университет, ул. Толе би. 100, Алматы, Казахстан
E-mail: sandy_ao@mail.ru. Orcid ID 000-0001-8322-4592;

Шаихова Ж.Е. — лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», магистр, Алматинский технологический университет, ул. Толе би. 100, Алматы, Казахстан
E-mail zh.shaikhova@mail.ru.

Аннотация. Автомобильный транспорт является одним из источников загрязнения окружающей среды. В настоящее время воздействие транспорта на окружающую среду является наиболее актуальной и актуальной проблемой современного общества. Актуальность исследования заключается в том, что неблагоприятные экологические факторы влияют на состояние и здоровье людей. Большую роль в формировании загрязнения атмосферного воздуха играют выбросы примесей, образующихся в процессе горения топлива. Одной из причин увеличения объема загрязняющих веществ от выбросов выхлопных газов является рост автопарка. Неудовлетворительные экологические характеристики топлива и автотранспортной техники Казахстана, старение автомобильного парка и ухудшение его ухода, недостаточное развитие дорог и ухудшение их состояния, недооценка архитектурно-планировочных факторов городов. Углекислый газ и другие газы с парниковым эффектом распространяются по всей атмосфере, вызывая глобальные геоэкологические эффекты. Целью исследования было выявление влияния выхлопных газов автомобилей на экологию города и совершенствование методики оценки эколого-экономического ущерба от химического загрязнения окружающей среды автотранспортными выбросами города Алматы. На определенном участке автомобильной магистрали выявлен уровень загрязнения атмосферного воздуха угарным газом. Исследования проводились на контрольных точках выбросов химических загрязнителей. Работа выполнена в лаборатории кафедры "Химия, Химическая технология и экология" Алматинского технологического университета.

Ключевые слова: угарный газ, химические загрязнители воздуха, автомобиль, коэффициент токсичности, выхлопные газы

Introduction

In recent years, vehicular pollution has been increasing. Today, 60 % of emissions in large cities in the country are caused by motor vehicles. In Алматы, the situation with air pollution from motor transport is particularly difficult. The criterion for assessing the negative impact of motor transport can be the environmental damage caused to the environment.

Along with energy, industry, agricultural construction, road transport has a negative impact on the environment. At present, transport, along with production, is the main source of air pollution.

The main cause of air pollution is the incomplete and irregular combustion of fuel. Only 15 % is consumed by road traffic and 85 % by air. In addition, the combustion chamber of a car engine is a kind of chemical reactor which synthesises toxic substances and releases them into the atmosphere. Reducing toxic waste from cars is therefore becoming a very topical issue.

The impact of a vehicle on the environment can be divided into positive and negative effects. Each type of positive effect can be matched by one type of negative effect. Chemical pollutants emitted by motor vehicles enter directly into the surface layer of the atmosphere and are much worse dispersed than industrial emissions entering the atmosphere at a high altitude (Zhenyu, 2022; Masoud, 2022; Aiman, 2018; Kashin, 2007). Atmospheric pollution occurs due to imperfect design of equipment, engine and plant systems, violations of operating rules, low technical culture and environmental illiteracy of operating personnel, and sometimes as a result of accidents or emergencies. The level of greenhouse gas emissions in the atmosphere has exceeded the previous natural maximum. CO₂ levels in the atmosphere, which are considered in studies comparing the climate then and today, have been associated with only a small increase in carbon dioxide (Ang, 2018; Zheng, 2020; Xuan, 2022; Shaojun, 2018).

Internal combustion engine exhaust contains more than 170 harmful components, about 160 of which are derived from hydrocarbons produced by incomplete combustion of fuel in the engine. The presence of pollutants in exhaust emissions is directly related to the type of fuel and the combustion conditions. The chemical pollutants emitted by the car engine are well researched. In addition to nitrogen, oxygen, carbon dioxide and water, these emissions include harmful substances such as carbon monoxide, hydrocarbons, nitrogen and sulphur oxides and particulate matter. Plants growing up to 200m away are affected by the harmful elements emitted by the exhaust (lead, cadmium, cobalt, aluminium, arsenic, etc.). Exhaust and exhaust gases of heat engines, in their turn, emit more than 70 % of carbon oxides and hydrocarbons (benzene, formaldehyde, benz(a)pyrene), about 55 % of nitrogen oxides, up to 5,5 % of water, as well as soot (heavy metals), cinders, soot, etc. into the air. Together with waste, exhaust and exhaust gases about 60–80 % of all heat received during the combustion of hydrocarbon fuel is discharged into the atmosphere as hot gases and warmed water which also leads to thermal pollution of the atmosphere. Flue gases of installations and engines contain tens of thousands of chemical substances, compounds and elements, more than two hundred of which are highly toxic and poisonous.

Carbon monoxide (CO) is an odourless gas. Its MAC in the working area is 20 mg/m³. At concentrations of 300 to 600 mg/m³ people are easily poisoned, at 1,800 mg/m³ people are severely poisoned. Toxicity of exhaust, combustion and exhaust gases emitted into the ambient air mainly depends on the quality, type and kind of combusted hydrocarbon fuel, conditions of its combustion process organization, technical conditions of heat engines and fuel combustion installations (Ma, 2021; Yang, 2019; Adriana, 2019).

Automotive gases are a mixture of 1000–1200 individual components, including non-toxic: N, O, water vapours, CO; toxic: C oxides, hydrocarbons, N oxides, aldehydes, soot, benzopyrene, lead compounds, formaldehyde, benzene, as well as many other components.

Today, automobiles are among the leading sources of pollution in many cities. According to most data, it has been established that the amount of incomplete

combustion products of hydrocarbons emitted from a petrol engine is significantly higher than that from a diesel engine. Combusted hydrocarbons are emitted most in the smoke coming out of the car, especially when the car engine is running slowly. The gas emitted from an uninterrupted transport with quality petrol filling contains 2.7 % of non-flammable hydrocarbon monoxide.

The purpose of the research was to determine the impact of car exhaust on the ecology of the city and to improve the methodology for assessing the environmental and economic damage from chemical pollution by vehicular emissions in the environment of Almaty.

Research methods

Scientific studies indicate that there are around 15 million different types of chemical pollutants emitted from cars, many of which have not yet been fully investigated.

The analysis of air for pollutants consists of sampling directly at the source of emission, for this purpose special automatic gas analysers, such as GANK-4 have been used. With the instrumental-laboratory method, impurities are first sampled and then analysed in the laboratory with special instruments. The indicator method is considered to be an express method. Here selective indicators are used which change colour depending on the composition of the emission. It is used for a preliminary evaluation of the production process and in situations where no other methods are available. Calculations are made using information on the composition of raw materials, fuels, fumes and gases emitted. The frequency of atmospheric air analyses depends on the hazard class of substances, on the technological process itself and on the proximity of the actual emission value to the normative value.

Results and discussion

The level of carbon monoxide pollution of atmospheric air was determined during the research, which was conducted at the intersection of Tole Bi Street – Utegen Batyra Street on 24.11.2022 at 17.50 (according to the table).

Table 1. Determination of the CO emission toxicity factor (CT)

Type of vehicle	Number of vehicles	Share of total traffic flow, P_i	K_{Ti}
Light truck (including Gazelle minibuses)	62	0,15	2,3
Medium truck (including foreign made PAZ taxi buses)	32	0,1	2,9
Heavy freight (including diesel vehicles, including buses)	12	0,15	0,2
Heavy Duty Truck (including combustion internal combustion engine)	23	0,05	3,7
Passenger cars	864	0,55	1,0
Total vehicles per hour	993		

P_i - traffic composition (in fractions of the total traffic flow)

K_{Ti} - emission factor (in terms of CO₂ emission) for each mode of transport.

$$K_{co}=(0.5-0.01NK_T)KA*KY*KC*KB*K_{II}$$

K_{co} - carbon monoxide concentration

0.5 - background (non-transport) pollution of ground layer of atmospheric air within the city boundaries of Almaty (in mg/l)

N - total traffic intensity of cars on the streets of Almaty,

K_T - a coefficient of certain type of cars for CO emissions into the atmosphere,

K_A - coefficient taking into account aeration on the given road section,

K_U - coefficient that takes into account the slope of the roadway (in percent),

CW is a coefficient taking into account wind speed,

EF is a coefficient that takes into account the humidity of the air,

K_P is a coefficient that takes into account the dependence of carbon monoxide concentration on the type of road crossing.

The value of the CO emission toxicity coefficient (CT) is determined by the formula:

$$K_m=\sum P_i K_{Ti}$$

$$K_m=0,15*2,6+0,1*29+0,15*0,21+0,05*3,7+0,55*1,0=0,345+0,25+0,03+0,185+0,55=1,4$$

$$K_A=1,06$$

$$K_Y=2,00$$

$$K_C=1,15$$

$$K_B=1,8$$

$$K_{II}=1,0$$

$$K_{co}=(0,5+0,01-0,03*1,4)*1,0*1,06*2,00*1,15*1,8=63,20$$

Total: MPC exceeded by more than 9 times.

The level of atmospheric air pollution by carbon monoxide was determined at a specific section of Almaty – Bishkek (Fabrichnyi) motorway on 22.11.22 / time 17.50 (according to table).

Table 2. Determination of the CO emission toxicity factor (CT)

Type of vehicle	Number of vehicles	Share of total traffic flow, P_i	K_{Ti}
Light truck (including Gazelle minibuses)	66	0,16	2,4
Medium truck (including foreign made PAZ taxi buses)	50	0,1	2,9
Heavy freight (including diesel vehicles, including buses)	90	0,19	2,9
Heavy Duty Truck (including combustion internal combustion engine)	140	0,15	3,8

Passenger cars	621	0,75	1,5
Total vehicles per hour	967		

$$K_{co}=(0,5+0,01NK_T)K_A*K_Y*K_C*K_B*K_{\Pi}$$

$$K_T = 0,15*2,3+0,1*2,9+0,15*0,2+0,05*3,7+0,55*1,0 = 1,4$$

$$K_Y = 1,06$$

$$K_C = 2,00$$

$$K_B = 0,60$$

$$K_{\Pi} = 1,9$$

$$K_{co} = (0,5+0,01*967*1,4)*1,06*2,00*0,60*1,9 = 17,85$$

The level of carbon monoxide air pollution on a particular section of the motorway was also calculated on Abai Avenue in Almaty on 24.10.22 at 17.20 (according to the table)

Type of vehicle	Number of vehicles	Share of total traffic flow, Pi	K _{Ti}
Light truck (including Gazelle minibuses)	70	0,15	2,3
Medium truck (including foreign made PAZ taxi buses)	63	0,1	2,9
Heavy freight (including diesel vehicles, including buses)	10	0,15	0,2
Heavy Duty Truck (including combustion internal combustion engine)	10	0,05	2,7
Passenger cars	905	0,55	1,0
Total vehicles per hour	1058		

$$K_T = 0,15*2,3+0,1*2,9+0,15*0,2+0,05*3,7+0,55*1,0 = 1,4$$

$$K_Y = 1,06$$

$$K_C = 2,00$$

$$K_B = 1,5$$

$$K_{\Pi} = 1,8$$

$$K_{co} = (0,5+0,01*1058*1,4)*1,0*1,07*1,0*0,75*1,8 = 22,40.$$

Thus, the concentration of toxic substances in the exhaust gases of internal combustion engines can vary widely. In addition to factors such as fuel type, technical condition of the vehicle, and meteorological conditions, the emission of pollutants also depends on the mode of operation of the engine. Therefore, it is necessary to assess the toxicity of each individual component when all emissions are reduced to a single component that is taken as a reference. Typically, carbon monoxide is taken as the reference component. For the most typical automotive engine exhaust gases, the component composition of the fuel is plotted below.

As a result of the study the content of carbon monoxide (CO) in the atmospheric column above the central streets of Almaty according to the data of

2022 was analysed. The association of areas of elevated CO content with major urban agglomerations, as well as with places of heavy vehicular traffic has been revealed. The results of data processing have shown that a stable local maximum of CO content is diagnosed over the Almaty agglomeration.

Table 4. Values of empirical coefficients determining vehicle emissions depending on fuel type

Fuel type	Value of coefficients (K)		
	Carbon monoxide (CO)	Hydrocarbons	Nitrogen oxide
Petrol	0,6	0,1	0,04
Diesel fuel	0,1	0,03	0,04

The K-factor value is required to drive 1 km in quantity (i.e. own consumption), the amount of fuel is equal to the amount of harmful substances emitted by this component during combustion. Figure 1 shows the increase in the toxicity factor of carbon monoxide compared to other exhaust gases. Nitrogen oxides form a photochemical fog which forms peroxyacetyl nitrates, its content of 0.1–0.5 mg/m³ irritates the eyes and causes plants to dry out. The main origin of nitrogen dioxide comes from the high combustion temperature of the fuel and the lack of oxygen. Often, as a consequence, it originates from vehicle exhaust fumes.

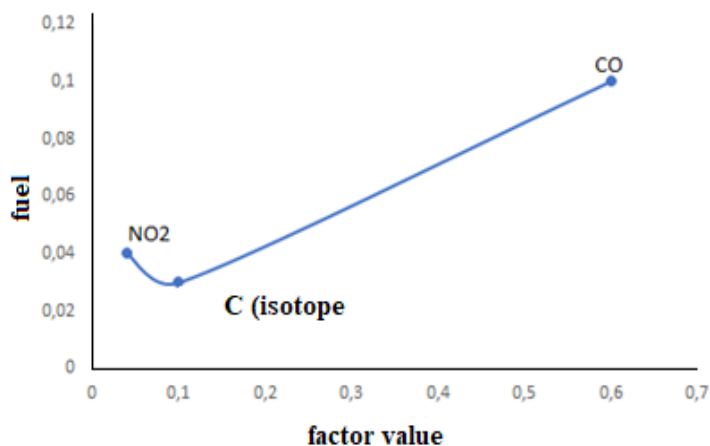


Figure 1. Vehicle exhaust gases depending on the fuel type

Table 5: Input data for emission calculation

Vehicle type	Average fuel consumption (100 km/l)	Own fuel consumption V(1km/l)
Car	11-13	0,11-0,13
Cargo truck	29-33	0,29-0,33
Bus	41-44	0,41-0,44
Diesel truck	31-34	0,31-0,34

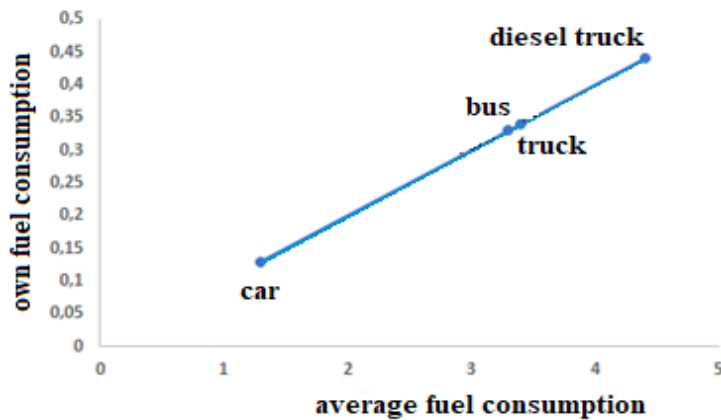


Figure 2. Fuel consumption depending on the type of vehicle

Exhaust gases contain about 300 chemical components belonging to Hazard Class 1–4 according to GOST 12.1.007, many of which are toxic (carbon monoxide (II), nitrogen oxides, hydrocarbons, aldehydes, carbon black, benzapyrene etc.) (Table 6).

Table 6. Hazardous substance emissions depending on fuels

Vehicle type	Quantity of harmful substances, l		
	CO ₂	benzapyrene	NO ₂
Petrol	0,014	0,004	0,0015
Diesel fuel	0,04	0,006	0,008

The amount of harmful substances in petrol has a MPC of 76 mg/ml from the exhaust gas (MPC 3 mg/ml) carbon monoxide, benz(a)pyrene MPC is 1.5 mg/ml, nitrogen oxides MPC is 0.6 mg/ml. The toxicity of gasoline is less toxic. Diesel fuels are more toxic than benz(a)pyrene. The maximum permissible concentration of diesel in the air is 0.3 mg/l. The amount of harmful substances in diesel fuel composition - carbon oxide MPC is 0.3 mg/l, benz(a)pyrene (MPC 0.001 µg/m), nitrogen oxide MPC is 8–22 mg/mL.

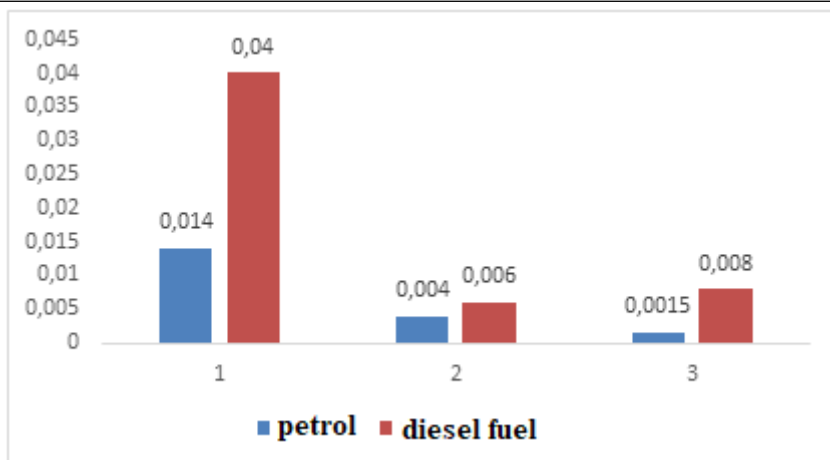


Figure 3. Vehicle emissions as a function of fuel type
1-Carbon dioxide; 2-Benzapyrene; 3-Nitrogen dioxide

The results allowed us to determine the area of variation in optical density for each group of experimental oils. The term "basicity factor" (optical density decreased by 10) has been conventionally adopted for clarity of results. The research showed that coefficient of basicity for mineral oils is 1,4–1,7, for semi-synthetic oils - 1,8–2,2, for synthetic oils - 2,5–3,5. Thus, this technology makes it possible to determine the basis of engine oil is mineral, semi-synthetic or synthetic and to identify counterfeit and low-quality oils.

Conclusion

Summarizing the results of the study, it is possible to assess the congestion of the street section by different types of vehicles, to compare different streets in this respect and to study the surrounding environment. In this work, the level of atmospheric air pollution by carbon monoxide in Almaty has been determined. The parameters collected are necessary to calculate the level of air pollution. The toxicity coefficient for CO emissions into the atmosphere, the background (non-transport) pollution of the surface layer of atmospheric air within the city limits of Almaty (in mg/l), the total traffic intensity on the streets of Almaty, a certain type of vehicles for CO emissions into the atmosphere; the coefficient taking into account aeration on a given road section; the coefficient taking into account the value of the slope of the roadway; the coefficient taking into account the wind speed; the coefficient taking into account the humidity; the coefficient taking into account the dependence on the end the study of air pollution by motor vehicles allowed for determining the amount of CO₂ emissions into the atmosphere; the calculated level of pollution exceeds the maximum permissible concentration.

The methods of calculation of amount of chemical pollutants from motor transport emissions in the city have been developed taking into account the vehicles working on liquefied petroleum gas. The calculation of emissions of chemical pollutants from motor transport in Almaty was clarified.

REFERENCES

- Zhenyu W., Haofei Y., Weiqing L., Feng W., Gen W., Da Ch., Weichao W., Huan Zh., Yinchang F., Zongbo S., Guoliang S., 2022 — *Zhenyu W., Haofei Y., Weiqing L., Feng W., Gen W., Da Ch., Weichao W., Huan Zh., Yinchang F., Zongbo S., Guoliang S.* Ensemble source apportionment of air pollutants and carbon dioxide based on online measurements, *Journal of Cleaner Production*, (2022), 370:133468. ISSN 0959–6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133468>.
- Masoud H., Farhad K., Alireza B., Mohammad R.G., Sajjad H. 2021 — *Masoud H., Farhad K., Alireza B., Mohammad R.G., Sajjad H.* Chapter 24 - Carbon dioxide as a main source of air pollution: Prospective and current trends to control, Editor(s): Avelino Núñez-Delgado, *Sorbents Materials for Controlling Environmental Pollution*, Elsevier, (2021). Pp. 623–688. ISBN 9780128200421. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820042-1.00004-3>.
- Aiman N., Gulnaz S. & Alena M., 2018 — *Aiman N., Gulnaz S. & Alena M.* The characteristics of pollution in the big industrial cities of Kazakhstan by the example of Almaty. *J Environ Health Sci Engineer* 16, (2018). Pp.81–88. <https://doi.org/10.1007/s40201-018-0299-1>
- Kashin F.V., Aref'ev V.N., Kamenogradskii N.E. et al., 2007 — *Kashin F.V., Aref'ev V.N., Kamenogradskii N.E. et al.* Carbon dioxide content in the atmospheric thickness over central Eurasia (Issyk Kul Monitoring Station). *Izv. Atmos. Ocean. Phys.*, (2007), 43: Pp. 480–489. <https://doi.org/10.1134/S0001433807040093>
- Ang Yu, Yiqun Wei, Wenwen Chen, Najun Peng, Lihong Peng, 2018 — *Ang Yu, Yiqun Wei, Wenwen Chen, Najun Peng, Lihong Peng.* Life cycle environmental impacts and carbon emissions: A case study of electric and gasoline vehicles in China, *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, (2018), №65. Pp. 409–420. ISSN 1361–9209. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2018.09.009>.
- Zheng Y., He X., Wang H. et al., 2020 — *Zheng Y., He X., Wang H. et al.* Well-to-wheels greenhouse gas and air pollutant emissions from battery electric vehicles in China. *Mitig Adapt Strateg Glob Change*, (2020), №25. Pp.355–370. <https://doi.org/10.1007/s11027-019-09890-5>
- Xuan Z., Liqiang H., Xiaoyi H., Shaojun Z., Yihuan C., Jiming H., Ye W., 2022 — *Xuan Z., Liqiang H., Xiaoyi H., Shaojun Z., Yihuan C., Jiming H., Ye W.* Real-Time Black Carbon Emissions from Light-Duty Passenger Vehicles Using a Portable Emissions Measurement System, *Engineering*, (2022), №16. Pp.73–81. ISSN 2095-8099, <https://doi.org/10.1016/j.eng>.
- Shaojun Zhang, Tianlin Niu, Ye Wu, K. Max Zhang, Timothy J. Wallington, Qianyan Xie, Xiaomeng Wu, Honglei Xu 2018 - *Shaojun Zhang, Tianlin Niu, Ye Wu, K. Max Zhang, Timothy J. Wallington, Qianyan Xie, Xiaomeng Wu, Honglei Xu.* Fine-grained vehicle emission management using intelligent transportation system data, *Environmental Pollution*, (2018), №241. Pp. 1027–1037. ISSN 0269–7491, <https://doi.org/10.1016/j.envpol>.
- Ma C.X., Peng F.L., 2021 — *Ma C.X., Peng F.L.* Monetary evaluation method of comprehensive benefits of complex underground roads for motor vehicles orienting urban sustainable development // *Sustainable Cities and Society*. (2021). 65:102569.
- Yang D., Zhang S., Niu T., Wang Y., Xu H., Zhang K.M., and Wu Y., 2019 — *Yang D., Zhang S., Niu T., Wang Y., Xu H., Zhang K.M., and Wu Y.* High-resolution mapping of vehicle emissions of atmospheric pollutants based on large-scale, real-world traffic datasets, *Atmos. Chem. Phys.*, (2019), №19. Pp.8831–8843, <https://doi.org/10.5194/acp-19-8831-2019>.
- Adriana Simona Mihăiță, Laurent Dupont, Olivier Chery, Mauricio Camargo, Chen Cai, 2019 — *Adriana Simona Mihăiță, Laurent Dupont, Olivier Chery, Mauricio Camargo, Chen Cai.* Evaluating air quality by combining stationary, smart mobile pollution monitoring and data-driven modelling, *Journal of Cleaner Production*, (2019), №221. Pp. 398–418, ISSN 0959–6526, <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.02.179>.

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 139-152

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.216>

УДК678.029.46

МРНТИ 616331

© **G.N.Kalmatayeva***, **G.F. Sagitova**, **V.I. Trusov**, **S.A. Sakibayeva**,
G.A. Takibayeva, 2023

M. Auezov South Kazakhstan university, Shymkent, Kazakhstan;
St.Petersburg state marine technical university, St.Petersburg.

THE EFFECT OF WASTE FROM THE FAT AND OIL INDUSTRY ON THE PROPERTIES OF ELASTOMERIC COMPOSITIONS

Kalmatayeva Galiya — PhD student of postgraduate school of the «Technology of inorganic and petrochemical industries» department of M. Auezov South Kazakhstan university, Tauke-khan avenue, 5, Shymkent, Republic of Kazakhstan, 160012

E-mail: galarka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7575-8343>;

Sagitova Guzaliya — Candidate of technical sciences, Assoc.Prof of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Tauke-khan avenue, 5, Shymkent, Republic of Kazakhstan, 160012

E-mail: guzalita.f1978@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-7913-7453>;

Trusov Valeri — Doctor of Sciences (eng), Professor, Head of the Department of KHI, St. Petersburg State Marine Technical University, Lotsmanskaya, 3, St. Petersburg, 190121, Russian Federation

E-mail: vtrui2008@mail.ru, AuthorID: 454674;

Sakibayeva Saule — Candidate of technical sciences, Prof of the chair «Technology of inorganic and petrochemical industries» of M. Auezov South Kazakhstan university, Tauke-khan avenue, 5, Shymkent, Republic of Kazakhstan, 160012

E-mail: saule.sakibayeva@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8697-9309>;

Takibayeva Gulchekhra — Candidate of technical sciences, Docent at the Department of the Advanced Mathematics and Physics at M. Auezov South Kazakhstan University, Tauke-khan avenue, 5, Shymkent, Republic of Kazakhstan, 160012

E-mail: takibayevagulchekhra@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-2663-0281>.

Abstract. In paper, the possibility of using soapstock and fatty acids isolated from soapstock in the tire regenerate formulation as a softener of the waste of fat and oil industry is studied. Issues related to the regeneration and further use of used tires and rubber products are of urgent importance. Currently, the main directions of their processing are the production of tire regenerate, used mainly as a filler for rubber mixtures and as additives in non-responsible products. Thanks to the improvement of tire regenerate formulations with the use of fat-and-oil industry waste, we can solve the problem of increasing the service life of rubber products and technological methods of their manufacture. Studies of the properties of soapstock have shown that soapstock can provide the technical characteristics of the reference regenerate when used in tire regenerate instead of stearic acid, due to

the presence of oil in the composition. The introduction of higher fatty acids and their salts into the tire regenerate mixture makes it possible to change its degree of devulcanization. Due to the high degree of devulcanization, it is possible to obtain rubber products from the tire regenerate. When using them, it is necessary to conclude that they can act as softeners, providing an increase in the plasticity of tire regenerate. We have obtained a tire regenerate using waste from the fat and oil industry. Two types of tire regenerate were introduced into the composition, obtained using waste from the fat and oil industry. Extended physical and mechanical tests of experimental rubbers have led to the conclusion that it is most expedient to use waste from the fat and oil industry in the formulation of rubber mixtures for the manufacture of rail track linings.

Keywords: vegetable oil production waste, regenerate with soapstock, fatty acids isolated from soapstock, strength, elongation

© Г.Н. Калматаева*, Г.Ф. Сагитова, В.И. Трусов, С.А. Сакибаева,
Г.А. Такибаева, 2023

М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан;
Санкт-Петербург мемлекеттік теңіз техникалық университеті, Санкт-Петербург, РФ.

МАЙ ӨНЕРКӘСІБІ ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ЭЛАСТОМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЯЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Аннотация. Бұл жұмыста май өнеркәсібінің қалдықтары — соапсток пен соапстоктан бөліп алынған май қышқылдарын шиналық регенерат рецептінде жұмсартқыш ретінде қолдану мүмкіндігі зерттелді. Регенерацияға және пайдаланылған шиналар мен резина бұйымдарын одан әрі қолдануға байланысты мәселелер өзекті болып табылады. Қазіргі уақытта оларды қайта өңдеудің негізгі бағыттары, негізінен резина қоспаларын толықтырғыш ретінде және жауапсыз өнімдерге қоспалар ретінде қолданылатын шина регенератын алу болып табылады. Май өнеркәсібінің қалдықтарын қолдана отырып шиналық регенерат рецептін жетілдірудің арқасында резина техникалық бұйымдардың жұмыс ресурсын және оларды өндірудің технологиялық әдістерін арттыру мәселесін шешуге болады. Соапстоктың қасиеттерін зерттеу соапсток құрамында майдың болуына байланысты стеарин қышқылының орнына шина регенератында қолданылған кезде анықтамалық регенераттың техникалық сипаттамаларын қамтамасыз ете алатынын көрсетті. Жоғары май қышқылдары мен олардың тұздарын шиналық регенерат қоспасына енгізу оның девулканизация дәрежесін өзгертуге мүмкіндік береді. Девулканизацияның жоғары дәрежесіне байланысты шиналық регенераттан резина бұйымдарын алуға болады. Оларды пайдалану кезінде олар шина регенератының икемділігін арттыруды қамтамасыз ететін жұмсартқыштар ретінде әрекет ете алатынын ескеру қажет. Біз май өнеркәсібінің қалдықтарын пайдалана отырып, шина

регенератын алдық. Композицияға май өнеркәсібінің қалдықтары арқылы алынған шиналық регенераттың екі түрі енгізілді. Тәжірибелік резиналардың кеңейтілген физика-механикалық сынақтары темір жолдардың рельс асты төсемдерін жасау үшін резина қоспаларының рецептурасында май өнеркәсібінің қалдықтарын пайдаланудың барынша орындылығы туралы қорытындыға әкелді.

Түйін сөздер: өсімдік майы өндірісінің қалдықтары, соапстокпен регенерат, соапстоктан бөлінген май қышқылдары, беріктігі, салыстырмалы ұзаруы

© Г.Н. Калматаева¹, Г.Ф. Сагитова¹, В.И. Трусов², С.А. Сакибаева¹,
Г.А. Такибаева¹, 2023

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова, Шымкент, Казахстан;

²Санкт-Петербургский государственный морской технический университет,
Санкт-Петербург, РФ

E-mail: guzalita.f1978@mail.ru

ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Аннотация. В данной работе изучена возможность применения в качестве мягчителя отхода масложировой промышленности — соапстока и жирных кислот, выделенных из соапстока в рецептуре шинного регенерата. Вопросы, связанные с регенерацией и дальнейшим применением отработанных шин и резиновых изделий, имеют актуальное значение. В настоящее время основными направлениями их переработки являются получение шинного регенерата, применяемого преимущественно в качестве наполнителя резиновых смесей и как добавки в неотчетственные изделия. Благодаря совершенствованию рецептур шинного регенерата с применением отходов масложировой промышленности можно решить проблему повышения ресурса работы резинотехнических изделий и технологических методов их изготовления. Исследования свойств соапстока показали, что соапсток может обеспечить технические характеристики эталонного регенерата при использовании в шинном регенерате вместо стеариновой кислоты, благодаря наличию в составе масла. Введение высших жирных кислот и их солей в смесь шинный регенерат позволяет изменять ее степень девулканизации. Из-за высокой степени девулканизации возможно получение из шинного регенерата резиновых изделий. При их использовании необходимо учитывать, что они могут действовать как мягчители, обеспечивая повышение пластичности шинного регенерата. Нами получен шинный регенерат с использованием отходов масложировой промышленности. В композиции вводились два типа шинного регенерата, полученные с использованием отходов масложировой промышленности. Расширенные физико-механические испытания опытных резин привели к

выводу о наибольшей целесообразности использования отходов масложировой промышленности в рецептуре резиновых смесей для изготовления подрельсовых прокладок железнодорожных путей.

Ключевые слова: отходы производства растительного масла, регенерат с соапстоком, жирные кислоты, выделенные из соапстока, прочность, относительное удлинение

Введение

Вопросы, связанные с регенерацией и дальнейшим применением отработанных шин и резиновых изделий, имеют актуальное значение. В настоящее время основными направлениями их переработки является получение шинного регенерата, применяемого преимущественно в качестве наполнителя резиновых смесей и как добавки в неответственные изделия. Благодаря совершенствованию рецептур шинного регенерата с применением отходов масложировой промышленности можно решить проблему повышения ресурса работы резинотехнических изделий и технологических методов их изготовления (Kalmataeva et al., 2022, Kalmataeva et al., 2022).

Регенерат – пластичный материал, получаемый путем переработки изношенных резиновых изделий и отходов резинового производства, способный к вулканизации благодаря наличию в молекулах двойных связей. Он представляет собой смесь гель- и золь-фракций, где гель-фракция состоит из фрагментов вулканизационной сетки, а золь-фракция из фрагментов каучуковых цепей линейного и разветвленного строения (Shashok et al., 2021).

Известно, что основным процессом получения регенерата является девулканизация, заключающаяся в деструкции вулканизационной сетки и макромолекул каучука при воздействии внешних факторов. При этом важным является достижение максимально возможной степени деструкции поперечных связей и минимально возможной деструкции основной цепи. Воздействие может осуществляться под действием кислорода воздуха, высоких температур, механической обработки и под воздействием специальных химических пластификаторов, а также посредством ионизирующего излучения. Возможность реакции как по серным или иным поперечным связям, так и по двойным связям главной цепи свидетельствует о сложности физико-химических процессов, лежащих в основе регенерации резины (Timofeeva, 2012; Shashok, 2021).

Основной процесс производства регенерата — процесс девулканизации — обычно осуществляется путем нагревания измельченной резины с мягчителями течение нескольких часов при температуре 160–190°C. Роль мягчителей при девулканизации сводится к тому, что молекулы мягчителей каучука увеличивают межмолекулярные расстояния и уменьшают межмолекулярные взаимодействия в каучуке и тем самым уменьшают вероятность процесса структурирования, подвижность отдельных элементов структуры при этом увеличивается. Мягчители не

только участвуют в процессе регенерации, но и входят в состав регенерата, повышая его пластичность. Кроме того, непредельные соединения, содержащиеся в мягчителях, могут взаимодействовать как со свободной серой, содержащейся в вулканизате, так и с серой, выделяющейся при тепловой обработке при распаде полисульфидных связей, благодаря этому также уменьшается возможность структурирования каучука.

В данной работе изучена возможность применения в качестве мягчителя отхода масложировой промышленности — соапстока и жирных кислот, выделенных из соапстока в рецептуре шинного регенерата.

Соапстоки, образующиеся при нейтрализации различных масел, отличаются содержанием общего жира. Соапсток представляет собой многотоннажный отход производства растительных масел, при получении одной тонны рафинированного масла его образуется 10–20 мас. доли, %. Главная ценность соапстока обусловлена наличием в нем веществ жировой природы в виде мыл, высокомолекулярных карбоновых кислот и глицеридов. Основными компонентами в составе жировой части соапстока являются глицериды и жирные кислоты — насыщенные (стеариновая) и ненасыщенные (олеиновая, линолевая) (Poiarkova et al., 1992).

В настоящее время область применения соапстоков имеет тенденцию к расширению. Соапсток находит применение в таких областях как металлообработка, строительство и горнорудная промышленность. Так, например, в качестве гидрофобизирующих добавок для обработки строительных материалов используют кубовые остатки, полученные от разгонки жирных кислот на фракции. Содержание высших жирных кислот от C₂₀ и выше (Kadyrov et al., 2020). Высшие жирные кислоты и нерастворимые кальциевые, цинковые и алюминиевые мыла намного снижают капиллярный подсос влаги, благодаря этому повышается водонепроницаемость строительных изделий. Гидрофобные свойства появляются благодаря тому, что гидрофильные группы жирных кислоты, взаимодействуя с карбонатами или оксидами кальция, магния, образуют на их поверхности тонкие слои нерастворимых в воде кальциевых и магниевых солей, имеющих гидрофобные свойства (Markevich, 2011).

Высшие жирные кислоты и их соли в настоящее время находят применение в производстве синтетического каучука, резиновых изделий, линолеума, лакокрасочных изделий и др. (Rakhmatullina 2009; Abdurakhimov et al., 1988; Porova, 2010). Например, высшие жирные кислоты фракции C₁₇ к которым относятся олеиновая и стеариновая кислоты и их смеси являются эффективными пластификаторами и активаторами вулканизации каучуков (Shashok, 2013; Sakibaeva et al., 2013; Reznichenko et al., 2012).

Для выделения свободных жирных кислот из соапстока его обрабатывают минеральными кислотами или щелочью (для омыления нейтрального жира) с последующей дистилляцией. Высшие жирные кислоты находят широкое применение в различных областях промышленности: в сельском хозяйстве (удобрения), в строительстве (эмульгаторы для асфальта,

очистители металла, производство красок), в текстильной промышленности (размягчающие и рафинирующие добавки), в производстве пластиков (смазочные материалы) и т.д. (Sagitova, 2021, Kalmataeva, 2022).

Целью данной работы является изучение возможности применения соапстока и жирных кислот, выделенных из соапстока, в качестве мягчителя в рецептуре шинного регенерата.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования рассматривали:

-соапсток — отход масложировой промышленности ТОО Арай, г. Шымкент

-шинный регенерат (таблица 1)

-жирные кислоты, выделенные из соапстока (ЖКВС).

-рецепт резиновой смеси для подрельсовой прокладки ОП 356, ЦПЗ28 ТОО «Экошина» (таблица 4);

Исследования проводили методами:

ИК - спектрального анализа на приборе ИК-Фурье спектрометр ShimadzuIRPrestige-21 с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) Miracle фирмы PikeTechnologie (рис. 1).

При получении шинного регенерата на валковом оборудовании резиновую крошку предварительно смешивают с мягчителем, (Nikoliukin, 2011). В качестве мягчителя использовали соапсток и ЖКВС.

Резиновую смесь получали на вальцах (ГОСТ 14333-79Е. Вальцы резинообработывающие).

Результаты и их обсуждение

С помощью метода ИК-спектроскопии были проанализированы ИК-спектры соапстока рафинации подсолнечного масла и жирные кислоты выделенные из соапстока.

Представление о строении индивидуального соединения или о компонентном составе сложных веществ можно получить благодаря числу характеристических полос поглощения атомных групп, их интенсивность и положение максимумов, наблюдаемых на инфракрасных спектрах. В методе инфракрасной спектроскопии полосы поглощения одного и того же вида колебаний атомной группы различных веществ располагаются в определенном диапазоне инфракрасного спектра (например, $3720-3550\text{ см}^{-1}$ -диапазон валентных колебаний групп -ОН; $3050-2850\text{ см}^{-1}$ - групп -СН, -СН₂, -СН₃ органических веществ), а максимум полосы поглощения атомной группы указывает на природу вещества (Avilova, 2016).

Известно, что в спектрах растительных масел присутствуют интенсивные полосы в области от 2800 до 3000 см^{-1} — полосы валентных колебаний групп С-Н, $1720-1750\text{ см}^{-1}$ обусловленные смешением колебаний групп С-Н и С-С, а также смешением колебаний групп С-Н и С=О в молекулах жирных кислот, $1400-1450\text{ см}^{-1}$ расположены полосы плоских деформационных колебаний групп С-Н. Эти полосы используются для

На основе результатов проведенных исследований нами совместно с ТОО «Эко-Шина» разработан гибкий способ получения шинного регенерата на основе доступного, дешевого отхода масложировой промышленности – соапстока и жирные кислоты, выделенные из соапстока (ЖКВС). Получение регенерата из шинной крошки включает операцию смешения ингредиентов в смесителе сыпучих компонентов, девулканизацию резины в кулачковом экструдере и на вальцах при температуре, не превышающей 100°C. Температурный режим работы в экструдере 70 - 100°C, на вальцах 30–60°C. Готовили два образца (Sagitova et al., 2022).

Разработанные рецептуры шинного регенерата приведены в таблице 1.

Таблица 1. Состав шинного регенерата, масс.ч.

Компоненты	Состав, масс. ч.		
	Эталон	1 (образец)	2 (образец)
Крошка шинная менее 2,0 мм	100,0	100,0	100,0
Стеариновая кислота	6	-	-
Соапсток	-	6	
ЖКВС		-	6
Всего	106,0	106,0	106,0

Выбор технологических режимов получения шинного регенерата определяется имеющимся оборудованием, а также требованиями к регенерату, обусловленными его дальнейшим применением (Stopskii, 1992).

В течение некоторого времени обработки на вальцах в смеси под действием давления и температуры происходила девулканизация. Степень девулканизации переработанной смеси определяли ацетоно-хлороформенной экстракцией (таблица 2).

В результате обработки смесь превращалась в лист, который возможно в дальнейшем использовать для последующей переработки.

Таблица 2. Зависимость степени девулканизации от потребляемой мощности оборудования

Оборудование	Вальцы смесительные ХК-450
Мощность, кВт	55
Степень девулканизации, %	28

В таблице 3 приведены результаты физико-механических испытаний полученных шинных регенератов. Из данных таблицы следует, что массовая доля летучих веществ исследуемых шинных регенератов с соапстоком (образец 1) и ЖКВС (образец 2) меньше, а условная прочность при растяжении выше, чем эталон. При использовании соапстока и ЖКВС показатели свойств шинных регенератов практически не изменяются, соответствуют нормам эталона.

Таблица 3. Свойства шинного регенерата

Показатели	Эталон	1 (образец)	2 (образец)
------------	--------	-------------	-------------

Массовая доля летучих веществ при 110 ⁰ С, %, не более	0,2	0,1	0,19
Пластичность, у.е.	0,1	0,12	0,12
Условная прочность при растяжении, МПа	8,3	9,2	9,3
Относительное удлинение при разрыве, %	187	325	326

Далее нами были проведены исследования по выявлению поведения полученного шинного регенерата в рецептурах резиновых смесей.

Известно, что регенерат-продукт переработки изношенных шин, применяется в производстве большинства резиновых изделий общего назначения: автомобильных шин, формовых и неформовых резинотехнических изделий, резиновой обуви. В зависимости от качества регенерата и условий эксплуатации изделий его содержание в резиновых смесях может изменяться в широких пределах. В продукции с повышенными техническими требованиями количество регенерата не превышает 10–20 % в расчете на каучук. Некоторые виды изделий, например, техническая пластина, кровельный шифер, бытовые коврики и др., могут быть изготовлены без использования каучука. Регенерат применяют для некоторого уменьшения расхода каучука при изготовлении шин (Shashok, 2013).

При введении регенерата в резиновые смеси наблюдается уменьшение энерго- и трудоемкости их изготовления. Регенерат снижает усадку и улучшает качество профилированных заготовок, позволяет повышать скорость профилирования и увеличивать калибры каландрованных резин без риска образования воздушных пузырей. Повышая способность резиновых заготовок сохранять приданную форму (каркадность), регенерат улучшает их конфекционные свойства. Резиновые смеси с регенератом обладают хорошей текучестью, легко формуются, имеют более высокую скорость вулканизации, а вулканизаты – широкое плато вулканизации.

Регенерат повышает твердость, температуро- и атмосферостойкость, но снижает эластичность, прочность при растяжении, износостойкость и динамическую выносливость в высоких частотах деформаций (Shashok, 2013).

Из полученного шинного регенерата была изготовлена резиновая смесь (таблица 4).

На ТОО «Экошина» в рецептуре резиновой смеси для изготовления подрельсовой прокладки железнодорожных путей используется шинный регенерат.

Таблица 4. Рецепт для изготовления подрельсовой прокладки ОП 356, ЦП328

Наименование ингредиентов	Массовые части на 100 масс. ч. каучука		
	Эталон	1	2
Регенерат	100,0	-	-
Полученный шинный регенерат с саапстоком (ШРС)	-	100,6	-

Полученный шинный регенерат с ЖКВС (ШРЖКВС)	-	-	100,6
Сера техническая	2,3	2,3	2,3
Сульфенамид Ц	1,0	1,0	1,0
Белила цинковые	2,7	2,7	2,7
Стеариновая кислота	0,6	-	-
Итого	106,6	106,6	106,6

Результаты испытаний вулканизатов приведены в таблице 5.

Таблица 5. Результаты испытаний вулканизатов

Наименование показателей	Норма	Номер образца		
		Эталон	1	2
Условная прочность, МПа	не менее 7,0 (71,4)	8,26	8,43	8,39
Относительное удлинение, %	не менее 250	287	297	300
Остаточное удлинение, %	не более 20	11	9	10
Твердость по ШоруА, у. е.	58–73	63	64	64
Условная прочность после термического старения в воздухе при температуре 90°С в течение 72 часов, МПа		6,53	6,62	6,61
Изменение условной прочности после термического старения в воздухе при температуре 90°С в течение 72 часов, %, не менее	минус 25 %	-20,9 %	-21,5 %	-21,2 %
Относительное удлинение при разрыве после термического старения в воздухе при температуре 90°С в течение 72 часов, %		227	233	237
Изменение относительного удлинения при разрыве после термического старения в воздухе при температуре 90°С в течение 72 часов, %, не менее	минус 30 %	-20,9 %	-21,5 %	-21,0 %

Из результатов испытаний полученных вулканизатов видно, что прочность при растяжении у вулканизатов с ШРС (образец 1) на 2 % выше, а с ШРЖКВС (образец 2) на 1,57 % выше, относительное удлинение образца 1 на 3,48 % выше, а образца 2 на 4,52 % выше по сравнению с эталоном. Расширенные физико-механические испытания опытных резин привели к выводу о наибольшей целесообразности использования отходов масложировой промышленности в рецептуре резиновых смесей для изготовления подрельсовых прокладок железнодорожных путей, так как при использовании шинного регенерата показатели свойств резин практически не изменяются, соответствуют нормам контроля. На основании проведенных исследований можно сделать вывод о том, что в рецептуре шинного регенерата лучше использовать соапсток, а не ЖКВС, поскольку это является актуальной задачей с экономической точки зрения. При этом выделения

жирных кислот из мыльного раствора не требуется, что затрачивается достаточно мало энергии.

Вывод

Нами получен шинный регенерат с использованием отходов масложировой промышленности. Результаты испытания показали, что отходы масложировой промышленности обеспечивают технические характеристики эталонного регенерата при использовании в шинном регенерате.

Расширенные физико-механические испытания опытных резин привели к выводу о наибольшей целесообразности использования отходов масложировой промышленности в производстве резин для изготовления подрельсовой прокладки железнодорожных путей.

ЛИТЕРАТУРЫ

Абдурахимов А.К., Набиев А.Х., Исаев Х.И., Турсунов М.Т., 1988 — Абдурахимов А.К., Набиев А.Х., Исаев Х.И., Турсунов М.Т. Применение жирных кислот хлопкового мыльного раствора в производстве алкидных лаков.//Известия вузов. Пищ. технол. - 1988. - №6.- С.45–47.

Авилова И.А., 2016 — Авилова И.А. Возможность использования метода ИК-спектроскопии для определения качества и подтверждения подлинности состава масел растительного происхождения. Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания, 2016. -С.71–74.

Калматаева Г.Н., Сагитова Г.Ф., Сакибаева С.А., Асылбекова Д.Д., Шуханова Ж.К., 2022 — Калматаева Г.Н., Сагитова Г.Ф., Сакибаева С.А., Асылбекова Д.Д., Шуханова Ж.К. Использование сопутствующих продуктов масложировой промышленности в производстве шинного регенерата//«Известия НАН РК. Серия химии и технологии», №4, 2022 г., с.46–57

Кадыров А.А., Кадыров Н.А., Ходжаев М.Т., 2020 — Кадыров А.А., Кадыров Н.А., Ходжаев М.Т. Технология получения модифицированного гидроизоляционного материала // *Universum: технические науки: электрон. научн. журн.* 2020. 11(80). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10984>

Кнерельман Е.И., Яруллин Р.С., Давыдова Г.И., Старцева Г.П., Чуркина В.Я., Матковский П.Е., Алдошин С.М., 2008 — *Кнерельман Е.И., Яруллин Р.С., Давыдова Г.И., Старцева Г.П., Чуркина В.Я., Матковский П.Е., Алдошин С.М.* Сравнительные особенности инфракрасных спектров С18-карбоновых кислот их метиловых эфиров (биодизеля) и триглицеридов (растительных масел). Вестник Казанского технологического университета. 2008. -С.68–79.

Маркевич Р.М., 2011 — *Маркевич Р.М.* Химия жиров: тексты лекции для студентов специальности «Биотехнология» специализации «Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов» / Р. М. Маркевич, Ж. В. Бондаренко. – Минск :БГТУ, 2011. – 220 с

Сагитова Г.Ф., Калматаева Г.Н., Сакибаева С.А., Алипбекова Г.Ш., Киященко Н.В., 2021 — Патент на полезную модель РК. Способ получения шинного регенерата /Сагитова Г.Ф., Калматаева Г.Н., Сакибаева С.А., Алипбекова Г.Ш., Киященко Н.В. № 2022/0117.2 от 14.02.2022.

Сагитова Г.Ф., Калматаева Г.Н., Сакибаева С.А., 2021 — Патент на полезную модель РК. Способ выделения жирных кислот из отходов масложировой промышленности/ Сагитова Г.Ф., Калматаева Г.Н., Сакибаева С.А. №6932. Рег №2021/1186.2 от 31.12.21

Пояркова Т.Н., Кудрина Г.В., Андросова О.Г., Заицев А.А., Прокофьев Ю.И., 2014 — Пояркова Т.Н., Кудрина Г.В., Андросова О.Г., Заицев А.А., Прокофьев Ю.И. Поверхностно-активные свойства соапстока и его компонентов. Режим доступа: <file:///C:/Users/Admin/Downloads/poverhnostno-aktivnyye-svoystva-soapstoka-i-ego-komponentov-1.pdf>

Попова Л.В., 2010 — *Попова Л.В.* Модификация резин продуктами на основе отходов производства подсолнечного масла. Специальность 05.17.06 - Технология и переработка полимеров и композитов Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. Воронеж 2010.- 20с

Рахматуллина А.П., 2009 — *Рахматуллина А.П.* Композиции на основе олеохимических поверхностно-активных веществ в технологиях синтеза и переработки карбоцепных эластомеров: Автореф. дис. ... доктора технических наук, Казань, 2009. -20 с.

Резниченко С.В., Морозов Ю.Л., 2012 — *Резниченко С.В., Морозов Ю.Л.* (ред.) Большой справочник резинщика. Том 2.Резины и резинотехнические изделия. М.: Техинформ, 2012. – 648 р.

Сакибаева С.А., Сырманова К.К., Негим Е.С., 2013 — *Сакибаева С.А., Сырманова К.К., Негим Е.С.* Технология эластомеров. Учебник Шымкент: Алем. 2013 – 252 р.

Шашок Ж.С., Прокопчук Н.Р., Усс Е.П., Лешкевич А.В., Кротова О.А., Каюшников С.Н., Перфильева С.А., Карманова О.В., Тихомиров С.Г., 2021 — *Шашок Ж.С., Прокопчук Н.Р., Усс Е.П., Лешкевич А.В., Кротова О.А., Каюшников С.Н., Перфильева С.А., Карманова О.В., Тихомиров С.Г.* Влияние добавок бутилового регенерата на свойства эластомерных композиций// Труды БГТУ, 2021, серия 2, № 2, с. 25–32

Шашок Ж.С., 2013 — *Шашок Ж.С.* Основы рецептуростроения эластомерных композиции:учеб.-метод. пособие /Ж. С. Шашок, А. В. Касперович, Е. П. Усс. – Минск : БГТУ, 2013. – 98 с

Николукин М.М., Кондрашков А.С., Соколов М.В. [и др.], 2011 — Способ девулканизации резиновой крошки на валковом оборудовании / М. М. Николукин, А. С. Кондрашков, М. В. Соколов [и др.]. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. — 2011. — № 12 (35). — Т. 1. — С. 34–36. — URL: <https://moluch.ru/archive/35/4021/>
Стопский Н.А., 2012 — *Стопский Н.А.* Химия жиров и продуктов переработки жирового сырья. М.: Колос, 1992. -285 с.

Тарасевич Б.Н., 2012 — *Тарасевич Б.Н.* ИК- спектры основных классов органических соединений: Справочные материалы / Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова. – М., 2012. – 55с.

Тимофеева С.С., 2012 — *Тимофеева С.С.* Защита литосферы и обращение с опасными отходами. Иркутск: ИрГТУ, 2012. 159 с.

REFERENCES

Abdurakhimov A.K., Nabiev A.H., Isaev H.I., Tursunov M.T., 1988 — *Abdurakhimov A.K., Nabiev A.H., Isaev H.I., Tursunov M.T.* Application of fatty acids of cotton soapstock in the production of alkyd lacquers.//News of universities. Food technology - 1988. - № 6.- Pp.45–47.

Avilova I.A., 2016 — *Avilova I.A.* The possibility of using the IR spectroscopy method to determine the quality and confirm the authenticity of the composition of vegetable oils. Technologies of the food and processing industry of the agro–industrial complex - healthy food products, 2016. - Pp.71–74.

Kalmataeva G.N., Sagitova G.F., Sakibayeva S.A., Asylbekova D.D., Shukhanova Zh.K., 2022 — *Kalmataeva G.N., Sagitova G.F., Sakibayeva S.A., Asylbekova D.D., Shukhanova Zh.K.* The use of related products of the fat-and-oil industry in the production of tire regenerate// "Izvestiya NAS RK. Chemistry and Technology Series", No. 4, 2022. Pp. 46–57

Kadyrov A.A., Kadyrov N.A., Khodjaev M.T., 2020 — *Kadyrov A.A., Kadyrov N.A., Khodjaev M.T.* Technology of obtaining modified waterproofing material // Universum: technical sciences : electronic scientific journal 2020. 11(80). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/10984>

Knerelman E.I., Yarullin R.S., Davydova G.I., Startseva G.P., Churkina V.Ya., Matkovskin P.E., Aldoshin S.M., 2008 — *Knerelman E.I., Yarullin R.S., Davydova G.I., Startseva G.P., Churkina V.Ya., Matkovskin P.E., Aldoshin S.M.* Comparative features of infrared spectra of C18-carboxylic acids of their methyl esters (biodiesel) and triglycerides (vegetable oils). Bulletin of Kazan Technological University. 2008. - Pp.68–79.

Markevich R.M., 2011 — *Markevich R.M.* Chemistry of fats: lecture texts for students of specialty "Biotechnology" of specialty "Technology of fats, essential oils and perfumery and cosmetic products" / R.M. Markevich, Zh.V. Bondarenko. – Minsk : BSTU. Pp. 2011. – 220

Sagitova G.F., Kalmataeva G.N., Sakibayeva S.A., Alibekova G.Sh., Kiyashenko N.V., 2021 — Patent for a utility model of the Republic of Kazakhstan. Method of obtaining tire regenerate / Sagitova G.F., Kalmataeva G.N., Sakibaeva S.A., Alipbekova G.Sh., Kiyashenko N.V. № 2022/0117.2 dated 02/14/2022.

Sagitova G.F., Kalmataeva G.N., Sakibaeva S.A., 2021 — Patent for a utility model of the Republic of Kazakhstan. A method for isolating fatty acids from the waste of the fat and oil industry / Sagitova G.F., Kalmataeva G.N., Sakibaeva S.A. № 6932. Reg № 2021/1186.2 dated 31.12.21

Poyarkova T.N., Kudrin G.V., Androsov O.G., Zaitsev A.A., Prokofiev Yu.I., 2014 — Poyarkova T.N., Kudrin G.V., Androsov O.G., Zaitsev A.A., Prokofiev Yu.I. Surfactant Properties of Soap Stock and its Components. Access mode: file:///C:/Users/Admin/Downloads/poverhnostno-aktivnye-svoystva-soapstoka-i-ego-komponentov-1.pdf

Popova L.V., 2010 — Popova L.V. Modification of rubber products based on sunflower oil production waste. Specialty 05.17.06 - Technology and processing of polymers and composites Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences. Voronezh 2010.- p.20

Rakhmatullina A.P., 2009 — Rakhmatullina A.P. Compositions based on oleochemical surfactants in technologies of synthesis and processing of carbon-chain elastomers: Abstract. dis. ... Doctor of Technical Sciences, Kazan, 2009. -20 c.

Reznichenko S.V., Morozov Yu.L., 2012 — Reznichenko S.V., Morozov Yu.L. (ed.) The Big guide of the rubber man. Volume 2. Rubbers and rubber products. Moscow: Techninform, 2012. – p. 64

Sakibayeva S.A., Syrmanova K.K., Negim E.S., 2013 — Sakibayeva S.A., Syrmanova K.K., Negim E.S. Elastomer technology. Shymkent textbook: Alem. 2013 – p.252

Shashok Zh.S., Prokopchuk N.R., Uss E.P., Leshkevich A.V., Krotova O.A., Kayushnikov S.N., Perfilieva S.A., Karmanova O.V., Tikhomirov S.G., 2021 — *Shashok Zh.S., Prokopchuk N.R., Uss E.P., Leshkevich A.V., Krotova O.A., Kayushnikov S.N., Perfilieva S.A., Karmanova O.V.,*

Tikhomirov S.G. The effect of butyl regenerate additives on the properties of elastomeric compositions// Proceedings of BSTU, 2021, series 2, № 2. Pp. 25–32

Shashok J.S., 2013 — *Shashok J.S.* Fundamentals of compounding elastomeric compositions: textbook.- educational and methodical manual /Zh. S. Shashok, A.V. Kasperovich, E.P. Uss. – Minsk: BSTU, 2013. – 98 p.

Nikolyukin M.M., Kondrashkov A.S., Sokolov M.V. [et al.], 2011 - Method of devulcanization of rubber crumbs on roller equipment / M. M. Nikolyukin, A. S. Kondrashkov, M. V. Sokolov [et al.]. — Text: direct // Young scientist. — 2011. — № 12 (35). — Vol. 1. — Pp. 34–36. — URL: <https://moluch.ru/archive/35/4021/>

Stopskii N.A., 2012 — *Stopskii N.A.* Chemistry of fats and products of processing of fatty raw materials. M.: Kolos, 1992. -285 p.

Tarasevich B.N., 2012 — *Tarasevich B.N.* IR spectra of the main classes of organic compounds: Reference materials / Moscow State University named after M.V. Lomonosov. – M., 2012. – 55 p.

Timofeeva S.S., 2012 — *Timofeeva S.S.* Protection of the lithosphere and hazardous waste management. Irkutsk: INRTU, 2012. 159 p.

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 153-165

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.217>

UDC: 54.052: 615.281.9

© **B.E. Savdenbekova***, **D.T. Rakhmatullayeva**, **Zh.B. Bekisanova**,
2023

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: balzhan.savdenbekova@gmail.com

OBTAINING OF ANTIBACTERIAL COATING WITH SILVER NANOPARTICLES ON A TITANIUM IMPLANT

Savdenbekova B.E. — Savdenbekova B.E. – PhD. Department of Physical Chemistry of Catalysis and Petrochemistry. Al-Farabi Kazakh National University. Almaty, h-index-2, Scopus ID=57190410653

E-mail: balzhan.savdenbekova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-8812-5809>;

Rakhmatullayeva D.T. — Master. Junior Researcher. Department of Physical Chemistry of Catalysis and Petrochemistry. Al-Farabi Kazakh National University. Almaty, Kazakhstan

E-mail: rakhmatullayeva.d@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-8096-1068>;

Bekissanova Zh.B. — PhD. Department of Physical Chemistry of Catalysis and Petrochemistry. Al-Farabi Kazakh National University. Almaty, h-index-2, Scopus ID= 57218598280

E-mail: bekissanova@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0001-6142-0963>.

Abstract. The formation of a microbial biofilm around implants is the main cause of postoperative complications, disruption of the osseointegration process, even leading to loss of biomaterial. Obtaining antimicrobial coatings in order to extend the life of implants in the body is a relevance of research. Coatings based on Na-carboxymethylcellulose (Na-CMC) and chitosan (Chit) with silver nanoparticles (AgNP) were obtained by the multilayer assembly method (layer-by-layer, LbL) to modify the surface of medical titanium implants and impart antibacterial properties to them. The surface of any substrate is not developed; for this purpose, the surfaces of titanium samples were activated by two methods. The wetting angle of titanium implants after etching was determined by the sessile drop method. The results showed the formation of a hydrophilic surface after the activation of titanium implants. The scheme for obtaining Na-CMC/Chit coating with AgNP is shown. Ascorbic acid was chosen as the reducing agent. Scanning electron microscopy revealed that when using 1 mM silver nitrate, the average size of AgNPs varies in the range of 40–95 nm. Bringing the concentration of a solution of silver nitrate to 0.01 M leads to an increase in the size of silver particles and their aggregation. The kinetics of the release of silver ions in physiological saline was studied to assess the prolongation properties of the coating with AgNP. The largest release was observed in the first 24 hours with a further decrease in the dose of silver ions passing into solution. Determination of antibacterial activity was carried

out by disk diffusion method. Coatings containing AgNP inhibited the growth of *Escherichia coli* bacteria.

Key words: antibacterial coatings, silver nanoparticles, chitosan, Na-carboxymethylcellulose, LbL method

Acknowledgment The research is funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. IRN AP19577150, «Study of prolongation properties and cytotoxicity of antibacterial films for implantable products based on natural polysaccharides containing chlorhexidine and silver nanoparticles»).

© Б.Е. Савденбекова*, Д.Т. Рахматуллаева, Ж.Б. Бекисанова, 2023
әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан.
E-mail: balzhan.savdenbekova@gmail.com

ТИТАНДЫ ИМПЛАНТАТ БЕТІНДЕ КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРІ БАР БАКТЕРИЯҒА ҚАРСЫ ЖАБЫН АЛУ

Аннотация. Имплантанттардың айналасында микробтық биожабынның пайда болуы операциядан кейінгі асқыну, остеоинтеграция үрдісінің бұзылуы тіпті биоматериалдың істен шығуының негізгі себебі болып табылады. Ағзадағы импланттардың қызмет ету мерзімін ұзарту мақсатында микробқа қарсы жабын алу зерттеудің өзекті тақырыбы болып табылады. Медициналық титан импланттарының бетін модификациялау және оларға бактерияға қарсы қасиеттер орнықтыру үшін көп қабатты жыйнақтау әдісі (layer-by-layer, LbL) көмегімен күміс нанобөлшектері бар Na-карбоксиметилцеллюлоза (Na-КМЦ) және хитозан (Хит) негізіндегі жабындарды алынды. Кез-келген қатты төсеніштің бетік қабаты белсенді емес, осы мақсатта титан импланттарын өңдеу екі әдіспен жүзеге асырылды. Өндеуден кейінгі титан импланттарының жұғу бұрышы тамшының қатты дене бетімен жанасу әдісі арқылы анықталды. Нәтижелер титан импланттарын белсендіргеннен кейін гидрофильді беттің түзілгенін көрсетті. Құрамында AgНБ бар Na-КМЦ/Хит негізіндегі жабынның алу схемасы көрсетілді. Тотықсыздандырғыш ретінде аскорбин қышқылы таңдап алынды. Концентрациясы 1 мМ күміс нитраты ерітіндісін қолданған кезде AgНБ орташа мөлшері 40–95 нм аралығында өзгеретіндігі сканерлеуші электронды микроскопия әдісімен анықталды. Ерітінді концентрациясын 0,01 М дейін жеткізу бөлшектер мөлшерінің артуы мен олардың бір-бірімен бірігуіне алып келеді. Құрамында AgНБ бар жабынның ұзартылмалы қасиетін бағалау үшін тұзды ерітіндіде күміс иондарының бөліну кинетикасы зерттелінді. Ерітіндіге өткен ион мөлшерінің ең көп шамасы 24 сағат көлемінде тіркелді, ары қарай бұл шаманың төмендегі байқалды. Бактерияға қарсы белсенділігі дискілі диффузиялық әдісі көмегімен анықталынды. AgНБ бар жабын жабындар *Escherichia coli* бактериясының өсуін тежеді. Осылайша

алынған көп қабатты жабын (AgНБ бар Na-КМЦ/Хит) медициналық-биологиялық қолдану үшін үлкен потенциалға ие болуы мүмкін.

Түйін сөздер: бактерияға қарсы жабын, күміс нано бөлшектері, хитозан, Na-карбоксиметилцеллюлоза, LbL әдісі

© **Б.Е. Савденбекова***, **Д.Т. Рахматуллаева**, **Ж.Б. Бекисанова**, 2023

Казахский Национальный Университет аль-Фараби, Алматы,
Казахстан.

E-mail: balzhan.savdenbekova@gmail.com

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА НА ТИТАНОВОМ ИМПЛАНТЕ

Аннотация. Формирование микробной биопленки вокруг имплантов является основной причиной появления послеоперационных осложнений, нарушение процесса остеоинтеграции даже приводящий к потере биоматериала. Получение противомикробных покрытий с целью продления срока жизни имплантов в организме является актуальной темой исследования. Методом мультислойной сборки (layer-by-layer, LbL) получены покрытия на основе Na-карбоксиметилцеллюлозы (Na-КМЦ) и хитозана (Хит) с наночастицами серебра (НЧАg) для модификации поверхности медицинских титановых имплантов и придания им антибактериальных свойств. Поверхность любой подложки не развита, с этой целью активацию поверхностей титановых образцов проводили двумя методами. Методом лежащей капли определен угол смачивания титановых имплантов после травления. Результаты показали образование гидрофильной поверхности после активации титановых имплантов. Показана схема получения покрытия Na-КМЦ/Хит с НЧАg. В качестве восстанавливающего агента была выбрана аскорбиновая кислота. Методом сканирующей электронной микроскопии выявлено, что при использовании 1мМ нитрата серебра средний размер НЧАg, варьируется в интервале 40–95 нм. Доведение концентрации раствора азотнокислого серебра до 0,01 М приводит к увеличению размеров частиц серебра и к их агрегации. Исследована кинетика высвобождения ионов серебра в физиологическом растворе для оценки пролонгирующего свойства покрытия с НЧАg. Самое большое высвобождение наблюдалось в первые 24 часа с дальнейшим уменьшением дозы ионов серебра перешедший в раствор. Определение антибактериальной активности проводили дискдиффузионным методом. Покрытия содержащие НЧАg ингибировали рост бактерий *Escherichia coli*. Многослойная покрытия (Na-КМЦ/ХЗ с НЧАg) полученная таким образом могут иметь большой потенциал для медико-биологических применений.

Ключевые слова: антибактериальные покрытия, нано частицы серебра, хитозан, Na-карбоксиметилцеллюлоза, LbL метод

Introduction

In practical medicine, implants made of various materials are used, which differ from each other in chemical nature, physical characteristics, etc (Patel & Gohil, 2012). However, not all implants can withstand the harsh conditions of the organism, and therefore fail soon. Implant rejection may be due to poor bone integration or biofilm formation (Quinn et al., 2020). Thus, the development of antibacterial coatings has become an important area of scientific research.

Currently, there are the following strategies for obtaining antibacterial polyelectrolyte multilayer coatings (PEMs) a: prevention of adhesion of microorganisms, b: killing by contact, c: killing by releasing active compounds near the implant (Seon et al., 2015).

The first two strategies for prolonging the life of the implant in the organism are not effective compared to the third method. Since the coatings are resistant to adhesion, they do not kill bacteria, but only due to the formation of a strong hydrophilic surface repel microorganisms (Xu et al., 2018). Contact-killing films are limited by surface functionalization, that is, in the absence of positively charged groups on the surface, the coatings are inactive against negatively charged bacteria (Qin et al., 2018). In this regard, there is a growing interest in obtaining PEMs containing an active component that exhibits a prolonging action against microorganisms due to the release of an antibacterial agent. Various antibiotics, antiseptics (Rakhmatullayeva et al., 2023) and active particles such as silver and gold nanoparticles, etc. are used as antibacterial agents in such coatings (Urrutia et al., 2012; Zhou et al., 2014).

The most common antimicrobial agents introduced into coatings are (Ag^+) ions (Woo et al., 2008) and silver nanoparticles (AgNP) (Daengngam et al., 2019). The composite structure obtained on the surface of titanium implants should provide a slow release of Ag^+ , thereby exhibiting long-term antibacterial activity. Layer-by-layer self-assembly is a universal method in which a multilayer structure is created on a Ti surface by depositing alternating layers of oppositely charged polyelectrolytes (Ariga et al., 2022). Due to biocompatibility, multilayers consisting of positively charged chitosan and negatively charged hyaluronic acid (Jeon et al., 2015) carboxymethylcellulose (Rakhmatullayeva et al., 2023) and heparin (HEP) (Li et al., 2019) are widely used for drug delivery and release control.

In general, silver particles or ions are introduced into coatings by two methods: by impregnation into pre-assembled films with further reduction if necessary, or directly during assembly. In the work, the authors introduced AgNP into the coating after obtaining a polyelectrolyte reservoir (Fu et al., 2006). Films previously deposited on the substrates which have free carboxylic acids or sulfonate groups were immersed in a solution containing Ag^+ ions. Due to ion exchange with protons, silver ions enter the interlayer space. Subsequently, they were reduced to AgNP using NaBH_4 or irradiation with light in the UV range.

The authors in (Li et al., 2019) work obtained a coating with AgNPs for dental implants, which were biosynthesized by a simple “green” method. Chitosan

has been used not only as a stabilizer and reducing agent, but can also be used as a polycation in PEMs. After obtaining a solution of chitosan-NPAG, an assembly was designed with a combination of heparin, thereby including NPAG in the composition of multilayer during the PEMs process. These coatings promoted not only the adhesion and proliferation of human gingival fibroblasts, but also provided a continuous release of Ag⁺ for 28 days before healing of mucous membrane.

In (Fu et al., 2006) work, a similar reservoir of chitosan/heparin was used to load AgNPs. Ascorbic acid was used as a reducing agent, which is a “soft” organic acid due to their low toxicity. Well-dispersed nanoparticles with a size of 10–40 nm had a bactericidal effect against *Escherichia coli* (*E. coli*), and also showed no cytotoxicity.

Despite the large number of works aimed at solving this problem, there are relatively few practical results in obtaining antimicrobial coatings with long-term antibacterial activity. Therefore, the aim of this study is to obtain multilayers on the surface of titanium implants based on chitosan and sodium carboxymethylcellulose containing an antibacterial agent of silver nanoparticles, to evaluate the prolonged action of AgNP embedded in PEMs, and to determine their antibacterial activity.

Materials and methods

Characteristics of materials and reagents. Low molecular weight chitosan (MW=50–190 kDa) with a degree of deacetylation of 75–85 % (Sigma Aldrich) and Na-carboxymethylcellulose (Na-CMC) (MW=700 kDa, Sigma Aldrich) were used as polyelectrolytes. The following reagents were also used in the work: low molecular weight polyethyleneimine (PEI) (MW=750 kDa, Sigma Aldrich), AgNO₃ (99.8–100.5 %), glacial acetic acid, acetone, ethyl alcohol (96 %), sulfuric acid (98 %), hydrogen peroxide (37 %). All reagents were used without any further purification. Medical titanium implants served as substrates.

Surface treatment of titanium implants. Since the surface of the titanium-based implant is hydrophobic, the layering of polyelectrolytes on its surface was carried out only after activation. For this purpose, two etching methods were used: in the first case, titanium implants in the form of plates were treated with a solution of concentrated sulfuric acid with the addition of hydrogen peroxide (“piranha” solution) for 15 minutes, then washed with a large amount of distilled water. In the second case, titanium implants were polished with sandpaper, then they were immersed alternately in solutions of acetone and ethyl alcohol. The process ended with washing with distilled water.

Obtaining of multilayers with silver nanoparticles. The obtaining of multilayers with silver particles was carried out by the LbL multilayer assembly method. To bind the multilayers to the substrate, titanium implants were first immersed in a 0.01 M solution of polyethyleneimine (PEI) for 30 minutes, which is a cationic polymer with complexing properties. As a result of this process, the surface of titanium implants acquires a positive charge due to the protonated amino groups of PEI.

The obtaining of multilayers began with the deposition of Na-CMC on a PEI layer fixed on the surface of titanium implants. Further, to remove non-

adsorbed particles, the substrate was washed with distilled water. The subsequent immersion of these samples in a chitosan solution leads to electrostatic interaction between the functional groups of the polyacid with the polybase and the formation of the first bilayer. A similar process was also carried out after the application of chitosan. By repeating this cycle, coatings with the required number of bilayers were obtained. The concentration and pH of the polyelectrolytes are 0.01 M and 4, respectively.

The synthesis and incorporation of silver nanoparticles into thin films was carried out as follows. Coated titanium implants were immersed in AgNO_3 solution (1 mM and 10 mM) for 12 hours. The solution was kept in a cold place to avoid oxidation of silver. Subsequent reduction (“in situ”) of silver ions (Ag^+) to silver nanoparticles (Ag^0) was carried out using a 0.01 M solution of ascorbic acid. The samples were stored in a dark place prior to the study.

Scanning electron microscopy. The surface structure was studied by scanning electron microscopy (SEM). SEM images were taken with an Auriga scanning electron microscope. Titanium implants were attached to the SEM stand with conductive tape. The surface of the samples was coated with Au-Pt by microwave plasma spraying for 10 seconds at a discharge voltage of 1 to 3 kV.

Determination of contact angle. The contact angle was determined using the sessile drop method at room temperature and normal pressure. The apparatus "DSA100-KRUSS GmbH" was used. The average droplet diameter averaged 2–5 mm.

Study of the release of silver ions in saline. To assess the release of silver ions, titanium implants with coating were immersed in freshly prepared phosphate buffer (pH-7.4) for 24 h and stored in a dark place. Then samples were taken and the implants were immersed in a fresh solution. The amount of silver ions that passed into solution every 24 h was determined by atomic absorption spectroscopy.

Determination of antibacterial activity. The determination was carried out by the disc diffusion method in agar-agar on a dense nutrient medium by comparing the sizes of the zone inhibition of the growth of test microbes. *E. coli* was used as a reference strain for antibacterial testing. 20 ml of nutrient agar were poured into sterile Petri dishes. The thickness of the agar layer affects the results of the determination; therefore, the indicated amount of the nutrient medium was strictly controlled in the experiments. Muller-Hinton medium and Sabouraud agar were used as a nutrient medium.

To obtain lawns, a homogeneous suspension of bacterial cells in physiological saline was prepared, corresponding to the standard of 0.5 units of turbidity according to McFarland. The bacterial suspension was applied with a sterile swab to the agar surface in three different directions. 5–10 minutes after inoculation, the dried agar surface was brought into contact with a titanium implant with antimicrobial properties. The dishes were left at room temperature for 30 minutes, and then, without turning, were incubated in a thermostat at a temperature of 28–37°C for 24 h. The formation of a transparent zone around the sample is an

indicator of the antibacterial activity of the obtained materials. Zones of inhibition of microbial growth were measured with a millimeter ruler.

Results and discussion

Surface treatment of titanium implants. Implants used in medicine, upon contact with oxygen, are naturally covered with an oxide layer, 3-10 nm thick, characterized by low chemical reactivity, affecting biocompatibility and roughness. In addition, when stored in the open air, the surface of the biomaterial becomes contaminated due to physical adsorption. Also, as is already known, the surface of any substrate is not developed, which consequently makes it difficult for chemical reagents to “stick” to the surface of the material (Lu et al., 2012). Therefore, the first step in obtaining the coating is the preparation of the active surface of the implanted products.

One of the methods to increase surface energy and improve implant integration is acid etching. The authors (Buuser et al., 2004) have shown that a sandblasted and acid-etched (SLA) surface provides tighter bone-to-implant contact than a conventional standard surface. A similar goal was achieved in (Giavaresi et al., 2003) using a 25 % HF solution followed by passivation with a 25 % HNO₃ solution.

As a result of the analysis of various etching methods, in order to improve the surface characteristics, we activated titanium implants in two ways: 1) polishing with sandpaper followed by washing successively with acetone and ethyl alcohol 2) treatment with a “piranha” solution (a mixture of sulfuric acid and hydrogen peroxide). The authors (Quinn et al., 2020) studied coatings against a strain *S. aureus* that can cause orthopedic infection. Most bacteria are hydrophobic and can cause various infections. Hydrophilic surfaces are more desirable when interacting with biological fluids, cells and tissues of the body, compared to hydrophobic ones (Nazarov et al., 2018).

The results are shown in figure 1. due to the heterogeneity of the surface of real titanium implants, the contact angle was determined using 5 points.

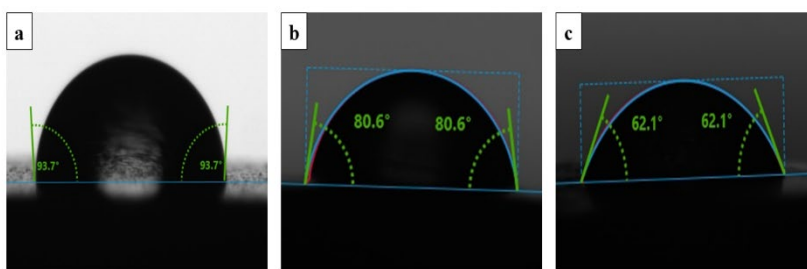


Fig. 1. Angle of contact of titanium implants with water
(a) the surface of the titanium implant before processing;
(b) surface after polishing with sandpaper followed by treatment with organic solvents;
(c) after etching with “piranha” solution

Wettability describes the interaction of a water drop with a surface. A wetted surface is hydrophilic and will have a contact angle of $<90^\circ$ while a non-wettable surface is hydrophobic and will have a contact angle of $>90^\circ$ (Quinn et al., 2020). As shown in figure 1 (a) before etching, the contact angle of titanium implants is in the range of $89\text{--}93.7^\circ$. After etching the surface of titanium implants with organic solvents (figure 2 b), this value was $70\text{--}80.6^\circ$. Treatment with the “piranha” solution reduced the contact angle to $\sim 62^\circ$ (figure 2 c), which indicates the formation of a hydrophilic surface. The formation of a less hydrophilic surface in the first way is due to the fact that the use of emery polishing leads to the disposal of only adsorbed grains of abrasives obtained during storage of the biomaterial in the open air. Sequential processing with organic solvents makes it possible to remove fatty impurities. At that time, the use of a “piranha” solution reduced the wettability of the surface by 30° . Such changes are explained that sulfuric acid, which is part of the “piranha” solution, dissolves the oxide film and thereby excludes the surface polishing process. Hydrogen peroxide is a “provider” of atomic oxygen, which oxidizes organic and inorganic impurities that are on the surface of the samples.

Obtaining a coating with AgNP. Silver nanoparticles embedded in a polymer matrix are of great interest due to the large surface area that is in contact with bacteria and physicochemical properties dependent on size/shape. In addition, polyelectrolytes, which are the basis of coatings, have a pronounced potential to inhibit the aggregation of AgNPs, control the release of Ag^+ , and thereby provide a stable antibacterial effect and reduce cytotoxicity.

As already reported above, AgNP films were obtained by dipping a coated solid substrate into a silver nitrate solution with further in situ reduction (fig. 2). Since the coating was obtained at pH-4, as can be seen from the figure, part of the carboxyl group (about 25 %) remains in the protonated form (COOH), and part of the deprotonated CMC groups binds to the amino groups of chitosan. Further holding of the film in the AgNO_3 solution will immediately lead to the replacement of the CMC proton by Ag^+ .

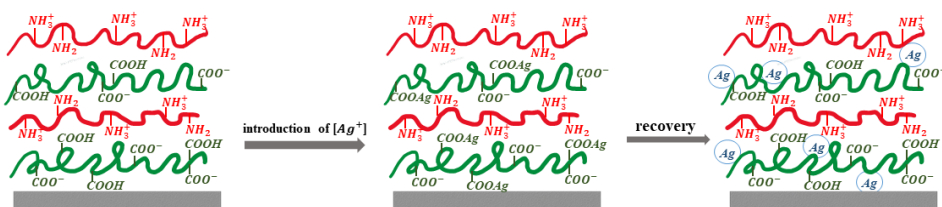
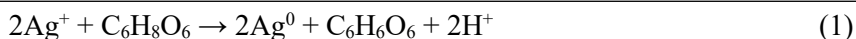


Fig. 2. “In situ” reduction of Ag^+ to AgNPs in a PEMs coating

After the immobilization of Ag^+ in the coatings, in situ chemical reduction was carried out using ascorbic acid. The choice of ascorbic acid (1 mM) as a reducing agent is associated with the low toxicity of the agent and can be carried out as follows (Fu et al., 2006):



Proton ions released from the reaction make it possible to regenerate carboxyl groups. Thus, the polycation is again ready for Ag^+ rebinding.

In the study, silver nitrate was used at a concentration of 1 mM and 10 mM. As can be seen from Figure 3a, at a concentration of 1 mM, the size of silver particles fluctuates in the range of 40-130 nm, this is due to spontaneous “in situ” reduction and the process is difficult to control, as a result of which the formation of randomly arranged particles is observed, however, the average particle size was ~ 70 nm. However, as the concentration increases to 10 mM, the particle sizes reach up to microns (Fig. 3b). This is because with an increase in concentration, undoubtedly, more silver ions enter the ion exchange and the large particles that formed were a potential center for attracting more particles in themselves. Since not only particle size but also surface distribution is important, it can be observed from figure 3a that at low concentrations the surface is not completely covered with AgNPs. But, an increase in the concentration of silver nitrate will not only lead to aggregation of AgNPs, but also a large number of micron-sized particles can be seen distributed over the surface. This contributes to the showing of less antibacterial activity due to a decrease in the surface area which contact with bacteria. In addition, the process of particle aggregation is explained by the presence of a large amount of AgNPs, which leads to their enlargement.

The surface structure, distribution, shape, size, and content of silver nanoparticles in the obtaining multilayers were studied by scanning electron microscopy and SEM EDX. Figure 3c shows the results of EDX spectroscopy; it was revealed that silver is present in the composition of the multilayers. However, since this method provides information only on the elemental composition, it is possible that, in addition to metallic silver, silver oxide may also be present in the sample.

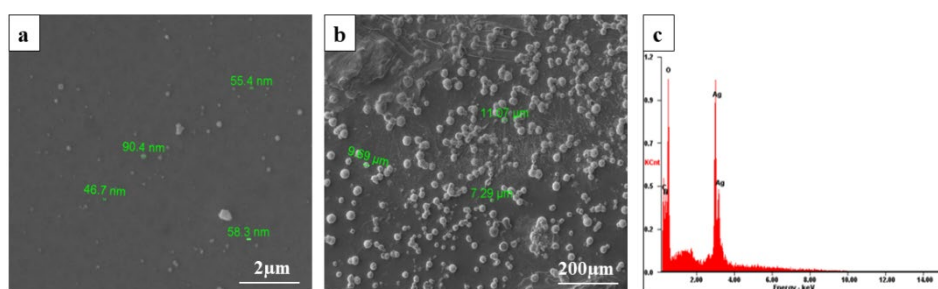


Fig. 3. SEM images of the surface of coating (Na-CMC/Chit) with AgNPs
 (a) $\text{AgNO}_3 - 10^{-3}$ M; (b) $\text{AgNO}_3 - 10^{-2}$ M;
 (c) EDX spectrum of the sample

Thus, the size of nanoparticles in multilayers and their distribution over the surface can be controlled by choosing the initial concentration of AgNO_3 .

Since a surgical wound heals within 10–14 days, we also decided to

investigate the release of an antibacterial drug in phosphate buffer in the presence of saline for 14 days. Figure 4a shows the results obtained for the system (Na-CMC/Chit)_{10.5} with AgNPs where the concentration of AgNO₃ in the initial solution was 10⁻³ M. As can be seen from the figure, the maximum release of Ag⁺ reached ~ 0.054 mM/day during the first day. However, the further release of silver ions decreases, which is a positive factor, since the continuous release of silver is not recommended due to cytotoxicity to host cells. The minimum concentration of silver ions that passed into the solution was observed on the 14th day, which is 0.0012 mM/day. The release of silver ions from the coating is explained by the fact that in aerobic solutions, metallic silver passes to Ag₂O (López-Carballo et al., 2013). Then the metabolism of the bacterium creates an acidic environment to convert of silver to its ionic form.

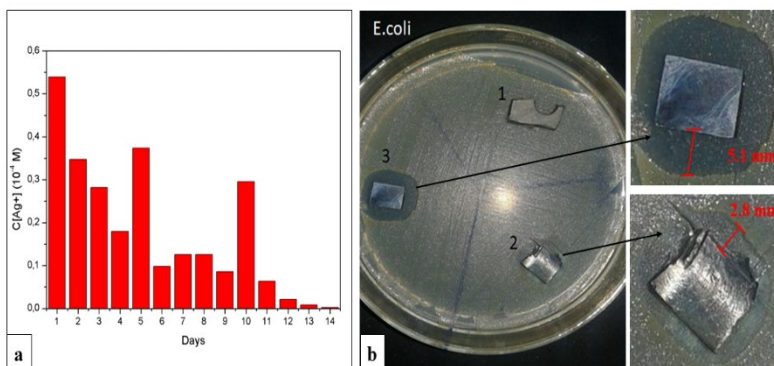


Fig. 4. (a) Release of silver ions from (Na-CMC/Chit)_{10.5} coating with AgNP; (b) antibacterial activity against *E. coli* bacteria
 (1) implant without coating; (2) multilayer coatings (Na-CMC/Chit)₁₀ without AgNP; (3) coatings (Na-CMC/Chit)_{10.5} with AgNP

The release of silver ions in solution was not monotonous, which is explained both by the presence of aggregates on the surface and by the uneven distribution of nanoparticles between layers, which leads to different ion migration kinetics. However, it should be noted that not all of the silver ions are released from the coatings during the postoperative period. The initial burst of Ag⁺ release prevents immediate colonization of bacteria on the Ti surface after surgery (Li et al., 2019). Then a sustained release of Ag⁺ is needed to resist bacterial invasion from the outer edges of the wound until the healing mucous membrane.

The antibacterial activity of the obtained samples was determined on the museum strain of *E. coli* the bacterium. Figure 4b shows the results illustrating the antibacterial activity of the samples. The inhibition zone (IZ) around the original

titanium implants is 0 (sample 1). As can be seen from the figure, in samples 2 and 3, an inhibition zone is observed, and for the sample coated with layers (Na-CMC/Chit)₁₀, it is 2.8 ± 0.01 mm, while for the sample (Na-CMC/Chit)_{10.5} with AgNPs the size of the zone inhibition increases to 5.1 ± 0.03 mm. The appearance of an inhibition zone around sample 2 is possible presence of a positive charge on the last layer, which further led to the destruction of the microorganism due to the contact killing properties. For both samples (2, 3) the appearance of IZ is associated with the presence of a film coating. However, it should be noted (sample 3) that the coating with AgNP was applied on silicon wafers not on titanium implants. The indication of the antibacterial effect for the 3rd sample is mainly due to the adhesion of the cell membrane of AgNP occurs, the change in its penetration, as a result, affects the respiratory system of cells. Therefore, this leads to the death of the bacterium. In addition, the antimicrobial effect of AgNPs is due to the penetration of particles into bacteria and the release of Ag⁺, which interacts with thiol groups or phosphates that are part of the DNA/protein bacteria (López-Carballo et al., 2013).

Conclusion

Coatings based on chitosan and sodium carboxymethylcellulose containing silver nanoparticles were obtained by the method of multilayer assembly on the surface of titanium implants. To improve the adhesion of hydrophilic polyelectrolytes to the substrate, the surface of the implants was treated in two ways. Etching with a solution of concentrated sulfuric acid with the addition of hydrogen peroxide made it possible to obtain a more hydrophilic surface compared to the second method.

The mechanism of formation of multilayers is determined by the acid-base interaction of the polyacid with the polybase, which is accompanied by electrostatic interaction. Multilayer coatings based on Na-CMC and chitosan served as a reservoir for AgNPs, which maintained a prolonged release of silver ions for 14 days. Research was conducted to determine the antibacterial activity of the obtained coatings against *E. coli* strains. Coatings with/without AgNP were active showing 5.1 ± 0.03 mm and 2.8 ± 0.01 mm zone of inhibition, respectively.

The obtained results in the present work point to the prospects of research in this direction. In the future, it is planned to establish the kinetic features of the release of silver, to conduct more detailed research of the antibacterial activity of coatings in order to identify the optimal conditions for obtaining nanocoating with the required properties.

REFERENCES

- Ariga K., Lvov Y., Decher G., 2022 – *Ariga K., Lvov Y., Decher G.* There is still plenty of room for layer-by-layer assembly for constructing nanoarchitectonics-based materials and devices // *Physical Chemistry Chemical Physics*. – 2022. – T. 24. – Pp. 4097–4115. <https://doi.org/10.1039/d1cp04669a>.
- Buser D., Broggini N., Wieland M., Schenk R.K., Denzer A.J., Cochran D.L., Hoffmann B., Lussi A. & Steinemann S.G., 2004 – *Buser D., Broggini N., Wieland M., Schenk R.K., Denzer A.J., Cochran D.L., Hoffmann B., Lussi A. & Steinemann S.G.* Enhanced bone apposition to a chemically modified SLA titanium surface // *Journal of Dental Research*. – 2004. – T. 83. – Pp. 529–533.

<https://doi.org/10.1177/154405910408300704>.

Daengngam C., Lethongkam S., Srisamran P., Paosen S., Wintachai P., Anantravanit B., Vattanavanit V. & Voravuthikunchai S., 2019 – *Daengngam C., Lethongkam S., Srisamran P., Paosen S., Wintachai P., Anantravanit B., Vattanavanit V. & Voravuthikunchai S.* Green fabrication of anti-bacterial biofilm layer on endotracheal tubing using silver nanoparticles embedded in polyelectrolyte multilayered film // *Materials Science and Engineering*. – 2019. – T. 101. – Pp. 53–63. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.03.061>.

Fu J., Ji A., Fan D. & Shen J. 2006 – *Fu J., Ji A., Fan D. & Shen J.* Construction of antibacterial multilayer films containing nanosilver via layer-by-layer assembly of heparin and chitosan-silver ions complex // *Journal of Biomedical Materials Research - Part A*. – 2006. – T. 79. – Pp. 665–674. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.30819>.

Giavaresi G., Fini M., Cigada A., Chiesa R., Rondelli G., Rimondini L., Torricelli P., Aldini N.N. & Giardino R., 2003 – *Giavaresi G., Fini M., Cigada A., Chiesa R., Rondelli G., Rimondini L., Torricelli P., Aldini N.N. & Giardino R.* Mechanical and histomorphometric evaluations of titanium implants with different surface treatments inserted in sheep cortical bone // *Biomaterials*. – 2003. – T. 24. – Pp. 1583–1594. [https://doi.org/10.1016/S0142-9612\(02\)00548-3](https://doi.org/10.1016/S0142-9612(02)00548-3).

Jeon S., Yoo C.Y. & Park S.N., 2015 – *Jeon S., Yoo C.Y. & Park S.N.* Improved stability and skin permeability of sodium hyaluronate-chitosan multilayered liposomes by Layer-by-Layer electrostatic deposition for quercetin delivery // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2015. – T. 129. – Pp. 7–14. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2015.03.018>.

Li W., Yang Y., Zhang H., Xu Z., Zhao L., Wang J., Qiu Y. & Liu B., 2019 – *Li W., Yang Y., Zhang H., Xu Z., Zhao L., Wang J., Qiu Y. & Liu B.* Improvements on biological and antimicrobial properties of titanium modified by AgNPs-loaded chitosan-heparin polyelectrolyte multilayers // *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*. – 2019. – T. 30. – Pp. 1–12. <https://doi.org/10.1007/s10856-019-6250-x>.

López-Carballo G., Higuera L., Gavara R. & Hernández-Muñoz P., 2013 – *López-Carballo G., Higuera L., Gavara R. & Hernández-Muñoz P.* Silver ions release from antibacterial chitosan films containing in situ generated silver nanoparticles // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. – 2013. – T. 61. – Pp. 260–267. <https://doi.org/10.1021/jf304006y>.

Lu H., Zhou L., Wan L., Li S., Rong M. & Guo Z., 2012 – *Lu H., Zhou L., Wan L., Li S., Rong M. & Guo Z.* Effects of storage methods on time-related changes of titanium surface properties and cellular response // *Biomedical Materials (Bristol)*. – 2012. – T. 7. – Pp. 055002. <https://doi.org/10.1088/1748-6041/7/5/055002>.

Nazarov D.V., Smirnov V.M., Zemtsova E.G., Yudincheva N.M., Shevtsov M.A. & Valiev R.Z., 2018 – *Nazarov D.V., Smirnov V.M., Zemtsova E.G., Yudincheva N.M., Shevtsov M.A. & Valiev R.Z.* Enhanced Osseointegrative Properties of Ultra-Fine-Grained Titanium Implants Modified by Chemical Etching and Atomic Layer Deposition // *ACS Biomaterials Science and Engineering*. – 2018. – T. 4. – Pp. 3268–3281. <https://doi.org/10.1021/acsbomaterials.8b00342>.

Patel N. & Gohil P., 2012 – *Patel N. & Gohil P.* A review on biomaterials: scope, applications & human anatomy significance // *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*. – 2012. – T. 2. – Pp. 91–101.

Qin S., Xu K., Nie B., Ji F. & Zhang H., 2018 – *Qin S., Xu K., Nie B., Ji F. & Zhang H.* Approaches based on passive and active antibacterial coating on titanium to achieve antibacterial activity // *Journal of Biomedical Materials Research - Part A*. – 2018. – T. 1069. – Pp. 2531–2539. <https://doi.org/10.1002/jbm.a.36413>.

Quinn J., McFadden R., Chan C.W. & Carson L., 2020 – *Quinn J., McFadden R., Chan C.W. & Carson L.* Titanium for Orthopedic Applications: An Overview of Surface Modification to Improve Biocompatibility and Prevent Bacterial Biofilm Formation // *IScience*. – 2020. – T. 23. – Pp. 101745. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2020.101745>.

Rakhmatullayeva D.T., Ospanova A.K., Bekissanova Z.H.B., Jumagazyeva A.B., Savdenbekova B.E., Seidulayeva A.A. & Sailau A.G., 2023 – *Rakhmatullayeva D.T., Ospanova A.K., Bekissanova Z.H.B., Jumagazyeva A.B., Savdenbekova B.E., Seidulayeva A.A., & Sailau A.G.* Development and characterization of antibacterial coatings on surgical sutures based on sodium carboxymethyl cellulose/chitosan/chlorhexidine // *International Journal of Biological*

Macromolecules. – 2023. – T. 236. – Pp 124024. <https://doi.org/10.1016/J.IJBIOMAC.2023.124024>.

Séon L., Lavalle P., Schaaf P. & Boulmedais F., 2015 – *Séon L., Lavalle P., Schaaf P. & Boulmedais F.* Polyelectrolyte Multilayers: A Versatile Tool for Preparing Antimicrobial Coatings // *Langmuir*. – 2015. – T. 31. Pp. 12856–12872. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.5b02768>.

Urrutia A., Rivero P.J., Ruete L., Goicoechea J., Matías I.R. & Arregui F.J., 2012 – *Urrutia A., Rivero P.J., Ruete L., Goicoechea J., Matías I.R. & Arregui F.J.* Single-stage in situ synthesis of silver nanoparticles in antibacterial self-assembled overlays // *Colloid and Polymer Science*. – 2012. – T. 290. – Pp. 785–792. <https://doi.org/10.1007/s00396-012-2591-4>.

Woo K.J., Hye C.K., Ki W.K., Shin S., So H.K. & Yong H.P., 2008 – *Woo K.J., Hye C.K., Ki W.K., Shin S., So H.K. & Yong H.P.* Antibacterial activity and mechanism of action of the silver ion in *Staphylococcus aureus* and *Escherichia coli* // *Applied and Environmental Microbiology*. – 2008. – T. 74. – Pp. 2171–2178. <https://doi.org/10.1128/AEM.02001-07>.

Xu G., Liu P., Pranantyo D., Neoh K.G. & Kang E.T., 2018 – *Xu G., Liu P., Pranantyo D., Neoh K.G. & Kang E.T.* Dextran- and Chitosan-Based Antifouling, Antimicrobial Adhesion, and Self-Polishing Multilayer Coatings from pH-Responsive Linkages-Enabled Layer-by-Layer Assembly // *ACS Sustainable Chemistry and Engineering*. – 2018. – T. 6. – Pp. 3916–3926. <https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.7b04286>.

Zhou B., Li Y., Deng H., Hu Y. & Li B., 2014 – Antibacterial multilayer films fabricated by layer-by-layer immobilizing lysozyme and gold nanoparticles on nanofibers // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2014. – T. 116. – Pp. 432–438. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2014.01.016>.

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 166-179

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.218>

ЭОЖ:542.943.7; 661.961.6

© N.S. Talasbayeva*, T.S. Baizhumanova, S.A. Tungatarova, A.O. Aidarova, G.G. Xanthopoulou, 2023

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: naztalasbaeva@mail.ru

CATALYTIC OXIDATION OF METHANE TO SYNTHESIS GAS

Talasbayeva Nazgul Sakipovna — PhD. Doctoral student, Laboratory of Oxidative Catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan

E-mail: naztalasbaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1994-8267;

Baizhumanova Tolkyn Saparbekovna — Candidate of Chemical Sciences, leading researcher of the laboratory of oxidative catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan

E-mail: baizhuma@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9851-2642;

Aidarova Aitkul — Lecturer of the department of chemistry geography of M.H. Dulati Taraz Regional University; Taraz, Kazakhstan

E-mail: aitkul1128@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7163-900X;

Tungatarova Svetlana Aleksandrovna — Candidate of Chemical Sciences, Laboratory of Oxidative Catalysis, JSC “D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry”, Almaty, Kazakhstan

E-mail: tungatarova58@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6005-747X;

Xanthopoulou Galina — Professor, National Center for Scientific Research «Demokritos», Athens, Greece

E-mail: xanthopoulougalina@gmail.com. <https://orcid.org/0000-0002-1788-141X>.

Abstract. The problem of efficient use of natural and associated petroleum gases and stopping their burning in flares is one of the most urgent and unresolved environmental problems. In the current emerging crisis and the near-depletion of oil reserves, the ways of obtaining natural and associated petroleum gases can be considered as an alternative source of valuable products of petrochemistry and organic synthesis. The purpose of current work is the development of a new generation of effective thermally stable catalysts for the processes of synthesis and oxidation of light alkanes of natural and associated gases to synthesis gas. The results of partial oxidation of methane over catalysts prepared by the solution combustion synthesis are given. To obtain a synthesis gas, a study of the activity of catalysts from the initial mixture of $\text{Co}(\text{NO}_3)_2\text{-Mn}(\text{NO}_3)_2\text{-Mg}(\text{NO}_3)_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3/\text{urea}$ of various compositions was carried out. It was found that the optimal conditions for producing of synthesis-gas are: CH_4 conversion – 99,7 %, yield of target products: H_2 – 94,1 % and CO – 42,5 %, $T = 900^\circ\text{C}$, space velocity – 4500 h^{-1} , the ratio of gases in the reaction mixture $\text{CH}_4 : \text{O}_2 : \text{Ar} = 2 : 1 : 3$. The properties of the prepared and spent catalysts were studied by the methods of X-ray diffraction (XRD), Brunauer-Emmet-Teller (BET). The products of the reaction were analyzed

by gas chromatography (GC). As a result of the conducted physico-chemical studies, the structure of simple and mixed oxides, metal aluminates and spinels was studied. It was found that these compounds affect the active functioning of catalysts in the process of oxidative conversion of methane.

Keywords: catalytic oxidation, methane, synthesis gas, cobalt, manganese

© Н.С. Таласбаева*, Т.С. Байжуманова, С.А. Тунгатарова,
А.О. Айдарова, G.G. Xanthopoulou, 2023

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан.

E-mail: naztalasbaeva@mail.ru

МЕТАННЫҢ СИНТЕЗ-ГАЗҒА ДЕЙІН КАТАЛИТИКАЛЫҚ ТОТЫҒУЫ

Таласбаева Назгуль Сақыпқызы — PhD докторанты, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: naztalasbaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1994-8267;

Байжуманова Толқын Сапарбековна — химия ғылымдарының кандидаты, тотығу катализі зертханасының жетекші ғылыми қызметкері, «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

E-mail: baizhuma@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9851-2642;

Айдарова Айткул — Химия және география кафедрасының оқытушысы, М.Х. Дулати атындағы Тараз регионалды университеті, Тараз, Қазақстан

E-mail: aitkul1128@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7163-900X;

Тунгатарова Светлана Александровна – химия ғылымдарының докторы, профессор, тотығу катализі зертханасының бас ғылыми қызметкері, «Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

E-mail: tungatarova58@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6005-747X;

Ксандопуло Галина — Профессор, химия ғылымдарының докторы, Ұлттық ғылыми зерттеу орталығы «Демокритос», Афины, Греция

E-mail: xanthopoulougalina@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1788-141X.

Аннотация. Табиғи және ілеспе мұнай газдарын тиімді пайдалану және оларды алауларда жағуды тоқтату мәселесі өзекті және шешімін таппаған экологиялық мәселелердің бірі болып табылады. Қазіргі туындап жатқан дағдарыстық және мұнай қорларының сарқылуына жақын болып жатқан жағдайында табиғи және ілеспе мұнай газдарын алу жолдарын мұнай химиясы мен органикалық синтездің құнды өнімдерінің балама көзі ретінде қарастыруға болады. Сондықтан табиғи газды кәдеге жарату мәселесі ерекше өзектілік пен практикалық маңыздылыққа ие болуда. Бұл жұмыстың мақсаты табиғи және ілеспе газдардың жеңіл алкандарын синтез-газға дейін тотықтыру үрдістері үшін жаңа буынның тиімді термиялық тұрақты катализаторларын жасау болып табылады. Синтез-газ алу үшін әртүрлі құрамдағы $\text{Co}(\text{NO}_3)_2\text{-Mn}(\text{NO}_3)_2\text{-Mg}(\text{NO}_3)_2\text{-Al}(\text{NO}_3)_3$ /карбамид бастапқы қоспасынан алынған катализаторлардың белсенділігі зерттелді. Синтез-газ алудың оңтайлы шарттары: газдардың қоспасы $\text{CH}_4\text{:O}_2\text{:Ar} = 2\text{:}1\text{:}3$, $T=900^\circ\text{C}$, көлемдік жылдамдығы – 4500 cm^{-1} болғанда, CH_4 -тің конверсиясы 99,7%, ал

мақсатты өнімнің шығымы: H_2 – 94,1 % және CO – 42,5 %, болатыны айқындалды. Дайындалған катализаторлардың қасиеттері рентгенофазалық талдау (РФТ), Брунауэр-Эммет-Теллер (БЭТ) әдістерімен зерттелді. Реакцияның өнімдері газды хроматография (ГХ) әдісімен талданды. Жүргізілген физика-химиялық зерттеулердің нәтижесінде жай және күрделі құрамды оксидтердің, металл алюминаттарының және шпинель түріндегі құрылымдары анықталды. Бұл қосылыстар метанның тотығу конверсиясы үрдісінде катализаторлардың белсенді жұмыс жасауына әсер ететіндігі анықталды.

Түйін сөздер: каталитикалық тотығу, метан, синтез-газ, кобальт, марганец

Алғыс. Жұмысты Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім Министрлігі қаржыландырады (AP14869966).

© Н.С. Таласбаева*, Т.С. Байжуманова, С.А. Тунгатарова,
А.О. Айдарова, G.G. Xanthopoulos, 2023

Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы,
Казахстан.

E-mail: naztalasbaeva@mail.ru

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА В СИНТЕЗ-ГАЗ

Таласбаева Назгуль Сакиповна — докторант PhD, Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

E-mail: naztalasbaeva@mail.ru. ORCID: 0000-0003-1994-8267;

Байжуманова Толкын Сапарбековна — кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории органического катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: baizhuma@mail.ru. ORCID: 0000-0001-9851-2642;

Айдарова Айткул — преподаватель кафедры химии и географии, Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

E-mail: aitkul1128@mail.ru. ORCID: 0000-0002-7163-900X;

Тунгатарова Светлана Александровна — доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории органического катализа, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

E-mail: tungatarova58@mail.ru. ORCID: 0000-0001-6005-747X;

Ксандопуло Галина — профессор, доктор химических наук, Национальный центр научных исследований «Демокритос», Афины, Греция

E-mail: xanthopoulougalina@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1788-141X.

Аннотация. Проблема эффективного использования природных и попутных нефтяных газов и прекращения их сжигания на факелах является одной из актуальных и нерешенных экологических проблем. В условиях нынешней кризисной ситуации и близкой к истощению запасов нефти пути добычи природных и попутных нефтяных газов можно рассматривать как альтернативный источник ценных продуктов нефтехимии и органического синтеза. Поэтому проблема утилизации природного газа приобретает особую

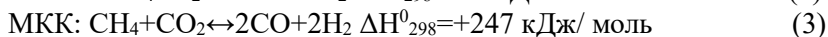
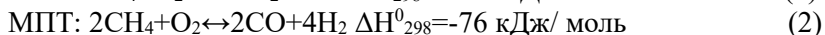
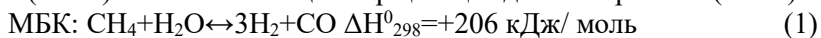
актуальность и практическую значимость. Целью данной работы является создание эффективных термически стабильных катализаторов нового поколения для процессов окисления легких алканов природных и попутных газов до синтез-газа. Для получения синтез-газа было проведено исследование активности катализаторов из исходной смеси $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ - $\text{Mn}(\text{NO}_3)_2$ - $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ - $\text{Al}(\text{NO}_3)_3$ /мочевина различного состава. Установлены оптимальные условия для получения синтез-газа: смесь газов $\text{CH}_4:\text{O}_2:\text{Ar} = 2:1:3$, $T=900^\circ\text{C}$ и объемная скорость – 4500ч^{-1} и было определено, что конверсия CH_4 составляет 99,7 %, а выход целевых продуктов: H_2 – 94,1 % и CO – 42,5 %. Были изучены свойства приготовленных и отработанных катализаторов методами рентгенофазового анализа (РФА), Брунауэра-Эммет-Теллера (БЭТ). Продукты реакции были анализированы методом газовой хроматографии (ГХ). В результате проведенных физико-химических исследований была исследована структура в виде простых и сложных оксидов, алюминатов металлов и шпинели. Обнаружено, что эти соединения влияют на активное функционирование катализаторов в процессе окислительного превращения метана.

Ключевые слова: каталитическое окисление, метан, синтез-газ, кобальт, марганец

Кіріспе

Синтез-газ алудың неғұрлым тиімді және үнемді технологияларын іздестіру энергетика мен газ химиясындағы басты ғылыми-техникалық бағыттардың біріне айналуда. Бұл сонымен қатар экологиялық таза көлік пен сутегі энергиясы үшін арзан және қол жетімді сутегін алуға мүмкіндік береді (Lovell, 2017; Lou, 2017).

Метанның каталитикалық конверсиясы арқылы синтез газын алудың 3 негізгі әдісі бар: метанның бу конверсиясы (МБК), метанның парциалды тотығуы (МПТ) және метанның көмір қышқылды конверсиясы (МКК)



МПТ-ның басты артықшылықтарының бірі синтез-газды $\text{H}_2 : \text{CO} = 2 : 1$ қатынасында алу болып табылады, себебі бұл жағдайда алынған өнім Фишер-Тропш синтезіне және метанол мен синтетикалық отын өндірісінде қолдануға өте ыңғайлы. Су газының ығысу реакциясы газ тәрізді өнімде көмірқышқыл газының едәуір мөлшерде көбеюіне әкеледі (Talasbayeva, 2019; Wei, 2019).

Реакцияның жүру температурасы (1200 - 1500°C) катализдік емес парциалды тотығуға қарағанда анағұрлым төмен. Дегенмен, катализатор өнеркәсіпте ықтималды қолданылуы үшін реакцияның жүру температурасы одан да төмен болуын қажет етеді. МПТ кезінде көміртектің түзілуі H_2 селективтілігінің төмендеуіне әсер етеді және соның әсерінен реакция

барысында катализаторлардың белсенділігінің де төмендеуіне әкеледі (Moral, 2019; Zhao, 2018).

Бұл үрдістер үшін асыл металдардың негізінде жасалынған ең белсенді катализаторлар өте қымбат болып келеді. Соңғы жылдары никель катализаторларының қатысында алынатын мақсатты өнімдердің селективтілігі мен шығымының жоғары болатыны кеңінен зерттелді. Катализдік белсенділігінің жоғары болуына қарамастан никель негізінде жасалынған үлгілердің бірігу мен кокстелуге бейім болатынына байланысты дезактивациялануға жылдам ұшырайтыны анықталды (Hassan, 2019; Egawa, 2018; Xanthopoulou, 2015).

МПТ булы риформингіленудің негізгі айырмашылығына, реакцияның әлсіз экзотермиялық болуының салдарынан, үрдістің жүруі үшін жылу энергиясының аз мөлшері қажет етіледі. Сонымен қатар, МПТ жақсы уақытты динамикалық реакцияға ие және қысқа жанасу уақытында жұмыс істей алады, бұл шағын реакторларды пайдалануға мүмкіндік береді (Specchia, 2017; Xanthopoulou, 2018).

Алайда, метанның парциалды тотығуының келесідей бірқатар кемшіліктері бар:

- жүйеге оттегі мен метанды беру барысында жарылыстың туындау қаупі жоғары болады және оттегіні ауадан бөліп алу айтарлықтай қымбатқа түседі;

- газды фазалық реакцияда көміртектің пайда болуы және желінің қызып кетуі есебінен катализатордың бұзылуы мүмкін.

Белсенділігі мен тұрақтылығын жоғарылату мақсатында металдардың белсенділігін арттырып, бірігуін төмендету үшін Ni негізінде жасалынған катализаторлар қосымша өндеуді қажет етеді. Парциалды тотығу әдісінің тағы бір артықшылығына жоғары көлемдік жылдамдықта метанның конверсиясының жоғары болуымен салыстырмалы түрде сутегінің селективтілігінің де жоғары болуын қамтамасыз етеді. Бұл реакциядан алынатын өнімдердің жоғары көрсеткіштеріне қарамастан, кокстың түзілуінен және металдардың бірігуінен туындаған катализаторды залалсыздандыру әлі де болса шешімі табылмаған күрделі мәселе болып табылады, себебі никель катализаторларында көміртектің түзілуі үрдістің жүруіне сезімтал болып келеді. Сондықтан катализатордағы кристаллиттердің мөлшерін азайту немесе тасымалдағышпен әрекеттесуді арттыру үшін модификациялаушы қоспалар жиі қолданылады. Оларға сілтілік және сирек кездесетін элементтердің оксидтерін қолданады (Novikov, 2017; Tungatarova, 2010).

МПТ үрдісінде никель катализаторлары мен асыл металдарға негізделген үлгілер (Pt, Ru, Rh) жоғары белсенділік көрсетті. Атап айтқанда, асыл металдарға негізделген жоғарыда аталған катализаторлар салыстырмалы түрде жоғары белсенділікті, тұрақтылықты және кокстеуге төзімділікті көрсетеді. Бұл металдарды басқа металдармен салыстырғанда құны жоғары болады және қол жетімділігі қиын болғандықтан олардың

өнеркәсіптік деңгейде қолданылуын шектейді. Соған байланысты Ni негізіндегі жасалынған катализаторлардың белсенділігінің жоғары болуы, бағасының қол жетімділігінің арқасында өнеркәсіпте қолдану үшін қолдануға болатын балама ретінде қолдануға мүмкіндік береді (Tungatarova, 2019; Dosumov, 2012; Alvarez-Galvan, 2018). Кобальт катализаторлары метанның парциалды тотығуында белсенді екені белгілі. Олар әдетте никель негізіндегі және асыл металл катализаторларымен салыстырғанда метанның төмен конверсиясын қамтамасыз етеді. Алайда, кобальт металының балку және булану нүктелері жоғары, бұл оның төмен агломерациясына және дезактивация жылдамдығына ықпал етеді (Tungatarova, 2018; Xiao, 2009).

Жаңа прогрессивті наноөлшемді катализаторларды өндіру тәсілдері кеңінен зерттелуде және бүгінгі күні осындай тиімділігі жоғары инновациялық әдістердің біріне өздігінен таралатын жоғары температуралы синтез (ӨЖС) әдісін жатқызуға болады себебі, бұл әдістің нәтижесінде бірегей қасиеттері бар қиын балқитын отқа төзімді құндылығы жоғары кешендер алынады. ӨЖС технологиясының негізгі артықшылығына сырттан жылу бермей-ақ, химиялық реакциялардың жүруі барысында бөлінетін жылуды қолдану принципі негізделген. Сондықтан, ӨЖС процестері дәстүрлі энергияны көп қажет ететін технологиялармен салыстырғанда сәтті бәсекеге түсе алады (Holmen, 2009).

Ерітіндіде жану синтезі (ЕЖС) ӨЖС әдісінің түрленген жаңа түрі. Ерітіндіде жану әдісінің үрдісі пешті орташа 350-ден 600°C аралығында қыздыру кезінде жүргізіледі. Бұл әдіспен алынған өнімдер, әдетте, тазалығының жоғары болуымен, кристалдану қабілеті бар наноөлшемді кластерлі материалдарды түзуге қабілеттілігімен сипатталады (Sarsenova R.O, 2020).

Жұмыста ЕЖС әдісімен метанның синтез-газға айналу тотығу үрдісін жүргізуге қабілетті Co-Al-Mg-Mn/карбамид негізінде жасалған катализаторының белсенділігінің деректері берілген.

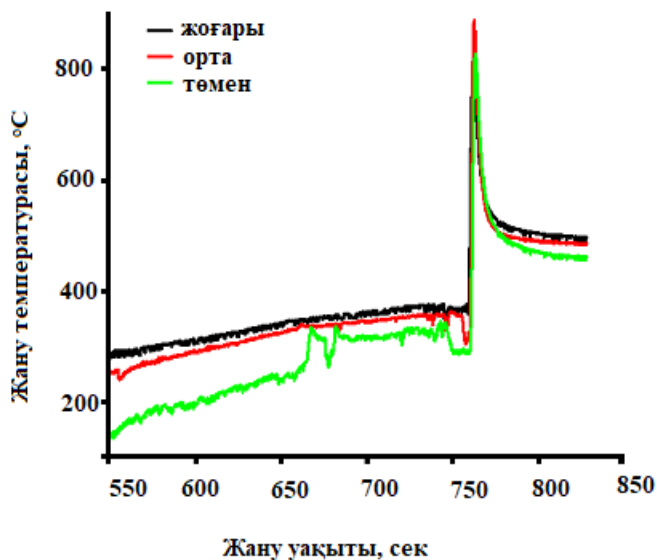
Зерттеу нысаны мен әдістері

Дайындалған үлгілердің құрамында әр түрлі мөлшерде металл нитраттары бар катализаторлардың сериясы ерітіндіде жану әдісімен дайындалды. Металл тұздары мен мочевиана аналитикалық таразыда өлшенді. Тұздардың осы қоспасына 80°C дейін қыздырылған 50 мл ионсыздандырылған су қосылғаннан кейін алынған қоспа толық ерігенше ауада араластырылды. Синтез 10–15 минутқа созылды. Катализаторды синтездеу үшін муфель пеші алдын-ала қажетті температураға дейін (біздің жағдайда 500°C) қыздырылды. Содан кейін ерітіндісі бар стакан алдын ала қыздырылған муфельді пешке қойылды. Реакцияның басында көп мөлшерде жылу пайда болады, бұл жану фронтының тез таралуын және температураның күрт жоғарылауымен анықталды. Бірнеше минуттан кейін құрылымдық катализаторлар түзіледі, олардың түзілуі дайындалған үлгілердің жоғары белсенділігінің себептерінің бірі болып табылады. Құрамындағы компоненттердің мөлшері әр түрлі болып келетін Co-Mn-Mg-

Al/карбамид негізіндегі катализаторлар ерітіндіде жану әдісі бойынша дайындалып, келесі үлгілердің белсенділігі зерттелді: 7,5 % Co-2,5 % Mn-20 % Mg-20 % Al/50 % карбамид және 20 % Co-5 % Mn-5%Mg-20 % Al/50 % карбамид.

Co-Mn-Mg-Al/карбамид сериясының катализаторлары 500°C дейін қыздырылған муфельді пеште дайындалды. Үстіне үш термопара орнатылды. Барлық термопарлар муфельді пештің ішінде орналасқан стақанда болды. Бірінші термопара ерітіндінің төменгі қабатында, екінші термопара ортаңғы қабатында, үшінші термопара ерітіндінің беткі қабатында болды. Ерітінді жану әдісімен катализаторларды синтездеу кезінде екі жану режимі жүзеге асырылады: көлемдік жарылыс және өздігінен таралу режимі. Жарылыс режимінің көлемінде ерітінді қызады және су буланады. Гель судың булануынан кейін пайда болады. Муфельді пештегі температура бірте-бірте критикалық температураға дейін көтеріледі. Температура критикалық деңгейге жеткенде катализатордың бүкіл көлемінде экзотермиялық реакция жүреді.

Катализаторларды дайындау барысында 20 % Co-5 % Mn-5 % Mg-20 % Al/50 % карбамид жүйесінің көлемді жану режимінің температуралы-уақытты профилі 1-суретте көрсетілген.



Сур. 1. 20%Co-5%Mn-5%Mg-20%Al/50%карбамид жүйесінің көлемді жану режимінің температуралы-уақытты профилі

(Fig. 2. Temperature-time profile of volumetric combustion mode of 20%Co-5%Mn-5%Mg-20%Al/50%urea system)

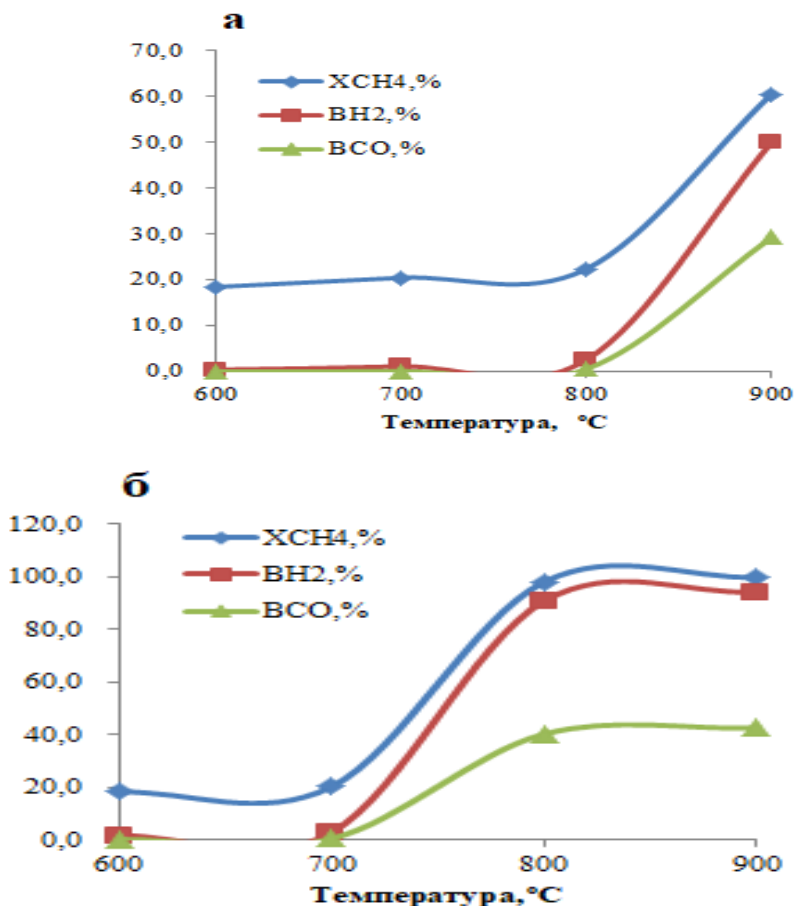
Катализаторды синтездеу барысында ерітінді $T_0=120^{\circ}\text{C}$ -тан бастап буланады, $T_1=152^{\circ}\text{C}$ -тан бастап ерітіндіміз гельге айналады, ал $T_2=295^{\circ}\text{C}$ болғанда көлемдік режимде жарылыс пайда болады. Ерітіндінің төменгі бөлігінде температура 850°C -қа, орта бөлігінде 893°C -қа, ал жоғарғы бөлігінде 840°C -қа дейін жетеді.

Бастапқы қоспа мен реакция өнімдерін талдау "Chromos GC-1000" (Ресей) хроматографының көмегімен жүргізілді, ол саптамалы және капиллярлық бағандармен жабдықталған. Саптамалы бағандар СаА құрамының фазаларын қолдана отырып, H_2 , O_2 , N_2 , CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_3 - C_4 көмірсутектерін, CO және CO_2 талдау үшін қолданылды.

Катализаторлардың физика-химиялық қасиеттерін зерттеу National center for scientific research «Demokritos», (Athens, Greece) жүргізілді. Синтезделген катализаторлар рентгенофазалық талдау (РФТ) әдісімен Siemens Spellman DF3 спектрометрінде $\text{Cu-K}\alpha$ ($\lambda=1,5406 \text{ \AA}$), $2\theta=5^{\circ}$ - дан 100° - ға дейінгі аралықта $0,03^{\circ}/1$ сәулеленумен зерттелді. Меншікті бет ауданы және катализаторлардағы кеуектердің таралуы GAPPV-Sorb 2800 анализаторы арқылы Брунауэр-Эмметт-Теллер (БЭТ) әдісімен өлшенді. Тасымалдаушы газ ретінде азот (тазалығы 99 %) пен гелий (тазалығы 99%) қолданылды. Метанның тотығу үрдісінде катализаторлардың катализдік белсенділігін сынау бойынша жасалынған тәжірибелер ағынды - катализдік қондырғыда зерттелді. Қондырғы үш негізгі бөліктен: бастапқы газ қоспасын дайындайтын бөліктен, ағынды типтегі катализдік кварц реакторынан және газдарды талдауға арналған хроматографтан тұрады. Өзірленген катализаторлардың белсенділігін анықтау кезінде реактордың температурасы 600 -ден 900°C -қа өзгеруімен жүргізілді. Ұзындығы 40 см және ішкі диаметрі 18 мм болатын кварцты құбырлы реакторға 2 мл мөлшеріндегі катализатор енгізілді.

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау

Метанның синтез-газға тотығуын зерттеу үшін 600 – 900°C температура аралығында газдардың келесі қоспасы $\text{CH}_4 : \text{O}_2 : \text{Ar} = 2:1:3$ пайдаланылды және 4500 сағ^{-1} көлемдік жылдамдықта жүргізілген тәжірибенің нәтижелері 2-суретте көрсетілген.



Сур. 2. Метанның синтез-газға тотығу реакциясындағы 7,5%Co-2,5%Mn-20%Mg-20%Al/50% карбамид (а) және 20%Co-5%Mn-5%Mg-20%Al/50% карбамид (б) катализаторларының белсенділігін зерттеу

(Fig. 2. Study of the activity of 7.5%Co-2.5%Mn-20%Mg-20%Al/50%urea (a) and 20%Co-5%Mn-5%Mg-20%Al/50%urea (б) catalysts in methane synthesis gas oxidation reaction)

2(а) суретінен көрініп тұрғандай, H₂ және CO шығымы 800°C температурада 2,6 % (H₂) және 0,6 % (CO) байқалады, 900°C температурада сәйкесінше 50 % (H₂) және 29 % (CO) дейін артса, сондай-ақ осы температура диапазонында метанның конверсиясы 22,4 %-ден 60,5 %-ға дейін артады. Ал, 2(б) суретте, Co-Mn-Mg-Al/карбамид катализаторларындағы элементтердің құрамын өзгерту нәтижесінде алюминий және әсіресе кобальт ең көп болған жағдайда катализаторлар ең жоғары белсенділікті көрсететіні анықталды. 700°C температурада метанның айналуының бір мезгілде жоғарылауымен H₂ және CO түзілуі байқалатынын көрсетеді. H₂ және CO шығымы 700°C

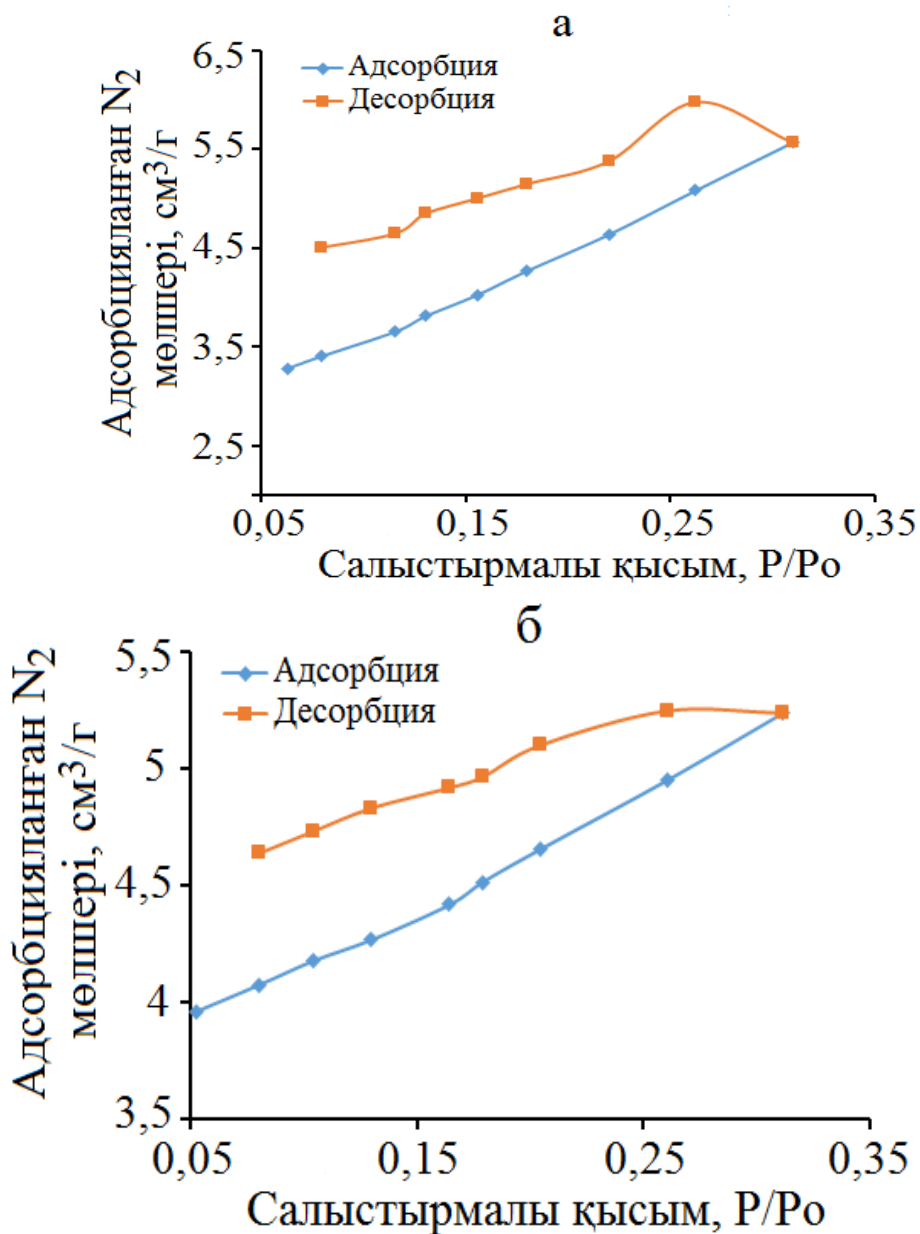
температурада 2,8 % (H₂) және 0,4 % (CO) құрайды және 800°C температурада сәйкесінше шығымы 90,7 % (H₂) және 40 % (CO) күрт өзгереді, сәйкесінше метанның конверсиясы 20,1 % (700°C) ден 97,9% (800°C) артады. Бұл белсенділік температура 900°C дейін көтерілсе де сақталады және температураны тағы 100 градусқа көтерудің қажеттілігі жоқ екендігін көрсетеді.

Кесте 1. Со-Мп-Мг-Аl/карбамид катализаторлары сериясының БЭТ талдауының нәтижелері

Катализаторлар	Беттік ауданы, м ² г ⁻¹	Саңылауларының көлемі, см ³ г ⁻¹	Саңылауларының орташа өлшемі, нм
7,5%Со–2,5%Мп–20%Mg–20%Al/карбамид	12	0,058	23,1
20%Со–5%Мп–5%Mg–20%Al/карбамид	16,6	0,063	22,9

Меншікті беттік ауданы 16,6 м²г⁻¹, ал саңылауларының орташа мөлшері 22,9 нм болатын 20%Со-5%Мп-5%Mg-20%Al/50%карбамид катализаторы келесі катализатор 7,5 % Со-2,5 % Мп-20 % Mg-20 % Al/50 % карбамид қарағанда жоғары белсенділік көрсететіндігі анықталды. Бұл заңдылықты 2 суретте көрсетілген синтез газына метан тотығу реакциясындағы 20 % Со-5 % Мп-5 % Mg-20 % Al/50 % карбамид катализаторының белсенділігімен байланыстыруға болады.

3 – суретте БЭТ әдісімен анықталған 20 % Со-5 % Мп-5 % Mg-20 % Al/50 % карбамид катализаторының адсорбция/десорбция нәтижелері келтірілген.

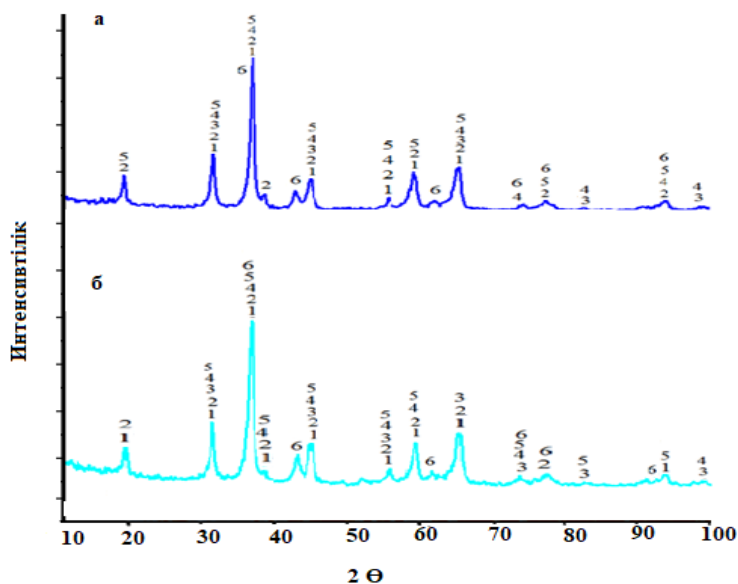


а) бастапқы катализатор б) тәжірибеден кейінгі катализатор

Сур. 3. Бастапқы және тәжірибеден кейінгі 20%Co-5%Mn-5%Mg-20%Al/50%карбамид катализаторының азотпен адсорбция/десорбциялану изотермасы (Fig. 3. fresh and spent 20%Co-5%Mn-5%Mg-20%Al/urea catalyst adsorption/desorption isotherm with nitrogen)

Тәжірибе жасалынғаннан кейінгі катализатордың адсорбция/десорбция изотермасы 3а-суретте көрсетілген, суретте Е типіне жататын, бір тар сағасы және кең ішкі көлемі бар (құмыра типті саңылау немесе bottle-neck pore) саңылаулы тесіктердегі адсорбция/десорбциялану қисығы сипатталған. Ал 3б-суретте В типіне жататын және күрделі құрылымды мезопораның үлгілеріне тән тәжірибеден кейінгі катализатордың адсорбция/десорбциясының изотермасы көрсетілген.

Co-Mn-Mg-Al/карбамид катализаторларының РФТ спектрлері 4-суретте көрсетілген.



Белгілеулер: 1 – Co_3O_4 , 2 – MgAl_2O_4 , 3 – CoAl_2O_4 , 4 – MgO , 5 – MnO , 6 – Mn_5O_8

Сур. 4. 7,5%Co-2,5%Mn-20%Mg-20%Al/50%карбамид (а) және 20%Co-5%Mn-5%Mg-20%Al/50%карбамид (б) катализаторларының РФТ

(Fig. 4. XRD catalysts 7,5%Co-2,5%Mn-20%Mg-20%Al/50%urea (a) және 20%Co-5%Mn-5%Mg-20%Al/50%urea (б))

Жүргізілген рентгенофазалық зерттеулердің нәтижесінде үлгілердің құрамында келесі фазалардың Co_3O_4 , MgAl_2O_4 , CoAl_2O_4 , MgO , MnO , Mn_5O_8 бар екендігі анықталды.

РФТ-дан алынған мәліметтер бойынша катализаторлардың шпинельдер мен оксидтердің кубтық құрылымға ие екендігі анықталды.

Қорытынды

Осылайша, ерітіндіде жану әдісімен метаннан синтез газын алу үшін 600–900°C температура аралығында газдардың келесі қоспасы

CH₄:O₂:Ar=2:1:3 және 4500 сағ⁻¹ көлемдік жылдамдықта катализаторлардың белсенділігі зерттелді. МПТ әдісімен метаннан синтез-газ алу үшін ең белсенді 20%Co-5%Mn-5%Mg-20%Al/карбамид катализаторы анықталды. T=900°C-та, W=4500 сағ⁻¹ көлемдік жылдамдықта CH₄ конверсиясы 99,7 %, мақсатты өнімдердің жоғары шығымы H₂-94,1 % және CO-42,5 % қол жеткізуге мүмкіндік берді. Синтезделген катализаторлардың қасиеттері РФТ және БЭТ әдістерімен зерттелді. Жүргізілген физика-химиялық зерттеулердің нәтижесінде жай және күрделі құрамды оксидтердің, металл алюминаттарының және шпинель түріндегі құрылымның болатындығы зерттелді. Бұл қосылыстар метанның тотығу конверсиясы үрдісінде катализаторлардың белсенді жұмыс жасауына әсер ететіні анықталды.

REFERENCES

- Alvarez-Galvan C., Falcon H., Cascos V., Troncoso L., Perez-Ferreras S., Capel-Sanchez M., Fierro J.L.G., 2018 — *Alvarez-Galvan C., Falcon H., Cascos V., Troncoso L., Perez-Ferreras S., Capel-Sanchez M., Fierro J.L.G.* Cermets Ni/(Ce0.9Ln0.1O1.95) (Ln=Gd, La, Nd and Sm) prepared by solution combustion method as catalysts for hydrogen production by partial oxidation of methane, *Int J Hydrogen Energy*, – Madrid, 2018. –16834 p. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.04.025>.
- Dosumov K., Popova N.M., Umbetkaliev A.K., Brodskii A.R., Tungatarova S.A., Zheksenbaeva Z.T., 2012 — *Dosumov K., Popova N.M., Umbetkaliev A.K., Brodskii A.R., Tungatarova S.A., Zheksenbaeva Z.T.* IR Al₂O₃α+θ spectroscopic and thermal desorption studies of the interaction of the SO₂ + O₂ mixture with the 9%Ni-Cu-Cr/2%Ce/catalyst, *Russ J Phys Chem A*, 86:1609-1613. <http://dx.doi.org/10.1134/S003602441210007X>.
- Egawa C., 2018 — *Egawa C.* Methane dry reforming reaction on Ru(001) surfaces, *J Catal*, – Japan, 2018. –35 p. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2017.11.010>.
- Hassan H.E., Kaydouh M.N., Geagea H., Zein H.E., Jabbour K., Casale S., Zakhem H.E., Massiani P., 2016 — *Hassan H.E., Kaydouh M.N., Geagea H., Zein H.E., Jabbour K., Casale S., Zakhem H.E., Massiani P.* Low temperature dry reforming of methane on rhodium and cobalt based catalysts: Active phase stabilization by confinement in mesoporous SBA-15, *Appl Catal A*, –Paris, 2016. –114 p. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2016.04.014>.
- Holmen A., 2009 — *Holmen A.* Direct conversion of methane to fuels and chemicals, *Catalysis Today*, – Norway, 2009, – 2 p. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2009.01.004>.
- Lovell E.C., Horlyck J., Scott J., Amal R., 2017 — *Lovell E.C., Horlyck J., Scott J., Amal R.* Flame spray pyrolysis-designed silica/ceria-zirconia supports for the carbon dioxide reforming of methane, *Appl Catal A*, – Japan, 2017.– 47 p. <https://doi.org/10.1016/j.apcata.2017.08.002>.
- Lou Y., Steib M., Zhang Q., Tiefenbacher K., Horvóth A., Jentys A., Liu Y., Lercher J.A., 2017 — *Lou Y., Steib M., Zhang Q., Tiefenbacher K., Horvóth A., Jentys A., Liu Y., Lercher J.A.* Design of stable Ni/ZrO₂ catalysts for dry reforming of methane, *J Catal*, –Germany, 2017. 147 p. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2017.10.009>.
- Moral A., Reyero I., Llorca J., Bimbela F., Gandia L.M. (2019) — *Moral A., Reyero I., Llorca J., Bimbela F., Gandia L.M.* Partial oxidation of methane to syngas using Co/Mg and Co/Mg-Al oxide supported catalysts, *Catal Today*, – Spain, 2019. –259 p. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2018.04.003>.
- Novikov V., Xanthopoulou G., Knysh Y., Amosov A.P., 2017 — *Novikov V., Xanthopoulou G., Knysh Y., Amosov A.P.* Solution combustion synthesis of nanoscale Cu-Cr-O spinels: Mechanism, properties and catalytic activity in CO oxidation, *Ceram Int*, – Samara, 2017. – 11733 p. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.06.004>.
- Sarsenova R.O., Ilyassova O., Zhang X., Abdishaki K., Kassymbekova D.A., Zhangozhina E.N., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., 2020 — *Sarsenova R.O., Ilyassova O., Zhang X., Abdishaki K., Kassymbekova D.A., Zhangozhina E.N., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S.* Selective catalytic oxidation and steam oxygen conversion of methane into synthesis gas, *News of the*

National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology, – Almaty, 2020. – 96 p. <https://doi.org/10.32014/2020.2518-1491.49>.

Specchia S., Ercolino G., Karimi S., Italiano C., Vita A., 2017 — *Specchia S., Ercolino G., Karimi S., Italiano C., Vita A.* Solution combustion synthesis for preparation of structured catalysts: A mini-review on process intensification for energy applications and pollution control, *Int J Self-Propag High-Temp Synth*, – Italy, 2017, – 166 p. <https://doi.org/10.3103/S1061386217030062>.

Talashbayeva N., Kazhdembek B., Zhang X., Kaumenova G.N., Xanthopoulou G., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S., 2019 — *Talashbayeva N., Kazhdembek B., Zhang X., Kaumenova G.N., Xanthopoulou G., Tungatarova S.A., Baizhumanova T.S.* Catalytic conversion of methane into syngas and ethylene, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology*, – Almaty, 2019. – 6 p. <https://doi.org/10.32014/2019.2518-1491.22>.

Tungatarova S., Baizhumanova T., Zheksenbaeva Z., Zhumabek M., Kaumenova G., Aubakirov Y., Begimova G., 2019 — *Tungatarova S., Baizhumanova T., Zheksenbaeva Z., Zhumabek M., Kaumenova G., Aubakirov Y., Begimova G.* Nanosized composite Pt-Ru catalysts for production of modern modified fuels, *Chem Eng Technol*, – Almaty, 2019. – 918 p. <https://doi.org/10.1002/ceat.201800522>.

Tungatarova S.A., Dossunov K., Baizhumanova T.S., 2010 — *Tungatarova S.A., Dossunov K., Baizhumanova T.S.* Production of synthesis-gas on low-percentage Pt-, Ru- and Pt-Ru catalysts, *Top Catal*, – Almaty, 2010. – 1285 p. <http://dx.doi.org/10.1007/s11244-010-9584-7>.

Tungatarova S.A., Xanthopoulou G., Kaumenova G.N., Zhumabek M., Baizhumanova T.S., Grigorieva V.P., Komashko L.V., Begimova G.U., 2018 — *Tungatarova S.A., Xanthopoulou G., Kaumenova G.N., Zhumabek M., Baizhumanova T.S., Grigorieva V.P., Komashko L.V., Begimova G.U.* Development of composite materials by combustion synthesis method for catalytic reforming of methane to synthesis gas, *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology*, – Almaty, 2018. – 6 p. <https://doi.org/10.32014/2018.2518-1491.20>.

Wei Q., Gao X., Liu G., Yang R., Zhang H., Yang G., Tsubaki N., 2018 — *Wei Q., Gao X., Liu G., Yang R., Zhang H., Yang G., Tsubaki N.* Facile one-step synthesis of mesoporous NiMg-Al catalyst for syngas production using coupled methane reforming process, *Fuel*, – Japan, 2019. – 1 p. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2017.08.093>.

Zhao B., Yan B., Yao S., Xie Z., Wu Q., Ran R., Weng D., Zhang C., Chen J.G., 2018 — *Zhao B., Yan B., Yao S., Xie Z., Wu Q., Ran R., Weng D., Zhang C., Chen J.G.* LaFe_{0.9}Ni_{0.1}O₃ perovskite catalyst with enhanced activity and coke-resistance for dry reforming of ethane, *J Catal, China*, 2018. – 168 p. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2017.12.012>.

Xanthopoulou G.G., Knysh Y.A., Amosov A.P., 2015 — *Xanthopoulou G.G., Knysh Y.A., Amosov A.P.* SHS-produced catalysts for in-situ generation of syngas in combustion chambers of heat engines: A review, *Int J Self-Propag High-Temp Synth*, – Athens, 2019. – 56 p. <https://doi.org/10.3103/S1061386215020120>.

Xanthopoulou G., Thoda O., Roslyakov S., Steinman A., Kovalev D., Levashov E., Chronos A., 2018 — *Xanthopoulou G., Thoda O., Roslyakov S., Steinman A., Kovalev D., Levashov E., Chronos A.* Solution combustion synthesis of nano-catalysts with a hierarchical structure, *J Catal*, – Athens, 2019. – 112 p. <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2018.04.003>.

Xiao T., Hanif A., York A.P.E., Green M.L.H., 2009 — *Xiao T., Hanif A., York A.P.E., Green M.L.H.* Methane partial oxidation to synthesis gas over bimetallic cobalt/tungsten carbide catalysts and integration with a Mn substituted hexaaluminate combustion catalyst, *Catal Today*, – Ukraine, 2019. – 196 p. <https://doi.org/10.1016/j.cattod.2009.05.022>.

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

ISSN 2224-5227

Volume 2. Number 346 (2023), 180-193

<https://doi.org/10.32014/2023.2518-1483.219>

УДК 677.027.62

©**B.R. Taussarova, Zh.E. Shaikhova***, **S.O. Abilkasova, S.S. Yegeubayeva**,
G.J. Jamanbayeva, 2023

Almaty technological university, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: zh.shaikhova@mail.ru

MODIFICATION OF CELLULOSE TEXTILE MATERIALS WITH COPPER NANOPARTICLES, PRODUCTION AND PROPERTIES

Taussarova Bizhamal Raimovna — professor of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Doctor of Chemical Sciences, Almaty Technological University, 100 Tole bi str., Almaty, Kazakhstan

E-mail: birtausarova@mail.ru. Orcid ID 0000-0002-2718-2102;

Shaikhova Zhanat Yerezhinovna — Lecturer of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Master's degree, Almaty Technological University, 100 Tole bi str., Almaty, Kazakhstan

E-mail: zh.shaikhova@mail.ru. Orcid ID 0000-0002-5909-4182;

Abilkasova Sandugash Orynbayevna — Senior lecturer of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Candidate of Technical Sciences, Almaty Technological University, 100 Tole bi str., Almaty, Kazakhstan

E-mail: sandy_ao@mail.ru. Orcid ID 000-0001-8322-4592;

Jamanbayeva Gaukhar Zhanbolatovna — Lecturer of the Department of Chemistry, Chemical Technology and Ecology, Almaty Technological University, 100 Tole bi str., Almaty, Kazakhstan

E-mail: g.jamanbayeva@gmail.com. Orcid ID 0000-0002-4993-5697;

Yegeubayeva Salamat Sabitovna — PhD Doctor of Chemical Sciences, Almaty Technological University, 100 Tole bi str., Almaty, Kazakhstan

E-mail: salamat.egeubaeva@mail.ru. Orcid ID 0000-0001-8170-5667.

Abstract. Modern advances in nanotechnology open up new opportunities for the development of fundamentally new technological processes for obtaining nanoscale antibacterial materials. The main promising direction of expanding the range and improving the properties of textile materials of different composition is the modification of existing fibers and finished textile materials in order to give them new properties. This article presents data on the development of cellulose textile materials with antimicrobial properties using copper nanoparticles. The synthesis of copper nanoparticles was carried out by reducing copper sulfate in aqueous medium in the presence of ascorbic acid reducing agent, the optimal conditions for the synthesis were selected. The effect of copper concentration, reducing agent, stabilizer on the synthesis of copper nanoparticles was investigated. The resulting nanoparticles are stable, spherical in shape, 20-65nm in diameter, not subject to sedimentation and do not change color for up to 3-4 weeks. Electron microscopic images confirm the appearance of a thin polymer film on the surface

of cellulose fibers and indicate a change in the morphological surface of treated samples compared with untreated samples. The physicochemical and antibacterial properties of cellulose materials modified with copper nanoparticles were studied. To find out the effectiveness of antimicrobial treatment for textile products, microbiological studies to the effects of microorganisms were carried out. With increasing concentration of nanoparticles in the treated samples, the zone of inhibition by microorganisms increases. Cellulose materials modified with copper nanoparticles were shown to have antibacterial activity.

Keywords: cellulose textile materials, modification, copper nanoparticles, ascorbic acid, polyethylene glycol, antimicrobial properties

© **Б.Р. Таусарова, Ж.Е. Шаихова*, С.О. Абилкасова, Г.Ж. Джаманбаева, С.С. Егеубаева, 2023**

Алматы технологиялық университеті.

E-mail: zh.shaikhova@mail.ru@mail.ru

МЫС НАНОБӨЛШЕКТЕРІ БАР ЦЕЛЛЮЛОЗДЫ ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРЫН МОДИФИКАЦИЯЛАУ, ҚАСИЕТТЕРІ МЕН АЛЫНУЫ

Таусарова Бижамал Раимовна — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, т.ғ.докторы, профессор Алматы технологиялық университеті, Төле би көш. 100, Алматы, Қазақстан

E-mail: birtausarova@mail.ru. Orcid ID 000-0001-8322-4592;

Шаихова Жанат Ережиновна — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының лекторы, т.ғ.магистрі, Алматы технологиялық университеті, ул. Төле би. 100, Алматы, Қазақстан

E-mail zh.shaikhova@mail.ru. Orcid ID 0000-0002-5909-4182;

Абилкасова Сандұғаш Орынбаевна — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, т.ғ.к., Алматы технологиялық университеті, Төле би көш. 100, Алматы, Қазақстан

E-mail: sandy_ao@mail.ru. Orcid ID 000-0001-8322-4592;

Джаманбаева Гаухар Жанболатовна — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының лекторы, Алматы технологиялық университеті, Төле би көш. 100, Алматы, Қазақстан

E-mail: g.jamanbayeva@gmail.com. Orcid ID 0000-0002-4993-5697;

Егеубаева Саламат Сабитовна — «Химия, химиялық технология және экология» кафедрасының сениор-лекторы, PhD докторы, Алматы технологиялық университеті, ул. Төле би. 100, Алматы, Қазақстан

E-mail: salamat.egeubaeva@mail.ru. Orcid ID 0000-0001-8170-5667.

Аннотация. Нанотехнология саласындағы заманауи жетістіктер наноөлшемді бактерияға қарсы материалдарды алудың принципті жаңа технологиялық процестерін дамыту үшін жаңа мүмкіндіктер ашады. Құрамы әртүрлі тоқыма материалдарының ассортиментін кеңейтудің және қасиеттерін жақсартудың негізгі даму бағыты қолданыстағы талшықтар мен

дайын тоқыма материалдарына жаңа қасиеттер беру үшін модификациялау болып табылады. Мақалада мыс нанобөлшектерін пайдалана отырып, микробқа қарсы қасиеттері бар целлюлозды тоқыма материалдарын жасау туралы деректер берілген. Мыс нанобөлшектерінің синтезі аскорбин қышқылын тотықсыздандыратын заттың қатысуымен сулы ортада мыс сульфатын тотықсыздандыру арқылы жүзеге асырылды, синтездің оңтайлы шарттары таңдалды. Мыстың, тотықсыздандырғыштың және тұрақтандырғыштың концентрациясының мыс нанобөлшектерінің синтезіне әсері зерттелді. Алынған нанобөлшектер тұрақты, сфералық пішінді, диаметрі 20–65 нм, тұнбаға ұшырамайды және 3–4 аптаға дейін түсін өзгертпейді. Электрондық микроскопиялық суреттер целлюлоза талшығының бетінде жұқа полимерлі қабықтың пайда болуын растайды және өңделмеген үлгілермен салыстырғанда өңделген үлгілердің морфологиялық бетінің өзгеруін көрсетеді. Мыстың нанобөлшектерімен модификацияланған целлюлоза материалдарының физика-химиялық және бактерияға қарсы қасиеттері зерттелді. Тоқыма бұйымдарының микробқа қарсы емдеудің тиімділігін анықтау үшін микроорганизмдердің әсеріне микробиологиялық зерттеулер жүргізілді. Өңделген үлгілердегі нанобөлшектердің концентрациясының жоғарылауымен микроорганизмдердің тежелу аймағы ұлғаяды. Мыс нанобөлшектерімен модификацияланған целлюлозды материалдардың бактерияға қарсы белсенділігі бар екені дәлелденді.

Түйін сөздер: целлюлоза тоқыма материалдары, модификациясы, мыс нанобөлшектері, аскорбин қышқылы, полиэтиленгликоль, микробқа қарсы қасиеттері

© **Б.Р. Таусарова***, **Ж.Е. Шаихова**, **С.О. Абилкасова**, **Г.Ж. Джаманбаева**,
С.С. Егеубаева, 2023

Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

E-mail: zh.shaikhova@mail.ru

МОДИФИКАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ, ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА

Таусарова Бижамал Раимовна — профессор кафедры «Химия, химическая технология и экология», д.х.н., Алматинский технологический университет, ул. Толе би. 100, Алматы, Казахстан

E-mail: birtausarova@mail.ru. Orcid ID 0000-0002-2718-2102;

Шаихова Жанат Ережиновна — лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», магистр т.н., Алматинский технологический университет, ул. Толе би. 100, Алматы, Казахстан

E-mail zh.shaikhova@mail.ru. Orcid ID 0000-0002-5909-4182;

Абилкасова Сандугаш Орынбаевна — senior-лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», к.т.н., Алматинский технологический университет, ул. Толе би. 100, Алматы, Казахстан

E-mail: sandy_ao@mail.ru. Orcid ID 000-0001-8322-4592;

Джаманбаева Гаухар Жанболатовна — лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», Алматинский технологический университет, ул. Толе би. 100, Алматы, Казахстан
E-mail: g.jamanbayeva@gmail.com. Orcid ID 0000-0002-4993-5697;

Егеубаева Саламат Сабитовна — сениор-лектор кафедры «Химия, химическая технология и экология», доктор PhD, Алматинский технологический университет, ул. Толе би. 100, Алматы, Казахстан

E-mail: salamat.egeubaeva@mail.ru. Orcid ID 0000-0001-8170-5667.

Аннотация. Современные достижения в области нанотехнологии открывают новые возможности для разработки принципиально новых технологических процессов получения наноразмерных антибактериальных материалов. Основным перспективным направлением расширения ассортимента и улучшения свойств текстильных материалов различного состава является модификация уже существующих волокон и готовых текстильных материалов с целью придания им новых свойств. В статье представлены данные по разработке целлюлозных текстильных материалов с антимикробными свойствами с применением наночастиц меди. Синтез наночастиц меди осуществляли путем восстановления сульфата меди в водной среде в присутствии восстановителя аскорбиновой кислоты, подобраны оптимальные условия синтеза. Исследовано влияние концентрации меди, восстановителя, стабилизатора на синтез наночастиц меди. Образующиеся наночастицы стабильны, имеют сферическую форму, диаметром 20–65 нм, не подвержены седиментации и не меняют цвет до 3–4 недель. Электронно-микроскопические изображения подтверждают появление тонкой полимерной пленки на поверхности целлюлозного волокна и указывают на изменение морфологической поверхности обработанных образцов по сравнению с необработанными образцами. Были изучены физико-химические и антибактериальные свойства целлюлозных материалов, модифицированных наночастицами меди. Для выяснения эффективности антимикробной обработки для текстильных изделий были проведены микробиологические исследования к воздействию микроорганизмов. С увеличением концентрации наночастиц в обработанных образцах зона ингибирования микроорганизмами возрастает. Показано, что целлюлозные материалы, модифицированные наночастицами меди, обладают антибактериальной активностью.

Ключевые слова: целлюлозные текстильные материалы, модификация, наночастицы меди, аскорбиновая кислота, полиэтиленгликоль, антимикробные свойства

Introduction

Textiles are one of the most widely used materials in industry and households. Recently, much attention has been paid to surface modification of textiles to give a wide range of new high-quality materials with specified properties. One of the leading positions in this direction is taken by antimicrobial finishing of textile materials (Agrawal, 2020; Wasim, 2020; Gulati, 2021). Consumer demand

for clothing and textile products with improved hygienic properties increases every year. Textile materials with antimicrobial properties are used to make clothing, linen, dressings, sanitary and hygienic products, and are effective as protective agents against infections. When developing new antimicrobial agents it is necessary to consider a number of criteria: the drug should be effective against a wide range of bacteria and fungi, and at the same time be non-toxic to the body, not to cause allergies or irritation. Copper nanoparticles are currently of considerable interest and can replace more expensive noble metals in nanoform. This is because these particles have a unique set of valuable properties. One of them is a pronounced biological antimicrobial activity due to which copper nanoparticles can be used in ecological and medical purposes, in food packing and textile material production (Vincent, 2017; Review Article Copper, 2015; Nieto-Maldonado, 2022; Burkitbay, 2014). The unique properties of medical textiles and a huge number of potential applications encourage many scientists, research groups and centers around the world to focus their work on more efficient and safe ways to produce textile materials and products modified with copper nanoparticles. Cellulose textile materials with antibacterial properties modified with copper nanoparticles have been developed (Tausarova, 2017; Taycapova, 2018; Román, 2020; Turakhia, 2020; Hassabo, 2019).

Modification of textile materials with environmentally safe compounds such as copper nanoparticles to give them effective biocidal properties for medical and sanitary-hygienic products, dressings, fabrics and textiles, various types of packaging materials and containers, is a relevant area.

Purpose of work: synthesis of copper nanoparticles in the presence of polyethylene glycol, determination of optimal synthesis conditions, imparting antibacterial properties to cellulose materials due to fixation of copper NFs on the surface of fibers.

Experimental part

Synthesis of copper nanoparticles was performed by recovering an aqueous solution of copper sulfate. As a stabilizer, ascorbic acid and polyethylene glycol were used as stabilizers. The structure and size of the product largely depend on the reaction conditions of the copper sulfate concentration.

Research facilities: JSC "Almaty Cotton Plant" fabric and chemical compounds producer, copper sulfate, ascorbic acid, polyethylene glycol (PEG).

Copper (II) sulphate — colorless, very hygroscopic in the form of anhydrous substance. Crystalloglyphates are hygroscopic non-transparent crystals of blue color with a bitter taste. Copper (II) sulfate is easily soluble in water, disinfectant, antiseptic, has viscosity, density 3,64 g / cm³. It is used in medicine, plant growing as an antiseptic, fungicide or copper-sulfur fertilizer.

Ascorbic acid - white crystals with a sharp sour taste. The melting point of ascorbic acid is 192 degrees Celsius (under normal conditions). Ascorbic acid is solid. Although this ester does not dissolve in organic solvents such as chloroform or benzene, it does not dissolve easily in water or alcohol. It is easily oxidized and therefore participates in oxidative-regenerative processes.

Polyethylene glycol — viscous, gel-like synthetic substance obtained by ethyleneoxide polymerization. Density - 1,1–1,2g / cm³. The main properties of polyethylene glycol are increased solubility of substances.

Research methods

Synthesis of copper nanoparticles composites was performed by recovering copper sulphate in an aqueous solution in the presence of ascorbic acid. Synthesis of copper nanoparticles was performed by recovering an aqueous solution of copper sulfate. Ascorbic acid was used as a regenerating agent. The structure and size of the product largely depend on the reaction conditions of the copper sulfate concentration. Copper nanoparticles of various sizes are obtained by increasing the reaction time.

The nanoparticles were synthesized in accordance with the following procedure: equivalent to 100 ml of aqueous solution of copper (II) sulfate (C = 0.1–0.3 mol / l), an equal volume of ascorbic acid (0.1–0.4 mol / l), I added 10 % sodium hydroxide to a specific pH of 8–11. An additional polyethylene glycol (0.1–0.3 mol / l) was added as a stabilizer.

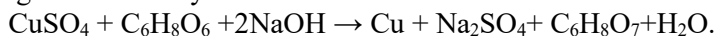
Spectrophotometric research. The interaction of the composition with the macromolecule of the cellulose was studied by the spectrophotometric method (JENWAY).

Microscopic studies were performed using electron scanning microscopy (JSM-6510LA).

Microbiological research. Passed through a bacteriological analyzer (BakTrak4300), which automatically tracks the growth of microorganisms.

Results and discussion

The synthesis of copper nanoparticles was performed by reducing an aqueous solution of copper sulfate. Ascorbic acid was used as a reducing agent and polyethylene glycol as a stabilizer. Ascorbic acid, unlike the most commonly used for copper reduction, is safe for humans, and the proposed process corresponds to the concept of "green chemistry."



Chemical reduction is a multifactorial process and depends on the selection of the oxidizer-reductant pair, their concentrations and conditions of the process. To determine the optimal concentrations of the initial components a series of experiments were carried out (Table 1).

Table 1 - Initial concentration

No	Initial substance concentration, mol / l		
	CuSO ₄	PEG	C ₆ H ₈ O ₆
1	0.3	0.05	0.05
2	0.3	0.1	0.1
3	0.3	0.2	0.3
4	0.05	0.05	0.1
5	0.1	0.1	0.1
6	0.3	0.2	0.1
7	0.1	0.3	0.2
8	0.3	0.2	0.4

When studying the effect of initial CuSO_4 solution concentration in the range of 0.05–0.3 mol/L, the absorption maximum increases at 525 nm (Fig. 1). The color of the solution changes from pale yellow to saturated green.

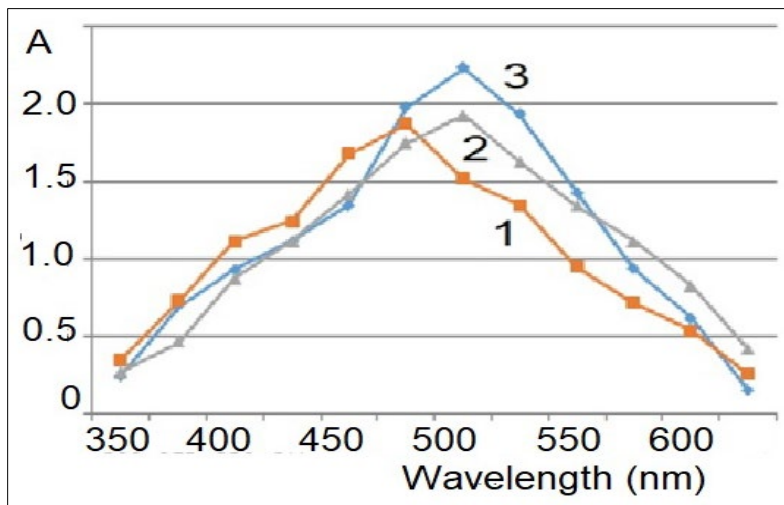


Figure 1- Influence of copper sulfate concentration on optical absorption spectra of copper 1 - 0.05 mol / l; 2 - 0.1 mol / l; 3- 0.3 mol / l

As can be seen from Fig. 2 with increasing ascorbic acid concentration in the range of 0.1–0.3 mol/l, there is an increase in the intensity in the absorption band maximum at 575 nm. The ascorbic acid concentration of 0.3 mol/L was chosen as optimal. When using concentrations greater than 0.3 mol/l, a brown precipitate falls out, which contains metallic particles with an average size of about 470 nm.

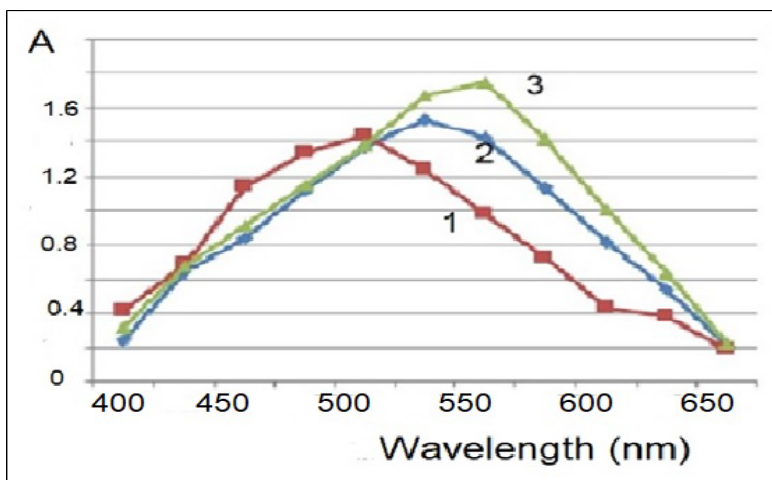


Figure 2- Influence of copper sulfate concentration on optical absorption spectra of copper. 1 - 0.1 mol /l; 2 - 0.2 mol /l; 3- 0.3 mol /l

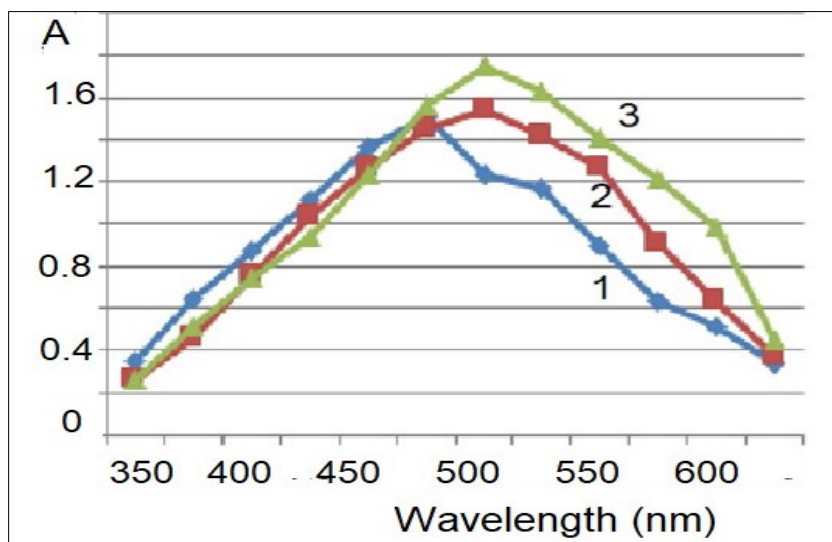


Figure 3 - Effect of polyethylene glycol concentration on the optical absorption spectra of copper: 1-0.1 mol /l; 2-0.2 mol /l; 3-0.3 mol /l

Известно, что изменение значений pH может контролировать форму и размер НЧ. Количество образующихся наночастиц возрастает с увеличением pH (рис. 4).

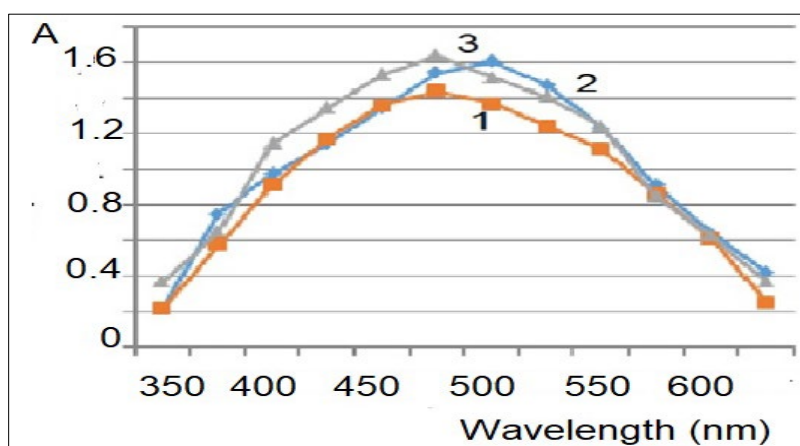
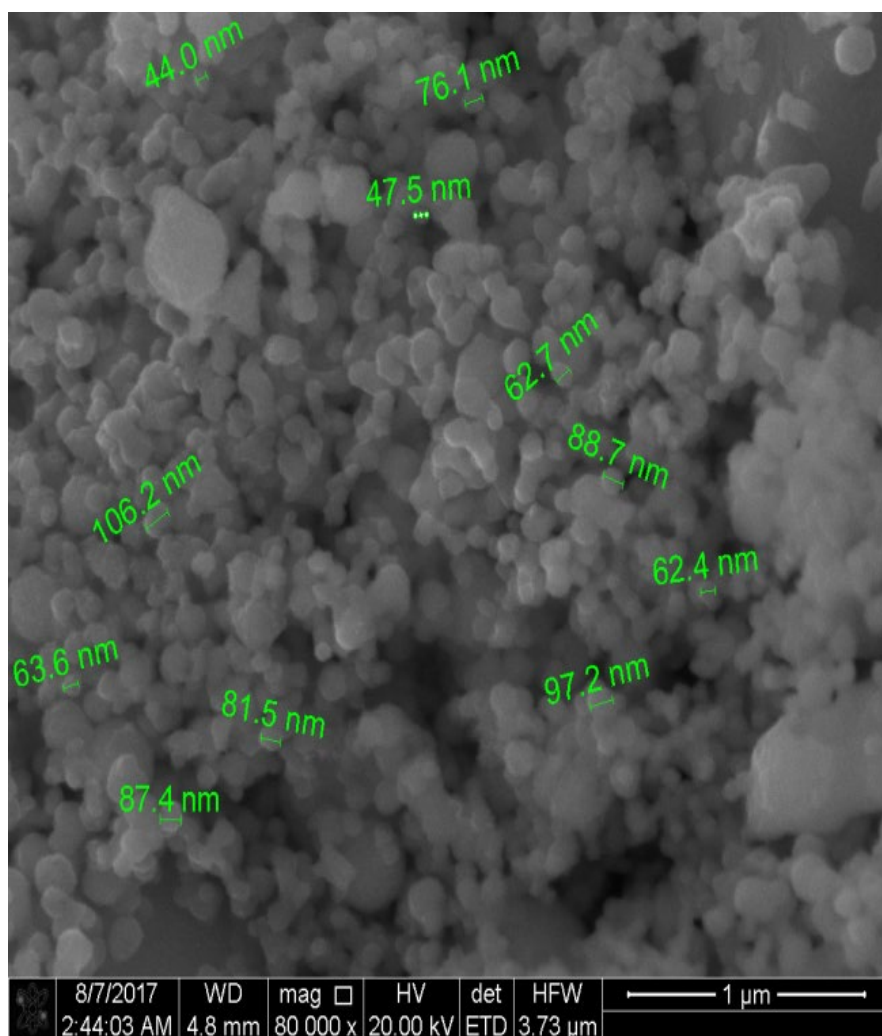


Figure 4 - The effect of pH on the optical absorption spectra of copper pH 1 = 5-6; pH 2 = 7-8; pH 3 = 8-9. C (CuSO₄) = 0.1 M; C (C₆H₈O₆) = 0.1 M

In order to measure the size of nano-particles and study their aggregative stability, electron scanning microscopy was carried out. The study of the presented samples (Fig. 5a) showed that copper particles ranging in size from 44–97 nm were formed, increasing the initial concentration of CuSO_4 leads to an increase in the size of nanoparticles up to 1.58 μm (Fig. 5b).



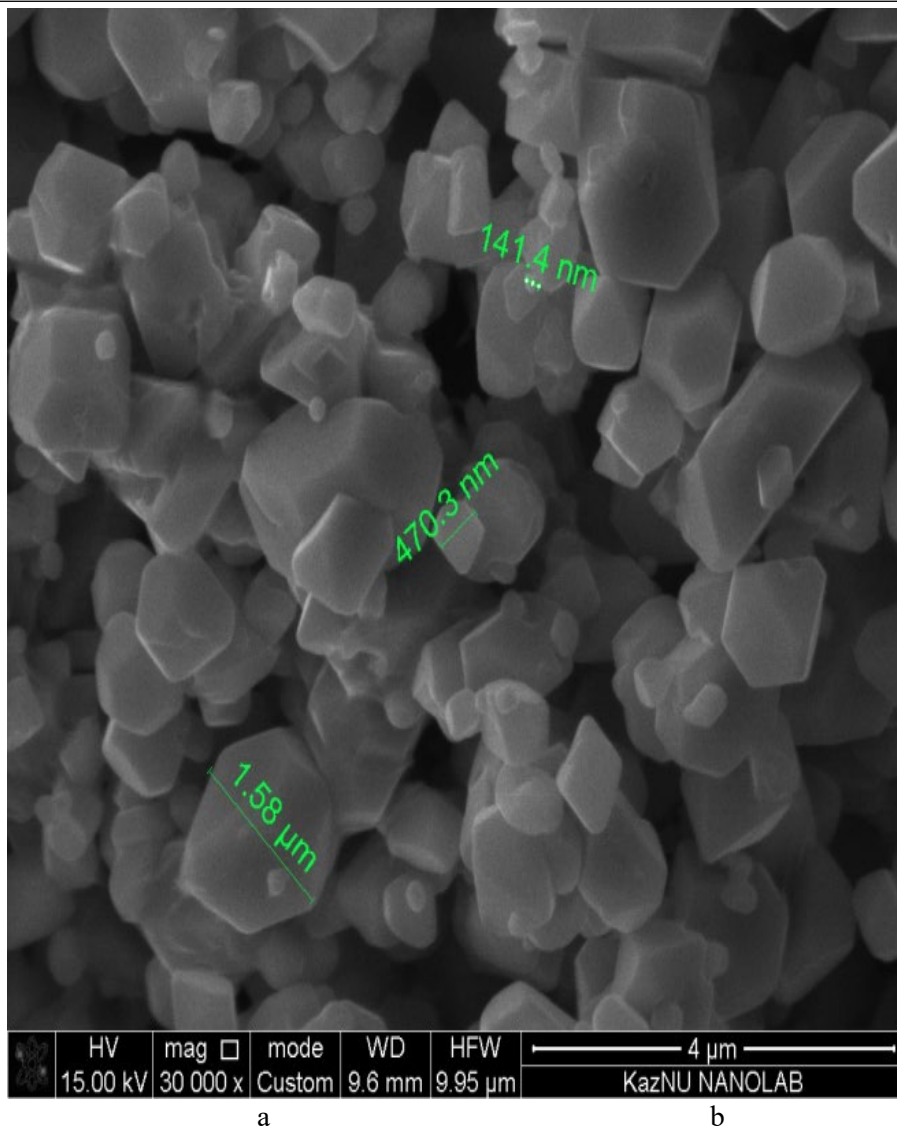
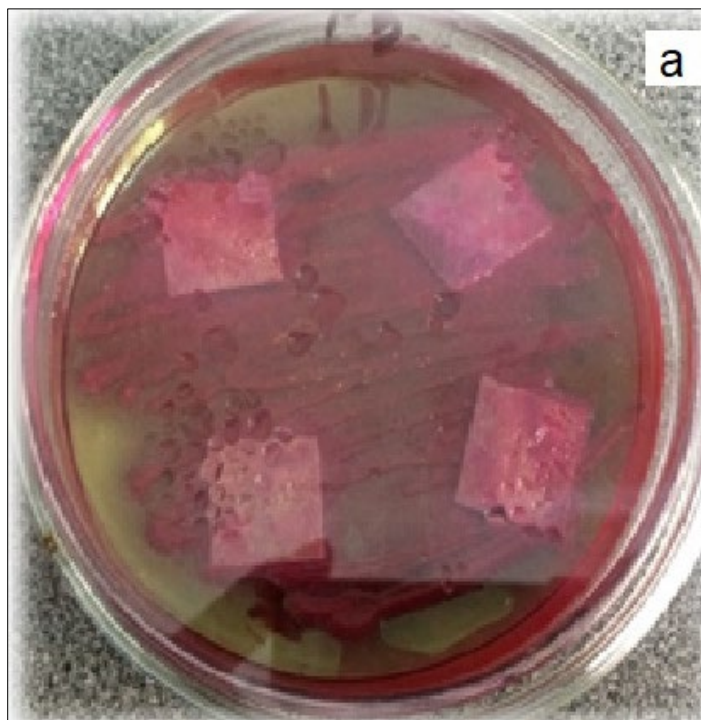


Figure 5. Copper nanoparticles with electron scanning microscopy (ESM),
 C_{CuSO_4} - 0.05 mol/l (a), C_{CuSO_4} - 0.3 mol/l (b)

To find out the effectiveness of anti-microbial finishes for textiles, microbiological studies to the effects of bacteria and the mold fungus *Penicillium brevi* were conducted (fig.6). The diameter of the inhibition zone reflects the magnitude of microbial susceptibility.



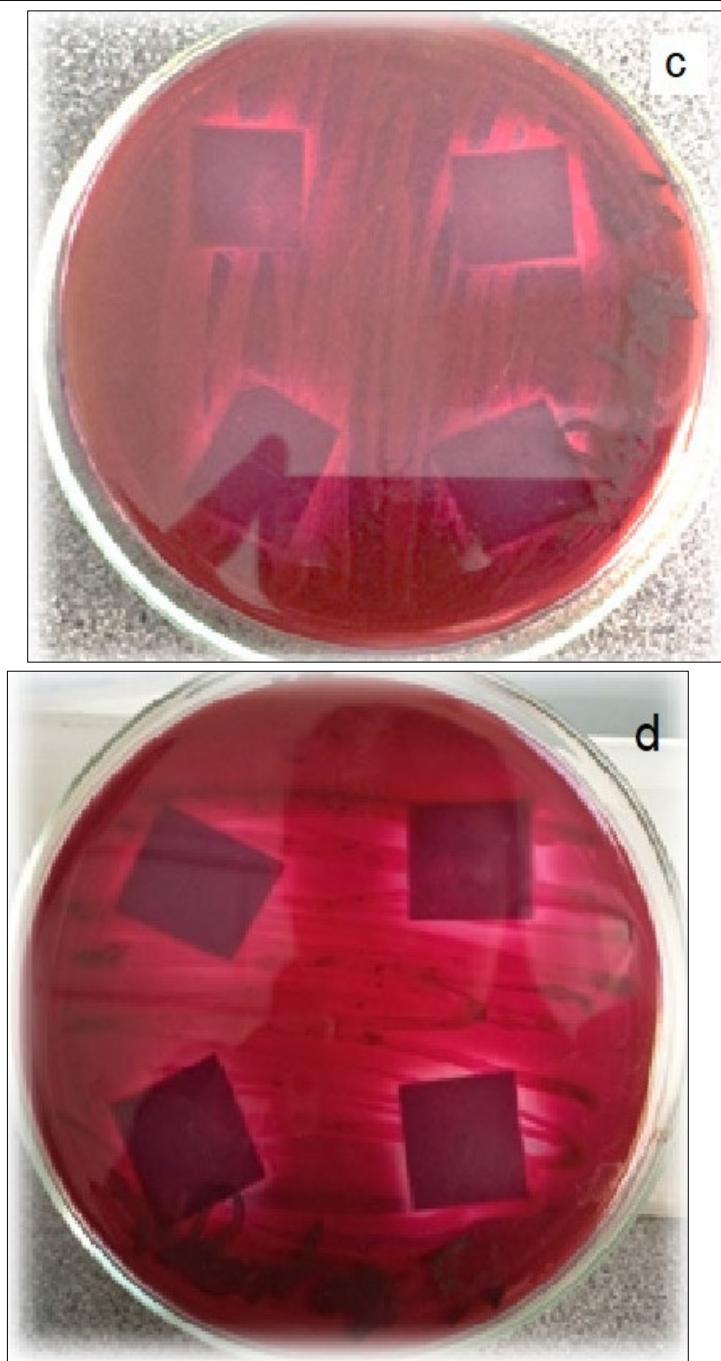


Figure 6 - Growth of *Pennicillium brevi* mushrooms in cotton specimens : unprocessed sample (a) sample treated with copper nanoparticles of different concentrations b-0.1 mol / l ; c - 0.3 mol / l; d -0.4 mol / l;

These figures show an increase in the microbiological organisms in the processed specimens (fig.6,b,c,d) and a decrease in the unprocessed one (fig.6,a). Как видно с увеличением концентрации наночастиц в обработанных образцах зона ингибирования плесневых грибов *Penicillium brevi* возрастает.

Conclusion

Optimal conditions for the synthesis of copper nanoparticles and cellulose processing were developed. A composition based on ascorbic acid and copper sulphate for antimicrobial processing of cotton was developed.

The effect of the concentration of copper, reducing agent, stabilizer on the synthesis of copper nanoparticles was investigated.

It was found that the treatment with the selected composition gives antimicrobial properties of the treated fabric, improves the indicators of physical and mechanical characteristics.

REFERENCES

- Agrawal N., Low P.S., Tan J.S.J., Fong E.W.M., Lai Y., Chen Z., 2020 — *Agrawal N., Low P.S., Tan J.S.J., Fong E.W.M., Lai Y., Chen Z.* Durable easy-cleaning and antibacterial cotton fabrics using fluorine-free silane coupling agents and CuO nanoparticles. *Nano Materials Science*. Pp. 281–291. <https://doi.org/10.1016/j.nanoms.2019.09.004>.
- Wasim M., Khan M.R., Mushtaq M., Naeem A., Han M., Wei Q., 2020 — *Wasim M., Khan M.R., Mushtaq M., Naeem A., Han M., Wei Q.* Article Surface Modification of Bacterial Cellulose by Copper and Zinc Oxide Sputter Coating for UV-Resistance/Antistatic/Antibacterial Characteristics. *Coatings*. V.10. Pp. 364–375. <https://doi.org/10.3390/coatings10040364>.
- Gulati R., Sharma S. & Sharma R.K., 2021 — *Gulati R., Sharma S. & Sharma R.K.* Antimicrobial textile: recent developments and functional perspective. *Polym. Bull.* <https://doi.org/10.1007/s00289-021-03826-3>
- Vincent M., Duval R.E., Hartemann P., Engels-Deutsch M., 2017 — *Journal of Applied Microbiology*, 2017. V. 124. P. 1032. <https://doi.org/10.1111/jam.13681>.
- Review Article Copper: Synthesis Techniques in Nanoscale and Powerful Application as an Antimicrobial Agen. *Journal of Nanomaterials*. 2015. <http://dx.doi.org/10.1155/2015/415238>.
- A., Bustos-Guadarrama S., Espinoza-Gomez H., Flores-López L. Z., Ramirez-Acosta K., Alonso-Nuñez G., Cadena-Nava R.C., 2022 — *A., Bustos-Guadarrama S., Espinoza-Gomez H., Flores-López L. Z., Ramirez-Acosta K., Alonso-Nuñez G., Cadena-Nava R.C.* Green synthesis of copper nanoparticles using different plant extracts and their antibacterial activity. *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2022. V.10. <https://doi.org/10.1016/j.jece.107130>.
- Burkitbay A., Taussarova B.R., Kutzhanova A.Z., Rakhimova S.M., 2014 — *Burkitbay A., Taussarova B.R., Kutzhanova A.Z., Rakhimova S.M.* Development of a Polymeric Composition for Antimicrobial Finish of Cotton Fabrics. *Fibers & Textiles in Eastern Europe*. V. 22. №. 2(104). Pp. 96–101.
- Tausarova B.R. Shaikhova Zh.E., 2017 — *Tausarova B.R. Shaikhova Zh.E.* Antibacterial Characteristics of Cellulose Materials Modified with Copper Nanoparticles. *Fibre Chemistry*.. V 49. №. 1. Pp.36–39. [10.1007/s10692-017-9837-3](https://doi.org/10.1007/s10692-017-9837-3).
- Таусарова Б.Р., Рахимова С.М., 2018. — *Таусарова Б.Р., Рахимова С.М.* Целлюлозные материалы с антибактериальными свойствами модифицированные наночастицами меди. *Химия растительного сырья*. №1. Pp. 163–169.
- Román L.E., Gomez E.D., Solís J.L., Gómez M.M., 2020 — *Román L.E., Gomez E.D., Solís J.L., Gómez M.M.* Antibacterial Cotton Fabric Functionalized with Copper Oxide Nanoparticles. *Molecules*, 25, 5802; <https://doi.org/10.3390/molecules25>.

Turakhia B., Divakara M.B., Santosh M.S. *et al.*, 2020 — *Turakhia B., Divakara M.B., Santosh M.S. et al.* Green synthesis of copper oxide nanoparticles: a promising approach in the development of antibacterial textiles *J Coat Technol Res.*17. Pp. 531–540. <https://doi.org/10.1007/s11998-019-00303-5>.

Hassabo A.G., El-Naggar M.E., Mohamed A.L., Hebeish A.A., 2019 — *Hassabo A.G., El-Naggar M.E., Mohamed A.L., Hebeish A.A.* Development of multifunctional modified cotton fabric with tri-component nanoparticles of silver, copper and zinc oxide. *Carbohydrate Polymers.* 210. Pp.144–156. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2019.01.066>.

**10 июня исполнилось 75 лет
академику НАН РК
Буктукову Николаю Садвакасовичу**

Буктуков Николай Садвакасович — академик Национальной академии наук Республики Казахстан при Президенте Республики Казахстан, известный ученый-горняк, Заслуженный изобретатель Республики Казахстан, Почетный горняк Республики Казахстан, Лауреат премий имени академика АН СССР К.И. Сатпаева; имени А. Байтурсынова; имени академика АН КазССР Ш. Есенова, академик Евразийской академии горных наук, Казахстанской академии естественных наук, Национальной академии горных наук, доктор технических наук, профессор, директор Филиала «РГП НЦ КПМС РК» «Институт горного дела им. Д.А. Кунаева».

Буктуков Н.С. в 1971 году с отличием окончил горный факультет Казахского политехнического института по специальности «Технология и комплексная механизация открытой разработки месторождений полезных ископаемых». В 1976 г. защитил диссертацию по вопросам взаимосвязи экономики, горного производства и обогащения руд на соискание ученой степени кандидата технических наук, а в 1986 г. — диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук по проблеме формирования качества углей в потоке и его влияние на технико-экономическую эффективность топливно-энергетического комплекса.

Буктуков Н.С. — специалист, о котором говорят: прошел все ступени профессионального роста. С 1972 г. работал в Институте горного дела Академии Наук, где прошел весь путь от старшего инженера до заведующего лабораторией. С 1994 г. начальник отдела маркетинга и патентно-лицензионной работы президиума Национальной Академии наук РК, 1995 г. — заместитель президента Национальной Академии наук РК по вопросам инновационной деятельности и реализации научно-технических разработок. С ноября 2001 г. — заместитель директора Института горного дела им. Д.А. Кунаева по экономике и коммерциализации науки, с ноября 2002 г. по декабрь 2003 г. — академик-секретарь Отделения наук о Земле Национальной Академии наук Республики Казахстан. В 2004 — 2006 гг. — заместитель генерального директора РГП «Центр химико-технологических исследований» МОН РК, Советник ректора КазНТУ им. К.И. Сатпаева по инновационной деятельности, параллельно – зав. отделом физико-технических проблем комплексного освоения недр ИГД им. Д.А. Кунаева. С 2010 г. и по настоящее время Буктуков Н.С. — директор Института горного дела им. Д.А. Кунаева.

Академиком НАН РК Буктуковым Н.С. решены крупные научные проблемы:

– разработаны технологии и обоснованы рациональные параметры селективной отработки сложноструктурных месторождений открытым способом;

– созданы новые технологии открытой и комбинированной разработки угольных и рудных месторождений, рациональные способы и научно-технические решения по концентрации горного производства, разработаны рациональные схемы вскрытия глубоких горизонтов карьеров и циклично-поточные и поточные технологии ведения горных работ;

– разработаны теория и технология динамического формирования однородности качества минерального сырья в непрерывном потоке;

– разработан метод определения бортового содержания металла, учитывающий экономические реалии, среднее содержания металла в руде и его колебаний, а также влияния на последующий передел;

– созданы нетрадиционные энергосберегающие способы добычи и транспортировки высоковязких и парафинированных углеводородов; созданы способы снижения вязкости высокопарафинистых нефтей и битумов, решены задачи минимизации затрат на подготовку нефти к добыче и транспортировке;

– разработаны ветроэлектростанции эффективностью выше традиционных более чем в 2 раза и солнечные батареи нового поколения с эффективностью 45–60 % вместо 18–20 %, при этом стоимость электроэнергии впервые в мире не превышает стоимости энергии от сетей.

В составе группы из трех человек Буктуков Н.С. создал научно-технические разработки, реализация которых при строительстве угольного предприятия "Восточный" позволила снизить капитальные вложения практически на 10 млн. долларов США, а эксплуатационные затраты были снижены на 1,5 млн. долларов в год.

В качестве консультанта принимал участие в решении вопросов вывода промышленных предприятий на безубыточный уровень, включая: АО "Иртышский химико-металлургический завод", АО "Институт Казгипроцветмет", АО "Целинэнергобанк", АО "Иртышский Полиметаллический комбинат" и других. Будучи экспертом Госплана СССР, проводил технико-экономическую и экологическую экспертизу предприятий горно-металлургического комплекса. В качестве эксперта Министерства экологии и биоресурсов Казахстана проводил экологическую экспертизу топливно-энергетического комплекса.

Незаурядный и творческий подход к решению поставленных задач обеспечили успех не только этих проектов, но и многих других, в которых участвовал и проявил себя как высококвалифицированный специалист Николай Садвакасович. Разработал Положение о вводе объектов интеллектуальной собственности в экономический оборот в соответствии с международной практикой и в поле действующего законодательства РК. Принимал активное участие в разработке различных государственных программ, включая: Программу формирования и развития национальной инновационной системы; План мероприятий по реализации программы по формированию и развитию национальной инновационной системы РК на

2005–2015 годы; План мероприятий по реализации Стратегии индустриально-инновационного развития РК на 2003–2015 годы; приняты предложения в «Закон о науке», Закон «О государственной поддержке инновационной деятельности», а также предложения по улучшению работы Национального инновационного фонда.

Академик Буктуков Н.С. проводит работы по проблемам, связанным с развитием экономики в условиях рынка, руководит разработкой конструкторских чертежей и изготовлением экспериментальных и промышленных образцов новой техники для горной промышленности, альтернативной энергетики, сельского хозяйства, занимается вводом в экономический оборот научно-технических разработок, защищенных патентами Республики Казахстан и других стран, составление бизнес-планов, маркетинговые исследования.

Буктуковым Н.С. особое внимание уделяется вопросам инновационного развития. Опубликовано первая в Казахстане монография, содержащая механизмы реализации индустриально-инновационной стратегии развития экономики. С 1995 г. он выступает в печати с предложениями по переходу на инновационный путь развития экономики.

Академиком Буктуковым Н.С. опубликовано более 250 научных трудов, в т.ч. 6 монографий, более 70 изобретений, защищенных патентами Германии, Японии, Южной Кореи, Канады, Китая, Казахстана, Европейскими и Евразийскими патентами. Под научным руководством Н.С. Буктукова подготовлено 5 докторов и 9 кандидатов наук.

Многогранная и плодотворная научно-педагогическая и инженерная деятельность Буктукова Н.С. получила высокую оценку. Он заслуженно награжден многими наградами государственных ведомств и общественных организаций.

Уважаемый Николай Садвакасович, уверены, что, как и прежде, Вы настроены на новые дерзновенные планы и высокие цели, что многолетний богатый опыт, самоотверженный труд, ответственность и профессионализм позволят Вам и дальше успешно решать стоящие перед горно-металлургической отраслью задачи.

Поздравляя Вас с юбилеем, от всей души желаем Вам крепкого здоровья, неиссякаемой энергии, долгих лет жизни, благополучия, семейного счастья, процветания, новых успехов и научных свершений, воплощения самых амбициозных проектов на благо Казахстана!

**Коллектив Филиала РГП «НЦ КПМС РК» КИР МИИР РК
«Институт горного дела им. Д.А. Кунаева»**

МАЗМҰНЫ

ФИЗИКА

- А.А. Жадыранова**
КОСМОЛОГИЯДА РҮТНОН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ЖАСАҚТАМАСЫН ҚОЛДАНУ.....5
- К. Келесбаев, Ш. Раманкулов, М. Нуризинова, А. Паттаев, Н. Мұсахан**
STEM ЖОБАЛЫҚ ОҚЫТУДЫҢ БОЛАШАҚ ФИЗИКА МАМАНДАРЫН ДАЯРЛАУДАҒЫ
ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....19
- А.Н. Қарымбай, Н.А. Сандибаева, С.Т. Тоқтауғалиева**
ОРТА МЕКТЕП ФИЗИКА КУРСЫНДА ОҚЫТУДА КҮРДЕЛІЛІК ДӘРЕЖЕСІ ӘРТҮРЛІ
ТАПСЫРМАЛАРДЫҢ ҚҰРЫЛЫМЫ.....27
- Л.К. Тастанова, А.З. Бекешев, Г.С. Басбаева**
ТИТАН ДИОКСИДІ НАНОБӨЛШЕКТЕРІМЕН МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЭПОКСИДТІ
ШАЙЫР НЕГІЗІНДЕГІ КОМПОЗИТТІ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ЖЫЛУ-ФИЗИКАЛЫҚ
ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....34
- З.С. Утемағанбетов, Г.Н. Нигметова, Б.Т. Урбиснинова, К.С. Астемесова, Г.К. Турлыбекова**
АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ И РАСШИРЕННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ПРОГОНКИ (АЛГОРИТМ
ТОМАСА) ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ 1-ОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ
ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА.....42

ХИМИЯ

- Х.Әкімжанова, А.Сабитова, Б.Мұсабаева, Б. Баяхметова**
МОЙЫЛДЫ ЖӘНЕ ТҰЗҚАЛА ТҰЗДЫ КӨЛДЕРІНІҢ ТАБИҒИ БАЛШЫҒЫНЫҢ ӘЛЕУЕТТІ
ТАБИҒИ РЕСУРС РЕТІНДЕГІ ХИМИЯЛЫҚ-МИНЕРАЛОГИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫ.....58
- А. Асанов, С.А. Мамешова, А.А. Асанов**
ОҢТҮСТІК Өңір САЗДЫ МИНЕРАЛДАРЫНЫҢ КОЛЛОИДТЫ-ХИМИЯЛЫҚ ЖӘНЕ
РЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ.....75
- Б. Имангалиева, Г. Рахметова, Б. Досанова, Р. Жаналиева**
ТҰРМЫСТЫҚ ЖАҒДАЙДА ТАБИҒИ ЗАТТАРДАН САБЫН ЖАСАУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ...94
- А.С. Искакова, З.Ж. Сейдахметова, Э.К. Асембаева, Д.Е. Нурмуханбетова, А.Н. Аралбаева**
ЖАРТЫЛАЙ ҚАНЫҚПАҒАН МАЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫМЕН БАЙЫТЫЛҒАН ЖҰМСАҚ
ІРІМШІКТІҢ САПАСЫН ЗЕРТТЕУ.....108
- А.Б. Қайыңбек, М.А. Дюсебаева, С.А. Сыдықбаева, С.С. Асканбаев, Г.Е. Берганаева**
«ЛИКАМЕРО» БИДАЙ СОРТЫНЫҢ СО₂-СЫҒЫНДЫСЫНЫҢ ФИТОХИМИЯЛЫҚ
САРАПТАМАСЫ..... 118
- Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О. Абилкасова, Ж.Е. Шаихова**
КӨЛІКТЕРДЕН ШЫҒАТЫН ГАЗДАРМЕН АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАНЫҢ БЕТКІ
ҚАБАТЫНЫҢ ЛАСТАНУ ДЕҢГЕЙІН КӨМІРТЕГІ ТОТЫҒЫНЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ
БОЙЫНША АНЫҚТАУ.....127

Г.Н. Калматаева, Г.Ф. Сагитова, В.И. Трусов, С.А. Сакибаева, Г.А. Такибаева МАЙ ӨНЕРКӘСІБІ ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ЭЛАСТОМЕРЛІК КОМПОЗИЦИЯЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	139
Б.Е. Савденбекова, Д.Т. Рахматуллаева, Ж.Б. Бекисанова ТИТАНДЫ ИМПЛАНТАТ БЕТІНДЕ КҮМІС НАНОБӨЛШЕКТЕРІ БАР БАКТЕРИЯҒА ҚАРСЫ ЖАБЫН АЛУ.....	153
Н.С. Таласбаева, Т.С. Байжуманова, С.А. Тунгатарова, А.О. Айдарова, G.G. Xanthopoulou МЕТАННЫҢ СИНТЕЗ-ГАЗҒА ДЕЙІН КАТАЛИТИКАЛЫҚ ТОТЫҒУЫ.....	166
Б.Р. Таусарова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова, Г.Ж. Джаманбаева, С.С. Егеубаева МЫС НАНОБӨЛШЕКТЕРІ БАР ЦЕЛЛЮЛОЗДЫ ТОҚЫМА МАТЕРИАЛДАРЫН МОДИФИКАЦИЯЛАУ, ҚАСИЕТТЕРІ МЕН АЛЫНУЫ.....	180
ҚР ҰҒА академик Н.С. Буктуковты 75 жасымен құттықтау.....	194

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИКА

- А.А. Жалдыранова**
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ RYTHON В КОСМОЛОГИИ.....5
- К. Келесбаев, Ш. Раманкулов, М. Нуризинова, А. Паттаев, Н. Мұсахан**
ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТНОГО ОБУЧЕНИЯ STEM В ПОДГОТОВКЕ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ФИЗИКЕ.....19
- А.Н. Карымбай, Н.А. Сандибаева, С.Т. Токтаугалиева**
СТРУКТУРА ЗАДАНИЙ РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНИ СЛОЖНОСТИ ПРИ ОБУЧЕНИИ НА КУРСЕ ФИЗИКИ СРЕДНЕЙ ШКОЛЫ.....27
- Л.К. Тастанова, А.З. Бекешев, Г.С. Басбаева***
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛО-ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОЧАСТИЦАМИ ДИОКСИДА ТИТАНА.....34
- З.С. Утемаганбетов, Г.Н. Нигметова, Б.Т. Урбиснинова, К.С. Астемесова, Г.К. Турлыбекова**
АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ И РАСШИРЕННЫЙ ВАРИАНТ МЕТОДА ПРОГОНКИ (АЛГОРИТМ ТОМАСА) ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ 1-ОЙ КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ ДЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ ВТОРОГО ПОРЯДКА.....42

ХИМИЯ

- Х. Акимжанова, А. Сабитова, Б. Мусабаева, Б. Баяхметова**
ХИМИЧЕСКАЯ И МИНЕРАЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПРИРОДНЫХ ГРЯЗЕЙ СОЛЕННЫХ ОЗЕР МОЙЫЛДЫ И ТУЗКАЛА КАК ПОТЕНЦИАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО РЕСУРСА.....58
- А. Асанов, С.А. Мамешева, А.А. Асанов**
КОЛЛОИДНО-ХИМИЧЕСКИЕ И РЕОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ГЛИНИСТЫХ МИНЕРАЛОВ ЮЖНОГО РЕГИОНА.....75
- Б. Имангалиева, Г.А. Рахметова, Б.Б. Досанова, Р. Жаналиева**
ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ МЫЛА ИЗ ПРИРОДНЫХ ВЕЩЕСТВ В БЫТОВЫХ УСЛОВИЯХ.....94
- А.С. Искакова, З.Ж. Сейдахметова, Э.К. Асембаева, Д.Е. Нурмуханбетова, А.Н. Аралбаева**
ИССЛЕДОВАНИЕ КАЧЕСТВО МЯГКОГО СЫРА, ОБОГАЩЕННОГО ПОЛИНЕНАСЫЩЕННЫМИ ЖИРНЫМИ КИСЛОТАМИ.....108
- А.Б. Кайыпбек, М.А. Дюсебаева, С.А. Сыдыкбаева, С.С.ьАсканбаев, Г.Е. Берганаева**
ФИТОХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ CO₂-ЭКСТРАКТА СОРТА ПШЕНИЦЫ "ЛИКАМЕРО".....118
- Л.М. Калимолдина, Г.С. Султангазиева, С.О. Абилкасова, Ж.Е. Шанхова**
ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИЗЕМНОГО СЛОЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ОТРАБОТАННЫМИ ГАЗАМИ ОТ АВТОТРАНСПОРТА ПО КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДА УГЛЕРОДА.....127

Г.Н. Калматаева, Г.Ф. Сагитова, В.И. Трусов, С.А. Сакибаева, Г.А. Такибаева ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ МАСЛОЖИРОВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА СВОЙСТВА ЭЛАСТОМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИЙ.....	139
Б.Е. Савденбекова, Д.Т. Рахматуллаева, Ж.Б. Бекисанова ПОЛУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА НА ТИТАНОВОМ ИМПЛАНТЕ.....	153
Н.С. Таласбаева, Т.С. Байжуманова, С.А. Тунгатарова, А.О. Айдарова, G.G. Xanthopoulou КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ МЕТАНА В СИНТЕЗ-ГАЗ.....	166
Б.Р. Таусарова, Ж.Е. Шаихова, С.О. Абилкасова, Г.Ж. Джаманбаева, С.С. Егеубаева МОДИФИКАЦИЯ ЦЕЛЛЮЛОЗНЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ НАНОЧАСТИЦАМИ МЕДИ, ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА.....	180
Поздравления академика НАН РК Буктукова Н.С.....	194

CONTENTS

PHYSICAL SCIENCES

A.A. Zhadyranova USING PYTHON SOFTWARE IN COSMOLOGY.....	5
K. Kelesbaev, Sh. Ramankulov, M. Nurizinova, A. Pattaev, N. Mussakhan FEATURES OF STEAM PROJECT TRAINING IN THE PREPARATION OF FUTURE SPECIALISTS IN PHYSICS.....	19
A.N. Karymbai, N.A. Sandybayeva, S.T. Toktaugalieva THE STRUCTURE OF TASKS OF DIFFERENT DEGREES OF COMPLEXITY WHEN STUDYING IN A HIGH SCHOOL PHYSICS COURSE.....	27
L.K. Tastanova, A.Z. Bekeshev, G.S. Basbayeva INVESTIGATION OF THE THERMAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF COMPOSITE MATERIALS BASED ON EPOXY RESIN MODIFIED WITH TITANIUM DIOXIDE NANOPARTICLES.....	34
Z. Utemaganbetov, G. Nigmatova, B. Urbisinoва, K. Astemessova, G. Turlybekova ALTERNATIVE AND EXTENDED VERSION OF RUN METHOD (THOMAS ALGORITHM) OF NUMERICAL SOLUTION OF 1-OY EDGE PROBLEM FOR LINEAR DIFFERENTIAL EQUATIONS OF SECOND ORDER.....	42

CHEMISTRY

Kh. Akimzhanova, A. Sabitova, B. Mussabayeva, B. Bayahmetova CHEMICAL AND MINERALOGICAL CHARACTERISTICS OF THE NATURAL MUD OF THE SALT LAKES MOIYLDY AND TUZKALA AS A POTENTIAL NATURAL RESOURCE.....	58
A. Assanov, S.A. Mameshova, A.A. Assanov COLLOID-CHEMICAL AND RHEOLOGICAL PROPERTIES OF CLAY MINERALS OF THE SOUTHERN REGION.....	75
B. Imangaliyeva, G. Rakhmetova, B. Dossanova, R. Zhanaliyeva TECHNOLOGY OF MANUFACTURING SOAP FROM NATURAL SUBSTANCES IN DOMESTIC CONDITIONS.....	94
A.S. Iskakova, Z. Zh. Seidakhmetova, E.K. Assembayeva, D.E. Nurmukhanbetova, A.N. Aralbaeva STUDY OF THE QUALITY OF SOFT CHEESE ENRICHED WITH POLYUNSATURATED FATTY ACIDS.....	108
A.B. Kaiyngbek, M.A. Dyusebaeva, S.A. Sydykbayeva, S.S. Askanbaev, G.E. Berganayeva PHYTOCHEMICAL STUDY OF CO ₂ -EXTRACT VARIETIES OF WHEAT "LICAMERO".....	118
L.M. Kalimoldina, G.S. Sultangazieva, S.O. Abilkasova, J.E. Shaikhova DETERMINATION OF GROUND-LEVEL AIR POLLUTION BY VEHICLE EXHAUST GASES BASED ON CARBON MONOXIDE CONCENTRATIONS.....	127

G.N.Kalmatayeva, G.F. Sagitova, V.I. Trusov, S.A. Sakibayeva, G.A. Takibayeva THE EFFECT OF WASTE FROM THE FAT AND OIL INDUSTRY ON THE PROPERTIES OF ELASTOMERIC COMPOSITIONS.....	139
B.E. Savdenbekova, D.T. Rakhmatullayeva, Zh.B. Bekisanova OBTAINING OF ANTIBACTERIAL COATING WITH SILVER NANOPARTICLES ON A TITANIUM IMPLANT.....	153
N.S. Talasbayeva, T.S. Baizhumanova, S.A. Tungatarova, A.O. Aidarova, G.G. Xanthopoulou CATALYTIC OXIDATION OF METHANE TO SYNTHESIS GAS.....	166
B.R. Taussarova, Zh.E. Shaikhova, S.O. Abilkasova, S.S. Yegeubayeva, G.J. Jamanbayeva MODIFICATION OF CELLULOSE TEXTILE MATERIALS WITH COPPER NANOPARTICLES, PRODUCTION AND PROPERTIES.....	180
Congratulations to academician N.S. Buktukov on his 75th birthday.....	194

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](http://www.elsevier.com/publishingethics) and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct ([http:// publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf](http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf)). To verify originality, your article may be checked by the originality detection service Cross Check <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/ or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

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

ISSN 2518-1483 (Online), ISSN 2224-5227 (Print) <http://reports-science.kz/index.php/en/archive>

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 30.06.2023.

Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать - ризограф. 22,0 п.л. Тираж 300. Заказ 2.