

ISSN 1560-5655

Ұ Л Т Т Ы Қ
М Е М Л Е К Е Т Т І К
Ғ Ы Л Ы М И - Т Е Х Н И К А Л Ы Қ
С А Р А П Т А М А О Р Т А Л Ы Ғ Ы

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЦЕНТР
ГОСУДАРСТВЕННОЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ
Э К С П Е Р Т И З Ы



ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ ЖАҢАЛЫҚТАРЫ

ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

НОВОСТИ НАУКИ КАЗАХСТАНА

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

1
2025

Ұлттық мемлекеттік ғылыми-техникалық
сараптама орталығы

Национальный центр государственной
научно-технической экспертизы

**ҚАЗАҚСТАН ҒЫЛЫМЫНЫҢ
ЖАҢАЛЫҚТАРЫ**
ҒЫЛЫМИ-ТЕХНИКАЛЫҚ ЖУРНАЛ

**НОВОСТИ НАУКИ
КАЗАХСТАНА**
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ
№ 1 (164)

Алматы 2025

Межотраслевой научно-технический журнал «Новости науки Казахстана» (ISSN:1560-5655) издаётся с 1989 г. и выходит 4 раза в год. В журнале публикуются научные статьи фундаментального и прикладного характера, обзорные работы отечественных и зарубежных авторов. Язык публикаций: казахский, русский, английский.

Область публикаций: Биотехнологии и Химические технологии; Пищевая и перерабатывающая промышленность; Естественные науки, инжиниринг и технологии; Социально-гуманитарные науки.

Предназначен для профессорско-преподавательского состава Вузов, докторов PhD, магистрантов, студентов и сотрудников научно-исследовательских институтов, предприятий и организаций, а также работников министерств и ведомств.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Болегенова С.А., доктор физико-математических наук, профессор
(главный редактор)

Гребцова Л.Н. (редактор)

Сухова Е.С. (ответственный секретарь)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Велямов М.Т., доктор биологических наук, профессор, академик Академии сельскохозяйственных наук РК, **Акимбеков Н.Ш.**, PhD, профессор;

Тастамбек Қ.Т., доктор PhD;

Тасибеков Х.С., кандидат химических наук, асс. профессор;

Ханиев Б.А., доктор PhD;

Кистаубаева А.С., кандидат биологических наук, асс. профессор;

Акимбекова Г.У., доктор экономических наук, профессор, академик НААН;

Тауанов Ж.Т., доктор PhD, асс. профессор;

Абдиева Г.Ж., Кандидат биологических наук, асс.профессор (доцент);

Тайпакова С.М., Доктор философии (PhD), асс.профессор (доцент);

Джурупова Б.К., кандидат технических наук, профессор, (Кыргызстан);

Руткуниене Ж., доктор PhD, профессор, (Литва);

Славинская Н., доктор PhD, профессор (Германия);

Дигель И.Э., доктор PhD, профессор (Германия);

Jian Zha, доктор PhD, профессор (Китай);

Рахматуллаев М.А., доктор технических наук, профессор, (Узбекистан).

Республика Казахстан, 050026, г. Алматы,

ул. Богенбай батыра, 221

Тел/факс: +8 727 222-1102 (вн. 141), +7 727 378-0549

e-mail: l.grebtsova@ncste.kz, y.sukhova@ncste.kz

Веб-сайт: vestnik.nauka.kz

СОДЕРЖАНИЕ

БИОТЕХНОЛОГИИ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

*Нусипов Д.А., Каменов Б.К., Кожакметова М.Х.,
Шерелхан Д.К., Алтынбай Н.П., Нарша У.А.,
Аймагамбетов А., Арыстанбекулы Б., Сиангронг Л.*
Развитие инновационных технологий и создание
современной инфраструктуры для устойчивого развития
Южно-Казахстанской области (на английском языке &
перевод)9

*Сергазы А.А., Калдыбаева А.Б., Малмакова А.Е.,
Тасибеков Х.С., Ю В.К.*
Биологические свойства и многоцелевые возможности
производных бензилпиперидина (обзорная статья) (на
английском языке & перевод)42

ПИЩЕВАЯ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

Сагыналиева М.И., Джурупова Б.К.
Продвижение органического производства для
устойчивого развития сельских территорий: опыт
Кыргызстана (на английском языке & перевод)85

*Набиева Ж.С., Дарибаева Г.Т., Мухтарханова Р.Б.,
Байбекова А.У., Толеуханова Н.С., Жанаева А.Б.*
Технологии производства аппетайзеров с
функциональными свойствами (обзорная статья, на
английском языке)106

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ, ИНЖИНИРИНГ И ТЕХНОЛОГИИ

Чигамбаева Н.Н., Нурмухан А.Е.

Оптические исследования тонких пленок H_2O+CO_2
(на английском языке) 115

*Молдабекова М.С., Асембаева М.К., Мукамеденкызы В.,
Серик З., Поярков И.В.*

Анализ возникновения конвекции при диффузионном
смешивании в трехкомпонентных газовых смесях с
добавлением пропана
(на английском языке & перевод)..... 134

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

Джурупова Б.К., Турдубекова С.

Ресторанный бизнес в Кыргызстане – перспективы
развития (на английском языке & перевод)..... 156

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ 176

МАЗМҰНЫ

БИОТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ХИМИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

*Нусипов Д.А., Каменов Б.К., Кожахметова М.Х.,
Шерелхан Д.К., Алтынбай Н.П., Нарша Ұ.Ә.,
Аймағамбетов А., Арыстанбекұлы Б., Сиангронг Л.*
Оңтүстік Қазақстан өңірін тұрақты дамыту үшін
инновациялық технологияларды әзірлеу және заманауи
инфрақұрылым құру (ағылшын тілінде & аударма)9

*Сергазы А., Қалдыбаева А.Б., Малмакова А.Е.,
Тасибеков Х.С., Ю В.К.*
Бензилпиперидин туындыларының биологиялық
қасиеттері мен әртарапты қолдану мүмкіндіктері (шолу
мақала, ағылшын тілінде & аударма)45

ТАМАҚ ЖӘНЕ ӨНДЕУ ӨНЕРКӘСІБІ

Сағыналиева М.И., Джурупова Б.К.
Ауылдық жерлердің тұрақты дамуы үшін органикалық
өндірісті дамыту: Қырғызстан тәжірибесі (ағылшын
тілінде & аударма)85

*Набиева Ж.С., Дарибаева Г.Т., Мухтарханова Р.Б.,
Байбекова Ә.У., Төлеуханова Н.С., Жанаева А.Б.*
Функционалдық қасиеттері бар аппетайзерлерді өндіру
технологиялары (шолу мақала, ағылшын тілінде).....106

ЖАРАТЫЛЫСТАНУ ҒЫЛЫМДАРЫ, ИНЖИНИРИНГ ЖӘНЕ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Чигамбаева Н.Н., Нурмукан А.Е.

$H_2O + CO_2$ жұқа қабықшаларының оптикалық
зерттеулері (ағылшын тілінде) 115

*Молдабекова М.С., Асембаева М.К., Мукамеденқызы В.,
Серік З., Поярков И.В.*

Пропан қосылған үшкомпонентті газ қоспаларында
дифузиялық араластыру кезінде конвекцияның пайда
болуына талдау (ағылшын тілінде & аударма) 134

ӘЛЕУМЕТТІК-ГУМАНИТАРЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР

Джурупова Б.К., Турдубекова С.

Қырғыз республикасындағы оғамдық тамақтандыру
саласының даму бағыттары (ағылшын тілінде &
аударма) 156

МАҚАЛА ЖАЗУ ҮЛГІСІ 176

CONTENT

BIOTECHNOLOGY AND CHEMICAL TECHNOLOGY

<i>Nusipov D.A., Kamenov B.K., Kozhakhmetova M.Kh., Sherelkhan D.K., Altynbay N.P., Narsha U.O., Aymagambetov A., Arystambekuly B., Singrong L.</i> Development of innovative technologies and creation of modern infrastructure for sustainable development of South Kazakhstan region (translation into Kazakh)	9
--	---

<i>Sergazy A.A., Kaldybayeva A.B., Malmakova A.E., Tassibekov K.S., Yu V.K.</i> Biological properties and multifunctional applications of benzyloxybenzylpiperidine derivatives (review article) (translation into Russian)	45
--	----

FOOD AND PROCESSING INDUSTRY

<i>Sagynaliyeva M.I., Dzharupova B.K.</i> Advancing organic production for sustainable rural development: insights from Kyrgyzstan (translation into Russian)	85
--	----

<i>Nabiyeva Zh.S., Daribayeva G.T., Mukhtarkhanova R.B., Baibekova A.U.</i> Technologies for the production of appetizers with functional properties (review article)	106
--	-----

NATURAL SCIENCES, ENGINEERING AND TECHNOLOGY

Chigambayeva N.N., Nurmukan A.Y.
Optical studies of H_2O+CO_2 thin films 115

*Moldabekova M.S., Asembaeva M.K., Mukamedenkyzy V.,
Serik Z., Poyarkov I.V.*
Analysis of the onset of convection during diffusive mixing
in tree-component gas mixtures with the addition of propane
(translation into Russian).....134

SOCIAL AND HUMANITARIAN

Dzhurupova B.K., Turdubekova S.
The restaurant business in Kyrgyzstan – development
prospects (translation into Russian)156

ARTICLE WRITING TEMPLATE176

БИОТЕХНОЛОГИИ И ХИМИЧЕСКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

IRSTI 34.35.51, 62.01.94

https://doi.org/10.53939/1560-5655_2025_1_9

***Nusipov D.A.¹, Kamenov B.K.¹, Kozhakhmetova M.H.¹,
Sherelkhan D.K.¹, Altynbai N.P.¹, Narsha U.A.¹, Aimagambetov A.¹,
Arystanbekuly B.¹, Xiangrong L.²***

¹ SRI «Sustainability of ecology and bioresources»,

KazNU named after al-Farabi, Almaty c., Kazakhstan

² College of Chemistry and Chemical Engineering, Xi'an University of Science
and Technology, Xi'an c., China

DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES AND CREATION OF MODERN INFRASTRUCTURE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SOUTH KAZAKHSTAN REGION

Abstract. As part of the implementation of a large-scale project on the development of healthcare, biotechnology and environmental sustainability, the scientific research program of the Aral-Syrdarya region of the Republic of Kazakhstan is aimed at implementing such ambitious tasks as the introduction of innovative technologies and the creation of modern infrastructure capable of ensuring sustainable development of the population and a significant improvement in the quality of life. This program provides for the integration of the latest achievements in the field of medicine, biotechnology and environmental science to form an effective and functional healthcare system capable of adequately responding to modern challenges and needs of the region. Through an interdisciplinary approach to research and development, the program strives to create unique scientific and technological solutions that not only contribute to the preservation of the health and well-being of the population, but also actively influence the improvement of the ecological state and biodiversity of the region. This desire to integrate various scientific fields and practical aspects is supported by the desire to create a stable and interconnected research network that contributes to a deeper understanding and solution of the multifaceted challenges facing the southern regions of Kazakhstan.

Keywords: diagnostics, microbiology, Big Data, biodiversity, feed, coal.

Introduction. In the context of the globalization of medical technologies and scientific research, many developed countries are showing a tendency to create large centralized laboratories that combine advanced developments in the field of molecular genetics, clinical laboratory and

instrumental diagnostics. These laboratories are actively using the capabilities of artificial intelligence, which contributes to a significant increase in the quality and efficiency of medical services. This approach, based on the principles of the phased opening of highly specialized consultative and outpatient centers capable of providing a wide range of diagnostic services in Kazakhstan, especially in the southern regions, allows for a significant improvement in healthcare.

The health of the population, which is a key indicator of the quality of life in the Aral Sea region, is threatened by the pre-crisis environmental situation. Adverse factors such as high environmental pollution, especially in industrial cities such as Shymkent, where vehicle emissions account for more than 70% of total pollution, have a significant impact on the health of the population [1-2]. Studies have shown that in the southern regions of Kazakhstan, health status is assessed as poor in almost 30% of cases, which is several times higher than in other regions of the republic [3-5].

Materials and methods. Molecular genetic and laboratory studies are crucial in the epidemiology of infectious and non-infectious diseases. These studies not only expand our understanding of the mechanisms of disease transmission, but also play an important role in monitoring their prevention and treatment. The scientific novelty of the work is as follows:

- High-throughput genomic sequencing and big data analysis are enabling the study of genetic predictors that can be used to predict the risk of developing non-communicable diseases.
- Molecular genetic studies provide integration of genomic and epidemiological data, which helps to identify epidemiological links and sources of infection.
- The use of an interdisciplinary approach involves the collaboration of specialists from various fields, from molecular biology and genetics to clinical disciplines and information technology. This collaboration contributes to a deeper and more comprehensive analysis of the results, which helps to optimize treatment strategies and increase the effectiveness of medical interventions.

The creation and operation of a multifunctional laboratory at the university, combining molecular-genetic, laboratory-instrumental research methods, is in demand and competitive, because:

- Expanding the understanding of molecular mechanisms in medicine by studying genetic variations and molecular cellular processes that contribute to the development of new diagnostic and therapeutic methods.
- Establish a clinical-immunological laboratory that will contribute to the

assessment of immune levels and the transfer of fundamental research to practical healthcare.

- Improving the diagnosis of cancer based on molecular markers, which will help in early detection of oncology and effective therapy.

Results and their discussion. The increasing availability of medical information in modern healthcare and the development of big data analysis methods have significantly improved the capabilities of artificial intelligence. Powerful AI-based analytical tools can process large volumes of data, which allows you to identify clinically important information, often hidden among a non-repeating number of medical records and studies. This, in turn, contributes to more informed and timely clinical decisions, which are key to improving the quality of medical care [2]. In the southern regions of Kazakhstan, it is especially important to create laboratories for conducting high-tech research that will contribute not only to improving the quality of medical care, but also to developing personalized treatment methods. The use of accurate instrumental methods for early detection of diseases is possible thanks to progress in genomic medicine, which combines innovative technologies with artificial intelligence [3-12].

Thus, the successful integration of genomic medicine and artificial intelligence into clinical practice opens up new horizons in healthcare. This direction is one of the most promising directions in modern medical science, allowing the development of effective methods for diagnosing, monitoring and preventing diseases. The combination of these technologies will not only improve medical outcomes for patients, but also significantly improve public health, contributing to the creation of a healthier nation.

It also considers the possibilities of studying the development of a complex of scientific and innovative methods for the conservation and sustainable use of biodiversity, taking into account the natural and climatic features of the southern region. In 1994, an 88-hectare Botanical Garden was created on the territory of the K. A. Yasawi IKTU, which was an important step towards reducing the environmental load and improving conditions for plant reproduction in the region. The garden presents 59 related groups, 28 families and 127 species of trees, shrubs, ornamental, fruit and berry plants from all over the world, adapted to the harsh climatic conditions of southern Kazakhstan. This contributes to the conservation of biodiversity and provides unique opportunities for the study of botany and ecology. The university's research group is actively working to create a methodological base for studying the physiology, biochemistry, phytopathology and mineral nutrition of plants. The results of these studies have contrib-

uted to the development of new technologies that have found application in agro-industrial projects and are confirmed by a number of patents and scientific publications [13-15]. The approval and recommendation of these developments by the National Scientific Council will contribute to their integration into the practice of local agricultural organizations. However, the current environmental challenges of the Aral-Syr Darya region, such as depletion of water resources, environmental pollution, deterioration of air quality, and erosion of saline lands, require further scientific research. It is necessary to develop and implement scientific and innovative methods for the sustainable use and restoration of natural resources, which can be implemented by strengthening research activities on the basis of the Botanical Garden and the Department of Biology of the University.

This program will not only help improve the environmental situation in the region, but also contribute to the development of green technologies, increasing the level of environmental awareness and education among the population. The relevance and scientific novelty of our project lies in the development of the first regional cadastres of the gene pool of food, fodder and pasture plants, as well as quarantine and weed-ruderal plants of the Aral-Syr Darya region in the history of Kazakhstan. The creation of such cadastres will allow assessing the resource potential of these plants and will serve as the basis for sustainable management of their gene pool, which will contribute to maintaining biodiversity and ecological balance in the region.

In addition, the project is aimed at sustainable development of livestock farming in the arid climate of the study area, characterized by severe winters and drought. It is proposed to use alternative plant species, such as vegetatively grown reeds, which will allow to economically compensate for the shortage of high-quality roughage [16]. The development of technology based on local forage resources, in particular, the use of fast-growing and high-biomass reeds, will contribute to reducing feed dependence on external sources [17-20]. In addition, the study area faces the problem of a shortage of affordable and high-calorie fuel due to limited forest resources and a ban on cutting down saxaul. A solution may be briquetting of plant residues, which will allow them to be used as a source of solid fuel. Briquetting improves the transportability and storage of fuel, increases its calorific value by increasing the pile density and reducing moisture, which makes its use more efficient and economical [16-18, 20-21].

The program is aimed at creating a centralized research center with advanced equipment that will contribute to the training of highly qualified

specialists. The goal is to develop technologies for growing industrially important agro-industrial crops adapted to dry conditions, including the breeding of new species and the creation of innovative products from agricultural raw materials. An important part of the program is the use of Big Data and AI to develop algorithms that will contribute to effective decision-making in the field of land reclamation and risk management in agriculture, including monitoring botanical gardens. These technologies will help process and analyze large volumes of heterogeneous data to increase the accuracy and efficiency of agricultural practices.

Particular attention is paid to the development of a regional catalog of the gene pool of food, medicinal, fodder and pasture plants, as well as quarantine and weed-ruderal species, which will ensure the certification and comprehensive characterization of each species. These catalogs will serve as the basis for sustainable management of the region's bioresources and will allow for the optimization of agricultural land use. In addition, the program includes the development of new energy-efficient materials based on agro-industrial waste, which will contribute to increasing the sustainability and economic efficiency of the agricultural sector. This direction is important for solving environmental problems related to waste disposal and reducing the ecological footprint of the agro-industrial complex.

The scientific novelty of the project is the creation and testing of new technologies for heat and drought-tolerant plants, which include scientific analysis of their biochemical and physiological state to identify key molecular - genetic markers. These studies will allow the development of technologies that reduce the pathogen load and increase the productivity of agricultural crops. The program is also aimed at improving the overall health of bee colonies and developing new approaches to bioresource management, which will make a significant contribution to the sustainable development of agronomy, biotechnology and IT engineering in the region. The creation of such a scientific and educational center will allow the formation of a scientific school capable of solving major problems of an environmental, economic and social nature at the local and national levels.

Also, within the framework of the program, it is planned to conduct continuous monitoring of the environment, which is the basis of all efforts in the field of nature protection and nature management. This monitoring is necessary to ensure the sustainable development of society. This key activity allows for an objective assessment of the ecological conditions of the living space of humans and other organisms, as well as an analysis of

the state of ecosystems and their functional integrity [22-23]. In the developed countries of the world, special attention is paid to the regional scale in the organization of environmental monitoring [24-25]. Since the beginning of the 80s, it has become clear that a successful policy of managing the economic, social and political development of the state requires taking into account the characteristics and needs of its specific regions [26]. The southern regions of Kazakhstan are distinguished by their unique species and biological diversity, which at the same time are the most environmentally vulnerable [27]. This is primarily due to anthropogenic factors and climate change, in the context of the reduction in the flow and pollution of the large rivers of Central Asia - the Syr Darya and the Ili, where unique biological ecosystems and a large number of rare, endangered and endemic species of flora and fauna are threatened [28-29].

The program aims to analyze the current situation, identify and classify potential risks and threats, as well as negative trends affecting the main ecosystems of the southern regions of Kazakhstan. This program involves the use of various methods: field studies, laboratory analyses, microbiological monitoring of the environment and remote sensing to ensure continuous and accurate monitoring. In addition, the project includes the development of strategies for environmentally sustainable use of natural resources by local populations in areas such as livestock farming, irrigated agriculture and recreation in the context of declining river flows and climate change.

Many human activities threaten or have negatively affected salt lakes. Important factors are overland flow, mining, pollution, introduction of exotic species, and climate change, which lead to biodiversity loss and major changes in limnology [30]. The Aral Sea crisis is a clear example of the environmental problems in the region, which have serious consequences [31]. The waters of the Aral Sea have undergone chemical changes: the relative proportions of Ca and SO₄ ions have decreased, while Cl has increased [32]. Meteorological data also indicate an increase in annual and winter temperatures in Central Asia, which may have negative effects on ecosystems, crops, and health [33]. In addition, soil and water pollution in the region is a problem.

Microbiological monitoring of drinking water is carried out in accordance with regulatory documents [34-37]. Assessment of water quality by microbiological indicators involves determining the proportion of microorganisms associated with humans and their activities. The main indicators of microbes include the total number of microorganisms, total coliforms,

thermotolerant coliforms, sulfur-reducing clostridia spores and coliphages.

The main source of biosphere pollution by pharmaceuticals (PDPs) is domestic and industrial wastewater. Studies have shown that municipal wastewater contains a wide range of PDPs [38-48]. The problem of polluted wastewater is important for Kazakhstan, since wastewater from hospitals and residential areas is returned to the environment without removing pharmaceuticals after routine treatment. During the COVID-19 pandemic, the increased consumption of PDPs, including antibiotics, may lead to an increase in the concentration of PDPs and their metabolites in water resources. Existing treatment plants are not always able to remove persistent pollutants, including PDPs. The novelty of this study is the analysis of the PDP content in natural and wastewater of the Turkestan region. The project is aimed at developing methods for treating polluted waters in Kazakhstan in order to return them to the ecosystem. This is very important for assessing water quality and preserving the environment. It is also important to interpret the results in order to adapt new methods for the removal of PDPs from water using membranes and improve the operation of water treatment plants.

An additional promising area of research is the development of innovative technologies for compost production based on low-grade coal [49-51]. This compost is expected to be sustainable and economical by reducing ammonia emissions and increasing nitrogen availability to plants. Co-composting of cattle manure and low-grade coal helps restore soil health and stimulate crop growth. In addition, it is planned to develop a multi-component fertilizer containing lignite, earthworms, and microbial cells to increase soil productivity and fertility.

In addition, the research aims to develop new site-specific soil amendments based on low-grade coal and bacterial isolates that have a strong synergistic effect on the remediation of saline soils [52-53]. These amendments will be especially useful for crops grown on saline and infertile soils of the region. It is also planned to develop and evaluate an innovative biotechnological fertilizer production process based on coal ash and humic substances. This fertilizer is characterized by its potential impact on the agrochemical characteristics of the soil with particular efficiency [54-55]. The use of coal ash and humic substances in combination with strains of bacteria that promote associative growth can help improve soil fertility.

Microbial inoculants, also known as microbial agents or microbial fertilizers, are promising solutions for plant growth and sustainable environmental management. This industry is growing rapidly and is expected to

reach a market size of \$12 billion by 2026 [56-59]. However, despite this, there are still challenges such as environmental factors and a lack of scientific understanding and technological progress in the field of microbial inoculants. Understanding the mechanisms of synergistic action of synthetic microbial inoculants in soil is necessary to model ecological changes and achieve more effective results. These studies contribute to the advancement of green biofertilizers, ensuring food security and sustainable agricultural development. The relevance of research in this area lies not only in solving specific problems, but also in developing scientific and practical methods for managing biological resources, ensuring integrated and sustainable innovative development of the Aral-Syr Darya region.

Conclusion. Within the framework of the implementation of large-scale projects for the development of healthcare, biotechnology and environmental sustainability in the Aral-Syr Darya region of the Republic of Kazakhstan, it is necessary to implement such tasks as the introduction of innovative technologies, the creation of a modern infrastructure capable of ensuring the sustainable development of the region, and a significant improvement in the quality of life. The program provides for the integration of the latest achievements in the field of medicine, biotechnology, environmental science to form an effective and functional healthcare system that can adequately respond to the modern challenges and needs of the region. The creation of several scientific and technological solutions, aimed at an interdisciplinary approach to research and development of programs, in turn, will not only contribute to preserving the health and well-being of the population, but also have a positive impact on the environmental situation. This desire to combine the practical aspects of various scientific disciplines is reinforced by the desire to create a stable and interconnected research network that will contribute to a deeper understanding and solution of the multifaceted problems facing the frontline region of Kazakhstan.

Source of research funding.

The work was carried out with the support of the Ministry of Education, Science and Technology of the Republic of Kazakhstan within the framework of the scientific research project "BR24992814 Development of innovative technologies and creation of modern infrastructure for the sustainable development of the South Kazakhstan region".

References

- 1 *Alhazarova A.Sh.* The relevance of the problem of the influence of harmful environmental factors on the morbidity of the population of the Aral Sea // New scientific achievements - 2009: matter. International V. scientific practice. conf. - Sofia, 2009. - P.39-41.
- 2 *Omarova D.S., Begun D.N., Bulycheva E.V.* Analysis of the health of the population in subjective assessments (on the example of the republic of kazakhstan) / Scientific journal "Current problems of health care and medical statistics" 2024, No. 1 Scientific journal "Current problems of health care and medical statistics" 2024, No. 1 ISSN 2312-2935.
- 3 *Askarov D.M., Amrin M.K., Izenkova A.K., Beisenbinova Z.B., Dosmukhametov A.T.* Health Status and Quality of Life in the Population near Zhezkazgan Copper Smelter, Kazakhstan. J Environ Public Health. 2023 Jan 30;2023:8477964. doi: 10.1155/2023/8477964. PMID: 36755778; PMCID: PMC9902142.
- 4 *Gulis G., Aringazina A., Sangilbayeva Z., Zhan K., de Leeuw E., Allegrante J.P.* Population Health Status of the Republic of Kazakhstan: Trends and Implications for Public Health Policy. Int J Environ Res Public Health. 2021 Nov 22;18(22):12235. doi: 10.3390/ijerph182212235. PMID: 34831990; PMCID: PMC8621160.)
- 5 Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan. Statistical collection of health of the population of the republic of kazakhstan and the activities of health care organizations in 2022 Astana. 2023, p. 390.
- 6 *Luppa P.B., Bietenbeck A., Beaudoin C., Giannetti A.* Clinically relevant analytical techniques, organizational concepts for application and future perspectives of point-of-care testing. Biotechnol. Adv. 2016, 34, 139–160.
- 7 *Hooker G.W.* Building an infrastructure to enable delivery of genomic medicine. Am J Med Genet C Semin Med Genet. 2021;187(1):95–99. [PubMed: 33415801]
- 8 *Engel N., Wachter K., Pai M., Gallarda J., Boehme C., Celentano I.* Addressing the challenges of diagnostics demand and supply: Insights from an online global health discussion platform. BMJ Glob. Health 2016, 1, e000132. [CrossRef] [PubMed]
- 9 *Mugambi M.L., Palamounkian K.M., Gallarda J., Drain P.K.* Exploring the Case for a Global Alliance for Medical Diagnostics Initiative. Diagnostics 2017, 7, 8. [CrossRef] [PubMed]
- 10 *Peeling R.W.* Diagnostics in a digital age: An opportunity to strengthen health systems and improve health outcomes. Int. Health 2015, 7, 384–389. [CrossRef] [PubMed]
- 11 *Shaw J.* Practical challenges related to point of care testing. Pract. Lab. Med. 2016, 4, 22–29. [CrossRef] [PubMed]
- 12 *Wiley K., Findley L., Goldrich M., et al.* A research agenda to support the development and implementation of genomics-based clinical informatics tools and resources. Journal of the American Medical Informatics Association. 2022..
- 13 Patent of the Republic of Kazakhstan on utility model #8235. "Method of protection of religion from religion". Toyzhigitova B.B., Salybekova N.N., Aimbetova I.O.

- 14 Patent Respubliki Kazakhstan na inventione № 36137. "Method of treatment of alternariosis of juniper tree". Salybekova N.N., Apushev A.K., Aimbetova I.O., Yusupov B.Yu., Isaev G.I., Toyzhigitova B.B., Babaeva G.A., Serzhanova A.E.
- 15 Aimbetova I.O., Salybekova N.N., Isaev G.I. Development of a complex of scientific and innovative methods of conservation and sustainable use of biodiversity taking into account the natural and climatic features of the Aral-Syr Darya region. Author's certificate of scientific work No. 44963. Data publ. 22.04.2024.
- 16 Chekalin S.W., Masalova V.A., Nabieva S.V., Babay I.V., Husainova I.V., Ishaeva A.N., Krekova Ya.A. Cultivation of woody plants in nurseries of different regions of Kazakhstan. Herald of science and education. No. 20 (74), Part. Moscow: Problemy Nauki, 2019. P.20-26.
- 17 Karibaeva K.N., Mishchenko A.B., Gemedzhieva N.G., Sklyarenko S.L., Rodionov S.L. Biodiversity and genetic resources of Kazakhstan // *Zavtra bylo pozondo. Ecological risks of Kazakhstan*. - Almaty, 2021. - Chapter 5. - S. 199-233.
- 18 Grudzinskaya L., Gemejiyeva N., Karzhaubekova Zh., Nelina N. Botanical coverage of the leading families of medicinal flora of Kazakhstan // *BIO Web of Conferences* 31, 00007 (2021): <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100007> Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions, 2021.
- 19 Apushev A.K., Yusupov B.Yu., Salybekova N.N. Adaptive potential of ornamental tree crops in subarid conditions of the Turkestan region// *Proceedings of the International Scientific and Practical Conference "Current state and development prospects of botanical gardens and arboreturns of Kazakhstan"* dedicated to the 5th anniversary of the Astana Botanical Garden, June 29, 2023. pp. 17-23.
- 20 Chekalin S.W. Epigenetic homologous variability of plant forms, Almaty. 2017.
- 21 Veselova P.V. Anthrophilic element of the flora of the desert part of the river. Syrdarya, Almaty, 2017.
- 22 Sultanbekov Z. K., Bukunova A. S., Ga'sin A. B., Bortsova S. R., Batkul'dina Z. N., & Konurbaeva, A. S. (2011). [Monitoring public health state in solving ecologic problems of cities]. *Meditisina Truda i Promyshlennaia Ekologiya*, 6, 20–22.
- 23 Zhou K. F., Zhang Q., Chen X., & Sun L. (2007). Features and trends of the environmental change in the arid areas in Central Asia. *Science in China, Series D: Earth Sciences*, 50(SUPPL), 142–148. <https://doi.org/10.1007/s11430-007-5017-2>.
- 24 Barrientos R., Borda-de-Água L., Brum P., Beja P., & Pereira H. M. (2017). What's next? Railway ecology in the 21st century. *Railway Ecology*, 311–318. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_19.
- 25 Awange J. (2018). Environmental surveying and surveillance. In *Environmental Science and Engineering (Subseries: Environmental Science)* (Issue 9783319584171, pp. 59–95). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58418-8_5.
- 26 Zhivotovskaya I. G. "Three decades of education reforms in Europe: special features of modernization of the educational system" *Actual problems of Europe*, no. 2, 2013, pp. 13-49. <https://cyberleninka.ru/article/n/tri-desyatiletiya-reform-obrazovaniya-v-evrope-osobennosti-modernizatsii-obrazovatelnoy-sistemy>

- 27 Lamchin M., Lee W. K., Jeon S. W., Wang S. W., Lim C. H., Song C., & Sung M. (2018). Long-term trend and correlation between vegetation greenness and climate variables in Asia based on satellite data. *Science of the Total Environment*, 618, 1089–1095. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.145>.
- 28 Bolatova Z. (2023). Climate Change Impact on Agriculture of Almaty Region, Kazakhstan. In *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* (pp. 154–163). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26967-7_12.
- 29 Bao A., Yu T., Xu W., Lei J., Jiapaer G., Chen X., Komiljon T., Khabibullo S., Sagidullaevich X. B., & Kamalatdin I. (2024). Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea. *Journal of Arid Land*, 16(3), 315–330. <https://doi.org/10.1007/s40333-024-0055-6>.
- 30 Williams W.D., 2002. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025. *Environmental Conservation*, 2, 154–167.
- 31 Micklin P., 2007. The Aral Sea Disaster. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 35, 47–72.
- 32 Zavialov P.O., Ni A.A., Kudyskin T. V., Ishniyazov D. P., Tomashevskaya I. G., Mukhamedzhanova D., 2009. Ongoing changes of ionic composition and dissolved gases in the Aral Sea. *Aquatic Geochemistry*, 15, 263–275.
- 33 Ibatullin S., Yasinsky V., Mironenkov A., 2009. The impact of climate change on water resources in Central Asia. Kazakhstan, Almaty: Sector report no. 6. Eurasian Development Bank, Liubimtseva E., Colea, R., Adamsb J. M., Kapustinc G., 2005. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of Central Asia. *Journal of Arid Environments*, 62, 285–308.
- 34 GOST 2761-84 – Sources of centralized household drinking water supply. Hygienic, technical requirements and selection rules.
- 35 GOST 2874-82 – Drinking water. Hygienic requirements and control for quality.
- 36 ST RK ISO 8199-2006 - General requirements for the counting of microorganisms grown by the method of seeding on nutrient medium.
- 37 MUK 10.05.045-03 – Methodological instructions. Methods of microbiological control of drinking water.
- 38 Evgenidou E.N., Konstantinou I.K., Lambropoulou D.A. Occurrence and removal of transformation products of PPCPs and illicit drugs in wastewaters: a review // 2015. *Sci. Total Environ.* №505, P.905-926.
- 39 Lorraine G.A., Pettigrove M.E. Seasonal variations in concentrations of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and reclaimed wastewater in Southern California // 2006. *Environ. Sci. Technol.* №40, P.687-695.
- 40 Daughton C.G., Ternes T.A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? // 1999. *Environ. Health Perspect.* №107, P.907-938.
- 41 Homem V., Santos L. Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices: A review // 2011. *J. Environ. Manag.* №92, P.2304-2347.
- 42 Petrovic M., Skrbic B., Zivancev J., Ferrando-Climent L., Barcelo D. Determination of 81 pharmaceutical drugs by high performance liquid chromatography cou-

pled to mass spectrometry with hybrid triple quadrupole-linear ion trap in different types of water in Serbia // 2014. Sci. Total Environ. №468-469, P.415-428.

43 *Lopez-Serna R., Petrovic M., Barcelo D.* Occurrence and distribution of multiclass pharmaceuticals and their active metabolites and transformation products in the Ebro River basin (NE Spain) // 2012. Sci. Total Environ. №440, P.280-289.

44 *Houtman C.J., Kroesbergen J., Lekkerkerker-Teunissen K., van der Hoek J.P.* Human health riskassessment of the mixture of pharmaceuticals in Dutch drinking water and its sources based on frequent monitoring data // 2014.Sci. Total Environ. №496, P.54-62.

45 *Postigo C., Barcelo D.* Synthetic organic compounds and their transformation products in groundwater: occurrence, fate and mitigation // 2015.Sci. Total Environ.№503-504, P.32-47.

46 *Luo Y., Guo W., Ngo H.H., Nghiem L.D., Hai F.I., Zhang J., Liang S., Wang X.C.* A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment // 2014. Sci. Total Environ. №473-474,P.619-641.

47 *Vieno N.M., Tuhkanen T., Kronberg L.* Seasonal variation in the occurrence of pharmaceuticals in effluents from a sewage treatment plant and in the recipient water // 2005. Environ. Sci. Technol. №39, P.8220-8226.

48 *Oller I., Malato S., Sánchez-Pérez J.A.* Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review // Science of the total environment. 2011, №409. P. 4141-4166.

49 *Chen D., Sun J., Bai M., Dassanayake K.B., Denmead O.T., Hill J.* A new cost-effective method to mitigate ammonia loss from intensive cattle feedlots: application of lignite. Scientific Reports 2015, 5, 16689, doi:10.1038/srep16689.

50 *Hao X., Chang C., Larney F.J.* Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. J Environ Qual 2004, 33, 37-44, doi:10.2134/jeq2004.3700.

51 *Impraim R., Weatherley A., Coates T., Chen D., Suter H.* Lignite Improved the Quality of Composted Manure and Mitigated Emissions of Ammonia and Greenhouse Gases during Forced Aeration Composting. Sustainability 2020, 12, doi:10.3390/su122410528.

52 *Ivushkin K., Bartholomeus H., Bregt A.K., Pulatov A., Kempen B., de Sousa L.* Global mapping of soil salinity change. Remote Sensing of Environment 2019, 231, 111260, doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111260.

53 *Okur B., Örgen N.* Chapter 12 - Soil salinization and climate change. In Climate Change and Soil Interactions, Prasad M.N.V., Pietrzykowski M., Eds.; Elsevier: 2020; pp. 331-350.

54 *Sekhohola L.M., Igbinigie E.E., Cowan A.K.* Biological degradation and solubilisation of coal. Biodegradation 2013, 24, 305-318, doi:10.1007/s10532-012-9594-1.

55 *Skodras G., Kokorotsikos P., Serafidou M.* Cation exchange capability and reactivity of low-rank coal and chars. Open Chemistry 2014, 12, 33-43, doi:10.2478/s11532-013-0346-9.

- 56 Sadvakasova A.K., Kossalbayev B.D., Token A.I., Bauenova M. O., Wang J., Zayadan B. K., Balouch, H., Alwasel S., Leong Y. K., Chang J. S., & Allakhverdiev S. I. (2022). Influence of Mo and Fe on Photosynthetic and Nitrogenase Activities of Nitrogen-Fixing Cyanobacteria under Nitrogen Starvation. *Cells*, 11.
- 57 Kossalbayev B.D., Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Bolatkhan K.K., Token A., & Wefag S. (2020). Study of the effect of nitrogen-fixing cyanobacteria on the growth rate of the Strawberry Sunrise T-4 strawberry variety. *Eurasian Journal of Ecology*, 64.
- 58 Wang J., Zhao S., Xu S., Zhao W., Zhang X., Lei Y., Zhai H., & Huang Z. (2023). Co-inoculation of antagonistic *Bacillus velezensis* FH-1 and *Brevundimonas diminuta* NYM3 promotes rice growth by regulating the structure and nitrification function of rhizosphere microbiome. *Frontiers in Microbiology*, 14.
- 59 Yang R., Wang J., Xu S., Zhao W., Liu H., Li Q., & Huang Z. (2018). Screening, identification and salt-tolerant characteristics of phosphate-solubilizing fungi. *Microbiology China*, 45(10).
-

Нусипов Д.А.¹, Каменов Б.К.¹, Кожаметова М.Х.¹, Шерелхан Д.К.¹, Алтынбай Н.П.¹, Нарша Ұ.Ә.¹, Аймагамбетов А.¹, Арыстанбекұлы Б.¹, Сиангронг Л.²

¹ «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан

² Химия және Химиялық Инженерия колледжі, Сиань Ғылым Және Технология Университеті, Сиань қ., Қытай

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ӨңІРІН ТҰРАҚТЫ ДАМУ ТҮШІНІН ИННОВАЦИЯ- ЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗАМАНАУИ ИНФРАҚҰРЫ- ЛЫМ ҚҰРУ

Түйіндеме. Денсаулық сақтауды, биотехнологияларды және экологиялық тұрақтылықты дамыту жөніндегі ауқымды жобаны іске асыру шеңберінде Қазақстан Республикасының Арал-Сырдария өңірінің ғылыми-зерттеу бағдарламасы инновациялық технологияларды енгізу және халықтың тұрақты дамуын және өмір сүру сапасын едәуір жақсартуды қамтамасыз етуге қабілетті заманауи инфрақұрылымды құру сияқты өршіл міндеттерді іске асыруға бағытталған. Бұл бағдарлама өңірдің қазіргі заманғы сынтетеуінің мен қажеттіліктеріне барабар жауап бере алатын денсаулық сақтаудың тиімді және функционалдық жүйесін қалыптастыру үшін медицина, биотехнология және экологиялық ғылым саласындағы соңғы жетістіктерді біріктіруді көздейді. Зерттеулер мен әзірлемелерге мультидисциплинарлық көзқарас арқылы бағдарлама халықтың денсаулығы мен әл-ауқатын сақтауға ықпал етіп қана қоймай, сонымен қатар аймақтың экологиялық жағдайы

мен биоәртүрлілігін жақсартуға белсенді әсер ететін бірегей ғылыми және технологиялық шешімдерді жасауға ұмтылады. Әр түрлі ғылыми бағыттар мен практикалық аспектілерді интеграциялауға деген бұл ұмтылыс Қазақстанның оңтүстік облыстарының алдында тұрған көп аспектілі міндеттерді тереңірек түсінуге және шешуге ықпал ететін тұрақты және өзара байланысты зерттеу желісін құруға деген ұмтылыспен қолдау табады.

Түйінді сөздер: диагностика, микробиология, Big Data, биоәртүрлілік, жем, көмір.

• • •

Нусипов Д.А.¹, Каменов Б.К.¹, Кожаметова М.Х.¹, Шерелхан Д.К.¹, Алтынбай Н.П.¹, Нарша У.А.¹, Аймағамбетов А.¹, Арыстанбекулы Б.¹, Сиангронг Л.²

¹НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

²Колледж химии и химической инженерии, Сианьский университет науки и технологии, г. Сиань, Китай

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И СОЗДАНИЕ СОВРЕМЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В рамках реализации масштабного проекта по развитию здравоохранения, биотехнологий и экологической устойчивости научно-исследовательская программа Аральско-Сырдарьинского региона Республики Казахстан направлена на реализацию таких амбициозных задач, как внедрение инновационных технологий и создание современной инфраструктуры, способной обеспечить устойчивое развитие населения и значительное улучшение качества жизни. Данная программа предусматривает интеграцию последних достижений в области медицины, биотехнологии и экологической науки для формирования эффективной и функциональной системы здравоохранения, способной адекватно реагировать на современные вызовы и потребности региона. Благодаря междисциплинарному подходу к исследованиям и разработкам программа стремится создавать уникальные научные и технологические решения, которые не только способствуют сохранению здоровья и благополучия населения, но также активно влияют на улучшение экологического состояния и биоразнообразия региона. Это стремление к интеграции различных научных направлений и практических аспектов поддерживается стремлением создать устойчивую и взаимосвязанную исследовательскую сеть, способствующую более глубокому пониманию и решению многогранных задач, стоящих перед южными областями Казахстана.

Ключевые слова: диагностика, микробиология, Big Data, биоразнообразие, корм, уголь.

Information about the authors

Nusipov Damir Asanovich – Researcher at the Research Institute for Sustainability of Ecology and Bioresources, Almaty, Kazakhstan, nusipov.damir@mail.com. *Contribution to the work:* review and writing of the coal

Kamenov Bekzat Kelbetuly – researcher at the Research Institute for “Sustainability of Ecology and Bioresources”, Almaty, Kazakhstan, kamenov01@bk.ru. *Contribution to the work:* review and writing of the feed

Kozhakhmetova Marzhan Khalidollaevna – Researcher at the Research Institute of Sustainability of Ecology and Bioresources, Almaty, Kazakhstan, marzhanur.7@mail.ru. *Contribution to the work:* review of all literature and analysis

Sherelkhan Dinara Kumishankyzy – researcher at the Research Institute of “Sustainability of Ecology and Bioresources”, Almaty, Kazakhstan, sherelkhandinara@gmail.com. *Contribution to the work:* writing a section on biodiversity

Altynbai Nazim Pernebaikyzy – researcher at the Research Institute of “Sustainability of Ecology and Bioresources”, Almaty, Kazakhstan, altynbaynazym@gmail.com. *Contribution to the work:* writing a section about Big Data

Narsha Uldana Abdisatarkyzy – a leading specialist, Almaty, Kazakhstan, dana-94n@mail.ru. *Contribution to the work:* discussions and comparison of data

Aimagambetov A.T. – Research Assistant of Research Institute «Ecology and Bioresources Sustainability», Almaty, Kazakhstan, anrayalan@gmail.com. *Contribution to the work:* assistance in drawing up an article plan

Arystanbekuly Birzhan – Research Assistant of Research Institute «Ecology and Bioresources Sustainability», Almaty, Kazakhstan, birzhanarystanbek@gmail.com. *Contribution to the work:* assistance in drawing up an article plan

Xiangrong Liu – Second-Level Professor, PhD Supervisor, Director of Coal Bi-transformation Laboratory at Xi'an University of Science and Technology, Xi'an, China, liuxiangrongxk@163.com. *Contribution to the work:* distribution and regulation writing an article

Авторлар туралы мәліметтер

Нусипов Дамир Асанович – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, nusipov.damir@mail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі:* көмір бөліміне шолу және жазу

Каменов Бекзат Келбетұлы, «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, katenov01@bk.ru. *Жұмысқа қосқан үлесі*: жем туралы бөлімге шолу және жазу

Кожаметова Маржан Халидоллаевна – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, marzhanur.7@mail.ru. *Жұмысқа қосқан үлесі*: ғылыми әдебиеттерге шолу

Шерелхан Динара Күмісханқызы – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, sherelkhandinara@gmail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: биоалуантүрлілік бөлімін жазу

Алтынбай Назым Пернебайқызы – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, altynbaynazym@gmail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: Big Data туралы бөлімін жазу

Нарша Ұлдана Әбдісатарқызы – жетекші маман, Алматы, Қазақстан, danna-94n@mail.ru. *Жұмысқа қосқан үлесі*: деректерді талқылау және салыстыру

Аймағамбетов А.Т. – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, anrayalan@gmail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: мақала жоспарын құруға көмектесу

Арыстанбекұлы Біржан – «Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ кіші ғылыми қызметкері, Алматы, Қазақстан, birzhanarystanbek@gmail.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: мақала жоспарын құруға көмектесу

Сиангронг Лю – Екінші Деңгейлі Профессор, Phd Ғылыми Жетекшісі, Сиань Ғылым Және Технологиялар Университетінің Көмір Биотрансформациясы Зертханасының Директоры, Сиань, Қытай, liuxiangrongxk@163.com. *Жұмысқа қосқан үлесі*: мақала жазу жоспарын бөлу және жазу

Сведения об авторах

Нусипов Дамир Асанович – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан, nussipov.damir@mail.com. *Вклад в работу*: обзор и написание отдела про уголь

Каменов Бекзат Келбетұлы – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан,

kaменов01@bk.ru. *Вклад в работу:* обзор и написание отдела про корм

Кожаметова Маржан Халидоллаевна – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан, marzhanur.7@mail.ru. *Вклад в работу:* обзор всей литературы и анализ подходящего материала

Шерелхан Динара Күмісханқызы – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан, sherelkhandinara@gmail.com. *Вклад в работу:* написание раздела по биоразнообразию

Алтынбай Назым Пернебайқызы – научный сотрудник НИИ «Устойчивости экологии и биоресурсов», Алматы, Казахстан, altynbaynazym@gmail.com. *Вклад в работу:* написание раздела про Big Data

Нарша Улдана Абдисатарқызы – ведущий специалист, Алматы, Казахстан, dana-94n@mail.ru. *Вклад в работу:* обсуждение и сравнение данных

Аймагамбетов А. Т. – научный сотрудник Научно-исследовательского института «Экология и устойчивое использование биоресурсов», Алматы, Казахстан, anrayalan@gmail.com. *Вклад в работу:* помощь в составлении плана статьи

Арыстанбекұлы Біржан – научный сотрудник Научно-исследовательского института «Экология и устойчивое использование биоресурсов», Алматы, Казахстан, birzhanarystanbek@gmail.com. *Вклад в работу:* помощь в составлении плана статьи

Сиангронг Лю – профессор второго уровня, научный руководитель PhD, директор лаборатории биотрансформации угля Сианьского университета науки и технологий, Сиань, Китай, liuxiangrongxk@163.com. *Вклад в работу:* разделение и регулирование написания статьи

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

***Нүсіпов Д.А.¹, Каменов Б.Қ.¹, Қожахметова М.Х.¹,
Шерелхан Д.Қ.¹, Алтынбай Н.П.¹, Нарша У.А.¹,
Аймағамбетов А.¹, Арыстанбекұлы Б.¹, Сянгрон Л.²***

¹«Экология және биоресурстардың тұрақтылығы» ҒЗИ, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы қ., Қазақстан

²Химия және химиялық инженерия колледжі, Сиань ғылым және технология университеті,

Сиань с., Қытай

ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ӨҢІРІН ТҰРАҚТЫ ДАМУҒА ҮШІН ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ЗАМАНАУИ ИНФРАҚҰРЫЛЫМ ҚҰРУ

Түйіндеме. Денсаулық сақтауды, биотехнологияларды және экологиялық тұрақтылықты дамыту жөніндегі ауқымды жобаны іске асыру шеңберінде Қазақстан Республикасының Арал-Сырдария өңірінің ғылыми-зерттеу бағдарламасы инновациялық технологияларды енгізу және халықтың тұрақты дамуын және өмір сүру сапасын едәуір жақсартуды қамтамасыз етуге қабілетті заманауи инфрақұрылымды құру сияқты өршіл міндеттерді іске асыруға бағытталған. Бұл бағдарлама өңірдің қазіргі заманғы сын-тегеуріндері мен қажеттіліктеріне барабар жауап бере алатын денсаулық сақтаудың тиімді және функционалдық жүйесін қалыптастыру үшін медицина, биотехнология және экологиялық ғылым саласындағы соңғы жетістіктерді біріктіруді көздейді. Зерттеулер мен әзірлемелерге мультидисциплинарлық көзқарас арқылы бағдарлама халықтың денсаулығы мен әл-ауқатын сақтауға ықпал етіп қана қоймай, сонымен қатар аймақтың экологиялық жағдайы мен биоөртүрлілігін жақсартуға белсенді әсер ететін бірегей ғылыми және технологиялық шешімдерді жасауға ұмтылады. Өртүрлі ғылыми бағыттар мен практикалық аспектілерді интеграциялауға деген бұл ұмтылыс Қазақстанның оңтүстік облыстарының алдында тұрған көп аспектілі міндеттерді тереңірек түсінуге және шешуге ықпал ететін тұрақты және өзара байланысты зерттеу желісін құруға деген ұмтылыспен қолдау табады.

Түйінді сөздер: диагностика, микробиология, Big Data, биоөртүрлілік, жем, көмір.

Кіріспе. Медициналық технологиялар мен ғылыми зерттеулердің жаһандануы жағдайында көптеген дамыған елдер молекулалық генетика, клиникалық зертханалық және аспаптық диагностика са-

ласындағы озық әзірлемелерді біріктіретін орталықтандырылған ірі зертханаларды құру тенденциясын көрсетуде. Бұл зертханалар медициналық қызметтердің сапасы мен тиімділігін айтарлықтай арттыруға ықпал ететін жасанды интеллект мүмкіндіктерін белсенді түрде пайдаланады. Қазақстанда, әсіресе оңтүстік өңірлерде диагностикалық қызметтердің кең спектрін ұсынуға қабілетті жоғары мамандандырылған консультациялық-амбулаториялық орталықтарды кезең-кезеңімен ашу қағидаттарына негізделген бұл тәсіл денсаулық сақтауды айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік береді.

Арал өңірінде өмір сапасының негізгі көрсеткіші болып табылатын халықтың денсаулығына дағдарысқа дейінгі экологиялық жағдайға байланысты қауіп төніп тұр. Қоршаған ортаның жоғары ластануы сияқты қолайсыз факторлар, әсіресе Шымкент сияқты өнеркәсіптік қалалардағы көліктер шығарындылары жалпы ластанудың 70%-дан астамын құрайды, халықтың денсаулығына елеулі әсер етеді [1-2]. Зерттеулер көрсеткендей, Қазақстанның оңтүстік облыстарында денсаулық жағдайы 30% дерлік жағдайда нашар деп бағаланады. Бұл республиканың басқа аймақтарымен салыстырғанда бірнеше есе жоғары [3-5].

Молекулалық-генетикалық және зертханалық зерттеулер жұқпалы және жұқпалы емес аурулардың эпидемиологиясы аясында шешуші болып табылады. Бұл зерттеулер аурудың таралу механизмдерін түсінуді кеңейтіп қана қоймайды, сонымен қатар олардың алдын алу мен емдеуді бақылауда маңызды рөл атқарады. Жұмыстың ғылыми жаңалығы келесідей:

- Жоғары өнімді геномдық секвенирлеу және үлкен деректерді талдау жұқпалы емес аурулардың даму қаупін болжау үшін пайдаланылуы мүмкін генетикалық болжаушыларды зерттеуге мүмкіндік береді.

- Молекулалық-генетикалық зерттеулер эпидемиологиялық байланыстар мен инфекция көздерін анықтауға ықпал ететін геномдық және эпидемиологиялық деректердің интеграциясын қамтамасыз етеді.

- Пәнаралық тәсілді қолдану молекулалық биология мен генетикадан бастап клиникалық пәндер мен ақпараттық технологияларға дейінгі әртүрлі салалардағы мамандардың ынтымақтастығын қамтиды. Бұл ынтымақтастық нәтижелерді тереңірек және жан-жақты талдауға ықпал етеді, бұл емдеу стратегияларын оңтайландыруға және медициналық әсерлердің тиімділігін арттыруға ықпал етеді.

Молекулярлық-генетикалық, зертханалық-аспаптық зерттеу әдістерін біріктіре отырып, университет базасында көпфункционалды

зертхана құру және іске қосу сұранысқа ие және бәсекеге қабілетті болып табылады, себебі:

- Жаңа диагностикалық және емдік әдістердің дамуына ықпал ететін генетикалық вариациялар мен молекулалық жасушалық процестерді зерттеу арқылы медицинадағы молекулалық механизмдерді түсінуді кеңейту.

- Иммундық деңгейдегі бағалауға және іргелі зерттеулерді практикалық денсаулық сақтауға ықпал ететін клиникалық-иммунологиялық зертхана құру.

- Молекулалық маркерлерге негізделген онкологиялық аурулардың диагностикасын жақсарту, бұл онкологияны ерте анықтауға және тиімді терапияға көмектеседі.

Негізгі бөлім. Қазіргі заманғы денсаулық сақтауда медициналық ақпараттың қол жетімділігінің артуы және үлкен деректерді талдау әдістерінің дамуы жасанды интеллект мүмкіндіктерін едәуір жақсартты. ЖИ негізіндегі қуатты аналитикалық құралдар клиникалық маңызды ақпаратты анықтауға мүмкіндік беретін үлкен көлемдегі деректерді өңдей алады. Ол көбінесе медициналық жазбалар мен зерттеулердің қайталанбайтын саны арасында жасырылады. Бұл өз кезегінде медициналық көмектің сапасын жақсартудың кілті болып табылатын клиникалық шешімдерді неғұрлым негізделген және уақтылы қабылдауға ықпал етеді [2]. Қазақстанның оңтүстік өңірлерінде медициналық көмектің сапасын жақсартуды ғана емес, сонымен қатар жекелендірілген емдеу әдістерін әзірлеуге ықпал ететін жоғары технологиялық зерттеулер жүргізу үшін зертханалар құру аса маңызды болып табылады. Ауруларды ерте анықтау үшін дәл аспаптық әдістерді қолдану инновациялық технологиялармен жасанды интеллектпен біріктірілген геномдық медицинадағы прогресстің арқасында мүмкін болады [6-12].

Осылайша, геномдық медицина мен жасанды интеллекттің клиникалық тәжірибеге сәтті интеграциясы денсаулық сақтаудың жаңа көкжиегін ашады. Бұл бағыт ауруларды диагностикалаудың, бақылаудың және алдын алудың тиімді әдістерін әзірлеуге мүмкіндік беретін қазіргі заманғы медицина ғылымындағы ең перспективалы бағыттардың бірі болып табылады. Бұл технологияларды біріктіру пациенттердің медициналық нәтижелерін жақсартуға ғана емес, сонымен қатар сау ұлтты құруға ықпал ете отырып, қоғамдық денсаулықты айтарлықтай жақсартады.

Сонымен қатар оңтүстік аймақтың табиғи-климаттық ерекшелікте-

рін ескере отырып, биоалуантүрлілікті сақтаудың және тұрақты пайдаланудың ғылыми-инновациялық әдістерінің кешенін әзірлеуді зерттеу мүмкіндіктерін қарастырады. 1994 жылы Қ. А. Ясауи атындағы ХҚТУ аумағында 88 гектарлық Ботаникалық бақ құрылды, ол экологиялық жүктемені азайтуға және аймақтағы өсімдіктердің көбеюі үшін жағдайды жақсартуға бағытталған маңызды қадам болды. Бақшада Қазақстанның оңтүстігінің қатал климаттық жағдайларына бейімделген әлемнің түкпір-түкпірінен туыстас 59 топ, 28 отбасы және 127 түр ағаш, бұта, сәндік, жеміс-жидек және гүл өсімдіктері ұсынылған. Бұл биоәртүрлілікті сақтауға ықпал етеді және ботаника мен экологияны зерттеуге бірегей мүмкіндіктер береді. Университеттің зерттеу тобы өсімдіктердің физиологиясын, биохимиясын, фитопатологиясын және минералды қоректенуін зерттеудің әдістемелік базасын құру үшін белсенді жұмыс істейді. Осы зерттеулердің нәтижелері агроөнеркәсіптік жобаларда өз қолданысын тауып, алынған бірқатар патенттер мен ғылыми жарияланымдармен расталған жаңа технологиялардың дамуына ықпал етті [13-15]. Ұлттық ғылыми кеңестің осы әзірлемелерді мақұлдауы мен ұсынуы олардың жергілікті аграрлық ұйымдардың практикасына интеграциялануына ықпал етеді. Дегенмен, Арал-Сырдария өңірінің су ресурстарының сарқылуы, қоршаған ортаның ластануы, атмосфера сапасының нашарлауы және сортаңды жерлердің тозуы сияқты өзекті экологиялық сын-қатерлері одан әрі ғылыми зерттеулерді қажет етеді. Табиғи ресурстарды тұрақты пайдалану және қалпына келтіру үшін ғылыми-инновациялық әдістерді әзірлеу және енгізу қажет, оны ботаникалық бақ пен университеттің биология кафедрасы базасында зерттеу қызметін күшейту арқылы жүзеге асыруға болады.

Бұл бағдарлама өңірдегі экологиялық ахуалды жақсартуға жәрдемдесіп қана қоймайды, сонымен қатар тұрғындар арасында экологиялық сана мен білім деңгейін арттыра отырып, жасыл технологияларды дамытуға ықпал етеді. Біздің жобамыздың өзектілігі мен ғылыми жаңалығы Қазақстан тарихында Арал-Сырдария өңірінің азық-түлік, жемшөп және жайылымдық өсімдіктерінің, сондай-ақ карантиндік және арамшөп-рудералдық өсімдіктерінің гендік қорының алғашқы өңірлік кадастрларын әзірлеуде жатыр. Мұндай кадастрларды құру осы өсімдіктердің ресурстық әлеуетін бағалауға мүмкіндік береді және аймақтағы биоәртүрлілік пен экологиялық тепе-теңдікті сақтауға ықпал ететін олардың гендік қорын тұрақты басқаруға негіз болады.

Сонымен қатар, жоба зерттелетін аймаққа тән қатал қысы мен

құрғақшылығы бар құрғақ климат жағдайында мал шаруашылығын тұрақты дамытуға бағытталған. Сапалы өрескел жемшөптің тапшылығын экономикалық тұрғыдан тиімді өтеуге мүмкіндік беретін вегетативті режимде өсірілген қамыс сияқты балама өсімдік түрлерін пайдалану ұсынылады [16]. Жергілікті жем-шөп ресурстарына негізделген технологияның дамуы, атап айтқанда, тез дамып келе жатқан және жоғары биомассасы бар қамысты пайдалану сыртқы көздерге азықтық тәуелділіктің төмендеуіне ықпал етеді [17-20]. Бұдан басқа, зерттелетін аймақ орман ресурстарының шектеулі болуына және сексеуілді кесуге тыйым салуға байланысты қолжетімді және жоғары калориялы отынның жетіспеушілігі проблемасына тап болады. Шешім өсімдік қалдықтарын брикеттеу болуы мүмкін, бұл оларды қатты отын көзі ретінде пайдалануға мүмкіндік береді. Брикеттеу отынның тасымалдануын және сақталуын жақсартады, үйінді тығыздығын арттыру және ылғалдылықты азайту арқылы оның калориялық құндылығын арттырады, бұл оны пайдалануды тиімдірек және үнемді етеді [16-18, 20-21].

Бағдарлама жоғары білікті мамандарды даярлауға ықпал ететін озық жабдықтары бар орталықтандырылған ғылыми-зерттеу орталығын құруға бағытталған. Мақсаты-жаңа түрлерді өсіруді және агрошикізаттан инновациялық өнімдерді құруды қамтитын құрғақ жағдайларға бейімделген өнеркәсіптік маңызды агроөнеркәсіптік дақылдарды өсіру технологияларын әзірлеу. Бағдарламаның маңызды бөлігі ботаникалық бақтарды бақылауды қоса алғанда, ауыл шаруашылығында мелиорация және тәуекелдерді басқару саласында тиімді шешім қабылдауға ықпал ететін алгоритмдерді әзірлеу үшін Big Data және ЖИ қолдану болып табылады. Бұл технологиялар аграрлық тәжірибелердің дәлдігі мен тиімділігін арттыру үшін гетерогенді деректердің үлкен көлемін өңдеуге және талдауға көмектеседі.

Азық-түлікке жарамды, медициналық, жемшөп және жайылымдық өсімдіктердің, сондай-ақ карантиндік және арамшөп-рудералдық түрлердің гендік қорының өңірлік каталогын әзірлеуге ерекше назар аударылады, бұл әрбір түрдің паспортталуын және кешенді сипаттамасын қамтамасыз етеді. Бұл каталогтар аймақтың биоресурстарын тұрақты басқаруға негіз болады және аграрлық жерлерді пайдалануды оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бағдарлама ауыл шаруашылығы саласының тұрақтылығы мен экономикалық тиімділігін арттыруға ықпал ететін агроөнеркәсіптік қалдықтар негізінде жаңа энергия тиімді материал әзірлеуді қамтиды. Бұл бағыт қалдықтарды

жоюға және агроөнеркәсіптік кешеннің экологиялық ізін азайтуға байланысты экологиялық мәселелерді шешу үшін маңызды.

Жобаның ғылыми жаңалығы негізгі молекулалық – генетикалық маркерлерді анықтау үшін олардың биохимиялық және физиологиялық жағдайын ғылыми талдауды қамтитын ыстыққа және құрғақшылыққа төзімді өсімдіктер үшін жаңа технологияларды құру және сынау болып табылады. Бұл зерттеулер патогендік жүктемені азайтатын және ауылшаруашылық дақылдарының өнімділігін арттыратын технологияларды дамытуға мүмкіндік береді. Бағдарлама сонымен қатар ара колонияларының жалпы денсаулығын жақсартуға және биоресурстарды басқарудың жаңа тәсілдерін әзірлеуге бағытталған, бұл аймақтағы агрономияның, биотехнологияның және IT-инженерияның тұрақты дамуына маңызды үлес қосады. Мұндай ғылыми-білім беру орталығын құру жергілікті және ұлттық деңгейде экологиялық, экономикалық және әлеуметтік сипаттағы негізгі проблемаларды шешуге қабілетті ғылыми мектепті қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Сондай-ақ, бағдарлама аясында табиғатты қорғау және табиғатты пайдалану саласындағы барлық күш-жігердің негізі болып табылатын қоршаған ортаға үздіксіз мониторинг жүргізу жоспарлануда. Бұл мониторинг қоғамның тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін қажет. Бұл негізгі әрекет адамның және басқа организмдердің өмір сүру кеңістігінің экологиялық жағдайларын объективті бағалауға, сондай-ақ экожүйелердің жай-күйіне және олардың функционалдық тұтастығына талдау жасауға мүмкіндік береді [22-23]. Әлемнің дамыған елдерінде экологиялық мониторингті ұйымдастыру шеңберінде өңірлік ауқымға ерекше назар аударылады [24-25]. 80-жылдардың басынан бастап мемлекеттің экономикалық, әлеуметтік және саяси дамуын басқарудың табысты саясаты оның нақты аймақтарының ерекшеліктері мен қажеттіліктерін ескеруді талап ететіні белгілі болды [26]. Қазақстанның оңтүстік өңірлері бір мезгілде экологиялық тұрғыдан неғұрлым осал болып табылатын бірегей түрлік және биологиялық әртүрлілігімен ерекшеленеді [27]. Бұл, ең алдымен, бірегей биологиялық экожүйелер мен флора мен фаунаың сирек кездесетін, жойылып бара жатқан және эндемикалық түрлерінің көптігі қауіп төніп тұрған Орталық Азияның ірі өзендері - Сырдария мен Іле өзендерінің ағынының азаюы және ластануы аясында антропогендік факторлар мен климаттың өзгеруіне байланысты [28-29].

Бағдарлама ағымдағы жағдайды талдауға, ықтимал тәуекелдер мен қауіптерді, сондай-ақ Қазақстанның оңтүстік облыстарының негіз-

гі экосистемаларына әсер ететін теріс үрдістерді анықтауға және жіктеуге бағытталған. Бұл бағдарлама әртүрлі әдістерді қолдануды көздейді: үздіксіз және дәл бақылауды қамтамасыз ету үшін далалық зерттеулер, зертханалық талдаулар, қоршаған ортаның микробиологиялық мониторингі және қашықтықтан зондтау. Сонымен қатар, жоба өзен суларының төмендеуі мен климаттың өзгеруі жағдайында мал шаруашылығы, ирригациялық егіншілік және рекреация сияқты салаларда жергілікті халықтың табиғи ресурстарды экологиялық тұрақты пайдалануының стратегияларын әзірлеуді қамтиды.

Адамдардың көптеген әрекеттері тұзды көлдерге қауіп төндіреді немесе оларға теріс әсер етті. Маңызды факторлар жер үсті ағыны, тау-кен өндірісі, ластану, экзотикалық түрлерді енгізу және климаттың өзгеруі болып табылады, бұл биоәртүрліліктің жоғалуына және лимнологиядағы үлкен өзгерістерге әкеледі [30]. Арал теңізінің дағдарысы-бұл аймақтағы экологиялық проблемалардың айқын мысалы, ауыр зардаптарға әкеледі [31]. Арал теңізінің сулары химиялық өзгерістерге ұшырады: Ca және SO_4 иондарының салыстырмалы үлесі төмендеді, ал Cl өсті [32]. Метеорологиялық деректер сонымен қатар Орталық Азиядағы жылдық және қысқы температураның жоғарылауын көрсетеді, бұл экосистемаларға, дақылдарға және денсаулыққа теріс әсер етуі мүмкін [33]. Сонымен қатар, аймақтағы топырақ пен судың ластануы да проблема болып табылады.

Ауыз судың микробиологиялық мониторингі нормативтік құжаттарға сәйкес жүзеге асырылады [34-37]. Микробиологиялық көрсеткіштер бойынша судың сапасын бағалау адамға және оның қызметіне байланысты микроорганизмдердің үлесін анықтауды қамтиды. Микробтардың негізгі көрсеткіштеріне микроорганизмдердің жалпы саны, жалпы колиформдар, термотолерантты колиформдар, күкіртредуцирлеуші клостридия споралары және колифагтар жатады.

Биосфераның дәрілік заттармен (ДЗ) ластануының негізгі көзі тұрмыстық және өндірістік ағынды сулар болып табылады. Зерттеулер көрсеткендей, муниципалды ағынды суларда ДЗ кең спектрі бар [38-48]. Ластанған сарқынды сулар проблемасы Қазақстан үшін маңызды, өйткені ауруханалар мен тұрғын аудандардағы ағынды сулар әдеттегі тазартудан кейін дәрілік заттарды алып тастамай қоршаған ортаға қайтарылады. COVID-19 пандемиясы кезінде ДЗ, соның ішінде антибиотиктерді тұтынудың артуы су ресурстарындағы ДЗ және олардың метаболиттерінің концентрациясының жоғарылауына әкелуі мүмкін. Қолданыстағы тазарту қондырғылары әрдайым тұрақты лас-

таушы заттарды, соның ішінде ДЗ-ны кетіре алмайды. Бұл зерттеудің жаңалығы Түркістан облысының табиғи және ағынды суларындағы ДЗ құрамын талдау болып табылады. Жоба Қазақстанда ластанған суларды экожүйеге қайтару мақсатында оларды тазарту әдістерін әзірлеуге бағытталған. Бұл судың сапасын бағалау және қоршаған ортаны сақтау үшін өте маңызды. Сондай-ақ, мембраналарды қолдана отырып, судағы ДЗ тазартудың жаңа әдістерін бейімдеу және суды тазарту станцияларының жұмысын жақсарту үшін нәтижелерді түсіндіру маңызды.

Зерттеудің қосымша перспективалы бағыты – төмен сортты көмір негізіндегі компост өндірісінің инновациялық технологиясын әзірлеу [49-51]. Бұл компост аммиак шығарындыларын азайту және өсімдіктерге азоттың қолжетімділігін арттыру арқылы тұрақты және үнемді болуға сенім береді. Ірі қара малдың көңі мен төмен сұрыпты көмірді бірге компосттау топырақтың денсаулығын қалпына келтіруге және дақылдардың өсуін ынталандыруға көмектеседі. Сонымен қатар, топырақтың өнімділігі мен құнарлылығын арттыру мақсатында қоңыр көмір, жауын құрттары мен микроорганизмдердің жасушаларын қамтитын поликомпонентті тыңайтқышты әзірлеу жоспарлануда.

Сонымен қатар, зерттеу тұзды топырақты қалпына келтіруге күшті синергетикалық әсер ететін төмен сұрыпты көмір мен бактериялық изоляттарға негізделген жаңа сайт – спецификалық топырақ қоспаларын әзірлеуді көздейді [52-53]. Бұл қоспалар әсіресе аймақтың тұзы бар және құнарсыз топырақтарында өсірілген дақылдар үшін пайдалы болады. Сондай-ақ, көмір күлі мен гуминді заттар негізінде инновациялық биотехнологиялық тыңайтқыштарды өндіру процесін әзірлеу және бағалау жоспарлануда. Бұл тыңайтқыш ерекше тиімділікпен топырақтың агрохимиялық сипаттамаларына ықтимал әсерімен сипатталады [54-55]. Көмір күлі мен гуминді заттарды ассоциативті өсуді ынталандыратын бактериялардың штамдарымен бірге қолдану топырақтың құнарлылығын жақсартуға көмектеседі.

Микробтық инокулянттар, сондай-ақ микробтық агенттер немесе микробтық тыңайтқыштар өсімдіктердің өсуіне және тұрақты экологиялық ортаны құруға арналған перспективті шешім болып табылады. Бұл сала қарқынды өсуде және 2026 жылға қарай оның көлемі 12 миллиард долларға жетеді деп күтілуде [56-59]. Дегенмен, осыған қарамастан, қоршаған орта факторлары және микробтық инокулянттар саласындағы ғылыми түсінік пен технологиялық жетістіктердің болмауы сияқты мәселелер әлі де бар. Топырақтағы синтетикалық

микробтық инокулянттардың синергетикалық әсер ету механизмдерін түсіну экологиялық өзгерістердің үлгілерін жасау және тиімдірек нәтижелерге қол жеткізу үшін қажет. Бұл зерттеулер азық-түлік қауіпсіздігі мен ауыл шаруашылығының тұрақты дамуын қамтамасыз ету арқылы жасыл биотыңайтқыштар саласындағы өрлеуге ықпал етеді. Бұл саладағы зерттеулердің өзектілігі тек белгілі бір мәселелерді шешуде ғана емес, сонымен қатар Арал-Сырдария аймағының интеграцияланған және тұрақты инновациялық дамуын қамтамасыз ете отырып, биологиялық ресурстарды басқарудың ғылыми-практикалық әдістерін әзірлеуде.

Қорытынды. Қазақстан Республикасы Арал-Сырдария өңірінің денсаулық сақтау, биотехнология және экологиялық тұрақтылықты дамыту жөніндегі ірі жобаларды іске асыру шеңберінде инновациялық технологияларды енгізу, өңірдің орнықты дамуын қамтамасыз етуге қабілетті заманауи инфрақұрылымды құру сияқты міндеттерді орындауға бағытталған және өмір сүру сапасын едәуір жақсарту алға қойылуы тиіс. Бағдарлама медицина, биотехнология, қоршаған орта туралы ғылым саласындағы соңғы жетістіктерді аймақтың заманауи сын-тегеуріндері мен қажеттіліктеріне барабар жауап бере алатын тиімді және функционалды денсаулық сақтау жүйесін қалыптастыру үшін біріктіруді қарастырады. Бағдарламаларды зерттеу мен әзірлеуге пәнаралық көзқараспен бағытталған бірнеше ғылыми-технологиялық шешімдер құру өз кезегінде халықтың денсаулығы мен әл-ауқатын сақтауға ықпал етіп қана қоймай, сонымен қатар экологиялық жағдайға оң әсер етеді. Бұл әртүрлі ғылыми пәндерді практикалық аспектілерді біріктіруге деген ұмтылыс Қазақстанның алдыңғы өңірінде тұрған көп қырлы мәселелерді тереңірек түсінуге және шешуге ықпал ететін тұрақты және өзара байланысты зерттеу желісін құруға деген ұмтылыспен нығайтылады.

Зерттеулерді қаржыландыру көзі.

Жұмыс «BR24992814 Оңтүстік Қазақстан өңірін тұрақты дамыту үшін инновациялық технологияларды әзірлеу және заманауи инфрақұрылым құру» ғылыми зерттеу жобасының аясында ҚР ҒЖБМ-ның қолдауымен орындалды.

Әдебиеттер

- 1 Альназарова А.Ш. Актуальность проблемы влияния вредных факторов окружающей среды Приаралья на заболеваемость населения // Новейшие научные достижения – 2009: матер. V междунар. научно-практ. конф. - София, 2009. -С.39-41.
- 2 Омарова Д.С., Бегун Д.Н., Булычева Е.В. Анализ здоровья населения в субъективных оценках (на примере Республики Казахстан) / Научно-практический рецензируемый журнал «Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики» 2024 г., № 1 Scientific journal «Current problems of health care and medical statistics» 2024 г., № 1 ISSN 2312-2935.
- 3 Askarov D.M., Amrin M.K., Izenkova A.K., Beisenbinova Z.B., Dosmukhametov A.T. Health Status and Quality of Life in the Population near Zhezkazgan Copper Smelter, Kazakhstan. J Environ Public Health. 2023 Jan 30;2023:8477964. doi: 10.1155/2023/8477964. PMID: 36755778; PMCID: PMC9902142.
- 4 Gulis G., Aringazina A., Sangilbayeva Z., Zhan K., de Leeuw E., Allegrante J.P. Population Health Status of the Republic of Kazakhstan: Trends and Implications for Public Health Policy. Int J Environ Res Public Health. 2021 Nov 22;18(22):12235. doi: 10.3390/ijerph182212235. PMID: 34831990; PMCID: PMC8621160).
- 5 Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау Министрлігі. 2022 жылда Қазақстан Республикасы халқының денсаулығы және денсаулық сақтау ұйымдарының қызметі статистикалық жинақ Астана 2023 стр 390.
- 6 Lippa P.B., Bietenbeck A., Beaudoin C., Giannetti A. Clinically relevant analytical techniques, organizational concepts for application and future perspectives of point-of-care testing. Biotechnol. Adv. 2016, 34, 139–160.
- 7 Hooker G.W. Building an infrastructure to enable delivery of genomic medicine. Am J Med Genet C Semin Med Genet. 2021;187(1):95–99. [PubMed: 33415801].
- 8 Engel N., Wachter K., Pai M., Gallarda J., Boehme C., Celentano I. Addressing the challenges of diagnostics demand and supply: Insights from an online global health discussion platform. BMJ Glob. Health 2016, 1, e000132. [CrossRef] [PubMed].
- 9 Mugambi M.L., Palamouni K.M., Gallarda, J., Drain P.K. Exploring the Case for a Global Alliance for Medical Diagnostics Initiative. Diagnostics 2017, 7, 8. [CrossRef] [PubMed].
- 10 Peeling R.W. Diagnostics in a digital age: An opportunity to strengthen health systems and improve health outcomes. Int. Health 2015, 7, 384–389. [CrossRef] [PubMed].
- 11 Shaw J. Practical challenges related to point of care testing. Pract. Lab. Med. 2016, 4, 22–29. [CrossRef] [PubMed].
- 12 Wiley K., Findley L., Goldrich M., et al. A research agenda to support the development and implementation of genomics-based clinical informatics tools and resources. Journal of the American Medical Informatics Association. 2022.
- 13 Патент Республики Казахстан на полезную модель №8235. «Способ

защиты дыни от дынной мухи». Тойжигитова Б.Б., Салыбекова Н.Н., Аймбетова И.О.

14 Патент Республики Казахстан на изобретение № 36137. «Арша ағашының альтернариозын емдеу тәсілі». Салыбекова Н.Н., Апушев А.К., Аймбетова И.О., Юсупов Б.Ю., Исаев Г.И., Тойжигитова Б.Б., Бабаева Г.А., Сержанова А.Е.

15 Аймбетова И.О., Салыбекова Н.Н., Исаев Г.И. Разработка комплекса научно-инновационных методов сохранения и устойчивого использования биоразнообразия с учетом природно-климатических особенностей Арало-Сырдарьинского региона. Авторское свидетельство на научную работу № 44963. Дата публ. 22.04.2024г.

16 Чекалин С.В., Масалова В.А., Набиева С.В., Бабай И.В., Хусаинова И.В., Ишаева А.Н., Крекова Я.А. Выращивание древесных растений в питомниках различных регионов Казахстана. Вестник науки и образования. № 20 (74), Часть. Москва: Проблемы науки, 2019. С.20-26.

17 Карибаева К.Н., Мищенко А.Б., Гемеджиева Н.Г., Скларенко С.Л., Родионов С.Л. Биоразнообразие и генетические ресурсы Казахстана // Завтра было поздно. Экологические риски Казахстана. – Алматы, 2021. – Глава 5. – С. 199 – 233.

18 Grudzinskaya L., Gemejiyeva N., Karzhaubekova Zh., Nelina N. Botanical coverage of the leading families of medicinal flora of Kazakhstan // BIO Web of Conferences 31, 00007 (2021): <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100007> Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions 2021.

19 Апушев А.К., Юсупов Б.Ю., Салыбекова Н.Н. Адаптивный потенциал декоративных древесных культур в субаридных условиях Туркестанского региона // Астана Ботаникалық бағының 5-жылдығына арналған «Қазақстанның ботаникалық бақтары мен дендропарктерінің қазіргі жағдайы мен даму перспективалары» атты Халықаралық ғылыми-практикалық конференция материалдары 29 маусым, 2023. 17-23 бб.

20 Чекалин С.В. Эпигенетическая гомологическая изменчивость формы плодов растений, Алматы 2017.

21 Веселова П.В. Антропофильный элемент флоры пустынной части долины р. Сырдарья, Алматы, 2017.

22 Sultanbekov Z. K., Bukunova A. S., Ga'sin A. B., Bortsova S. R., Batkul'dina Z. N., & Konurbaeva, A. S. (2011). [Monitoring public health state in solving ecologic problems of cities]. Meditsina Truda i Promyshlennaia Ekologiya, 6, 20–22.

23 Zhou K. F., Zhang Q., Chen X., & Sun L. (2007). Features and trends of the environmental change in the arid areas in Central Asia. Science in China, Series D: Earth Sciences, 50(SUPPL), 142–148. <https://doi.org/10.1007/s11430-007-5017-2>.

24 Barrientos R., Borda-de-Água L., Brum P., Beja P., & Pereira H. M. (2017). What's next? Railway ecology in the 21st century. Railway Ecology, 311–318. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_19.

25 Awange J. (2018). Environmental surveying and surveillance. In

Environmental Science and Engineering (Subseries: Environmental Science) (Issue 9783319584171, pp. 59–95). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58418-8_5.

26 Животовская И. Г. «Три десятилетия реформ образования в Европе: особенности модернизации образовательной системы» Актуальные проблемы Европы, no. 2, 2013, pp. 13-49. <https://cyberleninka.ru/article/n/tri-desyatiletiya-reform-obrazovaniya-v-evrope-osobennosti-modernizatsii-obrazovatelnoy-sistemy>.

27 Lamchin M., Lee W. K., Jeon S. W., Wang S. W., Lim C. H., Song C., & Sung M. (2018). Long-term trend and correlation between vegetation greenness and climate variables in Asia based on satellite data. *Science of the Total Environment*, 618, 1089–1095. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.145>.

28 Bolatova Z. (2023). Climate Change Impact on Agriculture of Almaty Region, Kazakhstan. In *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* (pp. 154–163). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26967-7_12.

29 Bao A., Yu T., Xu W., Lei J., Jiapaer G., Chen X., Komiljon T., Khabibullo S., Sagidullaevich X. B., & Kamalatdin I. (2024). Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea. *Journal of Arid Land*, 16(3), 315–330. <https://doi.org/10.1007/s40333-024-0055-6>.

30 Williams W.D., 2002. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025. *Environmental Conservation*, 2, 154–167.

31 Micklin P., 2007. The Aral Sea Disaster. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 35, 47–72.

32 Zavialov P.O., Ni A.A., Kudyshkin T. V., Ishniyazov D. P., Tomashevskaya I. G., Mukhamedzhanova D., 2009. Ongoing changes of ionic composition and dissolved gases in the Aral Sea. *Aquatic Geochemistry*, 15, 263–275.

33 Ibatullin S., Yasinsky V., Mironenkov A., 2009. The impact of climate change on water resources in Central Asia. Kazakhstan, Almaty: Sector report no. 6. Eurasian Development Bank, Lioubimtseva E., Colea, R., Adamsb J. M., Kapustinc G., 2005. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of Central Asia. *Journal of Arid Environments*, 62, 285–308.

34 ГОСТ 2761-84 – Источники централизованного хозяйственно-питьевого водоснабжения. Гигиенические, технические требования и правила выбора.

35 ГОСТ 2874-82 – Вода питьевая. Гигиенические требования и контроль за качеством.

36 СТ РК ИСО 8199-2006 - Общие требования по подсчету микроорганизмов, выращенных методом посева на питательной среде.

37 МУК 10.05.045-03 – Методические указания. Методы микробиологического контроля питьевой воды.

38 Evgenidou E.N., Konstantinou I.K., Lambropoulou D.A. Occurrence and removal of transformation products of PPCPs and illicit drugs in wastewaters: a review // 2015. *Sci. Total Environ.* №505, P.905-926.

39 Loraine G.A., Pettigrove M.E. Seasonal variations in concentrations of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and reclaimed

wastewater in Southern California // 2006. Environ. Sci. Technol. №40, P.687-695.
40 Daughton C.G., Ternes T.A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? // 1999. Environ. Health Perspect. №107, P.907-938.

41 Homem V., Santos L. Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices: A review // 2011. J. Environ. Manag. №92, P.2304-2347.

42 Petrovic M., Skrbic B., Zivancev J., Ferrando-Climent L., Barcelo D. Determination of 81 pharmaceutical drugs by high performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry with hybrid triple quadrupole-linear ion trap in different types of water in Serbia // 2014. Sci. Total Environ. №468-469, P.415-428.

43 Lopez-Serna R., Petrovic M., Barcelo D. Occurrence and distribution of multiclass pharmaceuticals and their active metabolites and transformation products in the Ebro River basin (NE Spain) // 2012. Sci. Total Environ. №440, P.280-289.

44 Houtman C.J., Kroesbergen J., Lekkerkerker-Teunissen K., van der Hoek J.P. Human health riskassessment of the mixture of pharmaceuticals in Dutch drinking water and its sources based on frequent monitoring data // 2014. Sci. Total Environ. №496, P.54-62.

45 Postigo C., Barcelo D. Synthetic organic compounds and their transformation products in groundwater: occurrence, fate and mitigation // 2015. Sci. Total Environ. №503-504, P.32-47.

46 Luo Y., Guo W., Ngo H.H., Nghiem L.D., Hai F.I., Zhang J., Liang S., Wang X.C. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment // 2014. Sci. Total Environ. №473-474, P.619-641.

47 Vieno N.M., Tuhkanen T., Kronberg L. Seasonal variation in the occurrence of pharmaceuticals in effluents from a sewage treatment plant and in the recipient water // 2005. Environ. Sci. Technol. №39, P.8220-8226.

48 Oller I., Malato S., Sánchez-Pérez J.A. Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination—A review // Science of the total environment. 2011, №409. P. 4141-4166.

49 Chen D., Sun J., Bai M., Dassanayake K.B., Denmead O.T., Hill J. A new cost-effective method to mitigate ammonia loss from intensive cattle feedlots: application of lignite. Scientific Reports 2015, 5, 16689, doi:10.1038/srep16689.

50 Hao X., Chang C., Larney F.J. Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. J Environ Qual 2004, 33, 37-44, doi:10.2134/jeq2004.3700.

51 Impraim R., Weatherley A., Coates T., Chen D., Suter H. Lignite Improved the Quality of Composted Manure and Mitigated Emissions of Ammonia and Greenhouse Gases during Forced Aeration Composting. Sustainability 2020, 12, doi:10.3390/su122410528.

52 Ivushkin K., Bartholomeus H., Bregt A.K., Pulatov A., Kempen B., de Sousa L. Global mapping of soil salinity change. Remote Sensing of Environment 2019, 231, 111260, doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111260.

- 53 Okur B., Örcen N. Chapter 12 - Soil salinization and climate change. In Climate Change and Soil Interactions, Prasad M.N.V., Pietrzykowski M., Eds.; Elsevier: 2020; pp. 331-350.
- 54 Sekhohola L.M., Igbinigie E.E., Cowan A.K. Biological degradation and solubilisation of coal. Biodegradation 2013, 24, 305-318, doi:10.1007/s10532-012-9594-1.
- 55 Skodras G., Kokorotsikos P., Serafidou M. Cation exchange capability and reactivity of low-rank coal and chars. Open Chemistry 2014, 12, 33-43, doi:10.2478/s11532-013-0346-9.
- 56 Sadvakasova A.K., Kossalbayev B.D., Token A.I., Bauenova M. O., Wang J., Zayadan B. K., Balouch, H., Alwasel S., Leong Y. K., Chang J. S., & Allakhverdiev S. I. (2022). Influence of Mo and Fe on Photosynthetic and Nitrogenase Activities of Nitrogen-Fixing Cyanobacteria under Nitrogen Starvation. Cells, 11.
- 57 Kossalbayev B.D., Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Bolatkhan K.K., Token A., & Wefag S. (2020). Study of the effect of nitrogen-fixing cyanobacteria on the growth rate of the Strawberry Sunrise T-4 strawberry variety. Eurasian Journal of Ecology, 64.
- 58 Wang J., Zhao S., Xu S., Zhao W., Zhang X., Lei Y., Zhai H., & Huang Z. (2023). Co-inoculation of antagonistic *Bacillus velezensis* FH-1 and *Brevundimonas diminuta* NYM3 promotes rice growth by regulating the structure and nitrification function of rhizosphere microbiome. Frontiers in Microbiology, 14.
- 59 Yang R., Wang J., Xu S., Zhao W., Liu H., Li Q., & Huang Z. (2018). Screening, identification and salt-tolerant characteristics of phosphate-solubilizing fungi. Microbiology China, 45(10).

References

- 1 Al'nazarova A.SH. Aktual'nost' problemy vliyaniya vrednykh faktorov okruzhayushhej sredy Priaral'ya na zabolevaemost' naseleniya // Novejshie nauchnye dostizheniya – 2009: mater. V mezhdunar. nauchno-prakt. konf. - Sofiya, 2009. -S.39-41.
- 2 Omarova D.S., Begun D.N., Bulycheva E.V. analiz zdorov'ya naseleniya v sub»ektivnykh otsenkakh (na primere Respubliki Kazakhstan) / Nauchno-prakticheskij retsenziuemiy zhurnal «Sovremennye problemy zdravookhraneniya i meditsinskoj statistiki» 2024 g., № 1 Scientific journal «Current problems of health care and medical statistics» 2024 g., № 1 ISSN 2312-2935.
- 3 Askarov D.M., Amrin M.K., Izenkova A.K., Beisenbinova Z.B., Dosmukhametov A.T. Health Status and Quality of Life in the Population near Zhezkazgan Copper Smelter, Kazakhstan. J Environ Public Health. 2023 Jan 30; 2023:8477964. doi: 10.1155/2023/8477964. PMID: 36755778; PMCID: PMC9902142.
- 4 Gulis G., Aringazina A., Sangilbayeva Z., Zhan K., de Leeuw E., Allegrante J.P. Population Health Status of the Republic of Kazakhstan: Trends and Implications for

Public Health Policy. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Nov 22; 18(22):12235. doi: 10.3390/ijerph182212235. PMID: 34831990; PMCID: PMC8621160).

4 *Gulis G., Aringazina A., Sangilbayeva Z., Zhan K., de Leeuw E., Allegrante J.P.* Population Health Status of the Republic of Kazakhstan: Trends and Implications for Public Health Policy. *Int J Environ Res Public Health*. 2021 Nov 22;18(22):12235. doi: 10.3390/ijerph182212235. PMID: 34831990; PMCID: PMC8621160).

5 *Ministerstvo zdravookhraneniya Respubliki Kazakhstan.* Statisticheskiy sbornik o sostoyanii zdorov'ya naseleniya Respubliki Kazakhstan i deyatel'nosti organizatsiy zdravookhraneniya v 2022 godu. Astana, 2023. S. 390.

6 *Luppa P.B., Bietenbeck A., Beaudoin C., Giannetti A.* Clinically relevant analytical techniques, organizational concepts for application and future perspectives of point-of-care testing. *Biotechnol. Adv.* 2016, 34, 139–160.

7 *Hooker G.W.* Building an infrastructure to enable delivery of genomic medicine. *Am J Med Genet C Semin Med Genet.* 2021; 187(1):95–99. [PubMed: 33415801].

8 *Engel N., Wachter K., Pai M., Gallarda J., Boehme C., Celentano I.* Addressing the challenges of diagnostics demand and supply: Insights from an online global health discussion platform. *BMJ Glob. Health* 2016, 1, e000132. [CrossRef] [PubMed].

9 *Mugambi M.L., Palamountain K.M., Gallarda, J., Drain P.K.* Exploring the Case for a Global Alliance for Medical Diagnostics Initiative. *Diagnostics* 2017, 7, 8. [CrossRef] [PubMed].

10 *Peeling R.W.* Diagnostics in a digital age: An opportunity to strengthen health systems and improve health outcomes. *Int. Health* 2015, 7, 384–389. [CrossRef] [PubMed].

11 *Shaw J.* Practical challenges related to point of care testing. *Pract. Lab. Med.* 2016, 4, 22–29. [CrossRef] [PubMed].

12 *Wiley K, Findley L, Goldrich M, et al.* A research agenda to support the development and implementation of genomics-based clinical informatics tools and resources. *Journal of the American Medical Informatics Association* 2022.

13 *Patent Respubliki Kazakhstan na poleznuyu model' № 8235.* «Sposob zashchity dyn' ot bakhchevoy mukhi». Toyzhigitova B.B., Salybekova N.N., Aimbetova I.O.

14 *Patent Respubliki Kazakhstan na izobreteniyе № 36137.* «Sposob bor'by s al'ternariom derev'yev mozhzhevel'nika». Salybekova N.N., Apushev A.K., Aimbetova I.O., Yusupov B.YU., Isayev G.I., Toyzhigitova B.B., Babayeva G.A., Serzhanova A.E.

15 *Aimbetova I.O., Salybekova N.N., Isayev G.I.* Razrabotka kompleksa nauchnykh i innovatsionnykh metodov sokhraneniya i ustoychivogo ispol'zovaniya bioraznoobraziya s uchetom prirodno-klimaticheskikh osobennostey Aralo-Syrdar'inskogo regiona. *Avtorskoye svidetel'stvo na nauchnuyu rabotu № 44963.* Data publikatsii. 22.04.2024.

16 *Chekalin S.V., Masalova V.A., Nabyeva S.V., Babay I.V., Khusainova I.V., Ishayeva A.N., Krekova YA. A.* Vyreshchivaniye drevesnykh rasteniy v pitomnikakh razlichnykh regionov Kazakhstana. *Vestnik nauki i obrazovaniya.* № 20 (74), Chast'. M.: Voprosy nauki, 2019. S.20-26.

- 17 Karibayeva K.N., Mishchenko A.B., Gemedzhiyeva N.G., Sklyarenko S.L., Rodionov S.L. Bioraznoobraziye i geneticheskiye resursy Kazakhstana // *Zavtra bylo pozdno. Ekologicheskkiye riski v Kazakhstane*. – Almaty, 2021. – Glava 5. – S. 199 – 233.
- 18 Grudzinskaya L., Gemejiyeva N., Karzhaubekova Zh., Nelina N. Botanical coverage of the leading families of medicinal flora of Kazakhstan // *BIO Web of Conferences* 31, 00007 (2021): <https://doi.org/10.1051/bioconf/20213100007> Problems of Industrial Botany of Industrially Developed Regions 2021.
- 19 Apushev A.K., Yusupov B.YU., Salybekova N.N. Adaptivnyy potentsial dekorativnykh drevesnykh kul'tur v subaridnykh usloviyakh Turkestan'skogo regiona // *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy razvitiya botanicheskikh sadov i dendroparkov Kazakhstana», posvyashchennoy 5-letiyu Astaninskogo botanicheskogo sada*, 29 iyunya, 2023. S. 17-23.
- 20 Chekalin S.V., *Epigeneticheskaya gomologicheskaya izmenchivost' formy plodov rasteniy*, Almaty 2017.
- 21 Veselova P.V., *Antropofil'nyy element flory pustynnoy chasti doliny r. Syrdar'ya*, Almaty, 2017 g.
- 22 Sultanbekov Z. K., Bukunova A.S., Gaïsin A.B., Bortsova S.R., Batkul'dina Z.N., & Konurbaeva, A. S. (2011). Monitoring public health state in solving ecologic problems of cities. *Medit'sina Truda i Promyshlennaia Ekologiya*, 6, 20–22.
- 23 Zhou K.F., Zhang Q., Chen X., & Sun L. (2007). Features and trends of the environmental change in the arid areas in Central Asia. *Science in China, Series D: Earth Sciences*, 50(SUPPL), 142–148. <https://doi.org/10.1007/s11430-007-5017-2>.
- 24 Barrientos R., Borda-de-Água L., Brum P., Beja P., & Pereira H. M. (2017). What's next? Railway ecology in the 21st century. *Railway Ecology*, 311–318. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57496-7_19.
- 25 Awange J. (2018). Environmental surveying and surveillance. In *Environmental Science and Engineering (Subseries: Environmental Science)* (Issue 9783319584171, pp. 59–95). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58418-8_5.
- 26 Zhivotovskaya I.G. «Tri desyatiletiya obrazovatel'nykh reform v Yevrope: osobennosti modernizatsii obrazovatel'noy sistemy» Aktual'nyye problemy Yevropy, №. 2, 2013, str. 13-49. <https://cyberleninka.ru/article/n/tri-desyatiletiya-reform-obrazovaniya-v-evrope-osobennosti-modernizatsii-obrazovatel'noy-sistemy>.
- 27 Lamchin M., Lee, W. K., Jeon S. W., Wang S. W., Lim C. H., Song C., & Sung M. (2018). Long-term trend and correlation between vegetation greenness and climate variables in Asia based on satellite data. *Science of the Total Environment*, 618, 1089–1095. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.145>.
- 28 Bolatova, Z. (2023). Climate Change Impact on Agriculture of Almaty Region, Kazakhstan. In *Springer Proceedings in Earth and Environmental Sciences* (pp. 154–163). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26967-7_12.

- 29 Bao A., Yu T., Xu W., Lei J., Jiapaer G., Chen X., Komiljon T., Khabibullo S., *Sagidullaevich X. B., & Kamalatdin I.* (2024). Ecological problems and ecological restoration zoning of the Aral Sea. *Journal of Arid Land*, 16(3), 315–330. <https://doi.org/10.1007/s40333-024-0055-6>.
- 30 Williams W.D., 2002. Environmental threats to salt lakes and the likely status of inland saline ecosystems in 2025. *Environmental Conservation*, 2, 154–167.
- 31 Micklin P., 2007. The Aral Sea Disaster. *Annual Review Earth Planetary Sciences*, 35, 47–72.
- 32 Zavialov P.O., Ni A.A., Kudyshekin T.V., Ishniyazov D.P., Tomashevskaya I.G., Mukhamedzhanova D., 2009. Ongoing changes of ionic composition and dissolved gases in the Aral Sea. *Aquatic Geochemistry*, 15, 263–275.
- 33 Ibatullin S., Yasinsky V., Mironenkov A., 2009. The impact of climate change on water resources in Central Asia. Kazakhstan, Almaty: Sector report no. 6. Eurasian Development Bank, Lioubimtseva E., Colea R., Adams J. M., Kapustinc G., 2005. Impacts of climate and land-cover changes in arid lands of Central Asia. *Journal of Arid Environments*, 62, 285–308.
- 34 GOST 2761-84 – Istochniki tsentralizovannogo khozyaystvenno-pit'yevogo vodosnabzheniya. Gigiyenicheskiye, tekhnicheskiye trebovaniya i pravila otbora.
- 35 GOST 2874-82 – Voda pit'yevaya. Gigiyenicheskiye trebovaniya i kontrol' kachestva.
- 36 ST RK ISO 8199-2006 - Obshchiye trebovaniya k uchetu mikroorganizmov, vyrashchivayemykh metodom poseva na pitatel'nyye sredy.
- 37 MUK 10.05.045-03 – Metodicheskiye ukazaniya. Metody mikrobiologicheskogo kontrolya pit'yevoy vody.
- 38 Evgenidou E.N., Konstantinou I.K., Lambropoulou D.A. Occurrence and removal of transformation products of PPCPs and illicit drugs in wastewaters: a review // 2015. *Sci. Total Environ.* №505, P.905-926.
- 39 Loraine G.A., Pettigrove M.E. Seasonal variations in concentrations of pharmaceuticals and personal care products in drinking water and reclaimed wastewater in Southern California // 2006. *Environ. Sci. Technol.* №40, P.687-695.
- 40 Daughton C.G., Ternes T.A. Pharmaceuticals and personal care products in the environment: agents of subtle change? // 1999. *Environ. Health Perspect.* №107, P.907-938.
- 41 Homem V., Santos L. Degradation and removal methods of antibiotics from aqueous matrices: A review // 2011. *J. Environ. Manag.* №92, P.2304-2347.
- 42 Petrovic M., Skrbic B., Zivancev J., Ferrando-Climent L., Barcelo D. Determination of 81 pharmaceutical drugs by high performance liquid chromatography coupled to mass spectrometry with hybrid triple quadrupole-linear ion trap in different types of water in Serbia // 2014. *Sci. Total Environ.* №468-469, P.415-428.
- 43 Lopez-Serna R., Petrovic M., Barcelo D. Occurrence and distribution of multiclass pharmaceuticals and their active metabolites and transformation products in the Ebro River basin (NE Spain) // 2012. *Sci. Total Environ.* №440, P.280-289.
- 44 Houtman C.J., Kroesbergen J., Lekkerkerker-Teunissen K., van der Hoek J.P.

Human health riskassessment of the mixture of pharmaceuticals in Dutch drinking water and its sources based on frequent monitoring data // 2014. Sci. Total Environ. №496, P.54-62.

45 *Postigo C., Barcelo D.* Synthetic organic compounds and their transformation products in groundwater: occurrence, fate and mitigation // 2015. Sci. Total Environ. №503-504, P.32-47.

46 *Luo Y., Guo W., Ngo H.H., Nghiem L.D., Hai F.I., Zhang J., Liang S., Wang X.C.* A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment // 2014. Sci. Total Environ. №473-474, P.619-641.

47 *Vieno N.M., Tuhkanen T., Kronberg L.* Seasonal variation in the occurrence of pharmaceuticals in effluents from a sewage treatment plant and in the recipient water // 2005. Environ. Sci. Technol. №39, P.8220-8226.

48 *Oller I., Malato S., Sánchez-Pérez J.A.* Combination of Advanced Oxidation Processes and biological treatments for wastewater decontamination - A review // Science of the total environment. 2011, №409. P. 4141-4166.

49 *Chen D., Sun, J., Bai M., Dassanayake K.B., Denmead, O.T., Hill J.A.* New cost-effective method to mitigate ammonia loss from intensive cattle feedlots: application of lignite. Scientific Reports 2015, 5, 16689, doi:10.1038/srep16689.

50 *Hao X., Chang C., Larney F.J.* Carbon, nitrogen balances and greenhouse gas emission during cattle feedlot manure composting. J Environ Qual 2004, 33, 37-44, doi:10.2134/jeq2004.3700.

51 *Impraim R., Weatherley A., Coates T., Chen D., Sute H.* Lignite Improved the Quality of Composted Manure and Mitigated Emissions of Ammonia and Greenhouse Gases during Forced Aeration Composting. Sustainability 2020, 12, doi:10.3390/su122410528.

52 *Ivushkin K., Bartholomeus H., Bregt A.K., Pulatov A., Kempen B., de Sousa L.* Global mapping of soil salinity change. Remote Sensing of Environment 2019, 231, 111260, doi:https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111260.

53 *Okur B., Örgen N.* Chapter 12 - Soil salinization and climate change. In Climate Change and Soil Interactions, Prasad, M.N.V., Pietrzykowski, M., Eds.; Elsevier: 2020; pp. 331-350.

54 *Sekhohola L.M., Igbinigie, E.E., Cowan A.K.* Biological degradation and solubilisation of coal. Biodegradation 2013, 24, 305-318, doi:10.1007/s10532-012-9594-1.

55 *Skodras G., Kokorotsikos P., Serafidou M.* Cation exchange capability and reactivity of low-rank coal and chars. Open Chemistry 2014, 12, 33-43, doi:10.2478/s11532-013-0346-9.

56 *Sadvakasova A.K., Kossalbayev B.D., Token A.I., Bauenova M.O., Wang J., Zayadan B.K., Balouch H., Alwasel S., Leong Y.K., Chang J.S., & Allakhverdiev S.I.* (2022). Influence of Mo and Fe on Photosynthetic and Nitrogenase Activities of Nitrogen-Fixing Cyanobacteria under Nitrogen Starvation. Cells, 11.

57 *Kossalbayev B.D., Zayadan B.K., Sadvakasova A.K., Bolatkhan K.K., Token*

A., & Wefag S. (2020). Study of the effect of nitrogen-fixing cyanobacteria on the growth rate of the Strawberry Sunrise T-4 strawberry variety. Eurasian Journal of Ecology, 64.

58 Wang J., Zhao S., Xu S., Zhao W., Zhang X., Lei Y., Zhai H. & Huang, Z. (2023). Co-inoculation of antagonistic *Bacillus velezensis* FH-1 and *Brevundimonas diminuta* NYM3 promotes rice growth by regulating the structure and nitrification function of rhizosphere microbiome. Frontiers in Microbiology, 14.

59 Yang R., Wang J., Xu S., Zhao W., Liu H., Li Q. & Huang Z. (2018). Screening, identification and salt-tolerant characteristics of phosphate-solubilizing fungi. Microbiology China, 45(10).

**Sergazy A.A.^{1,2}, Kaldybayeva A.B.^{1,2}, Malmakova A.E.¹,
Tassibekov K.S.^{1,2}, Yu V.K.¹**

¹A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty c., Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty c., Kazakhstan

BIOLOGICAL PROPERTIES AND MULTIFUNCTIONAL APPLICATIONS OF BENZYLPIPERIDINE DERIVATIVES (REVIEW)

Abstract. The exploration of new biologically active molecules plays a significant role in modern pharmaceutical science. N-benzylpiperidin-4-one derivatives have attracted attention for their multifunctional biological properties, making them valuable candidates for the development of new chemical agents. Investigating their potential applications contributes to advancements in pharmacology and medicinal chemistry. The purpose of this review: The purpose of this review is to summarize available scientific data on the biological properties and pharmacological potential of N-benzylpiperidin-4-one derivatives. Research Object: Derivatives of N-benzylpiperidin-4-one. Research results: N-benzylpiperidin-4-one derivatives demonstrate a broad range of biological activities, including enzyme inhibition, antioxidant effects, and neuroprotective properties. These multifunctional features suggest their potential use in the development of new pharmacological agents to address various therapeutic challenges. Conclusion: N-benzylpiperidin-4-one serves as a versatile framework for creating novel biologically active compounds. Its multifunctional profile offers numerous possibilities for further scientific exploration, contributing to advancements in both pharmacology and medicine.

Keywords: N-benzylpiperidin-4-one derivatives, biological properties, enzyme inhibition, antioxidant effects, neuroprotection, pharmacological agents, acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, monoamine oxidase.

Introduction. N-Benzylpiperidone-4 derivatives are known in medicine as drugs for the treatment of Alzheimer's disease, among others. The therapeutic effect is associated with the inhibition of enzymes - acetylcholinesterase, butyrylcholinesterase, monoamine oxidase and xanthine oxidase, reducing the formation of beta-amyloid aggregates, providing antagonistic effects on sigma-1 (σ_1) receptors, as well as

protecting neurons from oxidative stress and neutralizing free radicals. Due to these biological properties, these compounds have a complex effect on cognitive dysfunctions, which allows not only to symptomatically improve the condition of patients, but also to have a full-fledged therapeutic effect on pathological disorders [1].

We would like to show the latest achievements in the chemistry of N-benzylpiperidone-4 derivatives as sought-after therapeutic agents with efficacy. from neuroprotection to antibacterial effects.

Despite significant advances in modern science, effective methods of preventing or treating Alzheimer's disease (AD), which affects 46.8 million people worldwide, have not yet been developed. Asthma is the most common cause of dementia and one of the most expensive pathologies to treat. According to 2020 data, the global cost of treating the disease has reached 196 billion US dollars [2]. In this regard, the search for effective and affordable pharmacological drugs remains one of the most important tasks of modern medicine [3, 4].

The exact causes of AD have not yet been established, but it is assumed that the disease may be caused by pathophysiological disorders, including death of cholinergic neurons, decreased acetylcholine levels, formation of amyloid plaques and neurofibrillary tangles [5]. Among these factors, the most studied is the death of cholinergic neurons, which leads to a decrease in acetylcholine (ACh) levels. Acetylcholine is a neurotransmitter responsible for the transmission of signals between the neurons of the brain, as well as for the processes of memory, learning and behavioral reactions. Modern therapy is aimed at increasing cholinergic neurotransmission in the brain by inhibiting acetylcholinesterase (AChE), an enzyme that breaks down ACh to choline and acetic acid, which stops the transmission of nerve impulses (Figure 1).

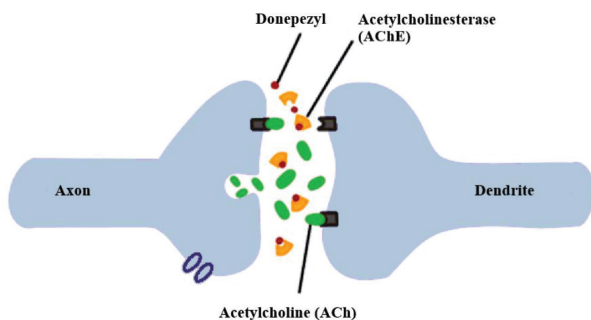
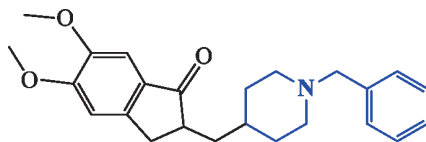


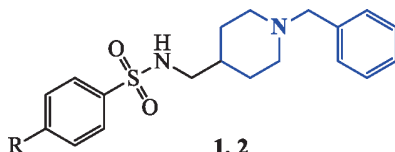
Figure 1 -
Pharmacological
mechanism of
donepezil in synaptic
transmission

Currently, AChE inhibitors such as donepezil, rivastigmine, and galantamine are widely used to treat asthma. However, their therapeutic effect is limited: they can only temporarily alleviate the symptoms of the disease. Therefore, the study of new powerful AChE inhibitors is an extremely important task. In addition, the pathogenesis of asthma is associated with the accumulation of extracellular β -amyloid (A β) and hyperphosphorylated τ -protein, which form neurofibrillary tangles inside brain cells. Under normal conditions, β -amyloid peptides are synthesized in the body and participate in cellular metabolism, exhibiting antioxidant properties. However, their excessive formation may contribute to the development of Alzheimer's disease [6, 7].



Donepezil

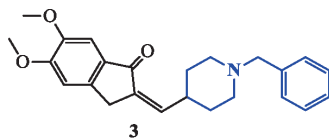
Since the BA excitation quays are ambiguous, the synthesis of bioactive substances with various targets remains an urgent task. The study tested *in vitro* derivatives of N-(1-benzylpiperidine-4-yl)methyl-4-methoxybenzenesulfonamide (**1**) and N-(1-benzylpiperidine-4-yl)methyl-[1,1'-biphenyl]-4-sulfonamide (**2**).



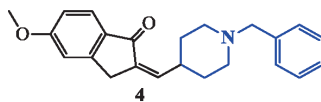
1, 2
1 R=OMe **2** R=Ph

1 AChE inhib. IC₅₀ = 6.2 μ M;
A β ₁₋₄₂ inhib. = 64.2 %
2 AChE inhib. IC₅₀ = 1.6 μ M;
A β ₁₋₄₂ inhib. = 60.7 %

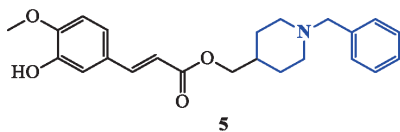
The results of *in vitro* analysis of benzylpiperidine-aryl sulfonamide derivatives (**1** and **2**) demonstrated their ability to inhibit AChE and the formation of β -amyloid aggregates. Compound (**2**) showed an inhibitory effect against AChE (IC₅₀=1.6 μ M) and a decrease in A β levels by 60,7 % [8]. Derivatives of N-benzylpiperidine-4-carboxaldehyde (**3,4**) showed double efficacy compared with donepezil against BACE1 and AChE, reducing IC₅₀ values to 0.043 and 0.058 μ M, respectively. Replacement of the methyl bridge connecting the benzyl piperidine fragment with the radical by an ester residue resulted in complete inhibition of AChE.



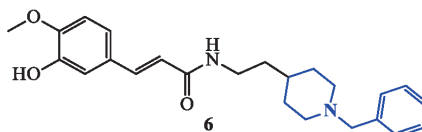
3
AChE inhib. $IC_{50}=0.043 \mu M$



4
AChE inhib. $IC_{50}=0.058 \mu M$



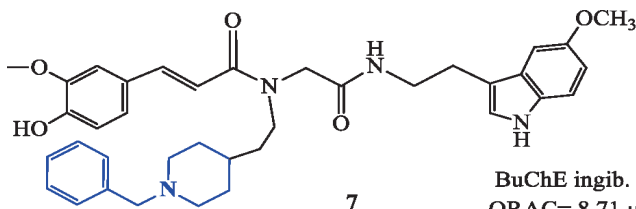
5
AChE inhib. $IC_{50}=0.46 \mu M$



6
AChE inhib. $IC_{50}=2.13 \mu M$

A molecule based on ferulic acid and donepezil (**5**), which has a strong antioxidant effect and protects neurons from oxidative stress, demonstrated pronounced inhibition of AChE ($IC_{50}=0.46 \mu M$) [9, 10]. Ferulic acid, introduced into the composition as a natural antioxidant to reduce oxidative stress, enhances the therapeutic properties of donepezil, protecting neurons from damage by free radicals. The antioxidant effect of the synthesized derivatives was evaluated by the ORAC-FL method (the ability to absorb oxygen radicals using fluorescein). Compound (**7**) showed an ORAC value of 8.71, which significantly exceeds the values of ferulic acid (3.74) and melatonin (2.45), confirming its high ability to neutralize free radicals.

Cholinesterase activity (acetylcholinesterase (AChE) and butyrylcholinesterase (BuChE)) was measured using a colorimetric reaction based on the cleavage of an artificial substrate in the presence of an enzyme.

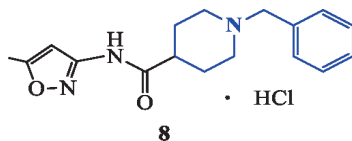


7
BuChE inhib. $IC_{50}=10.39 nM$;
ORAC= 8.71 μmol trolox/ μmol

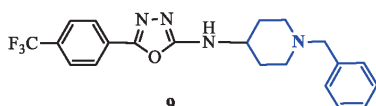
Although compound (**7**) showed no activity in inhibiting AChE, it demonstrated potent inhibition of Ache with an IC_{50} of 10.39 nM, which is 198 times more active than donepezil ($IC_{50}=2057 nM$). In addition,

compound (**7**) showed high selectivity for inhibition of the BuChE enzyme [11].

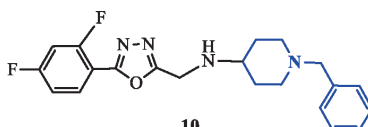
Oxidative stress caused by free radicals, combined with exposure to other pathophysiological factors, can worsen the course of Alzheimer's disease. In this regard, the development of multifunctional molecules capable of reducing brain damage by free radicals remains an urgent task. As part of the search for such compounds, a derivative of 1-(1-benzylpiperidine-4-yl)ethane-1-one (**8**) was synthesized, the antioxidant properties of which were preliminarily evaluated by the ORAC method. Compound (**8**) demonstrated pronounced antioxidant properties (>30%) compared to ascorbic acid, resveratrol, and Trolox [10].



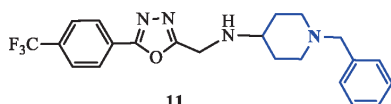
Several derivatives of N-benzylpiperidine-4-one (**9-12**) showed moderate and good inhibitory properties against hAChE and hBChE enzymes, surpassing the effectiveness of donepezil [12].



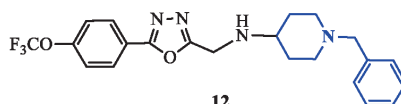
hAChE IC₅₀ = 0.055 μm
hBChE IC₅₀ = 0.186 μm



hAChE IC₅₀ = 0,086 μm
hBChE IC₅₀ = 0,143 μm



hAChE IC₅₀ = 0.144 μm
hBChE IC₅₀ = 0.220 μm

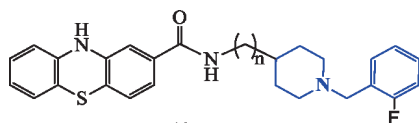


hAChE IC₅₀ = 0,119 μm
hBChE IC₅₀ = 1,94 μm

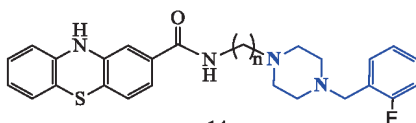
New compounds based on the structure of N-benzyl piperidine-4-one were synthesized with the addition of phenothiazine fragments known for their antioxidant properties, and their inhibitory abilities against AChE and BChE were studied. Compound N-(2-(4-(2- fluorobenzyl) piperazine-1-yl)ethyl)-10H-phenothiazine-2-carboxamide (**13**) showed an

$IC_{50}=0.599 \mu M$ for AChE, which is comparable to the action of standard inhibitors. Activity against BuChE ($IC_{50}=0.5-1.5 \mu M$) has also been confirmed, which highlights the importance of butyrylcholinesterase inhibition in the late stages of Alzheimer's disease.

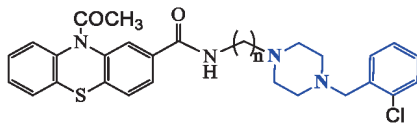
The antioxidant effects of other compounds (for example, **13** and **14**) were evaluated by the DPPH method and ranged from $IC_{50}=0.6$ to $55.3 \mu M$, significantly exceeding quercetin. This demonstrates the ability of these derivatives to neutralize free radicals and protect cells from oxidative stress. The DPPH test is based on the ability of compounds to restore the stable radical 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl.



13
AChE inhib. $IC_{50}= 1.75 \mu M$;
BuChE inhib. $IC_{50}= 1.20 \mu M$;
FAAH inhib. $IC_{50}= 5.06 \mu M$



14
AChE inhib. $IC_{50}= 0.599 \mu M$;
BuChE inhib. $IC_{50}= 4.33 \mu M$;
FAAH inhib. $IC_{50}= 9.65 \mu M$



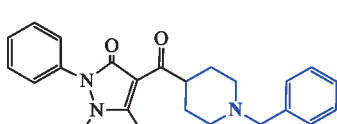
15
FAAH inhib. $IC_{50}= 0.019 \mu M$

One of the key results of the study was to determine whether the derivatives effectively inhibit β -amyloid aggregation, which is the main mechanism of Alzheimer's disease pathogenesis. Compounds (**13**) and (**14**) inhibited beta-amyloid aggregation at concentrations of $10 \mu M$ at the level of 43-60 %, indicating their potential to slow or prevent disease progression. These compounds also showed no toxicity at concentrations up to $100 \mu M$, which confirms their safety for use in the treatment of Alzheimer's disease. Compound 10-acetyl-N-(2-(4-(2-chlorobenzyl)piperazine-1-yl)ethyl)-10H-phenothiazine-2-carboxamide (**15**) showed high results in antioxidant tests on human neuron cells and liver.

Benzylpiperidine-4-one derivatives can be classified as multifunctional drugs due to their ability to inhibit key enzymes such as AChE, BChE, and FAAH, as well as exhibit antioxidant properties and inhibit the formation of β -amyloid [13].

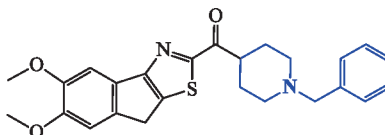
1-Benzyl-N-(1-methyl-3-oxo-2-phenyl-2,3-dihydro-1H-pyrazole-4-yl)

piperidine-4-carboxamide (**16**) ($IC_{50}=5.94 \mu M$) and 1-benzyl-N-(5,6-dimethoxy-8*H*-indeno (1,2-*d*)thiazole-2-yl) piperidine-4-carboxamide (**17**) ($IC_{50}=0.41 \mu M$) demonstrate high selectivity for AChE, thereby reducing possible side effects associated with butyrylcholinesterase inhibition. The AChE and BuChE enzymes, although structurally similar, perform different physiological functions.



16

AChE inhib. $IC_{50}= 5.94 \mu M$;
BuChE inhib. $IC_{50}> 100 \mu M$;
Cytotoxicity $IC_{50}> 100 \mu M$



17

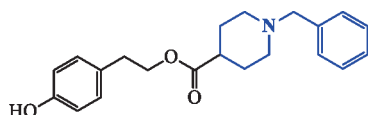
AChE inhib. $IC_{50}= 0.41 \mu M$;
BuChE inhib. $IC_{50}> 100 \mu M$;
Cytotoxicity $IC_{50}= 31.31 \mu M$

The second important biological property of these compounds is their low cytotoxicity. Neurotoxicity, a commonly used neuroblastoma cell line (SH-SY5Y) cell network, active benzylpiperidine derivatives showed no significant toxicity. The low toxicity index indicates a high safety of the compounds [14].

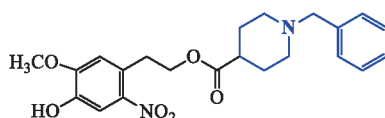
Monoamine oxidase (MAO) is one of several enzymes that contribute to oxidative stress and the psychological symptoms of dementia in Alzheimer's disease. Most mammalian tissues contain two isoenzymes of MAO, called MAO-A and MAO-B. These enzymes are involved in the breakdown of neurotransmitters (for example, serotonin, dopamine and norepinephrine). Increased exposure to MAO can lead to decreased levels of these neurotransmitters in the brain, which is associated with depression, anxiety, and neurodegenerative diseases such as Parkinson's disease and Alzheimer's disease.

Xanthine oxidase (XO) participates in purine catabolism, converting them into uric acid. The increased effect of XO can cause hyperuricemia, gout, tissue damage, and also promotes the formation of reactive oxygen species, which leads to oxidative stress, neurodegeneration, and cardiovascular diseases.

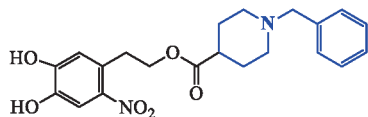
The study was conducted using the fluorimetric method to evaluate the effectiveness of MAO and the spectrophotometric method to analyze the activity of XO. Enzyme inhibition tests were performed at various concentrations of hybrid compounds.



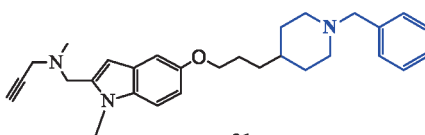
18
MAO-A inhib. IC_{50} = 14.3 μ M;
MAO-B inhib. IC_{50} = 106 μ M



19
MAO-A inhib. IC_{50} = 23.4 μ M;
MAO-B inhib. IC_{50} = 171 μ M



20
MAO-A inhib. IC_{50} = 322 μ M;
MAO-B inhib. IC_{50} = 184 μ M;
XO inhib. IC_{50} = 109 μ M



21
AChE inhib. IC_{50} = 0.35 μ M;
BuChE inhib. IC_{50} = 0.46 μ M;
MAO-A inhib. IC_{50} = 5.2 nM;
MAO-B inhib. IC_{50} = 43 μ M

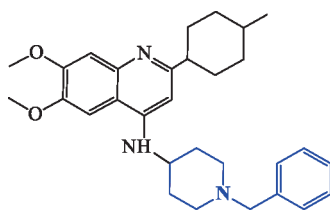
Among the tested compounds, the highest IC_{50} values for MAO-A inhibition were for 4-hydroxyphenethyl-1-benzylpiperidine-4-carboxylate (**18**) and 4-hydroxy-3-methoxyphenethyl-1-benzylpiperidine-4-carboxylate (**19**), amounting to 14.3 μ M and 23.4 μ M, respectively.

4,5-Dihydroxy-2-nitrophenethyl-1-benzylpiperidine-4-carboxylate (**20**), on the contrary, showed the least effectiveness against MAO, but was the most effective inhibitor of xanthine oxidase with IC_{50} = 109 μ M, which is presumably due to the ability to bind to metal in the active site of the enzyme [15, 16]. Compound (**21**) demonstrated inhibition of both MAO-A and MAO-B, as well as time-dependent inhibition. It showed IC_{50} = 15.83 μ M for AChE, 1.82 μ M for BChE, 0.17 μ M for MAO-A, and 15.83 μ M for MAO-B. It (**21**) exhibited neuroprotective effects, inhibited A β aggregation, reduced cytotoxicity induced by A β 1–42, and penetrated the blood-brain barrier. Moreover, the compound inhibited MAO-A (>95%) and improved memory in experimental rats [17]. These results indicate that the combined inhibition of acetylcholinesterase and monoamine oxidase is an effective strategy for complex effects on the pathogenesis of neurodegenerative diseases. This approach maintains the balance of neurotransmitters, reduces oxidative stress, protects neurons from damage, and improves cognitive functions [18].

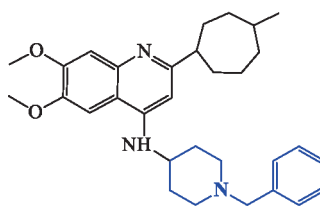
Histone lysine methyltransferase (G9a) is an enzyme involved in epigenetic regulation by methylation of lysine 9 in histone H3, whose high activity leads to cancer, AIDS and other epigenetic diseases. Therefore,

inhibition of this enzyme may be an effective way to treat diseases associated with epigenetic disorders.

In order to identify new G9a enzyme inhibitors that can serve as the basis for future anticancer drugs, 2,4-diamino-6,7-dimethoxyquinoline derivatives were synthesized and their ability to inhibit the activity of the G9a enzyme was investigated. In an *in vitro* study, the inhibitory effect of 2,4-diamino-6,7-dimethoxyquinoline (**22**) against the G9a enzyme was evaluated using the SPA laboratory method (Scintillation Proximity Assay). This method makes it possible to measure the inhibition of enzyme activity using a radiolabeled substrate.



22
G9a inhib. IC_{50} = 0.013 μ M;



23
G9a inhib. IC_{50} = 0.031 μ M

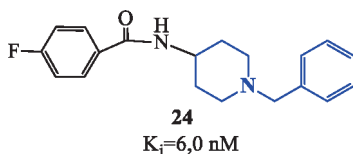
Compounds (**22**) and (**23**) proved to be the most effective, demonstrating inhibitory and 5-fold higher activity of the control inhibitor. Nitrogen at the N-1 position of compound (**22**) provides strong binding to the active center of the G9a enzyme. In addition, dimethoxy groups in the benzoid ring play a key role in the correct orientation of the molecule in the active center of the enzyme, which promotes strong binding to the enzyme. This conformation explains the high effectiveness of the compound. Thus, compound (**22**) is a promising G9a inhibitor with higher activity than that of the control compound [19].

Synthesized σ_1 receptors localized in the central nervous system, especially in the brain regions responsible for memory, emotions, sensory and motor functions, play an important role in the regulation of intracellular processes. These receptors help proteins maintain their correct structure under stressful conditions. However, excessive activity of sigma-1 receptors can contribute to the development of pathological conditions. The use of σ_1 receptor inhibitors makes it possible to minimize the negative effects of their hyperactivity [20].

N-(1-Benzylpiperidine-4-yl)-4-fluorobenzamide (**24**), which is an analog of haloperidol, caused analgesia associated with antagonism of

σ_1 receptors. Studies have shown its high efficacy in the treatment of neuropathic pain with minimal side effects.

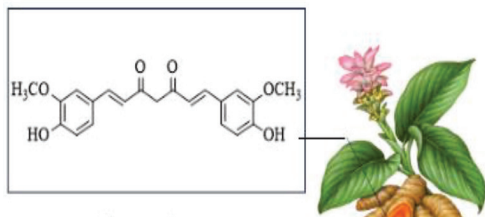
Haloperidol— a σ_1 receptor inhibitor widely used in medicine, has a powerful analgesic effect, but its use is often accompanied by side effects. As a result of *in vivo* tests, it was found that compound **(24)** has a dissociation constant $K_i=6.0$ nM, comparable to the dissociation constant of haloperidol ($K_i=6.3$ nM). *In vitro* experiments have confirmed that compound **(24)** has a high affinity for σ_1 receptors ($K_i=6$ nm) and acts as a competitive inhibitor comparable to haloperidol ($K_i=6.3$ nm). At the same time, the affinity of compound **(24)** for σ_2 receptors turned out to be quite low ($K_i=190$ nm), which indicates its high selectivity for σ_1 receptors.



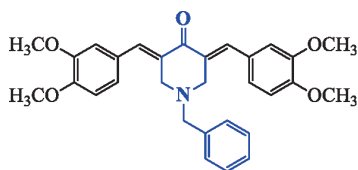
N-(1-Benzylpiperidine-4-yl)-4-fluorobenzamide **(24)** demonstrates pronounced analgesic properties due to the antagonism of σ_1 receptors. Its activity was found to be comparable to haloperidol and three times higher than that of S1RA, a selective antagonist of σ_1 receptors ($K_i=17$ nM). Antagonism of σ_1 receptors reduces the transmission of pain signals in the central nervous system (CNS) by inhibiting their activity. Such receptors play a key role in pain transmission, and antagonists like compound **(24)** reduce pain by preventing hypersensitivity of neurons. This makes them promising tools for the treatment of chronic pain [21, 22]. σ_1 receptor agonists and antagonists are also considered as potential drugs for the treatment of epilepsy, depression, and addiction [23].

In the process of searching for new anti-cancer drugs, scientists have focused on developing compounds that can effectively slow down the proliferation of tumor cells and cause their apoptosis (programmed cell death). In this context, N-benzyl piperidine-4 derivatives with curcumin **(25-28)** demonstrate high cytotoxic activity against various types of cancer cells.

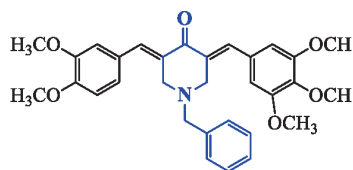
Studies have shown that compound **(25)** is characterized by an IC_{50} value in the range from 0.86 to 1.35 μ M, which indicates its high efficacy at low concentrations. For derivative **(26)**, the IC_{50} range varies from 1.13 to 1.75 μ M, and for compound **(27)** — from 1.09 to 1.82 μ M. The highest level of activity is observed in compound **(28)**, for which the IC_{50} is in the range of 0.41–0.50 μ M, which exceeds the activity of curcumin by 41-46 times.



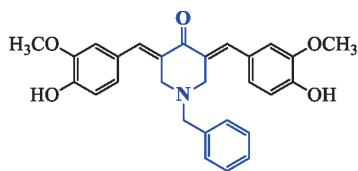
Curcumin is widely known for its antitumor properties, including induction of apoptosis, anti-inflammatory and antioxidant effects. However, its low bioavailability and rapid metabolic degradation limit its clinical applicability. Derivatives of N-benzyl piperidine-4 with curcumin (**25-28**) demonstrate improved pharmacokinetic characteristics, which contributes to their better absorption and prolonged action in the body. The main advantage of the studied compounds is their high cytotoxicity at low concentrations, which potentially reduces the risk of toxic effects on healthy cells and tissues. This makes these substances promising candidates for the development of new anti-cancer drugs.



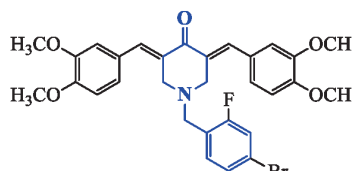
25
 $IC_{50}=0,86-1,35 \mu M$



26
 $IC_{50}=1,13-1,75 \mu M$



27
 $IC_{50}=1,09-1,82 \mu M$

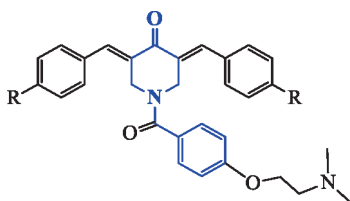


28
 $IC_{50}=0,41-0,50 \mu M$

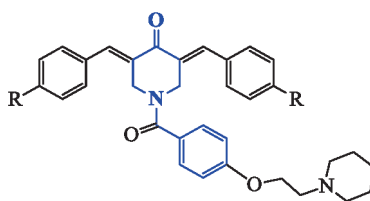
In addition to their antitumor activity, compounds (**25-28**) exhibit the ability to suppress signaling pathways associated with inflammatory processes, which opens up the possibility of their use in the treatment of inflammatory and autoimmune diseases. This complex biological activity makes it possible to consider N-benzyl piperidine-4-one derivatives as multifunctional therapeutic agents.

The study of N-benzylpiperidinone-4 derivatives with curcumin confirms their high potential in the development of a new generation of anticancer drugs with improved pharmacological characteristics. These compounds can provide more effective suppression of tumor growth while reducing side effects and can be used as multi-purpose therapeutic agents in oncology and related fields of medicine [24, 25].

In particular, compounds (**29 a, b**) have IC_{50} values of less than 1 μM , which indicates their high activity at low concentrations. The biological properties of compound (**30 b**) include the induction of apoptosis in cancer cells. For example, compound (**30 b**) at a concentration of 1.44 μM induced apoptosis in HepG2 liver cells. These substances are also able to inhibit the cell cycle at key stages, preventing the division and growth of cancer cells. For example, compounds (**30 a, b**) have shown efficacy exceeding the activity of melphalan ($IC_{50}=3.24 \mu M$) in *in vitro* experiments against certain types of cancer cells [26].

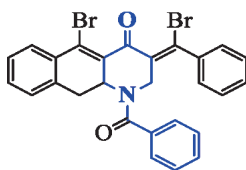


29 a, b
29 a R = H, **29 b** R = Cl
 $IC_{50} < 1 \mu M$



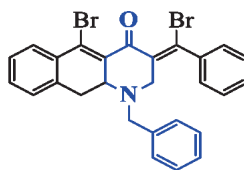
30 a, b
30 a R = H, **30 b** R = CH₃
 $IC_{50} = 1.44 \mu M$

(Z)-1-Benzoyl- and (Z)-1-benzyl-5-bromo-3-(bromophenyl) methylene)-2,3,10,10a-tetrahydrobenzo[g]quinoline-4(1*H*)-ones (**31 a** and **31 b**) demonstrate significant biological activity due to their ability to inhibit key epigenetic enzymes. Compound (**31 a**) proved to be a potent inhibitor of histone acetyltransferase (an enzyme that acetylates histones, promoting transcription activation) with $IC_{50}=0.45 \mu M$ and arginine methyltransferase (a coactivator regulating gene expression) with $IC_{50}=0.43 \mu M$. Compound (**31 a**) has also been shown to effectively destroy blood cancer cells with a result ranging from 30 % to 67 %. Compound (**31 b**) showed strong inhibitory properties against the aforementioned transferases with an IC_{50} in the range from 2.19 to 6.50 μM and caused apoptosis of blood cancer cells at the level of 30-40 %. These properties allow us to consider these compounds as multipurpose inhibitors for regulating epigenetic processes [27].



31 a

IC₅₀ enz.ingb.= 0,43-0,45 μM

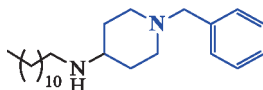


31 b

IC₅₀ enz.ingb.= 2,19-6,50 μM

In recent decades, there has been a significant increase in the resistance of fungal pathogens such as *Aspergillus* and *Candida* to existing antifungal drugs, which complicates the treatment of immunocompromised patients. This highlights the urgency of developing biologically active antifungal agents with a wide spectrum of action.

The serial dilution method for determining the minimum inhibitory concentration (MIC, Minimum Inhibitory Concentration) was applied to the model strain *Yarrowia lipolytica*, as well as to the species *Candida spp.* and *Aspergillus spp.*, in order to evaluate the activity of synthesized derivatives of 4-aminopiperidine against clinically significant fungal pathogens.



32

Y. lipolytica MIC=2 μg/mL

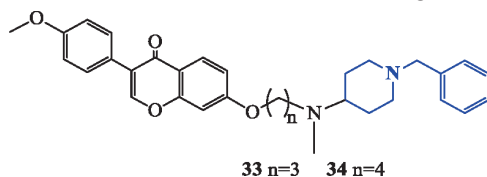
Candida spp.: MIC= 1-4 μg/mL

Aspergillus spp.: MIC= 4-16 μg/

The results showed that the compound 1-benzyl-N-dodecyl piperidine-4-amine (**32**) exhibits high activity against the model strain *Y. lipolytica*, as well as against clinically significant species *Candida spp.* and *Aspergillus spp.* The minimum inhibitory concentrations of this compound ranged from 1 to 4 μg/ml, depending on the strain. For compound (**32**), the semi-maximal inhibitory concentration for human cells was 5-7 μM, which indicates its moderate toxicity. In addition, in vivo studies using *Galleria mellonella* larvae did not reveal significant toxicity of 1-benzyl-N-dodecylpiperidine-4-amine (**32**) at concentrations of 100, 500 and 1000 μM compared with the control group. Thus, compound (**32**) represents a promising class of antifungal agents with high biological activity and an acceptable level of safety, which makes it an interesting candidate for further preclinical and clinical studies [28].

Bacterial diseases caused by phytopathogens of the genus

Xanthomonas pose a serious threat to agricultural production, reducing crop yields and quality. It has been shown that they can cause about 350 different plant diseases. The most common of these are bacterial rice leaf spot caused by *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (*Xoo*), citrus canker caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (*Xac*), bacterial mango black spot caused by *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae* (*Xcm*), as well as strawberry leaf spot caused by *Xanthomonas fragariae* (*Xf*). Antibacterial activity of 7-(3-((1-benzylpiperidine-4-yl) synthesized for research purposes(methyl)amino)propoxy)- and 7-(4-((1-benzylpiperidine-4-yl)(methyl)amino)butoxy)-3-(4-methoxyphenyl)-4*H*-chromen-4-ones (**33**, **34**) were determined by turbidimetry and studied for four species of *Xanthomonas* (*Xoo*, *Xac*, *Xcm* and *Xf*), common plant pathogens. Copper thiodiazole and zinc thiazole were used as control agents.



Target connections - 7-(3-((1-benzylpiperidine-4-yl)(methyl)amino)propoxy)- and 7-(4-((1-benzylpiperidine-4-yl)(methyl)amino)butoxy)-3-(4-methoxyphenyl)-4*H*-chromene-4-ones (**33** and **34**) have specific inhibitory activity against four types of plant bacteria. Compounds (**33**, **34**) showed 100 % inhibition against *Xoo*, which is higher than that of copper thiodiazole (74.2 %) and zinc thiazole (90.8 %), as well as 100 % inhibitory activity against *Xac* (copper thiodiazole — 50.4 % and zinc thiazole — 68.6 %). In addition, they showed the most significant inhibitory effect on *Xcm* with a 100 % degree of inhibition (copper thiodiazole — 72.9 % and zinc thiazole — 91.8 %). At the same time, the inhibitory activity against *Xf* was 100 % and exceeded the comparison drugs. The studied compounds (**33**, **34**) demonstrated high antibacterial activity against phytopathogens of the genus *Xanthomonas*, surpassing the effectiveness of standard preparations. The compounds have a wide spectrum of action and are promising for use in plant protection due to their low toxicity and environmental safety [29].

Conclusion. N-Benzyl piperidine-4-one derivatives are promising multifunctional compounds with a wide range of biological activity. They demonstrate enzyme inhibition, antioxidant properties, neuroprotection, and antibacterial activity. The unique structure of these compounds makes them valuable building blocks for the creation of new pharmacological agents.

The variety of biological properties of N-benzyl piperidine-4 derivatives confirms their versatility and multipurpose potential. Further research in this area may contribute to the development of new drugs aimed at solving therapeutic problems in medicine and related fields of science.

Financing. The research work was carried out within the framework of a grant from the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan BR21882220.

References

- 1 Zhang Z.-H., Wang A.-Q., Ma B.-D., Xu Y. Rational engineering of mesorhizobium imine reductase for improved synthesis of N-benzyl cyclo-tertiary amines // *Catalysts*, 2024. No. 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/catal14010023>
- 2 Nandi, A., Counts, N., Bröker, J. et al. Cost of care for Alzheimer's disease and related dementias in the United States: 2016 to 2060 // *npj Aging*, 2024. No. 10. <https://doi.org/10.1038/s41514-024-00136-6>
- 3 Koberskaya N. Alzheimer's disease // *Neurology, neuropsychiatry, Psychosomatics*, 2019. No. 11. P. 52–60. (In Russ) DOI: <http://dx.doi.org/10.14412/2074-2711-2019-3S-52-60>
- 4 Bhushan I., Kour M., Kour G., Gupta S., Sharma S., Yadav A. Alzheimer's disease: Causes and treatment – A review // *Ann Biotechnol*, 2018. No. 1. P. 1002. DOI: <http://dx.doi.org/10.33582/2637-4927/1002>
- 5 Kwon Y., Park J., No K., Shin J., Lee S., Eun J., Yang J., Shin T., Kim D., Chae B., Leem J., Kim K. Synthesis, *in vitro* assay, and molecular modeling of new piperidine derivatives having dual inhibitory potency against acetylcholinesterase and Abeta1-42 aggregation for Alzheimer's disease therapeutics // *Bioorg. Med. Chem.*, 2007. No. 15. P. 6596–6607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2007.07.003>
- 6 Khedraoui M., Abchir O., Nour H., Yamari I., Errougui A., Samadi A., Chtita S. An *in silico* study based on qsar and molecular docking and molecular dynamics simulation for the discovery of novel potent inhibitor against AChE // *Pharmaceuticals*, 2024. No.17. P. 830. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph17070830>
- 7 Maiuolo J., Costanzo P., Masullo M., D'Errico A., Nasso R., Bonacci S., Mollace V., Oliverio M., Arcone R. Hydroxytyrosol–donepezil hybrids play a protective role in an *in vitro* induced Alzheimer's disease model and in neuronal differentiated human SH-SY5Y neuroblastoma cells // *Int. J. Mol. Sci.* 2023. No. 24. P. 13461. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms241713461>
- 8 Queda F., Calò S., Gwizdala K., Magalhães J., Cardoso S., Chaves S., Piemontese L., Santos M. Novel donepezil–arylsulfonamide hybrids as multitarget-directed ligands for potential treatment of Alzheimer's Disease // *Molecules*, 2021. No. 26. P. 1658. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26061658>
- 9 Kareem R., Abedinifar F., Mahmood E., Ebadi A., Rajabi F., Vessally E. The recent

development of donepezil structure-based hybrids as potential multifunctional anti-Alzheimer's agents: highlights from 2010 to 2020 // RSC Adv. 2021. No. 11. P. 30781-30797. DOI: <https://doi.org/10.1039/d1ra03718h>

10 Banu R., Gerding J., Franklin C., Sikazwe D., Horton W., Török M., Davis J., Cheng K., Nakazwe M., Mochona B. 4,5-Dimethoxy-2-nitrobenzohydrazides and 1-(1-benzylpiperidin-4-yl)ethan-1-ones as potential antioxidant/cholinergic endowed small molecule leads // *Sci. Pharm.*, 2018. No. 86. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/scipharm86010002>

11 Bencheikroun M., Ismaili L., Pudlo M., Luzet V., Gharbi T., Refouvelet B., Marco-Contelles J. Donepezil-ferulic acid hybrids as anti-Alzheimer drugs // *Future Med. Chem.*, 2015. No. 7. P. 15–21. DOI: <http://dx.doi.org/10.4155/fmc.14.148>

12 Obaid R., Naeem N., Mughal E., Al-Rooqi M., Sadiq A., Jassas R., Moussa Z., Ahmed S. Inhibitory potential of nitrogen, oxygen and sulfur containing heterocyclic scaffolds against acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase // RSC Adv., 2022. No. 12. P. 19764–19855. DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/D2RA03081K>

13 Carocci A., Barbarossa A., Leuci R., Carrieri A., Brunetti L., Laghezza A., Catto M., Limongelli F., Chaves S., Tortorella P. Novel phenothiazine/ donepezil-like hybrids endowed with antioxidant activity for a multi-target approach to the therapy of Alzheimer's disease // *Antioxidants*, 2022. No. 11. P. 1631. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11091631>

14 Greunen van D., Johan van der Westhuizen C., Cordier W., Nell M., Stander A., Steenkamp V., Panayides J., Riley D. Novel N-benzylpiperidine carboxamide derivatives as potential cholinesterase inhibitors for the treatment of Alzheimer's disease // *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2019. No. 179. P. 680–693. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.06.088>

15 D'Errico A., Nasso R., Rullo R., Maiuolo J., Costanzo P., Bonacci S., Oliverio M., de Vendittis E., Masullo M., Arcone R. Effect of hydroxytyrosol derivatives of donepezil on the activity of enzymes involved in neurodegenerative diseases and oxidative damage // *Molecules*, 2024. No. 29. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29020548>

16 Harrad L. el Bourais I., Mohammadi H., Amine A. Recent advances in electrochemical biosensors based on enzyme inhibition for clinical and pharmaceutical applications // *Sensors (Switzerland)*, 2018. No. 18. DOI: <https://doi.org/10.3390/s18010164>

17 Knez D., Sova M., Košak U., Gobec S. Dual inhibitors of cholinesterases and monoamine oxidases for Alzheimer's disease // *Future Medicinal Chemistry*, 2017. No. 9. P. 811–832. DOI: <https://doi.org/10.4155/fmc-2017-0036>

18 Xu Y., Zhang J., Wang H., Mao F., Bao K., Liu W., Zhu J., Li X., Zhang H., Li J. Rational design of novel selective dual-target inhibitors of acetylcholinesterase and monoamine oxidase b as potential anti-Alzheimer's disease agents // *ACS Chemical Neuroscience*, 2019. No. 10. P. 482–496. DOI: <https://doi.org/10.1021/acscchemneuro.8b00357>

19 Srimongkolpithak N., Sundriyal S., Li F., Vedadi M., Fuchter M. J. Identification of 2,4-diamino-6,7-dimethoxyquinoline derivatives as G9a inhibitors // *Med. Chem.*

Comm., 2014. No. 5. P. 1821–1828. DOI: <https://doi.org/10.1039/c4md00274a>

20. Schläger T., Schepmann D., Lehmkuhl K., Holenz J., Vela J. M., Buschmann H., Wünsch B. Combination of two pharmacophoric systems: Synthesis and pharmacological evaluation of spirocyclic pyranopyrazoles with high σ_1 receptor affinity // J. Med. Chem., 2011. No. 54. P. 6704–6713. DOI: <https://doi.org/10.1021/jm200585k>

21. Déciga-Campos M., Melo-Hernández L. A., Torres-Gómez H., Wünsch B., Schepmann D., González-Trujano M., Espinosa-Juárez J., López-Muñoz F. J., Navarrete-Vázquez G. Design and synthesis of N-(benzylpiperidiny)-4-fluorobenzamide: A haloperidol analog that reduces neuropathic nociception via σ_1 receptor antagonism // Life Sciences, 2020. No. 245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117348>

22. Denaro S., Pasquinucci L., Turnaturi R., Alberghina C., Longhitano L., Giallongo S., Costanzo G., Spoto S., Grasso M., Zappalà A., Li Volti G., Tibullo D., Vicario N., Parenti R., Parenti C. Sigma-1 receptor inhibition reduces mechanical allodynia and modulate neuroinflammation in chronic neuropathic pain // Molecular Neurobiology, 2024. No. 61. P. 2672–2685. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12035-023-03717-w>

23. Schläger T., Schepmann D., Würthwein E., Wünsch B. Synthesis and structure-affinity relationships of novel spirocyclic σ receptor ligands with furopyrazole structure // Bioorg. Med. Chem., 2008. No. 16. P. 2992–3001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2007.12.045>

24. Zhou D.-Y., Zhang K., Conney A., Ding N., Cui X.-X., Wang H., Du Z.-Y. Synthesis and evaluation of curcumin-related compounds containing benzyl piperidone for their effects on human cancer cells // Chemical and Pharmaceutical Bulletin, 2013. No. 61. P. 1149–1155. DOI: <http://dx.doi.org/10.1248/cpb.c13-00507>

25. Martínez-Cifuentes M., Weiss-López B., Araya-Maturana R. A Computational study of structure and reactivity of n-substitued-4-piperidones curcumin analogues and their radical anions // Molecules, 2016. No. 21. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules21121658>

26. Das U., Alcorn J., Shrivastav A., Sharma R.K., De Clercq E., Balzarini J., Dimmock J.R. Design, synthesis and cytotoxic properties of novel 1-[4-(2-alkylaminoethoxy) phenylcarbonyl]-3,5-bis(arylidene)-4-piperidones and related compounds // European Journal of Medicinal Chemistry, 2007. No. 42. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2006.08.002>

27. Fioravanti R., Tomassi S., Di Bello E., Romanelli A., Plateroti A., Benedetti R., Conte M., Novellino E., Altucci L., Valente S., Mai A. Properly substituted cyclic bis-(2-bromobenzylidene) compounds behaved as dual p300/CARM1 inhibitors and induced apoptosis in cancer cells // Molecules, 2020. No. 25. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25143122>

28. Krau B.J., Müller C., Klimt M., Valero L.J., Martinez J.F., Müller M., Bartel K., Binder U., Bracher F. Synthesis, biological evaluation, and structure–activity relationships of 4-aminopiperidines as novel antifungal agents targeting ergosterol biosynthesis // Molecules, 2021. No. 26. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26237208>

29. Zhang M., Feng S., Song J., Ruan X., Xue W. Formononetin derivatives containing

benzyl piperidine: A brand new, highly efficient inhibitor targeting *Xanthomonas* spp // Journal of Advanced Research, 2024. P. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.08.039>

• • •

Серғазы А., Қалдыбаева А.Б., Малмакова А.Е., Тасибекөв Х.С., Ю В.К.

Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдарының институты, Алматы қ, Қазақстан

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ, Қазақстан

БЕНЗИЛПИПЕРИДИН ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ МЕН ӘРТАРАПТЫ ҚОЛДАНУ МҮМКІНДІКТЕРІ (ШОЛУ)

Түйіндеме. Жаңа биологиялық белсенді молекулаларды анықтау қазіргі фармацевтикалық ғылымда маңызды рөл атқарады. N-бензилпиперидин-4-он туындыларының көпфункционалды биологиялық қасиеттері олардың жаңа химиялық агенттерді әзірлеуге арналған әлеуетті қосылыстар болуына ықпал етеді. Бұл қосылыстардың қолдану мүмкіндіктерін зерттеу фармакология мен химияның дамуына серпін береді. Бұл шолудың мақсаты: N-бензилпиперидин-4-он туындыларының биологиялық қасиеттері мен фармакологиялық әлеуеті туралы қолжетімді ғылыми деректерді жинақтау. Зерттеу нысаны: N-бензилпиперидин-4-он туындылары. Зерттеу нәтижелері: N-бензилпиперидин-4-он туындылары фермент ингибирлеу, антиоксиданттық қасиеттер және нейропротекциялық қасиеттер сияқты кең ауқымды биологиялық белсенділікті көрсетеді. Бұл көпфункционалды қасиеттер жаңа фармакологиялық агенттерді әзірлеуде әртүрлі терапиялық мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Қорытынды: N-бензилпиперидин-4-он молекуласы жаңа биологиялық белсенді қосылыстарды жасау үшін әмбебап негіз болып табылады. Оның көпфункционалды биологиялық қасиеттері ғылыми зерттеулердің одан әрі жүргізілуіне және фармакология мен медицинадағы жаңа жетістіктерге жол ашады.

Түйінді сөздер: N-бензилпиперидин-4-он туындылары, биологиялық қасиеттер, фермент ингибирлеу, антиоксиданттық қасиеттер, нейропротекция, фармакологиялық агенттер, ацетилхолинэстераза, бутирилхолинэстераза, моноаминоксидаза.

• • •

Сергазы А.А., Калдыбаева А.Б., Малмакова А.Е., Тасибеков Х.С., Ю В.К.

Институт химических наук имени А.Б. Бектурова, г. Алматы, Казахстан
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗИЛПИПЕРИДИНА (ОБЗОР)

Аннотация. Поиск новых биологически активных молекул играет важную роль в современной фармацевтической науке. Производные N-бензилпиперидон-4-она привлекают внимание благодаря своим многофункциональным биологическим свойствам, что делает их ценными кандидатами для разработки новых химических агентов. Исследование их потенциального применения способствует прогрессу в области фармакологии и медицинской химии. Цель данного обзора - обобщить доступные научные данные о биологических свойствах и фармакологическом потенциале производных N-бензилпиперидон-4-она. Объект исследования: Производные N-бензилпиперидон-4-она. Результаты исследования: Производные N-бензилпиперидон-4-она демонстрируют широкий спектр биологической активности, включая ингибирование ферментов, антиоксидантные свойства и нейропротекцию. Эти многофункциональные характеристики предполагают их использование в разработке новых фармакологических агентов для решения различных терапевтических задач. Заключение: Молекула N-бензилпиперидон-4-она служит универсальной основой для создания новых биологически активных соединений. Её многофункциональный профиль открывает множество возможностей для дальнейших научных исследований, способствуя прогрессу в фармакологии и медицине.

Ключевые слова: Производные N-бензилпиперидон-4-она, биологические свойства, ингибирование ферментов, антиоксидантные свойства, нейропротекция, фармакологические агенты, ацетилхолинэстераза, бутирилхолинэстераза, моноаминоксидаза.

Information about the authors

Sergazy Aida Aidynkyzy – Engineer, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, master student, Al-Farabi Kazakh National University, sergazyaida@gmail.com

Kaldybayeva Altynay Bekbolkyzy – Scientific researcher, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, senior lecturer, PhD, Al-Farabi Kazakh National University, altin_28.94@mail.ru

Malmakova Aigul Erbosynovna – Leading researcher, PhD, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, malmakova@mail.ru

Tassibekov Khaidar Suleymanovich – General Director of A.B. Bekturov Institute

of Chemical Sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, kh.tassibekov@ihn.kz

Yu Valentina Konstantinovna – Head of the laboratory, Doctor of Chemical Sciences, A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences, yu_vk@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Сергазы Аида Айдынкызы – Инженер, Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдарының институты, магистрант, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, sergazyaida@gmail.com

Қалдыбаева Алтынай Бекболқызы – Ғылыми қызметкер, Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдарының институты, аға оқытушы, PhD, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, altin_28.94@mail.ru

Малмакова Айгүл Ербосынқызы – Жетекші ғылыми қызметкер, PhD, Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдарының институты, malmakova@mail.ru

Тасибеков Хайдар Сулейманұлы – Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдарының институтының Бас директоры, доцент, әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, kh.tassibekov@ihn.kz

Ю Валентина Константиновна – Зертхана меңгерушісі, х.ғ.д., Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдарының институты, yu_vk@mail.ru

Сведения об авторах

Сергазы Аида Айдынкызы – Инженер, Институт химических наук имени А.Б. Бектурова, магистрант, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, sergazyaida@gmail.com

Қалдыбаева Алтынай Бекболқызы – Научный сотрудник, Институт химических наук имени А.Б. Бектурова, старший преподаватель, PhD, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, altin_28.94@mail.ru

Малмакова Айгүл Ербосыновна – Ведущий научный сотрудник, PhD, Институт химических наук имени А.Б. Бектурова, malmakova@mail.ru

Тасибеков Хайдар Сулейманович – Генеральный директор Института химических наук имени А.Б. Бектурова, доцент, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, kh.tassibekov@ihn.kz

Ю Валентина Константиновна – Заведующий лабораторией, д.х.н., Институт химических наук имени А.Б. Бектурова, yu_vk@mail.ru

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

Сергазы А.А., Калдыбаева А.Б., Малмакова А.Е., Тасибеков Х.С., Ю В.К.

Институт химических наук имени А.Б. Бектурова, г. Алматы, Казахстан
Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

БИОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА И МНОГОЦЕЛЕВЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ БЕНЗИЛПИПЕРИДИНА (ОБЗОР)

Аннотация. Поиск новых биологически активных молекул играет важную роль в современной фармацевтической науке. Производные N-бензилпиперидон-4-она привлекают внимание благодаря своим многофункциональным биологическим свойствам, что делает их ценными кандидатами для разработки новых химических агентов. Исследование их потенциального применения способствует прогрессу в области фармакологии и медицинской химии. *Цель* данного обзора - обобщить доступные научные данные о биологических свойствах и фармакологическом потенциале производных N-бензилпиперидон-4-она. *Объект исследования:* Производные N-бензилпиперидон-4-она. *Результаты исследования:* Производные N-бензилпиперидон-4-она демонстрируют широкий спектр биологической активности, включая ингибирование ферментов, антиоксидантные свойства и нейропротекцию. Эти многофункциональные характеристики предполагают их использование в разработке новых фармакологических агентов для решения различных терапевтических задач. *Заключение:* Молекула N-бензилпиперидон-4-она служит универсальной основой для создания новых биологически активных соединений. Её многофункциональный профиль открывает множество возможностей для дальнейших научных исследований, способствуя прогрессу в фармакологии и медицине.

Ключевые слова: Производные N-бензилпиперидон-4-она, биологические свойства, ингибирование ферментов, антиоксидантные свойства, нейропротекция, фармакологические агенты, ацетилхолинэстераза, бутирилхолинэстераза, моноаминоксидаза.

Введение. Производные N-бензилпиперидона-4 известны в медицине как препараты для лечения в том числе и болезни Альцгеймера. Терапевтический эффект связан с ингибированием ферментов - ацетилхолинэстеразы, бутирилхолинэстеразы, моноаминоксидазы и ксантиноксидазы, уменьшением образования агрегатов β -амилоида,

оказанием антагонистического действия на σ_1 рецепторы, а также защитой нейронов от окислительного стресса и нейтрализацией свободных радикалов. Благодаря этим биологическим свойствам, данные соединения оказывают комплексное воздействие на когнитивные дисфункции, что позволяет не только симптоматически улучшать состояние пациентов, но и оказывать полноценное лечебное воздействие на патологические нарушения [1].

Нам хотелось бы показать последние достижения химии производных N-бензилпиперидона-4 как востребованных терапевтических средств, обладающих эффективностью. от нейропротекции до антибактериальных эффектов.

Несмотря на значительные достижения современной науки, эффективные методы предотвращения или лечения болезни Альцгеймера (БА), которой страдают 46,8 миллиона человек по всему миру, до сих пор не разработаны. БА является наиболее распространённой причиной деменции и одной из самых дорогостоящих патологий для лечения. По данным 2020 г., мировые затраты на лечение болезни достигли 196 миллиардов долларов США [2]. В связи с этим поиск эффективных и доступных фармакологических препаратов остаётся одной из важнейших задач современной медицины [3, 4].

Точные причины развития БА пока не установлены, однако предполагается, что болезнь может быть вызвана патофизиологическими нарушениями, включая гибель холинергических нейронов, снижение уровня ацетилхолина, образование амилоидных бляшек и нейрофибриллярных клубков [5]. Среди этих факторов наиболее изученным является гибель холинергических нейронов, которая приводит к снижению уровня ацетилхолина (ACh). Ацетилхолин представляет собой нейромедиатор, ответственный за передачу сигналов между нейронами мозга, а также за процессы памяти, обучения и поведенческие реакции. Современная терапия направлена на увеличение холинергической нейротрансмиссии в головном мозге путём ингибирования ацетилхолинэстеразы (AChE) — фермента, разрушающего ACh до холина и уксусной кислоты, что прекращает передачу нервных импульсов (Рисунок 1).

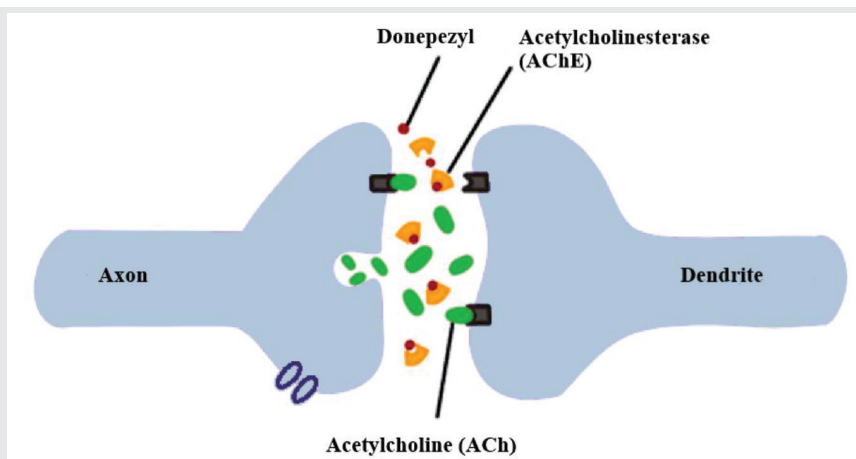
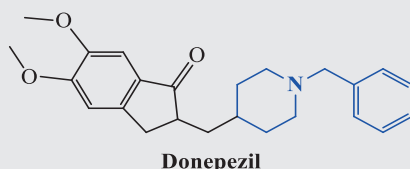


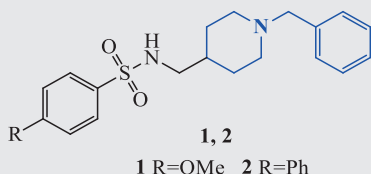
Рисунок 1 - Фармакологический механизм донепезила в синаптической передаче

На данный момент ингибиторы AChE, такие как донепезил, ривастигмин и галантамин, широко применяются для лечения БА. Однако их терапевтический эффект ограничен: они способны лишь временно облегчить симптомы заболевания. Поэтому изучение новых мощных ингибиторов AChE является крайне важной задачей. Кроме того, патогенез БА связан с накоплением внеклеточного β -амилоида ($A\beta$) и гиперфосфорилированного τ -протеина, образующих нейрофибриллярные клубки внутри клеток мозга. В нормальных условиях β -амилоидные пептиды синтезируются в организме и участвуют в клеточном метаболизме, проявляя антиоксидантные свойства. Однако их избыточное образование может способствовать развитию болезни Альцгеймера [6, 7].



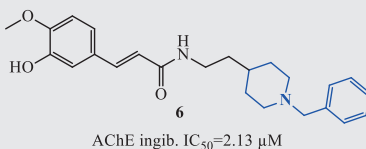
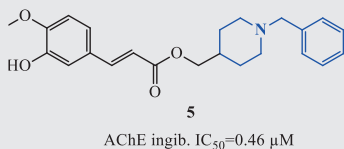
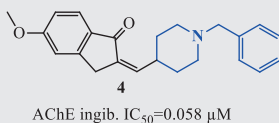
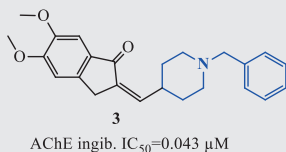
Поскольку причины возникновения БА многообразны, синтез биоактивных веществ с множественными мишенями остаётся актуаль-

ной задачей. В рамках исследования были протестированы *in vitro* производные N-(1-бензилпиперидина-4-ила)метил-4-метоксибензолсульфонамида (**1**) и N-(1-бензилпиперидина-4-ила)метил-[1,1'-бифенил]-4-сульфонамида (**2**).



1 AChE inhib. $IC_{50} = 6.2 \mu M$;
 $A\beta_{1-42}$ inhib. = 64.2 %
 2 AChE inhib. $IC_{50} = 1.6 \mu M$;
 $A\beta_{1-42}$ inhib. = 60.7 %

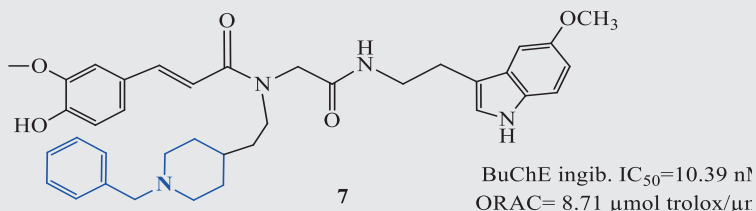
Результаты *in vitro* анализа производных бензилпиперидин-арилсульфонамида (**1** и **2**) продемонстрировали их способность ингибировать AChE и образование β -амилоидных агрегатов. Соединение (**2**) проявило ингибирующую действию против AChE ($IC_{50} = 1,6$ мкМ) и снижение уровня $A\beta$ на 60,7 % [8]. Производные N-бензилпиперидина-4-карбоксальдегида (**3**, **4**) показали удвоенную эффективность по сравнению с донепезилом против BACE1 и AChE, снижая значения IC_{50} до 0,043 и 0,058 мкМ, соответственно. Замена метильного мостика, соединяющего бензилпиперидиновый фрагмента с радикалом, на сложноэфирного остатка привела к полному ингибированию AChE.



Молекула на основе феруловой кислоты и донепезила (**5**), обладающая сильной антиоксидантной действием и защищающая нейроны от окислительного стресса, продемонстрировала выраженное ингибирование AChE ($IC_{50} = 0,46$ мкМ) [9, 10]. Феруловая кислота, введённая

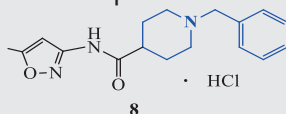
в состав как природный антиоксидант для снижения окислительного стресса, усиливает терапевтического свойства донепезила, защищая нейроны от повреждения свободными радикалами. Антиоксидантный эффект синтезированных производных оценивали методом ORAC-FL (способность поглощать кислородные радикалы с помощью флуоресцеина). Соединение (7) показало значение ORAC 8,71, что значительно превышает показатели феруловой кислоты (3,74) и мелатонина (2,45), подтверждая его высокую способность нейтрализовать свободные радикалы.

Активность холинэстеразы (ацетилхолинэстеразы (AChE) и бутирилхолинэстеразы (BuChE)) измеряли с использованием колориметрической реакции, основанной на расщеплении искусственного субстрата в присутствии фермента.

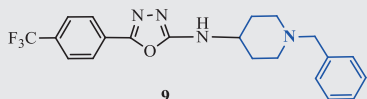


Хотя соединение (7) не проявило активности в ингибировании AChE, оно продемонстрировало мощное ингибирование BuChE с $IC_{50} = 10,39$ нМ, что в 198 раз активнее, чем донепезил ($IC_{50} = 2057$ нМ). Кроме того, соединение (7) показало высокую селективность в отношении ингибирования фермента BuChE [11].

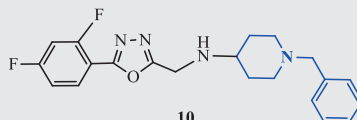
Окислительный стресс, вызванный свободными радикалами, в сочетании с воздействием других патофизиологических факторов может усугублять течение болезни Альцгеймера. В связи с этим разработка полифункциональных молекул, способных снижать повреждение мозга свободными радикалами, остаётся актуальной задачей. В рамках поиска таких соединений было синтезировано производное 1-(1-бензилпиперидин-4-ил)этан-1-она (8), антиоксидантные свойства которого были предварительно оценены методом ORAC. Соединение (8) продемонстрировало выраженные антиоксидантные свойства (>30%) по сравнению с аскорбиновой кислотой, ресвератролом и Trolox [10].



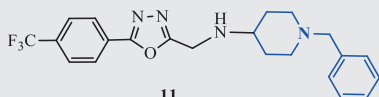
Несколько производных N-бензилпиперидина-4-он (**9–12**) проявили умеренные и хорошие ингибирующие свойства в отношении ферментов hAChE и hBChE, превосходя эффектности донепезила [12].



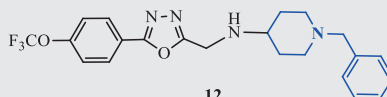
9
hAChE $IC_{50} = 0,055 \mu M$
hBChE $IC_{50} = 0,186 \mu M$



10
hAChE $IC_{50} = 0,086 \mu M$
hBChE $IC_{50} = 0,143 \mu M$



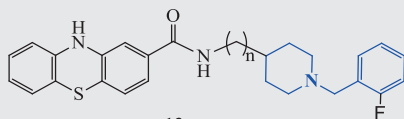
11
hAChE $IC_{50} = 0,144 \mu M$
hBChE $IC_{50} = 0,220 \mu M$



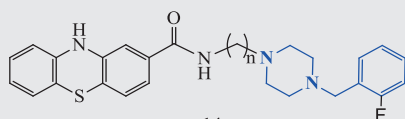
12
hAChE $IC_{50} = 0,119 \mu M$
hBChE $IC_{50} = 1,94 \mu M$

Синтезированы новые соединения на основе структуры N-бензилпиперидин-4-она с добавлением фрагментов фенотиазина, известных своими антиоксидантными свойствами, и изучены их ингибирующие способности против AChE и BChE. Соединение N-(2-(4-(2-фторбензил)пиперазин-1-ил)этил)-10H-фенотиазин-2-карбоксамид (**13**) показало $IC_{50} = 0,599 \text{ мкМ}$ для AChE, что сопоставимо с действием стандартных ингибиторов. Активность против BuChE ($IC_{50} = 0,5\text{--}1,5 \text{ мкМ}$) также была подтверждена, что подчёркивает значимость ингибирования бутирилхолинэстеразы на поздних стадиях болезни Альцгеймера.

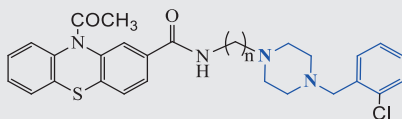
Антиоксидантная воздействия других соединений (например, **13** и **14**) оценивалась методом DPPH и варьировалась от $IC_{50} = 0,6$ до $55,3 \text{ мкМ}$, значительно превосходя кверцетин. Это демонстрирует способность этих производных нейтрализовать свободные радикалы и защищать клетки от окислительного стресса. Тест DPPH основан на способности соединений восстанавливать стабильный радикал 2,2-дифенил-1-пикрилгидрида.



13
AChE inhib. IC_{50} = 1.75 μ M;
BuChE inhib. IC_{50} = 1.20 μ M;
FAAH inhib. IC_{50} = 5.06 μ M



14
AChE inhib. IC_{50} = 0.599 μ M;
BuChE inhib. IC_{50} = 4.33 μ M;
FAAH inhib. IC_{50} = 9.65 μ M

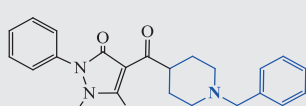


15
FAAH inhib. IC_{50} = 0.019 μ M

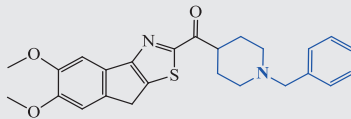
Одним из ключевых результатов исследования было определение того, что эффективно ли производные ингибируют агрегацию β -амилоида, являющуюся основным механизмом патогенеза болезни Альцгеймера. Соединения (**13**) и (**14**) ингибировали агрегацию β -амилоида при концентрациях 10 мкМ на уровне 43–60 %, что указывает на их потенциал для замедления или предотвращения прогрессирования заболевания. Эти соединения также проявили отсутствие токсичности при концентрациях до 100 мкМ, что подтверждает их безопасность для использования в терапии болезни Альцгеймера. Соединение 10-ацетил-N-(2-(4-(2-хлорбензил)пиперазин-1-ил)этил)-10H-фенотиазин-2-карбоксамид (**15**) показало высокие результаты в антиоксидантных тестах на клетках нейронов и печени человека.

Производные бензилпиперидина-4-она можно отнести к многофункциональным препаратам благодаря их способности ингибировать ключевые ферменты, такие как AChE, BChE и FAAH, а также проявлять антиоксидантные свойства и ингибировать образование β -амилоида [13].

1-Бензил-N-(1-метил-3-оксо-2-фенил-2,3-дигидро-1H-пирозол-4-ил)пиперидин-4-карбоксамид (**16**) (IC_{50} = 5,94 мкМ) и 1-бензил-N-(5,6-диметокси-8H-индено[1,2-d]тиазол-2-ил)пиперидин-4-карбоксамид (**17**) (IC_{50} = 0,41 мкМ) демонстрируют высокую селективность для AChE, тем самым уменьшая возможные побочные эффекты, связанные с ингибированием бутирилхолинэстеразы. Ферменты AChE и BuChE, хотя и являются структурно схожими, выполняют разные физиологические функции.



16
AChE inhib. IC_{50} = 5.94 μ M;
BuChE inhib. IC_{50} > 100 μ M;
Cytotoxicity IC_{50} > 100 μ M



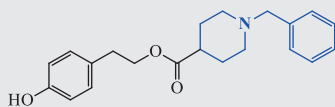
17
AChE inhib. IC_{50} = 0.41 μ M;
BuChE inhib. IC_{50} > 100 μ M;
Cytotoxicity IC_{50} = 31.31 μ M

Второе важное биологическое свойство этих соединений - низкая цитотоксичность. Нейротоксичность, обычно используемая в исследованиях клеточной линии нейробластомы (SH-SY5Y) клеточная сеть, активные производные бензилпиперидина не проявляли значительной токсичности. Показатель низкой токсичности свидетельствует о высокой безопасности соединений [14].

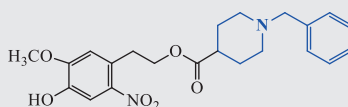
Моноаминоксидаза (MAO) является одним из нескольких ферментов, которые способствуют окислительному стрессу и психологическим симптомам деменции при болезни Альцгеймера. Большинство тканей млекопитающих содержат два изофермента MAO, называемые MAO-A и MAO-B. Эти ферменты участвуют в расщеплении нейротрансмиттеров (например, серотонина, дофамина и норадреналина). Повышенная воздействия MAO может привести к снижению уровней этих нейромедиаторов в мозге, что связано с депрессией, тревогой и нейродегенеративными заболеваниями, такими как болезнь Паркинсона и болезнь Альцгеймера.

Ксантиноксидаза (ХО) участвует в катаболизме пуринов, превращая их в мочевую кислоту. Увеличенное действие ХО может вызывать гиперурикемию, подагру, повреждение тканей, а также способствует образованию активных форм кислорода, что приводит к окислительному стрессу, нейродегенерации и сердечно-сосудистым заболеваниям.

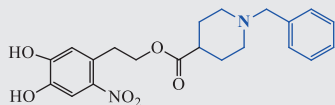
Исследование проводилось с использованием флуориметрического метода для оценки эффективности MAO и спектрофотометрического метода для анализа активности ХО. Испытания ингибирования ферментов проводились при различных концентрациях гибридных соединений.



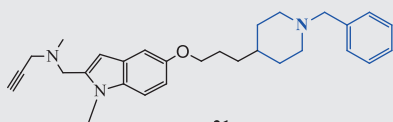
18
MAO-A inhib. IC_{50} = 14.3 μ M;
MAO-B inhib. IC_{50} = 106 μ M



19
MAO-A inhib. IC_{50} = 23.4 μ M;
MAO-B inhib. IC_{50} = 171 μ M



20
MAO-A inhib. IC_{50} = 322 μ M;
MAO-B inhib. IC_{50} = 184 μ M;
XO inhib. IC_{50} = 109 μ M



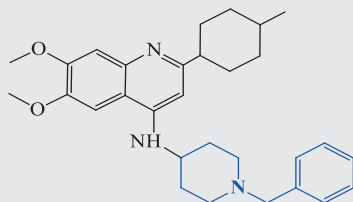
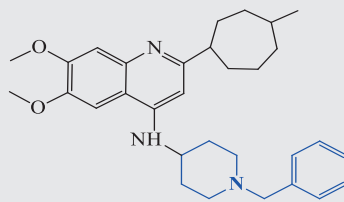
21
AChE inhib. IC_{50} = 0.35 μ M;
BuChE inhib. IC_{50} = 0.46 μ M;
MAO-A inhib. IC_{50} = 5.2 nM;
MAO-B inhib. IC_{50} = 43 μ M

Среди протестированных соединений наиболее высокие значения IC_{50} для ингибирования MAO-A были у 4-гидроксибензил-1-бензилпиперидин-4-карбоксилата (**18**) и 4-гидрокси-3-метоксифенил-1-бензилпиперидин-4-карбоксилата (**19**), составив 14,3 мкМ и 23,4 мкМ соответственно.

4,5-Дигидрокси-2-нитрофенэтил-1-бензилпиперидин-4-карбоксилат (**20**), напротив, проявляло наименьшую эффективность в отношении MAO, но являлось наиболее эффективным ингибитором ксантиноксидазы с IC_{50} = 109 мкМ, что, предполагается, связано со способностью связываться с металлом в активном центре фермента [15, 16]. Соединение (**21**) продемонстрировало ингибирование как MAO-A, так и MAO-B, а также ингибирование, зависящее от времени. Оно показало IC_{50} = 15,83 мкМ для AChE, 1,82 мкМ для BChE, 0,17 мкМ для MAO-A и 15,83 мкМ для MAO-B. Оно (**21**) проявляло нейропротекторное действие, ингибировало агрегацию A β , снижало цитотоксичность, индуцированную A β 1–42, и проникало через гематоэнцефалический барьер. Более того, соединение ингибировало MAO-A (>95%) и улучшало память у экспериментальных крыс [17]. Эти результаты свидетельствуют о том, что комбинированное ингибирование ацетилхолинэстеразы и моноаминоксидазы является эффективной стратегией комплексного воздействия на патогенез нейродегенеративных заболеваний. Такой подход поддерживает баланс нейромедиаторов, снижает окислительный стресс, защищает нейроны от повреждений и улучшает когнитивные функции [18].

Гистонлизинметилтрансфераза (G9a) - это фермент, участвующий в эпигенетической регуляции путем метилирования лизина 9 в гистоне H3, высокая активность которого приводит к возникновению рака, СПИДа и других эпигенетических заболеваний. Следовательно, ингибирование этого фермента может быть эффективным способом лечения заболеваний, связанных с эпигенетическими нарушениями.

С целью выявления новых ингибиторов фермента G9a, которые могут служить основой для будущих противоопухолевых препаратов, синтезированы производные 2,4-диамина-6,7-диметоксихинолина и исследована их способность ингибировать активность фермента G9a. В исследовании *in vitro* ингибирующее действие 2,4-диамино-6,7-диметокси-хинолина (**22**) против фермента G9a оценивалась с использованием лабораторного метода SPA (Scintillation Proximity Assay). Этот метод позволяет измерить ингибирование активности фермента с использованием радиоактивно меченного субстрата.

**22**G9a inhib. IC_{50} = 0.013 μ M;**23**G9a inhib. IC_{50} = 0.031 μ M

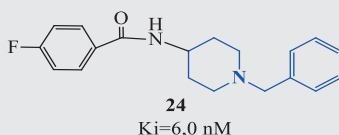
Наиболее эффективными оказались соединения (**22** и **23**), которые продемонстрировали ингибирующую и превышающую активность контрольного ингибитора в 5 раз. Азот в положении N-1 соединения (**22**) обеспечивает сильное связывание с действующим центром фермента G9a. Кроме того, диметоксигруппы в бензоидном кольце играют ключевую роль в правильной ориентации молекулы в активном центре фермента, что способствует прочному связыванию с ферментом. Такая конформация объясняет высокую эффективность соединения. Таким образом, соединение (**22**) представляет собой перспективный ингибитор G9a с более высокой активностью, чем у контрольного соединения [19].

Синтезированные σ_1 рецепторы, локализованные в центральной нервной системе, особенно в отделах мозга, отвечающих за память, эмоции, сенсорные и двигательные функции, играют важную роль

в регуляции внутриклеточных процессов. Эти рецепторы помогают белкам сохранять правильную структуру в стрессовых условиях. Однако чрезмерная активность sigma-1 рецепторов может способствовать развитию патологических состояний. Применение ингибиторов σ_1 рецепторов позволяет минимизировать негативные последствия их гиперактивности [20].

N-(1-бензилпиперидин-4-ил)-4-фторбензамид (**24**), являющийся аналогом галоперидола, вызывал анальгезию, связанную с антагонизмом σ_1 рецепторов. Исследования показали его высокую эффективность в лечении нейропатической боли при минимальных побочных эффектах.

Галоперидол – ингибитор σ_1 рецепторов, широко используемый в медицине, обладает мощным анальгетическим действием, однако его применение часто сопровождается побочными эффектами. В результате испытаний *in vivo* установлено, что соединение (**24**) имеет константу диссоциации $K_i=6,0$ нМ, сопоставимую с константой диссоциации галоперидола ($K_i=6,3$ нМ). Эксперименты *in vitro* подтвердили, что соединение (**24**) обладает высоким сродством к σ_1 рецепторам ($K_i=6$ нМ) и выступает конкурентным ингибитором, сравнимым с галоперидолом ($K_i=6,3$ нМ). При этом сродство соединения (**24**) к σ_2 рецепторам оказалось достаточно низким ($K_i=190$ нМ), что указывает на его высокую селективность к σ_1 рецепторам.

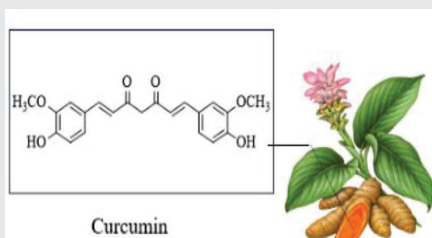


N-(1-Бензилпиперидин-4-ил)-4-фторбензамид (**24**) демонстрирует выраженные анальгетические свойства, обусловленные антагонизмом σ_1 рецепторов. Его активность оказалась сопоставимой с галоперидолом и в три раза выше, чем у S1RA, селективного антагониста σ_1 рецепторов ($K_i=17$ нМ). Антагонизм σ_1 рецепторов снижает передачу болевых сигналов в центральной нервной системе (ЦНС) за счет ингибирования их активности. Такие рецепторы играют ключевую роль в передаче боли, а антагонисты, подобные соединению (**24**), уменьшают болевые ощущения, предотвращая гиперчувствительность нейронов. Это делает их перспективными средствами для лечения хронической боли [21, 22]. Агонисты и антагонисты σ_1 рецепторов

также рассматриваются как потенциальные препараты для лечения эпилепсии, депрессии и зависимости [23].

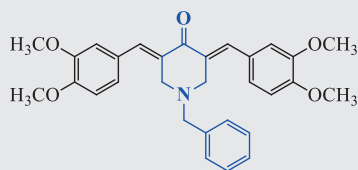
В процессе поиска новых противораковых препаратов учёные сосредоточили внимание на разработке соединений, способных эффективно замедлять пролиферацию опухолевых клеток и вызывать их апоптоз (запрограммированную клеточную смерть). В этом контексте производные N-бензилпиперидинон-4 с куркумином (**25-28**) демонстрируют высокую цитотоксическую активность в отношении различных типов раковых клеток.

Исследования показали, что соединение (**25**) характеризуется значением IC_{50} в диапазоне от 0,86 до 1,35 мкМ, что свидетельствует о его высокой эффективности при низких концентрациях. Для производного (**26**) диапазон IC_{50} варьируется от 1,13 до 1,75 мкМ, а для соединения (**27**) – от 1,09 до 1,82 мкМ. Наиболее высокий уровень активности наблюдается у соединения (**28**), для которого IC_{50} находится в пределах 0,41–0,50 мкМ, что превосходит активность куркумина в 41–46 раз.



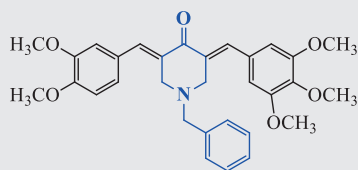
Куркумин широко известен своими противоопухолевыми свойствами, включая индукцию апоптоза, противовоспалительное и антиоксидантное действие. Однако его низкая биодоступность и быстрая метаболическая деградация ограничивают

его клиническую применимость. Производные N-бензилпиперидинон-4 с куркумином (**25-28**) демонстрируют улучшенные фармакокинетические характеристики, что способствует их лучшей абсорбции и пролонгированному действию в организме.



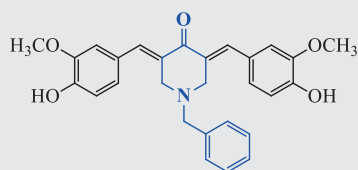
25

$IC_{50}=0,86-1,35 \mu M$



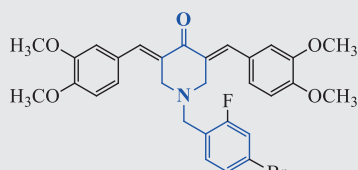
26

$IC_{50}=1,13-1,75 \mu M$



27

$IC_{50}=1,09 \text{ } 1,82 \mu M$



28

$IC_{50}=0,41-0,50 \mu M$

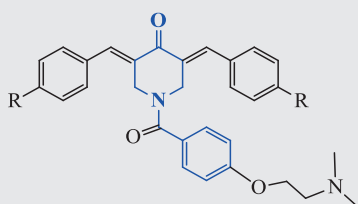
Основное преимущество исследуемых соединений заключается в их высокой цитотоксичности при низких концентрациях, что потенциально снижает риск токсического воздействия на здоровые клетки и ткани. Это делает данные вещества перспективными кандидатами для разработки новых противораковых препаратов.

Помимо противоопухолевой активности, соединения (**25-28**) проявляют способность подавлять сигнальные пути, связанные с воспалительными процессами, что открывает возможности их использования в лечении воспалительных и аутоиммунных заболеваний. Такая комплексная биологическая активность позволяет рассматривать производные N-бензилпиперидин-4-она как многофункциональные терапевтические агенты.

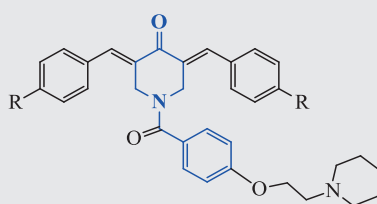
Исследование производных N-бензилпиперидин-4 с куркумином подтверждает их высокий потенциал в разработке нового поколения противоопухолевых препаратов с улучшенными фармакологическими характеристиками. Эти соединения способны обеспечить более эффективное подавление роста опухолей при снижении побочных эффектов и могут найти применение в качестве многоцелевых терапевтических средств в онкологии и смежных областях медицины [24, 25].

В частности, соединения (**29 a,b**) имеют значения IC_{50} менее 1 мкМ, что указывает на их высокую активность при низких концентрациях.

Биологические свойства соединения (**30 b**) включают индукцию апоптоза в раковых клетках. Например, соединение (**30 b**) при концентрации 1,44 мкМ индуцировало апоптоз в клетках печени HepG2. Эти вещества также способны ингибировать клеточный цикл на ключевых стадиях, предотвращая деление и рост раковых клеток. Например, соединения (**30a,b**) показали эффективность, превышающую активность мелфалана ($IC_{50} = 3.24$ мкМ) в *in vitro* экспериментах против некоторых типов раковых клеток [26].

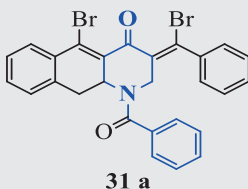


29 a, b
29 a R = H, **29 b** R = Cl
 $IC_{50} < 1 \mu M$

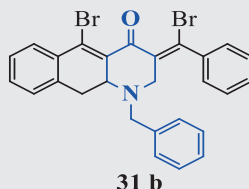


30 a, b
30 a R = H, **30 b** R = CH₃
 $IC_{50} = 1.44 \mu M$

(Z)-1-Бензоил- и (Z)-1-бензил-5-бром-3-(бром(фенил)метил)-2,3,10,10a-тетрагидробензо[г]хинолин-4(1H)-оны (**31 a** и **31 b**) демонстрируют значительную биологическую активность, благодаря способности ингибировать ключевые эпигенетические ферменты. Соединение (**31 a**) оказалось мощным ингибитором гистонацетилтрансферазы (фермента, который ацетирует гистоны, способствуя активации транскрипции) с $IC_{50} = 0,45$ мкМ и аргининметилтрансферазы (коактиватора, регулирующего экспрессию генов) с $IC_{50} = 0,43$ мкМ. Также было показано, что соединение (**31 a**) эффективно уничтожает раковые клетки крови с результатом от 30 % до 67 %. Соединение (**31b**) проявило сильные ингибирующие свойства в отношении вышеупомянутых трансфераз с IC_{50} в диапазоне от 2,19 до 6,50 мкМ и вызывало апоптоз раковых клеток крови на уровне 30–40 %. Эти свойства позволяют рассматривать данные соединения в качестве многоцелевых ингибиторов для регулирования эпигенетических процессов [27].



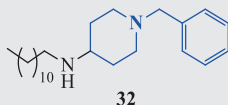
IC₅₀ enz.ingb. = 0,43-0,45 μM



IC₅₀ enz.ingb. = 2,19-6,50 μM

В последние десятилетия наблюдается значительное увеличение резистентности грибковых патогенов, таких как *Aspergillus* и *Candida*, к существующим противогрибковым препаратам, что осложняет лечение пациентов с ослабленным иммунитетом. Это подчеркивает актуальность разработки биологически активных противогрибковых средств широкого спектра действия.

Метод серийных разведений для определения минимальной ингибирующей концентрации (MIC, Minimum Inhibitory Concentration) применялся к модельному штамму *Yarrowia lipolytica*, а также к видам *Candida spp.* и *Aspergillus spp.*, с целью оценки активности синтезированных производных 4-аминопиперидина против клинически значимых грибковых патогенов.



Y. lipolytica MIC=2 μg/mL

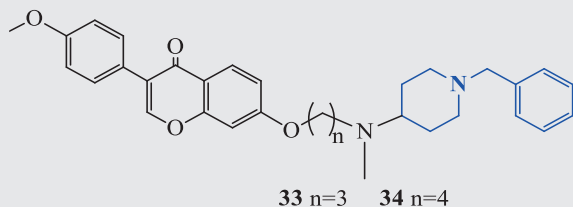
Candida spp.: MIC= 1–4 μg/mL

Aspergillus spp.: MIC= 4–16 μg

Результаты показали, что соединение 1-бензил-N-додецилпиперидин-4-амин (**32**) проявляет высокую активность против модельного штамма *Y. lipolytica*, а также против клинически значимых видов *Candida spp.* и *Aspergillus spp.* Минимальные ингибирующие концентрации этого соединения варьировались от 1 до 4 мкг/мл в зависимости от штамма. Для соединения (**32**) полумаксимальная ингибирующая концентрация для клеток человека составила 5–7 мкМ, что свидетельствует о его средней токсичности. Кроме того, исследования *in vivo* с использованием личинок *Galleria mellonella* не выявили значительной токсичности 1-бензил-N-додецилпиперидин-4-амин (**32**) при концентрациях 100, 500 и 1000 мкМ по сравнению с кон-

трольной группой. Таким образом, соединение **(32)** представляет собой перспективный класс противогрибковых агентов с высокой биологической активностью и приемлемым уровнем безопасности, что делает его интересным кандидатом для дальнейших доклинических и клинических исследований [28].

Бактериальные заболевания, вызываемые фитопатогенами рода *Xanthomonas*, представляют серьезную угрозу для сельскохозяйственного производства, снижая урожайность и качество культур. Показано что они могут вызывать около 350 различных заболеваний растений. Наиболее распространенными из них являются бактериальная пятнистость листьев риса, вызываемая *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* (Xoo), язва цитрусовых, вызываемая *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri* (Xac), бактериальная черная пятнистость манго, вызываемая *Xanthomonas campestris* pv. *mangiferaeindicae* (Xcm), а также пятнистость листьев клубники, вызываемая *Xanthomonas fragariae* (Xf). Антибактериальную активность синтезированных для исследовательских целей 7-(3-((1-бензилпиперидин-4-ил)(метил)амино)пропокси)- и 7-(4-((1-бензилпиперидин-4-ил)(метил)амино)бутокси)-3-(4-метоксифенил)-4H-хромен-4-онов определяли методом турбидиметрии и изучали в отношении четырех видов *Xanthomonas* (Xoo, Xac, Xcm и Xf) — распространенных растительных патогенов. В качестве контрольных агентов использовали тиодиазол меди и тиазол цинка.



Целевые соединения - 7-(3-((1-бензилпиперидин-4-ил)(метил)амино)пропокси)- и 7-(4-((1-бензилпиперидин-4-ил)(метил)амино)бутокси)-3-(4-метоксифенил)-4H-хромен-4-оны (**33** и **34**) обладают специфической ингибирующей активностью в отношении четырех видов растительных бактерий. Соединения (**33**, **34**) показали 100 %-ное ингибирование в отношении Xoo, что выше, чем у тиодиазола меди (74,2 %) и тиазола цинка (90,8 %), а также 100 %-ную ингибирующую

активность в отношении *Xac* (тиодиазол меди — 50,4 % и тиазол цинка — 68,6 %). Кроме того, они показали наиболее значительный ингибирующий эффект на *Xcm* со 100 %-ной степенью ингибирования (тиодиазол меди — 72,9 % и тиазол цинка — 91,8 %). При этом ингибирующая активность в отношении *Xf* составила 100 % и превосходила препараты сравнения. Исследуемые соединения (**33**, **34**) продемонстрировали высокую антибактериальную активность против фитопатогенов рода *Xanthomonas*, превосходя эффективность стандартных препаратов. Соединения обладают широким спектром действия и перспективны для использования в защите растений благодаря их низкой токсичности и экологической безопасности [29].

Заключение. Производные N-бензилпиперидон-4-она представляют собой перспективные многофункциональные соединения, обладающие широким спектром биологической активности. Они демонстрируют ингибирование ферментов, антиоксидантные свойства, нейропротекцию и антибактериальную активность. Уникальная структура этих соединений делает их ценными строительными блоками для создания новых фармакологических агентов.

Разнообразие биологических свойств производных N-бензилпиперидин-4-она подтверждает их универсальность и многоцелевой потенциал. Дальнейшие исследования в этом направлении могут способствовать разработке новых препаратов, направленных на решение терапевтических задач в медицине и смежных областях науки.

Финансирование. Научно-исследовательская работа выполнена в рамках гранта Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан BR21882220.

References

- 1 Zhang Z.-H., Wang A.-Q., Ma B.-D., Xu Y. Rational engineering of mesorhizobium imine reductase for improved synthesis of N-benzyl cyclo-tertiary amines // Catalysts, 2024. No. 14. DOI: <https://doi.org/10.3390/catal14010023>
- 2 Nandi, A., Counts, N., Bröker, J. et al. Cost of care for Alzheimer's disease and related dementias in the United States: 2016 to 2060 // npj Aging, 2024. No. 10. <https://doi.org/10.1038/s41514-024-00136-6>
- 3 Коберская Н. Болезнь Альцгеймера // Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика, 2019. No. 11. P. 52–60. DOI: <http://dx.doi.org/10.14412/2074-2711-2019-3S-52-60>
- 4 Bhushan I., Kour M., Kour G., Gupta S., Sharma S., Yadav A. Alzheimer's dis-

- ease: Causes and treatment – A review // *Ann Biotechnol*, 2018. No. 1. P. 1002. DOI: <http://dx.doi.org/10.33582/2637-4927/1002>
- 5 Kwon Y., Park J., No K., Shin J., Lee S., Eun J., Yang J., Shin T., Kim D., Chae B., Leem J., Kim K. Synthesis, *in vitro* assay, and molecular modeling of new piperidine derivatives having dual inhibitory potency against acetylcholinesterase and Abeta1-42 aggregation for Alzheimer's disease therapeutics // *Bioorg. Med. Chem.*, 2007. No. 15. P. 6596–6607. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2007.07.003>
- 6 Khedraoui M., Abchir O., Nour H., Yamari I., Errougui A., Samadi A., Chtita S. An *in silico* study based on qsar and molecular docking and molecular dynamics simulation for the discovery of novel potent inhibitor against AChE // *Pharmaceuticals*, 2024. No.17. P. 830. DOI: <https://doi.org/10.3390/ph17070830>
- 7 Maiuolo J., Costanzo P., Masullo M., D'Errico A., Nasso R., Bonacci S., Mollace V., Oliverio M., Arcone R. Hydroxytyrosol–donepezil hybrids play a protective role in an *in vitro* induced Alzheimer's disease model and in neuronal differentiated human SH-SY5Y neuroblastoma cells // *Int. J. Mol. Sci.* 2023. No. 24. P. 13461. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms241713461>
- 8 Queda F., Calò S., Gwizdala K., Magalhães J., Cardoso S., Chaves S., Piomonte L., Santos M. Novel donepezil–arylsulfonamide hybrids as multitarget-directed ligands for potential treatment of Alzheimer's Disease // *Molecules*, 2021. No. 26. P. 1658. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26061658>
- 9 Kareem R., Abedinifar F., Mahmood E., Ebadi A., Rajabi F., Vessally E. The recent development of donepezil structure-based hybrids as potential multifunctional anti-Alzheimer's agents: highlights from 2010 to 2020 // *RSC Adv.* 2021. No. 11 P. 30781–30797. DOI: <https://doi.org/10.1039/d1ra03718h>
- 10 Banu R., Gerding J., Franklin C., Sikazwe D., Horton W., Török M., Davis J., Cheng K., Nakazwe M., Mochona B. 4,5-Dimethoxy-2-nitrobenzohydrazides and 1-(1-benzylpiperidin-4-yl)ethan-1-ones as potential antioxidant/cholinergic endowed small molecule leads // *Sci. Pharm.*, 2018. No. 86. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/scipharm86010002>
- 11 Benchekrout M., Ismaili L., Pudlo M., Luzet V., Gharbi T., Refouvelet B., Marco-Contelles J. Donepezil–ferulic acid hybrids as anti-Alzheimer drugs // *Future Med. Chem.*, 2015. No. 7. P. 15–21. DOI: <http://dx.doi.org/10.4155/fmc.14.148>
- 12 Obaid R., Naeem N., Mughal E., Al-Rooqi M., Sadiq A., Jassas R., Moussa Z., Ahmed S. Inhibitory potential of nitrogen, oxygen and sulfur containing heterocyclic scaffolds against acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase // *RSC Adv.*, 2022. No. 12. P. 19764–19855. DOI: <http://dx.doi.org/10.1039/D2RA03081K>
- 13 Carocci A., Barbarossa A., Leuci R., Carrieri A., Brunetti L., Laghezza A., Catto M., Limongelli F., Chaves S., Tortorella P. Novel phenothiazine/ donepezil-like hybrids endowed with antioxidant activity for a multi-target approach to the therapy of Alzheimer's disease // *Antioxidants*, 2022. No. 11. P. 1631. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox11091631>
- 14 Greunen van D., Johan van der Westhuizen C., Cordier W., Nell M., Stander A., Steenkamp V., Panayides J., Riley D. Novel N-benzylpiperidine carboxamide derivatives as potential cholinesterase inhibitors for the treatment of Alzheimer's

disease // *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2019. No. 179. P. 680–693. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2019.06.088>

15 D'Errico A., Nasso R., Rullo R., Maiuolo J., Costanzo P., Bonacci S., Oliverio M., de Vendittis E., Masullo M., Arcone R. Effect of hydroxytyrosol derivatives of donepezil on the activity of enzymes involved in neurodegenerative diseases and oxidative damage // *Molecules*, 2024. No. 29. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules29020548>

16 Harrad L. el Bourais I., Mohammadi H., Amine A. Recent advances in electrochemical biosensors based on enzyme inhibition for clinical and pharmaceutical applications // *Sensors (Switzerland)*, 2018. No. 18. DOI: <https://doi.org/10.3390/s18010164>

17 Knez D., Sova M., Košak U., Gobec S. Dual inhibitors of cholinesterases and monoamine oxidases for Alzheimer's disease // *Future Medicinal Chemistry*, 2017. No. 9. P. 811–832. DOI: <https://doi.org/10.4155/fmc-2017-0036>

18 Xu Y., Zhang J., Wang H., Mao F., Bao K., Liu W., Zhu J., Li X., Zhang H., Li J. Rational design of novel selective dual-target inhibitors of acetylcholinesterase and monoamine oxidase b as potential anti-Alzheimer's disease agents // *ACS Chemical Neuroscience*, 2019. No. 10. P. 482–496. DOI: <https://doi.org/10.1021/acscchemneuro.8b00357>

19 Srimongkolpithak N., Sundriyal S., Li F., Vedadi M., Fuchter M. J. Identification of 2,4-diamino-6,7-dimethoxyquinoline derivatives as G9a inhibitors // *Med. Chem. Comm.*, 2014. No. 5. P. 1821–1828. DOI: <https://doi.org/10.1039/c4md00274a>

20 Schläger T., Schepmann D., Lehmkühl K., Holenz J., Vela J. M., Buschmann H., Wünsch B. Combination of two pharmacophoric systems: Synthesis and pharmacological evaluation of spirocyclic pyranopyrazoles with high σ_1 receptor affinity // *J. Med. Chem.*, 2011. No. 54. P. 6704–6713. DOI: <https://doi.org/10.1021/jm200585k>

21 Déciga-Campos M., Melo-Hernández L. A., Torres-Gómez H., Wünsch B., Schepmann D., González-Trujano M., Espinosa-Juárez J., López-Muñoz F. J., Navarrete-Vázquez G. Design and synthesis of N-(benzylpiperidinyl)-4-fluorobenzamide: A haloperidol analog that reduces neuropathic nociception via σ_1 receptor antagonism // *Life Sciences*, 2020. No. 245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.117348>

22 Denaro S., Pasquinucci L., Turnaturi R., Alberghina C., Longhitano L., Giallongo S., Costanzo G., Spoto S., Grasso M., Zappalà A., Li Volti G., Tibullo D., Vicario N., Parenti R., Parenti C. Sigma-1 receptor inhibition reduces mechanical allodynia and modulate neuroinflammation in chronic neuropathic pain // *Molecular Neurobiology*, 2024. No. 61. P. 2672–2685. DOI: <https://doi.org/10.1007/s12035-023-03717-w>

23 Schläger T., Schepmann D., Würthwein E., Wünsch B. Synthesis and structure-affinity relationships of novel spirocyclic σ receptor ligands with furopyrazole structure // *Bioorg. Med. Chem.*, 2008. No. 16. P. 2992–3001. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bmc.2007.12.045>

24 Zhou D.-Y., Zhang K., Conney A., Ding N., Cui X.-X., Wang H., Du Z.-Y. Syn-

- thesis and evaluation of curcumin-related compounds containing benzyl piperidone for their effects on human cancer cells // *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 2013. No. 61. P. 1149–1155. DOI: <http://dx.doi.org/10.1248/cpb.c13-00507>
- 25 *Martínez-Cifuentes M., Weiss-López B., Araya-Maturana R.* A Computational study of structure and reactivity of n-substitued-4-piperidones curcumin analogues and their radical anions // *Molecules*, 2016. No. 21. DOI: <http://dx.doi.org/10.3390/molecules21121658>
- 26 *Das U., Alcorn J., Shrivastav A., Sharma R.K., De Clercq E., Balzarini J., Dimmock J.R.* Design, synthesis and cytotoxic properties of novel 1-[4-(2-alkylaminoethoxy)phenylcarbonyl]-3,5-bis(arylidene)-4-piperidones and related compounds // *European Journal of Medicinal Chemistry*, 2007. No. 42. P. 71–80. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ejmech.2006.08.002>
- 27 *Fioravanti R., Tomassi S., Di Bello E., Romanelli A., Plateroti A., Benedetti R., Conte M., Novellino E., Altucci L., Valente S., Mai A.* Properly substituted cyclic bis-(2-bromobenzylidene) compounds behaved as dual p300/CARM1 inhibitors and induced apoptosis in cancer cells // *Molecules*, 2020. No. 25. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules25143122>
- 28 *Krau B J., Müller C., Klimt M., Valero L.J., Martinez J.F., Müller M., Bartel K., Binder U., Bracher F.* Synthesis, biological evaluation, and structure–activity relationships of 4-aminopiperidines as novel antifungal agents targeting ergosterol biosynthesis // *Molecules*, 2021. No. 26. DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules26237208>
- 29 *Zhang M., Feng S., Song J., Ruan X., Xue W.* Formononetin derivatives containing benzyl piperidine: A brand new, highly efficient inhibitor targeting *Xanthomonas* spp // *Journal of Advanced Research*, 2024. P. 1-14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jare.2024.08.039>

ПИЩЕВАЯ И ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

IRSTI 65.09.01

https://doi.org/10.53939/1560-5655_2025_1_85

Sagynalieva M.I.¹, Dzhurupova B.K.²

¹ Postgraduate student, National Academy of Sciences,
Bishkek c., Kyrgyz Republic

^{2,1} Professor Research Institute, Kyrgyz Economic University named after
M. Ryskulbekov, Bishkek c., Kyrgyz Republic

ADVANCING ORGANIC PRODUCTION FOR SUSTAINABLE RURAL DEVELOPMENT: INSIGHTS FROM KYRGYZSTAN

Abstract. The article provides an overview of the current state of organic production in Kyrgyzstan. It reviews the Kyrgyz Republic's legislation on organic products. It identifies the challenges and priorities for organic production in the Kyrgyz Republic. Recommendations for the development of organic production in the Kyrgyz Republic are developed. Kyrgyzstan has favorable climatic and soil conditions for organic farming. The country's high mountainous regions, the availability of clean water and biodiversity create competitive advantages for the development of organic agriculture. Organic production helps maintain soil fertility, increase farmers' incomes and improve the quality of agricultural products. However, the transition to organic farming requires significant investment and training for farmers.

Keywords: organic agriculture, organic food laws, principles of sustainable agriculture, organic certification standards.

Introduction. Modernization theory, which has dominated since the beginning of the modern era, viewed development as a process of transition from traditional societies with their outdated ways of life to modern, industrial societies. This transition implied radical changes in all spheres of life, including agriculture.

In agriculture, modernization was expressed in the transition from subsistence farming to intensive production using chemicals, mechanization, and new varieties. This transition has been associated with enhanced industrial productivity; however, it has concomitantly given rise to a number of deleterious consequences. The process of

modernization has resulted in the displacement of small farmers by large agro-industrial corporations, the predominance of monocultures over crop diversity, and a significant shift in dietary habits. The enhancement of agricultural productivity has been accompanied by environmental degradation, soil and water pollution, reduced biodiversity, and an increase in foodborne diseases. The widespread use of chemicals in agriculture and the prevalence of low-nutrition foods in the diet have posed significant threats to consumer health. The transition from traditional, community-based agricultural practices to modern, export-oriented industrial models has been accompanied by a loss of autonomy over land and seeds for farmers, and a dissociation between consumers and the food production system.

According to Skrinis (2007), the shift towards large-scale, export-oriented production has contributed to a range of environmental challenges, including land and soil degradation, water and soil contamination, and a decline in biodiversity. The relationship between food production and consumption on the one hand, and health problems and concerns on the other, is a complex one. The evidence suggests an association with several health problems and concerns, including the following: disease outbreaks such as bird flu and food poisoning; health problems associated with diets rich in processed industrial foods; malnutrition and hunger-related diseases; exposure of farm workers to chemical pesticides; and chemical residues and additives in fresh and processed foods [1].

The traditional, small-scale, diversified, locally oriented, subsistence and independent forms of farming are increasingly being replaced by large-scale, specialized, monoculture and corporate-controlled operations producing for export [2].

Key changes brought about by modernization in agriculture include

- the shift from subsistence to industrial farming,
- the use of chemicals, mechanization and new varieties,
- increased productivity but also environmental degradation,
- the dominance of large agribusiness corporations [3].
- A decline in crop diversity and the prevalence of monocultures.
- A shift in dietary habits and an increase in foodborne illnesses.
- Farmers experiencing a loss of control over their land and seeds.

A profound divide has emerged between food producers and consumers, obscuring the connection between them and depriving individuals of a comprehensive understanding of the origins of the food they consume. Consumers are progressively disengaging from the origins

of their food, losing familiarity with the processes by which it is produced. The modernization of agriculture, while increasing productivity, has resulted in a number of adverse consequences, including environmental degradation, exacerbating social inequality, and undermining food security. Although agriculture has historically been a pivotal sector of the Kyrgyz economy, employing approximately 60% of the working population, its contribution to the country's GDP has declined over the past two decades, from 34% in 2000 to 9% in 2024 [4]. The underlying factors contributing to this phenomenon are multifaceted, encompassing the utilization of obsolete technologies and the degradation of soil quality. Moreover, over 65% of the total population resides in rural areas, the majority of whom are engaged in farming, making organic agriculture a sustainable and income-generating activity.

The present situation of organic production in Kyrgyzstan. The natural environment of Kyrgyzstan is unique, and this has created a favorable environment for organic production. In addition, more than 90% of the country is mountainous, and these mountains are classified into two zones: highland and foothill. These areas provide ideal conditions for organic livestock production, since chemical fertilizers and pesticides are used only minimally there. The country also has significant freshwater resources, including glaciers, rivers and lakes, which contribute to organic production, especially in remote areas where there is no industrial pollution. Kyrgyzstan is further distinguished by its biodiversity, including rare and endemic plant species that can be used as raw materials for organic agriculture.

The valleys of Chui, Talas and Fergana oblasts are distinguished by their fertile soils, which, when cultivated in an appropriate manner, can yield high harvests without the necessity of intensive chemical fertilization. Furthermore, the country's diverse climatic zones (ranging from temperate to continental) enable the cultivation of a wide range of crops. The high number of sunny days per year contributes to the high quality of the products, while in rural areas, organic farming methods such as crop rotation, composting and the use of natural fertilizers are widely used (Ministry of Water Resources, Agriculture and Processing Industry of the Kyrgyz Republic, n.d.) .

These natural conditions create competitive advantages for Kyrgyzstan in the international organic market. At present, organic agriculture in Kyrgyzstan is at the development stage. According to the Ministry of Water Resources, Agriculture and Processing Industry of the Kyrgyz Republic,

the total organic land area is 66,076 hectares, of which the arable land area is 2,556 hectares, and the pasture area is 59,810 hectares. However, their overall contribution to agricultural production remains negligible. According to FiBL and IFOAM (2024), in 2022, the area of organic land was 28,252 hectares, representing 0.3% of the total arable land, and the number of producers engaged in organic agriculture was 1,001 people [5]. The main products of organic production are:

- Dairy and meat products: cattle - 20,034 heads, sheep - 24,910 heads, horses - 2,950 heads;
- Fruits, berries and vegetables: apricots, apples, black currants, potatoes, tomatoes, bell peppers, garlic, beans, sugar beets;
- Medicinal herbs;
- Cereals: barley, oats, wheat, corn.

The export of organic products, especially nuts and dried fruits, constitutes a substantial proportion of the income of farmers engaged in this industry.

Materials and methods. Literature review on organic production in Kyrgyzstan and Central Asia. The review reveals that while the subject is a relatively recent area of research, several key works by numerous international organizations have appeared in recent years. Such works include those of the Food and Agriculture Organization (FAO), the United Nations Development Program (UNDP), and the German Development Cooperation (GIZ), which have published studies on the status of organic agriculture in the region, identifying major barriers such as a lack of infrastructure and certification mechanisms. According to studies conducted by local and international scientists, emphasis is placed on the following aspects:

- Organic export potential.
- The role of conventional farming practices.
- The impact of organic production on biodiversity and soil fertility [6].

Among the authors studying this topic in Kyrgyzstan, stand out Sagynaliyeva M. (2018), Otunchieva A. (2019), Taranov I. and Kawabata Y. (2024) have analyzed the prospects of organic farming in the context of socio-economic development in Kyrgyzstan. There are also published works devoted to the development of rural areas, where organic production is considered a key element of sustainable development. For example, monographs by Baimurzaeva G. (2018) and Isakov T. (2020) are devoted to the issues of sustainable agriculture in mountainous regions.

Review of Kyrgyz Legislation on Organic Production. The legislative framework of Kyrgyzstan plays a pivotal role in shaping the conditions conducive to the advancement of organic agriculture. The prevailing legislative acts and documents in this domain encompass the following:

1. The Law of the Kyrgyz Republic «On Organic Agriculture», enacted in 2019. This legislation establishes the legal framework governing the production, certification, labelling and distribution of organic products. The law aims to create favorable conditions for organic farmers and support exports of organic products.

2. In 2023, amendments and additions were made to the Law «On Organic Agriculture» and new decrees were adopted to improve the regulation of this area, namely:

- Procedures for certification of organic products were clarified, including requirements for certification and accreditation bodies.

- A comprehensive mechanism of control over compliance with organic production standards was introduced, including liability for violations.

- Updated measures to support farmers were established, including tax incentives for organic producers.

- Updated national standards for organic agriculture have been approved, which meet international requirements, such as IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movements).

- Separate standards were introduced for organic livestock and beekeeping, taking into account the specifics of these areas.

- In 2023, a mechanism was developed to provide subsidies for farmers switching to organic production, including compensation for costs associated with certification and the purchase of organic fertilisers.

- Grant programmes for small farms were introduced with the aim of developing organic farming and improving infrastructure, for example by constructing warehouses for storing organic products.

The National Development Strategy of the Kyrgyz Republic for 2018-2040 and the Program for the Development of Green Economy in the Kyrgyz Republic for 2024-2028 on green economy include the development of organic agriculture as one of the priority areas, emphasizing the role of organic agriculture in preserving the environment and increasing the competitiveness of agricultural products in international markets [7].

Result and their discussion. Key challenges. Notwithstanding the considerable potential inherent in the development of organic production, a number of challenges must be given due consideration:

- Regulatory environment: The absence of clearly defined national standards for organic production and government support serves to hinder the development of the industry.

- Lack of knowledge, skills and experience: A significant proportion of farmers are not sufficiently aware of organic farming methods and certification.

- Infrastructural constraints: The absence of processing capacity and logistics solutions limits export potential.

- Financial barriers: The high costs of certification and transition to organic farming remain a significant barrier.

Nevertheless, the primary challenge remains the inadequate implementation of legislation in practice, necessitating enhanced monitoring and support mechanisms for farmers. The Government of Kyrgyzstan has the potential to play a pivotal role in catalyzing the development of organic agriculture by establishing a certification system, providing support for research and development, and fostering the growth of cooperatives. Additionally, a significant focus should be placed on promoting organic products in international markets, particularly in countries within the European Union and Asia, where demand for such products is consistently rising.

Principles of organic farming. Organic farming is a farming system based on the use of natural processes, biodiversity and cycles in nature. It excludes the use of synthetic fertilizers, pesticides and genetically modified organisms (GMOs).

The basic principles of organic farming includes (Pictures 1, 2):

1. Soil health:

- Preserving and improving soil fertility through the use of organic fertilizers (compost, manure) and siderates.

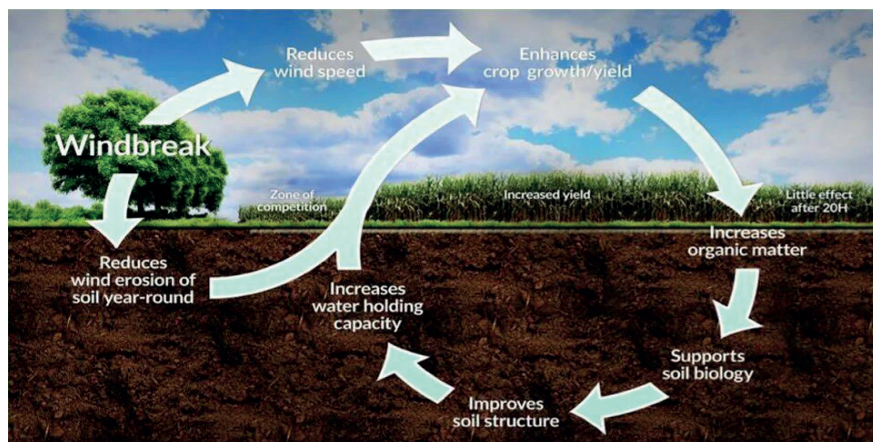
- Maintaining soil biological activity by creating favorable conditions for beneficial microorganisms



Picture 1 - Microbiological soil enhancement. Source: Pochva-mikrobyi.png (958×718)

2. Nutrient cycling:

- Minimizing nutrient losses through closed nutrient cycles.
- Utilization of crop residues and wastes for soil enrichment.



Picture 2 - Nutrient cycle in organic farming
Source: soil-health-diagram.jpg (960×538)

In the contemporary era, organic agriculture standards have attained a global prevalence. A substantial number of countries, exceeding one hundred, have formally adopted these standards, which are predominantly founded on the principles established by IFOAM. These standards encompass all phases of production, from cultivation to processing, and impose stringent requirements concerning the utilisation of synthetic substances. The regular implementation of organic certification serves to guarantee that organic products adhere to stringent quality and safety standards [8].

Conclusion. Kyrgyzstan is well-suited to organic farming due to its favorable climatic and soil conditions. The country's high mountainous areas, clean water and biodiversity create competitive advantages for the development of organic agriculture. However, the use of these resources requires a careful approach to prevent degradation of ecosystems. Despite the annual growth in the share of certified organic farms, their contribution to total agricultural production remains insignificant. This is due to limited export opportunities, weak support for farmers and lack of consumer awareness. The legislative framework of Kyrgyzstan, including the Law «On Organic Agriculture», provides a crucial foundation for the advancement of the sector. Nevertheless, the implementation of the law and associated regulations in practice confronts numerous impediments, such as the scarcity of funding and the absence of effective oversight. The adoption of organic production practices contributes to the preservation of soil fertility, the augmentation of farmers' incomes, and the enhancement of the quality of agricultural products.

However, the transition to organic farming necessitates substantial investment and the training of farmers. A review of extant literature indicates that organic production in Kyrgyzstan and Central Asia exhibits considerable potential for development. Nevertheless, further research is necessary on various aspects, including economics, ecology and social impacts. Concerted efforts on the part of scientists, government agencies and international organizations may prove instrumental in the establishment of a sustainable organic sector in the region [9].

The following recommendations are proposed for consideration:

- The development of subsidy and grant programmes for farmers switching to organic production.
- The creation of certification centers and advisory services to support agricultural producers.
- The development of logistics and marketing infrastructure for organic products.

- Participation in regional and international initiatives to promote organic products on world markets.
- Conducting of training for farmers on organic farming methods and certification.
- The launching of information campaigns to raise public awareness of the benefits of organic products.
- A study of the economic and environmental efficiency of organic production.
- Analysis the impact of organic agriculture on biodiversity, soil erosion and climate change.
- Attraction of technical and financial assistance from international organizations such as FAO, GIZ and UNDP.
- Introduction of best practices of organic farming based on the experience of other countries in the region.

These recommendations will create favorable conditions for sustainable development of the organic sector in Kyrgyzstan, which will contribute to improving the environmental and economic situation in the country.

References

- 1 *Akhmetov J.* Prospects for export of organic products in the countries of Central Asia // *Vestnik agrarnoi nauki.* - 2021. - No. 3 (45). - 15-22p.
- 2 *Baimurzaeva G.* Sustainable agriculture in mountainous regions: challenges and prospects. - Bishkek: XYZ Publishing House, 2018. - 200 p.
- 3 *Isakov T.* Ecological aspects of agriculture in Central Asia. - Bishkek: ABC Publishing House, 2020. - 250p.
- 4 *Otunchieva A.* Development of organic products in Kyrgyzstan. In: *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society* Vol. 7 / No. 1 (2019-06-05), - 47-49p; ISSN 2197-411.
- 5 Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Development of organic agriculture in Central Asia. Rome: FAO, 2022. – 180 p.
- 6 *Sagynalieva M.* Development of organic agriculture in the Kyrgyz Republic: economic and environmental sustainability. Analytical Notes of the OSCE Academy in Bishkek No. 50, 2018. https://osce-academy.net/upload/file/PB50_RUS.pdf
- 7 *Taranov I. and Kawabata Y.* (2024) Organic agriculture in Kyrgyzstan: experiences with implementing participatory guarantee systems. *Front. Sustain. Food Syst.* 8:1453850. doi: 10.3389/fsufs.2024.1453850.
- 8 *Turdybaev A.* The role of organic agriculture in biodiversity conservation // *Ecology and Sustainable Development.* - 2020. - T. 8, №2. - 34-41 p.
- 9 *Willer Helga Jan Trávníček and Bernhard Schlatter* (Eds.) (2024): *The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2024.* Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn.

Сагыналиева М.И.¹, Джурупова Б.К.²

¹Ұлттық ғылым академиясы, Бішкек қ., Қырғыз Республикасы

²М. Рысқұлбеков атындағы Қырғыз экономикалық университетінің ғылыми-зерттеу институтының, Бішкек қ., Қырғыз Республикасы

АУЫЛДЫҚ ЖЕРЛЕРДІҢ ТҰРАҚТЫ ДАМУЫ ҮШІН ОРГАНИКАЛЫҚ ӨНДІРІСТІ ДАМУТУ: ҚЫРҒЫЗСТАН ТӘЖІРИБЕСІ

Түйіндеме. Мақалада Қырғызстандағы органикалық өндірістің қазіргі жағдайы көрсетілген. Қырғыз Республикасының органикалық өнімдер саласындағы заңнамасына шолу жасалды. Қырғыз Республикасындағы органикалық өндірістің мәселелері мен басым бағыттары анықталды. Қырғызстандағы органикалық өндірісті дамыту бойынша ұсыныстар әзірленді. Қырғызстан климаттық және топырақ жағдайы бойынша органикалық егіншілікке қолайлы ел. Ол жердегі биік таулы аймақтары, таза судың болуы және биоәртүрлілік органикалық ауыл шаруашылығын дамытуда бәсекеге қабілеті басым. Органикалық өндіріс топырақ құнарлылығын сақтауға, фермерлердің кірістерін арттыруға және ауылшаруашылық өнімдерінің сапасын жақсартуға ықпал етеді. Дегенмен, органикалық егіншілікке көшу айтарлықтай инвестиция мен фермерлерді оқытуды қажет етеді.

Түйінді сөздер: экологиялық таза өнімдерді өндіру, нормативтік актілер, органикалық ауыл шаруашылығының негізгі қағидаттары, органикалық ауыл шаруашылығының стандарттары.

...

Сагыналиева М.И.¹, Джурупова Б.К.²

¹Национальная академия наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

²НИИ Кыргызского экономического университета имени М. Рыскулбекова, г. Бишкек, Кыргызская Республика,

ПРОДВИЖЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ: ОПЫТ КЫРГЫЗСТАНА

Аннотация. В статье приводится текущее состояние органического производства в Кыргызстане. Приведен обзор законодательства в области органической продукции Кыргызской Республики. Определены проблемы и приоритеты органического производства. Разработаны рекомендации по его развитию. Кыргызстан обладает благоприятными климатическими и почвенными условиями для органического земледелия. Высокогорные районы страны, наличие чистой воды и биоразнообразие создают конкурентные преимущества для развития органического сельского хозяйства. Органическое производство способствует сохранению почвенного плодородия, повышению доходов фермеров и улучшению качества сельскохозяйственной продукции.

Однако переход к органическому земледелию требует значительных инвестиций и обучения фермеров.

Ключевые слова: органическое производство, законодательство, принципы органического земледелия, стандарты органического сельского хозяйства.

Information about the authors

Sagynalieva Maral Ishenbekovna – National Academy of Sciences of the Kyrgyz Republic, graduate student, Bishkek c., Kyrgyz Republic, maral.sagynalieva@gmail.com

Dzhurupova Bermet Keneshovna – PhD, Candidate of Technical Sciences (PhD), Professor, Scientific Research University of the Kyrgyz Economic University named after. M. Ryskulbekova, Bishkek c., Kyrgyz Republic, bermet_jk@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Сагыналиева Марал Ишенбековна – Қырғыз Республикасы Ұлттық ғылым академиясы, аспирант, Бішкек қ., Қырғыз Республикасы, maral.sagynalieva@gmail.com

Джурупова Бермет Кенешовна – PhD докторы, техника ғылымдарының кандидаты (PhD), профессор, Қырғыз экономикалық университетінің Ғылыми зерттеу университеті. М.Рысқұлбекова, Бішкек қ., Қырғыз Республикасы, bermet_jk@mail.ru

Сведения об авторах

Сагыналиева Марал Ишенбековна – Национальная Академия Наук Кыргызской Республики, аспирантка, г. Бишкек, Кыргызская Республика, maral.sagynalieva@gmail.com

Джурупова Бермет Кенешовна – PhD, кандидат технических наук (PhD), профессор, Научно - исследовательский университет Кыргызского экономического университета им. М. Рыскулбекова, г. Бишкек, Кыргызская Республика, bermet_jk@mail.ru

ПЕРЕВОД СТАТЬИ / МАҚАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ

Сагыналиева М.И.¹, Джурупова Б.К.²

¹Национальная академия наук, г. Бишкек, Кыргызская Республика

²НИИ Кыргызского экономического университета имени М. Рыскулбекова, г. Бишкек, Кыргызская Республика,

ПРОДВИЖЕНИЕ ОРГАНИЧЕСКОГО ПРОИЗВОДСТВА ДЛЯ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКИХ ТЕРРИТОРИЙ: ОПЫТ КЫРГЫЗСТАНА

Введение. Теория модернизации, господствовавшая с начала современной эпохи, рассматривала развитие как процесс перехода от традиционных обществ с их устаревшими укладами к современным, индустриальным обществам. Этот переход предполагал радикальные изменения во всех сферах жизни, в том числе и в сельском хозяйстве. В сельском хозяйстве модернизация выражалась в переходе от натурального хозяйства к интенсивному производству с использованием химикатов, механизации и новых сортов. Это привело к росту промышленной производительности, но также к ряду негативных последствий. Крупные агропромышленные корпорации вытеснили мелких фермеров, монокультуры стали доминировать над разнообразием культур, а потребление продуктов питания существенно изменилось.

Повышение производительности в сельском хозяйстве сопровождалось деградацией окружающей среды, загрязнением почв и водоемов, сокращением биоразнообразия и ростом числа пищевых заболеваний. Здоровье потребителей оказалось под угрозой из-за широкого использования химических веществ в сельском хозяйстве и преобладания в рационе продуктов с низкой пищевой ценностью. В результате модернизации традиционные формы сельского хозяйства, основанные на разнообразии культур и местной самообеспеченности, постепенно уступали место крупномасштабному производству, ориентированному на экспорт. Фермеры потеряли контроль над своими землями и семенами, а потребители стали все более отдаленными от источника своих продуктов питания.

По мнению Скриниса (2007), методы производства привели к множеству экологических проблем, включая деградацию земель и почв, загрязнение воды и почвы, а также сокращение разнообразия живот-

ного, растительного и дикого мира. Производство и потребление продуктов питания также связаны с несколькими проблемами и опасениями для здоровья. К ним относятся вспышки заболеваний, такие как птичий грипп и пищевые отравления; проблемы со здоровьем, связанные с рационом питания, богатым переработанными промышленными продуктами; недоедание и связанные с голодом заболевания; воздействие химических пестицидов на сельскохозяйственных рабочих; а также химические остатки и добавки в свежих и переработанных продуктах питания [1].

Традиционные, мелкомасштабные, разнообразные, ориентированные на местный рынок, натуральные и независимые формы земледелия все чаще вытесняются крупномасштабными, специализированными, монокультурными и контролируемые корпорациями операциями, производящими продукцию на экспорт [2].

Ключевые изменения, вызванные модернизацией в сельском хозяйстве:

- Переход от натурального хозяйства к промышленному.
- Использование химических веществ, механизации и новых сортов.
- Рост производительности, но и деградация окружающей среды.
- Преобладание крупных агропромышленных корпораций [3].
- Уменьшение разнообразия культур и доминирование монокультур.
- Изменение пищевых привычек и рост числа пищевых заболеваний.
- Потеря фермерами контроля над своими землями и семенами.

Между производителями и потребителями пищи образовалась глубокая пропасть, стирающая границы между ними и лишая людей понимания происхождения продуктов на их столе.

Потребители все больше отдаляются от истоков своих продуктов, утрачивая связь с процессами их производства. Модернизация сельского хозяйства, хотя и повысила производительность, привела к ряду негативных последствий, таких как деградация окружающей среды, усугубление социального неравенства и подрыв продовольственной безопасности.

Несмотря на то, что сельское хозяйство исторически играло ключевую роль в экономике Кыргызстана, занимая около 60% трудоспособного населения, его вклад в ВВП страны за последние два десятилетия снизился от 34 % в 2000 году и до 9% в 2024 году [4]. Причины

этого многообразны и включают в себя устаревшие технологии, деградацию почв, недостаток инвестиций. Более 65% общего населения проживает в сельских районах, большинство из которых заняты сельским хозяйством, что делает органическое земледелие устойчивой и доходной деятельностью.

Текущее состояние органического производства в Кыргызстане. Кыргызстан располагает уникальными природными условиями, которые создают благоприятную среду для органического производства. Также более 90% территории Кыргызстана занимают горы, которые классифицируются по зонам – высокогорные и предгорные, и обеспечивают идеальные условия для органического животноводства, поскольку в этих районах минимально используются химические удобрения и пестициды. Кыргызстан также обладает значительными запасами пресной воды, включая ледники, реки и озёра, что способствует производству экологически чистой продукции, особенно в отдалённых районах, где отсутствует промышленное загрязнение. Страна славится разнообразием флоры и фауны, включая редкие и эндемичные виды растений, которые могут быть использованы в качестве сырья для органического сельского хозяйства.

В долинах Чуйской, Таласской и Ферганской областей имеются плодородные почвы, которые при правильной обработке дают высокие урожаи без необходимости в интенсивном применении химических удобрений. Более того, разнообразие климатических зон (от умеренного до континентального) позволяет выращивать широкий спектр культур. Обилие солнечных дней в году способствует высокому качеству продукции. В сельских районах широко применяются методы органического земледелия, такие как севооборот, компостирование и использование естественных удобрений. Эти природные условия создают конкурентные преимущества для Кыргызстана на международном рынке органической продукции.

На сегодняшнее время органическое сельское хозяйство в Кыргызстане находится на стадии становления. По данным Министерства водных ресурсов, сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности КР, общая площадь земли органических аймаков составляет 66 076 га, из них площадь пашни – 2 556 га, а площадь пастибищ - 59 810 га, однако их общий вклад в сельскохозяйственное производство остаётся незначительным. Согласно данным FiBL и IFOAM (2024), в 2022 году площадь органической земли составляет 28 252 га, или 0,3% от общей пахотной земли. Количество произво-

дителей, занимающей органическим сельским хозяйством, составило 1 001 человек [5].

Основными продуктами органического производства являются:

- Молочные и мясные продукты: КРС – 20 034 голов, овцы – 24 910 голов, лошади – 2 950 голов;
- Фрукты, ягоды и овощи: абрикос, яблоки, черная смородина, картофель, томат, болгарский перец, чеснок, фасоль, сахарная свекла;
- Лекарственные травы;
- Зерновые культуры: ячмень, экспарцет, пшеница, кукуруза.

Экспорт органической продукции, особенно орехов и сухофруктов, составляет значительную часть доходов фермеров, занятых в этой отрасли.

Материалы и методы исследований. Анализ литературы по органическому производству в Кыргызстане и Центральной Азии. Органическое сельское хозяйство в Кыргызстане и Центральной Азии является относительно новой сферой исследования, однако за последние годы появилось несколько ключевых работ многих международных организаций. Организации, такие как FAO, UNDP и GIZ, регулярно публикуют исследования о состоянии органического сельского хозяйства в регионе и выявляются основные барьеры, такие как недостаток инфраструктуры и сертификационных механизмов.

Согласно исследованиям, проведённым местными и международными учёными, акцентируют внимание на таких аспектах, как:

- Потенциал экспорта органической продукции.
- Роль традиционных методов ведения хозяйства.
- Влияние органического производства на биоразнообразие и почвенное плодородие [6].

Среди авторов, изучающих данную тему в Кыргызстане, выделяются Сагыналиева М. (2018), Отунчиева А. (2019), Таранов И. и Кавабата Й. (2024), Их работы анализируют перспективы органического земледелия в контексте социально-экономического развития Кыргызстана. Также изданы работы, посвящённые развитию сельских территорий, где органическое производство рассматривается как ключевой элемент устойчивого развития сельских территорий. Например, монографии Баймурзаевой Г. (2018) и Исакова Т. (2020) посвящены вопросам устойчивого сельского хозяйства в горных регионах.

Обзор законодательства Кыргызстана в области органического производства. Законодательная база Кыргызстана играет важную роль в формировании условий для развития органического

сельского хозяйства. На сегодняшнее время регулируют основные акты и документы по данному направлению:

- Закон Кыргызской Республики «Об органическом сельском хозяйстве», принятый в 2019 году. Данный закон определяет правовые основы для производства, сертификации, маркировки и реализации органической продукции. Закон направлен на создание благоприятных условий для фермеров, занимающихся органическим земледелием, и поддержку экспорта экологически чистой продукции.

- В 2023 году были внесены изменения и дополнения в Закон «Об органическом сельском хозяйстве», а также приняты новые постановления, направленные на улучшение регулирования данного направления, а именно:

- Уточнены процедуры сертификации органической продукции, включая требования к органам сертификации и аккредитации.

- Введён чёткий механизм контроля за соблюдением стандартов органического производства, включая ответственность за нарушения.

- Установлены новые меры поддержки фермеров, включая налоговые льготы для производителей органической продукции.

- Утверждены обновлённые национальные стандарты органического сельского хозяйства, которые соответствуют международным требованиям, таким как IFOAM (Международная федерация движений за органическое сельское хозяйство).

- Введены отдельные стандарты для органического животноводства и пчеловодства, учитывающие специфику этих направлений.

- В 2023 году был разработан механизм предоставления субсидий для фермеров, переходящих на органическое производство. Эти субсидии включают компенсацию затрат на сертификацию и приобретение органических удобрений.

- Введены грантовые программы для малых хозяйств, направленные на развитие органического земледелия и улучшение инфраструктуры (например, строительство складов для хранения органической продукции).

Национальная стратегия развития Кыргызской Республики на 2018-2040 годы и Программа развития зеленой экономики в Кыргызской Республике на 2024-2028 годы по зеленой экономике включают развитие органического сельского хозяйства, как одного из приоритетных направлений. Также подчеркивается роль органического земледелия в сохранении экологии и повышении конкурентоспособности сельскохозяйственной продукции на международных рынках [7].

Результаты исследований и основные выводы. Несмотря на значительный потенциал, развитие органического производства сталкивается с рядом проблем:

- **Нормативная среда:** Отсутствие чётких национальных стандартов органического производства и поддержки со стороны государства затрудняет развитие отрасли.
- **Недостаток знаний, навыков и опыта:** Многие фермеры недостаточно осведомлены о методах органического земледелия и сертификации.
- **Инфраструктурные ограничения:** Недостаток перерабатывающих мощностей и логистических решений ограничивает экспортный потенциал.
- **Финансовые барьеры:** Высокие затраты на сертификацию и переход к органическому земледелию остаются значительным препятствием.

Однако основным вызовом остаётся слабое внедрение законодательства на практике, что требует совершенствования механизмов мониторинга и поддержки фермеров. Правительство Кыргызстана могло бы сыграть ключевую роль в стимулировании развития органического сельского хозяйства путем создания системы сертификации, поддержка научно-исследовательских работ, развитие кооперативов. Кроме того, важным направлением является продвижение органической продукции на международных рынках, особенно в страны Европейского Союза и Азии, где спрос на такую продукцию постоянно растет.

Принципы органического земледелия.

Органическое земледелие – это система земледелия, основанная на использовании естественных процессов, биологического разнообразия и циклов в природе. Оно исключает использование синтетических удобрений, пестицидов и генетически модифицированных организмов (ГМО).

Основные принципы органического земледелия:

1. Здоровье почвы:

- Сохранение и улучшение плодородия почвы путем использования органических удобрений (компост, навоз) и сидератов.
- Поддержание биологической активности почвы путем создания благоприятных условий для полезных микроорганизмов (Рисунки 1, 2)



Рисунок 1 - Использование микроорганизмов для улучшения почвы
Pochva-mikrobyi.png (958×718)

2. Круговорот веществ:

- Минимизация потерь питательных веществ за счет закрытых циклов питания.
- Использование растительных остатков и отходов для обогащения почвы.

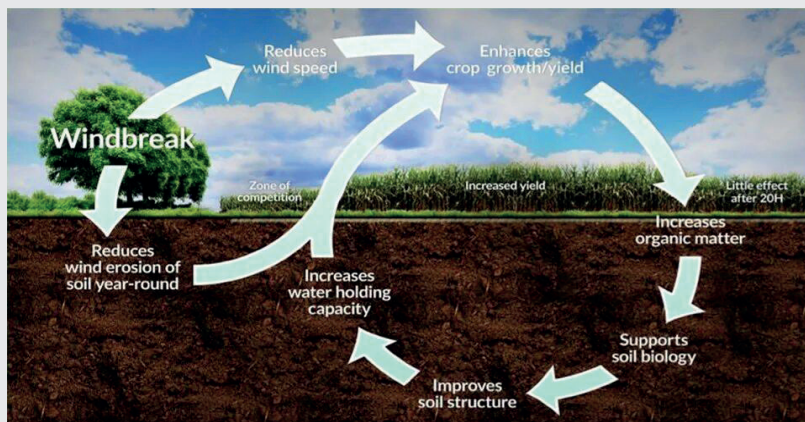


Рисунок 2 - Цикл питательных веществ в органическом земледелии.
soil-health-diagram.jpg (960×538)

Сегодня стандарты органического сельского хозяйства широко распространены по всему миру. Более 100 стран официально поддерживают такие стандарты, которые, как правило, основаны на принципах IFOAM. Эти стандарты охватывают все этапы производства, от выращивания до переработки, и устанавливают строгие требования к использованию синтетических веществ. Сертификация органической продукции проводится регулярно, чтобы гарантировать ее соответствие высоким стандартам качества и безопасности [8].

Вывод. Кыргызстан обладает благоприятными климатическими и почвенными условиями для органического земледелия. Высокогорные районы страны, наличие чистой воды и биоразнообразие создают конкурентные преимущества для развития органического сельского хозяйства. Однако использование этих ресурсов требует внимательного подхода для предотвращения деградации экосистем. Несмотря на ежегодный рост доли сертифицированных органических хозяйств, их вклад в общее сельскохозяйственное производство остаётся незначительным. Это связано с ограниченными возможностями экспорта, слабой поддержкой фермеров и недостаточной осведомлённостью потребителей. Законодательство Кыргызстана, включая Закон «Об органическом сельском хозяйстве», формирует важную основу для развития сектора. Тем не менее, реализация закона и связанных постановлений на практике сталкивается с рядом барьеров, таких как нехватка финансирования и отсутствие эффективного контроля. Органическое производство способствует сохранению почвенного плодородия, повышению доходов фермеров и улучшению качества сельскохозяйственной продукции. Однако переход к органическому земледелию требует значительных инвестиций и обучения фермеров.

Анализ существующей литературы показывает, что органическое производство в Кыргызстане и Центральной Азии имеет значительный потенциал для развития. Однако требуется дальнейшее изучение различных аспектов, включая экономику, экологию и социальные последствия. Совместные усилия учёных, государственных органов и международных организаций могут сыграть решающую роль в формировании устойчивого органического сектора в регионе [9].

На рассмотрение предлагаются следующие рекомендации:

- Разработка программ субсидирования и грантов для фермеров, переходящих на органическое производство.

- Создание центров сертификации и консультационных служб для поддержки сельскохозяйственных производителей.
- Развитие логистической и маркетинговой инфраструктуры для органических продуктов.
- Участие в региональных и международных инициативах по продвижению органической продукции на мировых рынках.
- Проведение тренингов для фермеров по методам органического земледелия и сертификации.
- Запуск информационных кампаний для повышения осведомлённости населения о преимуществах органической продукции.
- Изучение экономической и экологической эффективности органического производства.
- Анализ влияния органического сельского хозяйства на биоразнообразие, эрозию почв и изменение климата.
- Привлечение технической и финансовой помощи от международных организаций, таких как FAO, GIZ и UNDP.
- Внедрение передовых практик органического земледелия, основанных на опыте других стран региона.

Эти рекомендации позволят создать благоприятные условия для устойчивого развития органического сектора в Кыргызстане, что внесёт вклад в улучшение экологической и экономической ситуации в стране.

Список литературы

- 1 Ахметов Ж. Перспективы экспорта органической продукции в странах Центральной Азии // Вестник аграрной науки. — 2021. — №3(45). — С. 15–22.
- 2 Баймураева Г. Устойчивое сельское хозяйство в горных регионах: вызовы и перспективы. — Бишкек: Изд-во XYZ, 2018. — 200 с.
- 3 Исаков Т. Экологические аспекты сельского хозяйства в Центральной Азии. — Бишкек: Изд-во ABC, 2020. — 250 с.
- 4 Otunchieva A. Development of organic products in Kyrgyzstan. In: Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society Vol. 7 / No. 1 (2019-06-05), S. 47-49; ISSN 2197-411
- 5 Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO). Развитие органического сельского хозяйства в Центральной Азии. — Рим: FAO, 2022. — 180 с.
- 6 Сагыналиева М. Развитие органического сельского хозяйства в Кыргызской Республике: экономическая и экологическая устойчивость. Аналитиче-

ские заметки Академии ОБСЕ в Бишкек № 50, 2018. https://osce-academy.net/upload/file/PB50_RUS.pdf

7 Турдыбаев А. Роль органического сельского хозяйства в сохранении биоразнообразия // Экология и устойчивое развитие. — 2020. — Т. 8, №2. — С. 34–41.

8 Taranov I. and Kawabata Y. (2024) Organic agriculture in Kyrgyzstan: experiences with implementing participatory guarantee systems. *Front. Sustain. Food Syst.* 8:1453850. doi: 10.3389/fsufs.2024.1453850.

9 Willer, Helga Jan Trávníček and Bernhard Schlatter (Eds.) (2024): The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2024. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn.

References

1 Akhmetov ZH. Perspektivy ehksporta organicheskoy produktsii v stranakh TSentral'noj Azii // Vestnik agrarnoy nauki. — 2021. — №3(45). — S. 15–22.

2 Bajmurzaeva G. Ustojchivoe sel'skoe khozyajstvo v gornyx regionakh: vyzovy i perspektivy. — Bishkek: Izd-vo XYZ, 2018. — 200 s.

3 Isakov T. EHkologicheskie aspekty sel'skogo khozyajstva v TSentral'noj Azii. — Bishkek: Izd-vo ABC, 2020. — 250 s.

4 Otunchieva A. Development of organic products in Kyrgyzstan. In: Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society Vol. 7 / No. 1 (2019-06-05), S. 47-49; ISSN 2197-411

5 Prodovol'stvennaya i sel'skokhozyajstvennaya organizatsiya OON (FAO). Razvitie organicheskogo sel'skogo khozyajstva v TSentral'noj Azii. — Rim: FAO, 2022. — 180 s.

6 Sagynalieva M. Razvitie organicheskogo sel'skogo khozyajstva v Kyrgyzskoy Respublike: ehkonomicheskaya i ehkologicheskaya ustojchivost'. Analiticheskie zametki Akademii OBSE v Bishkek № 50, 2018. https://osce-academy.net/upload/file/PB50_RUS.pdf

7 Turdybaev A. Rol' organicheskogo sel'skogo khozyajstva v sokhranении bioraznoobraziya // EHkologiya i ustojchivoe razvitie. — 2020. — Т. 8, №2. — С. 34–41.

8 Taranov I. and Kawabata Y. (2024) Organic agriculture in Kyrgyzstan: experiences with implementing participatory guarantee systems. *Front. Sustain. Food Syst.* 8:1453850. doi: 10.3389/fsufs.2024.1453850.

9 Willer, Helga Jan Trávníček and Bernhard Schlatter (Eds.) (2024): The World of Organic Agriculture. Statistics and Emerging Trends 2024. Research Institute of Organic Agriculture FiBL, Frick, and IFOAM – Organics International, Bonn.

**Nabiyeva Zh.S.¹, Daribayeva G.T.¹, Mukhtarkhanova R.B.¹,
Baibekova A.U.¹, Toleukhanova N.S.¹, Zhanayeva A.B.¹**

¹Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan

TECHNOLOGIES FOR THE PRODUCTION OF APPETIZERS WITH FUNCTIONAL PROPERTIES (Review article)

Abstract: The analysis of scientific and industrial activities on the development and production of appetizers, fruit pastes, nut pastes, and honey pastes is carried out. There are mainly appetizers, fruit, nut, and honey pastes from other countries present on the market of Kazakhstan, however, there are no local equivalents. The issue of selecting raw materials and enriching appetizers with local plant raw materials and extracts from them is considered. A review of the literature showed that a lot of research has been conducted in the field of extract production, but most of these studies are aimed at the pharmaceutical and cosmetics industries. Within the framework of the project No. BR24993031, it is planned to select local plant raw materials rich in BAS and convey a search for the gentlest methods of extracting BAS to subsequently use them in the production of thick vegetable pastes.
Keywords: local plant raw materials, appetizer, fruit, nut, honey pastes.

Introduction. When developing new types of functional products based on honey, it is necessary to consider numerous factors and limitations. To address such challenges, it can be worth paying attention to literature reviews using a systematic research methodology.

Currently, the issue of sufficient protein consumption for human replacement is under particular scrutiny across the CIS and overseas. In addition to proper meal consumption as per regulatory standards, protein is one of the vital components consumed by humans. Proteins have structural, hormonal, and protective functions and act as catalysts within the human body. To address the issue of protein deficiency, an alternative to traditional sources such as meat and dairy products is the use of non-traditional sources based on fruits, nuts, oilseed crops, and honey, which help strengthen the body's functional status [1]. The study of the functional properties of processed oilseed products, particularly various types of nuts, indicates that they can be used to produce confectionery pastes, which are valuable protein-rich food products.

The most effective measure in this direction is the enrichment of mass-consumption products with micronutrients. Confectionery products represent a promising and accessible category of such products. It is known that confectionery products are polysaccharide-based and generally high in sucrose with low or almost absent principal functional adjuncts – fibers, vitamins, and micro- and macro-elements – which belong to the disadvantages of the group. Therefore, the abilities to fortify and develop brand-new confectionery products as staple are vast [2, 3].

The research works by the authors [4] presents the results of research on the parameters affecting the process of producing dessert paste based on cedar wood meal and plant raw materials (dried fruits and berries). The production of the dessert paste was carried out using innovative technologies based on microwave energy input.

The study [5] developed a recipe for peanut paste that is balanced in terms of protein, carbohydrate, and fat composition. The researchers calculated the product's energy and nutritional value. Their goal was to improve the manufacturing technology to ensure the paste contained the highest possible amount of natural ingredients essential for proper nutrition, such as sugar, unsaturated fats, and easily digestible protein.

Article [6] provided the recipe and manufacturing technology for vegetable sauces. The authors analyzed the properties of vegetable sauce-paste semi-finished products via sensory testing, physicochemical, microbiological, and structural-mechanical properties. They evaluated the impact of the blending ratio on the rheological properties of the resulting product and examined the quality of the resulting sauce semi-finished products, which possessed fortifying properties and health benefits.

This research works of authors' [7] explores the possibility of using lingonberry (*Vaccinium vitis-idaea*) and cranberry (*Oxycoccus*) press residues in the production of homogenized pastes and marinades with enhanced microbiological stability. As a result of the research, a method for producing semi-finished pastes from frozen lingonberries and cranberry juice was developed. New recipes for homogenized vegetable pastes and marinades incorporating these semi-finished products were formulated using the residues of frozen berries. Based on preliminary studies, the optimal concentration limits of the recipe components were determined. For each component ratio, yield and acidity indicators were analyzed.

According to GOST R 52349-2005, a functional food product is a product intended for frequent use as a component of the diet by the entire healthy population. It maintains and improves health and reduces the

risk of diseases due to the composition of physiologically functional food components. They consist of biologically active and/or physiologically beneficial components which are safe to health, have certain physicochemical characteristics, and whose nature has been determined and confirmed by science. Furthermore, standards of daily consumption in food of these substances have been established. They include some substances such as dietary fiber, vitamins, minerals, polyunsaturated fatty acids, oligosaccharides, bifidobacteria, antioxidants, and others, either alone or as components of biologically active additives [8].

Among the most urgent assignments at the moment are the complete substitution of granulated sugar and molasses in food product recipes and the enrichment of the products with functional ingredients. To achieve that, it is recommended to utilize a natural sweetener – pure honey – and the products of fruit, nut, and oil-bearing crops.

It is known that honey is a valuable food product. Honey contains a complex of enzymes, phytoncides, vitamins, inverted sugars, and microelements [9].

In recent years, paste-like products of original compositions based on natural honey and honey products have been developed, but the issues of scientific substantiation of the recipes and technologies for their production have not yet been fully resolved.

The combination of honey with nuts and/or dried fruits allows for the creation of honey-based products with high biological value and unique organoleptic properties, which is highly desirable from both a consumer and marketing perspective. Expanding the production of such products requires the development and implementation of new technologies to ensure consistent product quality [10].

The production of functional food products is a relevant challenge for specialists in the domestic food industry. Currently, food production technologies are evolving under the growing influence of healthy nutrition principles. From a modern perspective, honey is classified as a health-promoting food, as it can be regularly consumed as part of the diet by all age groups of the healthy population. Its consumption helps reduce the risk of nutrition-related diseases, maintain, and improve overall health due to the presence of physiologically functional food ingredients [11].

The authors [12, 13, 14] have demonstrated the feasibility of preserving the properties of organic raw materials at all stages of the production process for health-promoting food products. They analyzed consumer demand for balanced plant-based foods in daily diets, allowing for a

generalized understanding of human dietary preferences. However, there are still questions about how to develop systematic approaches to measure the efficacy of raw material blending – formulated not just to increase nutritional value but also to streamline the manufacturing process.

Researchers from the United States have developed confectionery compositions in the form of macadamia nut paste, which includes defatted ground macadamia nut flour, cane sugar, honey, water, macadamia nut butter, vanilla, salt, and potassium sorbate (a preservative) [15].

A peanut paste made from nuts roasted to both darker and lighter degrees has also been developed by scientists from the United States. These nut-based spreads have relatively low viscosity while maintaining an intense nutty flavor [16].

Researchers from Switzerland have created a confectionery composition that includes a fruit and/or nut blend with a binding agent, a second layer containing ganache, and a third layer featuring a chocolate composition. This formulation offers a refined taste while maintaining a nutritional profile similar to snack bars associated with a healthy lifestyle [17].

There are known methods for obtaining a paste-like product with the addition of honey and nuts [18], homogenized vegetable pastes with the addition of medicinal plants – the rhizome of the umbrella russula, lingonberry extract, or cranberry extract [19, 20], with the addition of oilseeds - sesame [21], which differ in technology and the composition of functional components.

According to the research plan, a patent search related to this product was conducted across various countries, including China, Korea, Kazakhstan, Russia, Romania, USA, Japan, EPO with a depth of more than 10 years. In the subject of “Development of technology for producing healthy daily-consumption food products enriched with natural antioxidants and biologically active substances”, a considerable amount of patents were discovered in China and Kazakhstan. The patents are predominantly aimed at developing extraction technologies for medicinal plants for use in the pharmaceutical and cosmetic industries. The highest concentration of patents in terms of extract production was discovered in China and Russia. A patent literature search revealed 38 protection documents on this subject. 14 of them were revealed in China, 9 in the Russian Federation, 4 in the Republic of Kazakhstan, 3 in the USA and Korea, 2 in Japan and the European Union, and 1 in Romania.

An overview of the scientific and industrial activities associated with

the production and preparation of appetizers, fruit, nut, and honey pastes revealed that there has been a considerable amount of research in the field of extract production. Most of the studies, however, are predominantly focused on the pharmaceutical and cosmetic fields [22]. There is very little research into their use in the food industry.

An appetizer or paste is a small dish or snack that serves as a stimulating food, enhancing the body's intake of minerals and vitamins. A wide variety of nutritious ingredients are used to prepare appetizers, which are combined based on composition, flavor characteristics, presentation methods, design, and color combinations [23].

From the preliminary analysis of the market of appetizers, fruit, nut, and honey pastes, it is clear that the market of Kazakhstan is mainly replenished with these products due to expensive foreign manufacturers. The implementation of the project will allow the introduction of scientific research into production, which will lead to the replacement of imports. Currently, the market of Kazakhstan is mainly represented by appetizers, fruit, nut, and honey pastes from other countries, such as Russia, Turkey, China, the USA, and Germany, there are no local equivalents. However, due to high logistics costs, these products are becoming expensive and inaccessible to small and medium-sized enterprises, for private use. Also, the analysis of patent information search showed that the developed technologies for obtaining appetizers, fruit, nut, and honey pastes for the food industry are not used.

As part of project No. BR24993031, "Development of technology for preparing healthy food products for the daily diet, enriched with natural antioxidants and biologically active substances", the following activities are planned: selection of local plant raw materials rich in biologically active compounds, grown in the southern region of the country, as well as vegetable components with a high pectin content [24, 25]; search for the most gentle extraction methods for biologically active substances to be used in the production of thick plant-based pastes.

Conclusion. The development of new types of food products and the enrichment of existing ones is one of the most important tasks facing the food industry. Changes in lifestyle and a declining standard of living, associated with lower energy and food consumption, insufficient intake of vitamins and minerals, and the separate consumption of food and biologically active substances, have led to the development of functional food products. It is necessary to improve and expand the range of functional food products, such as appetizers made from fruit, nut, and honey pastes,

while also optimizing the use of scarce raw materials and reducing sugar content, which in turn lowers the energy value of food products. The solution to this problem is the use of local and non-traditional types of plant materials.

References

- 1 I.V. Bobreneva. Funktsional'nyye produkty pitaniya. Uchebnoye posobiye. Sankt-Peterburg, 2012. -180 s.
- 2 Morales P., Barros L., Ramírez-Moreno E., Santos-Buelga C., Ferreira I. Xoconostle fruit (*Opuntia matudae* Scheinvar cv. Rosa) by-products as potential functional ingredients // Food Chemistry. - 2015. - P.289-297.
- 3 Prathamesh Bharat Helkar, AK Sahoo and NJ Patil*. Review: Food Industry By-Products used as a Functional Food Ingredients// International Journal of Waste Resources. - 2016. -Vol. 6, -I. 3. – P. 13-14. DOI: 10.4172/2252-5211.1000248.
- 4 Khanturgayev A.G., Kotova T.I., Kharayev G.I., Khanturgayeva V.A. Izucheniye protsessa polucheniya desertnoy pasty v elektromagnitnom pole sverkhvysokikh chastot// VESTNIK Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologiy i upravleniya. - 2018. - № 1 (68). – S. 5-11.
- 5 Moyseyak M.B., Vasil'yeva K.V., Kirillov D.D., Nagiyeva K.I., Kirillov D.D. Razrabotka retseptury arakhisovoy pasty, sbalansirovannoy po belkovouglevodnozhirovomu sostavu// Nauchnyye issledovaniya. - 2017. - №8, - S. 35-38.
- 6 Dadamirzayev M.KH., Akhrarov U.B. Retseptura i tekhnologiya proizvodstva ovoshchnykh past novogo napravleniya. Universum: tekhnicheskiye nauki: elektron. nauchn. zhurn. - 2022. - №4(97). - S. 21-27. DOI - 10.32743/UniTech.2022.97.4.13514
- 7 Kolman, O Ja., Ivanova G.V., Yamskikh T.N., Nikulina E.O., Ivanova A.N. Modeling new vegetable paste and marinade recipes for food processing companies // Siberian Federal University // IOP Conference Series. Earth and Environmental Science; Bristol. -2020. -Vol. 421, -I. 2. – P. 3-9. DOI:10.1088/1755-1315/421/2/022060
- 8 GOST R 52349-2005. Produkty pishchevyye. Produkty pishchevyye funktsional'nyye. Terminy i opredeleniya [Tekst]. - Vved. 2006-07-01. - M.: Izd-vo standartov, 2006. - 3 s.
- 9 Danil'chuk, YU.V. Otsenka kachestva meda na osnove monitoringa yego fiziko-khimicheskikh svoystv // Sakhar. - 2012. - № 9. - S. 37-40.
- 10 Shakerardekani A., Behmaram Kh., Bostan A., Dini A. The role of honey in improving rheological properties of nut butters, spreads, and pastes: A review study // Pistachio and Health Journal. - 2019; - Vol. 2 (4), - P. 27-42.
- 11 Hossen M.S, Ali M.Y, Jahurul M., AbdelDaim M.M., Gan S.H., Khalil M.I. Beneficial roles of honey polyphenols against some human degenerative diseases: A review // Pharmacological Reports. – 2017, - Vol. 69(6). - P. 1194-1205. <https://doi.org/10.1016/j.pharep.2017.07.002>
- 12 Zagorulko A., Zahorulko A., Kasabova K., Chuiko L., Yakovets L., Pugach A., Barabolia O., Lavruk V. Improving the production technology of functional

paste-like fruit-and-berry semi-finished products // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2022. - Vol. 4 (11 (118)), -P. 43–52. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.262924>

13 König L.M., Renner B. Boosting healthy food choices by meal colour variety: results from two experiments and a just-in-time Ecological Momentary Intervention // BMC Public Health 19. – 2019. - № 975. doi: <https://doi.org/10.1186/s12889-019-7306-z>

14 Ruiz Rodríguez L.G., Zamora Gasga V.M., Pescuma M., Van Nieuwenhove C., Mozzi F., Sanchez Burgos J.A. Fruits and fruit by-products as sources of bioactive compounds. Benefits and trends of lactic acid fermentation in the development of novel fruit-based functional beverages // Food Research International. – 2021. -Vol. 140, 109854. doi: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109854>

15 Patent SSHA № WO/2020/243263 Confectionary compositions, MPK A21D 2/36, A21D 13/00, A23L 25/00, A21D 13/04, A21D 13/24, A21D 2/165, A21D 2/181, A21D 2/364, A23G 3/34, opubl.03.12.2020.

16 Patent SSHA № CA2362765A1 Peanut spread comprising a darker roasted and a lighte roasted nut composition, MPK A23L25/00; A23L25/10, A23L1/36; A23L1/38; A23L3/00; B67D1/00, opubl.08.09.2000).

17 Patent №AU2020281854A1, Confectionery composition, MPK A23G1/40; A23G1/46; A23G1/48; A23G1/54; A23G3/34; A23G3/36; A23G3/42; A23G3/44; A23G3/46; A23G3/48; A23G3/54; A23L33/20; A23L7/122; A23P10/20, opubl.20.01.2022.

18 Pat. 0002761583 RF. Sposob proizvodstva pastoobraznogo produkta s dobavleniyem meda i orekhov/ Mishin M.A., opubl.10.12.2021.

19 Pat. 0002480029 RF. Gomogenizirovannaya svekol'naya pasta / Tsuglenok N.V., Ivanova G.V., Kol'man O.YA.; opubl. 27.04.2013.

20 Pat. 2014150091/13RF. Vitaminizirovannaya pasta / Ryl'skaya L.A., Tarasenko N.A.; opubl. 10.04.2016.

21 Pat. 24330. Pishchevaya pasta "Kunzhutnaya" /Romanovskaya I.B., opubl. 25.06.2011.

22 Thakur N.S., Thakur A. and Joshi V.K. Development of appetizer from box myrtle (*Myrica nagi*) and its quality evaluation during storage. International Journal of Food and Fermentation Technology, - 2016. - Vol. 6(1). – P.151-161.

23 Kasabova K., Samokhvalova O., Zagorul'ko A., Babayev S., Bereza O. i dr. Sovershenstvovaniye tekhnologii proizvodstva rakhat-lukuma s ispol'zovaniyem razrabotannoy mnogokomponentnoy fruktovo-ovoshchnoy pasty // Vostochno-Yevropeyskiy zhurnal peredovykh tekhnologiy. -2022. -Vol. 6 (11 (120)), - P. 51–59. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269393>.

24 Sovershenstvovaniye tekhnologii fruktovo-yagodnykh konditerskikh izdeliy funktsional'nogo naznacheniya: monografiya / Pronina YU.G., Belozertseva O.D., Nabiyeva ZH.S., Bazykhanova E.CH. – Almaty: TOO «Deluxe printery», 2023. – 401 s.

25 Pektiny: osnovnyye svoystva, tekhnologii, primeneniye. Kizatova M.ZH., Iskakova G.K., Azimova S.T., Nabiyeva Zh.S., Ustenova G.O., Kozhanova K.K. Monografiya. Almaty: «Miras», 2020. - 265 c., ISBN 978-601-278-925-6.

Набиева Ж.С.¹, Дарибаева Г.Т.¹, Мухтарханова Р.Б.¹, Байбекова Ә.У.¹,
Толуханова Н.С.¹, Жанаева А.Б.¹

¹Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан

ФУНКЦИОНАЛДЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ БАР АППЕТАЙЗЕРЛЕРДІ ӨНДІРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ (Шолу мақала)

Түйіндеме. Аппетайзерлерді, жеміс, жаңғақ және бал пасталарын әзірлеу және өндіру бойынша ғылыми және өндірістік қызметке талдау жасалды. Қазақстан нарығында негізінен басқа елдерден алып келінген аппетайзерлер, жеміс-жидек, жаңғақ және бал пасталары бар, жергілікті аналогтары жоқ. Шикізатты іріктеу және аппетайзерлерді жергілікті өсімдік шикізатымен және олардан алынған сығындылармен байыту мәселесі қаралды. Әдебиеттерге шолу сығындыларды алу бойынша көптеген зерттеулер жүргізілгенін көрсетті, бірақ бұл зерттеулердің көпшілігі фармацевтика және косметика салаларына бағытталған. № BR 24993031 жобасы аясында: БАЗ-ға бай жергілікті өсімдік шикізатын іріктеу және оларды қою өсімдік пасталарын өндіруде қолдану үшін БАЗ-ды экстракциялаудың неғұрлым жұмсақ әдістерін іздеу жоспарлануда.

Түйінді сөздер: жергілікті өсімдік шикізаттары, аппетайзер, жеміс, жаңғақ, бал қосылған пасталар.

...

Набиева Ж.С.¹, Дарибаева Г.Т.¹, Мухтарханова Р.Б.¹, Байбекова А.У.¹,
Толуханова Н.С.¹, Жанаева А.Б.¹

¹Алматинский технологический университет, г. Алматы, Казахстан

ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА АППЕТАЙЗЕРОВ С ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СВОЙСТВАМИ (Обзорная статья)

Аннотация. Произведен анализ научной и производственной деятельности по разработке и производству аппетайзеров, фруктовых, ореховых и медовых паст. На рынке Казахстана в основном присутствуют аппетайзеры, фруктовые, ореховые и медовые пасты из других стран, отсутствуют местные аналоги. Рассмотрен вопрос отбора сырья и обогащения аппетайзеров местным растительным сырьем и экстрактами из них. Обзор литературы показал, что проведено очень много исследований в области получения экстрактов, однако большинство данных исследований направлено на фарминдустрию и косметическую промышленность. В рамках проекта № BR24993031 планируется: отбор местного растительного сырья богатых БАВ и поиск наиболее щадящих методов экстрагирования БАВ для их применения в производстве густых растительных паст.

Ключевые слова: местное растительное сырье, аппетайзеры, фрукты, орехи, медовые пасты.

Information about the authors

Nabiyeva Zhanar Serikbolovna – PhD, Associate Professor, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, atu_nabiyeva@mail.ru

Daribayeva Gulnur Tleukhanovna – PhD, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, daribaeva.80@mail.ru

Mukhtarkhanova Rauan Buribaevna – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, rauan_78@mail.ru

Baibekova Aigerim Uakitovna – Master of Sciences, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, aiko_1995kz@mail.ru

Toleukhanova Nazym Sarsenovna – Master of Sciences, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, nazym_toleykhanova@mail.ru

Zhanayeva Altynay Baktykerekysyzy – Master of Sciences, Almaty Technological University, Almaty c., Kazakhstan, ann_ajki@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Набиева Жанар Серікболқызы – PhD, қауымдастырылған профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, atu_nabiyeva@mail.ru

Дарибаева Гүлнұр Тлеуханқызы – PhD, daribaeva.80@mail.ru

Мұхтарханова Рауан Бұрибайқызы – техника ғылымының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, rauan_78@mail.ru

Байбекова Айгерім Уakitқызы – магистр, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, aiko_1995kz@mail.ru

Толуханова Назым Сарсенқызы – магистр, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, nazym_toleykhanova@mail.ru

Жанаева Алтынай Бактыкерейқызы – магистр, Алматы технологиялық университеті, Алматы қ., Қазақстан, ann_ajki@mail.ru

Сведения об авторах

Набиева Жанар Серикболовна – PhD, ассоциированный профессор, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Қазақстан, atu_nabiyeva@mail.ru

Дарибаева Гүлнұр Тлеухановна – PhD, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Қазақстан, daribaeva.80@mail.ru

Мұхтарханова Рауан Бұрибаевна – кандидат технических наук, ассоциированный профессор, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Қазақстан, rauan_78@mail.ru

Байбекова Айгерім Уакитовна – магистр, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Қазақстан, aiko_1995kz@mail.ru

Толуханова Назым Сарсеновна – магистр, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Қазақстан, nazym_toleykhanova@mail.ru

Жанаева Алтынай Бактыкерейқызы – магистр, Алматинский технологический университет, г. Алматы, Қазақстан, ann_ajki@mail.ru

Chigambayeva N.N.¹, Nurmukan A.Y.¹

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty c., Kazakhstan

OPTICAL STUDIES OF H₂O+CO₂ THIN FILMS

Abstract. The choice of this type of hydrate as a study was the actual problems of cleaning the air layer of the planet from carbon. A series of experiments was carried out to record changes in vibrational spectra in a thin film of a cryocondensed mixture of water and carbon dioxide at various concentrations. The purpose of this study was to determine the presence of carbon dioxide hydrates under conditions of high vacuum and low temperature condensation from the gas phase. The interpretation of changes in the vibrational spectra depending on the sample annealing temperature and carbon dioxide concentration is given for the frequency range 2210-2260, 2270-2290, 2310-2380, 2800-3700, 3590-3610.3580-3720.3685-3720 cm⁻¹. When comparing the adsorption peaks of a 15% mixture of carbon dioxide with water at a condensation temperature of 15 K and further annealing of the sample.

Keywords: decarbonization, carbon emission, cryocondensates, optical properties, water, carbon monoxide.

Introduction. All over the world, environmental problems are driven by climate change, especially with increasing greenhouse gas emissions. The growth of greenhouse gas concentrations in the atmosphere has become a serious environmental problem, as evidenced by the Kyoto Protocol. In addition to contributing to global warming by absorbing infrared radiation, carbon dioxide CO₂, methane CH₄, and nitrous oxide N₂O were declared the most harmful substances.

There are two ways to reduce the level of carbon dioxide in the atmosphere. The first is associated with the reduction of carbon dioxide emissions into the atmosphere, and the second is with the utilization of carbon dioxide that has already entered the atmosphere.

The first path has difficulties associated with the fact that it is difficult for mankind to abandon the existing energy consumption in favor of environmentally friendly methods of obtaining it. For example, even though

there is an increase in the development of alternative energy sources, this quantitatively does not affect the reduction of CO₂ emissions into the atmosphere.

A recent study by scientists at the University of California, Berkeley [1] confirms that the US could get 90 percent of its electricity from zero-carbon sources by 2035. The detailed network modeling underlying the study shows that electricity demand is reliably met every hour until 2035 under various weather scenarios. Moreover, ever-cheaper wind and solar panels make it possible to achieve 90% net electricity, while the reduction in wholesale electricity trade costs 10 percent of today's level.

An analysis by the University of California, Berkeley and the Energy Innovation team shows that America can achieve a zero-carbon electricity system without significantly raising wholesale electricity rates from today's levels through a combination of technologies that have not yet been commercialized but are currently in the pipeline project:

- Use of hydrogen produced in gas turbines upgraded to burn pure hydrogen
- Use of hydrogen produced by green electricity in fuel cells
- Combustion of synthetic methane or biogas in existing gas installations
- Capture and sequestration of CO₂ from existing gas installations
- Direct capture of CO₂ in air from ambient air

Stages of CCUS

1. Determining the source of CO₂
2. Capture and release of CO₂
3. Cleaning and shrinking
4. Transportation
5. Storage
6. Usage

First you need to identify the source of carbon: Mobile, point (industrial emissions), atmosphere.

Many systems also exist for carbon capture: conventional, direct air capture and natural carbon sinks.

Storage is carried out by injection back into earth formations, where voids are formed because of mining, as well as on the ocean floor, use is possible in the production of concrete and synthetic fuels, as well as in the chemical industry.

There is also the idea of storing carbon in solid hydrates on the ocean floor. Thus, CO₂ can stay in the hydrate "capsule" for a long time at low

temperatures and high pressure. Now, methane extraction is actively carried out from the ocean floor from methane hydrate clathrates. Carbon dioxide can also exist in the hydrate shell, which can be a promising replacement for methane clathrate hydrates by CO₂ hydrates in the places where methane clathrates are mined.

Methane hydrates (clathrates) are non-stoichiometric inclusion compounds where small, usually polar (guest) molecules are trapped within a host framework of hydrogen-bonded, ice-like structures. These compounds can remain stable in solid form under high pressure and low temperature conditions. Methane hydrates found in marine sediments are considered a potential alternative energy source. There are two main crystallographic forms of gas hydrates: cubic structure I and II. [2]. The main difference between these two types is the cell occupancy ratio. The ratio of large and small cells in structure-I (sl) is 3:1, while in structure-II (sll) it is 1:2. It is known that guest molecules such as methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂), most abundant in natural gas hydrates, do not form sll hydrates under low temperature and high-pressure conditions. It is generally accepted that these guest molecules form sl in natural gas hydrates and in synthetic hydrates grown under similar geological conditions. It is well known that Raman spectroscopy has clear gas hydrate signatures. Raman spectroscopy and infrared (IR) spectroscopy are additional tools. The use of IR in the case of gas hydrates (IR) is difficult due to the stronger regimes of the nearby water. But for CO₂, IR spectroscopy provides vital information because the spectra of CO₂ and H₂O are well separated. Spectroscopic examination of CO₂ containing clathrates is difficult because Raman spectroscopy cannot distinguish between cell populations. NMR spectroscopy also has some complications since isotropic chemical shifts do not change for different CO₂ cell populations. But it is known that molecules in various phases related to hydrates give unique infrared vibration frequencies, but so far only thin cryogenic films obtained at low pressure have been studied using IR transmission spectroscopy.

Based on the analysis of IR spectra and knowledge of the composition of the hydrated gas from gas chromatography data, quantitative estimates of the hydration number are given.

Some spectroscopic studies of Raman scattering on synthetic methane hydrates in the pressure range of 3.0-9.0 MPa and temperatures from -15 to 15°C showed the presence of sll, [3] observed the transitional formation of sll CO₂ hydrates during the growth of pure CO₂ hydrates. [4]

and [5] reported sll CO₂ hydrates on tetrahydrofuran (THF) hydrate in a cryogenic state, as well as sl CO₂ hydrates on ethylene oxide.

Thus, this work is devoted to an experimental study of the formation and properties of thin films of cryovacuum condensates of water molecules with CO₂, as well as relaxation processes and thermally stimulated structural-phase transformations in samples condensed at low temperatures. The objects of the study are films of water and CO₂. Such studies are aimed at establishing the relationship between condensation conditions (substrate temperature and gas phase pressure) and the properties of the amorphous films formed, such as growth rate, refractive indices and polarizability. In addition, one of the important tasks is to determine the temperature intervals for the existence of various structural states of the samples, as well as to determine the desorption temperature and the degree of kinetic stability (relaxation times) of the films formed.

Since the main studies use methane clathrates as an object, hydrates with CO₂ are little studied [6–8], moreover, in our work, IR studies are carried out at low pressures to obtain samples, which has no analogues now. Basically, such works use Raman spectroscopy [9].

“CCUS should be a key element in the transition to carbon-free energy. It is the only technology group that contributes both to direct emission reductions in critical sectors of the economy and to CO₂ removal to balance unavoidable emissions”. Samantha McCulloch, Head of Technology, CCUS, International Energy Agency

Experimental Technique:

An integrated approach involving multiple experimental methods is employed to address the research objectives:

- Two-beam laser interferometry is utilized to measure the growth rate, thickness, and refractive index of the cryocondensed film.
- Infrared (IR) spectrometry is applied to obtain IR reflection spectra of the films and to analyze the state of cryovacuum condensate samples by evaluating absorption amplitudes and the positions of bands corresponding to characteristic vibrations of the studied molecules in their free state.
- Thermal desorption is used as an alternative method to determine the temperatures at which structural-phase transformations occur.
- Residual gas analysis is performed using quadrupole mass spectrometry.

To achieve the research goals, cryovacuum condensation of samples from the gas phase onto a substrate cooled to low temperatures is employed. This technique is well-known as an effective method for producing

cryofilms in various, and critically, well-controlled structural-phase states [4]. In Western literature, it is referred to as the physical vapor deposition (PVD [5]) method and is widely used to investigate material properties at low and ultra-low temperatures, including density [6], polarizability [7], and optical characteristics [8], [9]. Additionally, it is applied in a broad range of astrophysical and astrochemical studies [10], [12].

Installing a gas analyzer and completing the substrate with an adjustable heater based on a vacuum spectrophotometer helped to quantitatively determine the concentration of components in the film. Research on the analysis of greenhouse gases by various methods is a hot topic at this time, as evidenced by recent publications in high-ranking journals [13], [14].

The values of the growth rate and refractive indices of condensates for various concentrations of CO₂ and H₂O at a constant temperature $T=11$ K are obtained. Figure 4 shows the experimental data obtained for cryocondensates of a mixture of water and carbon dioxide.

Measurements of the dependence of the refractive index on the deposition temperature were carried out using the experimental setup shown in Figure 1. The experiments were carried out in the temperature range from 11 to 310 K, including structural transformations of the studied materials. All experiments were conducted at a constant deposition pressure of $P = 5 \times 10^5$ Torr, with several additional experiments conducted to optimize the pressure. The sample thickness was kept constant for each condensation temperature. A laser with a wavelength of (406 ± 0.5) nm was used, and the refractive index was measured using a two-beam laser interferometer. Each data point in Figure 2 represents the average of two or three measurements. The total error of measuring the refractive index was estimated to be no more than 1.5%.

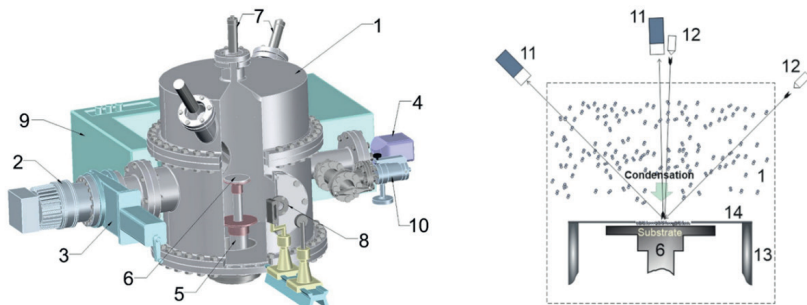


Figure 1 - Experimental setup for cryovacuum condensation: (1) vacuum chamber, (2) Turbo-V-301 vacuum pump, (3) CFF-100 vacuum shut-off valve, (4) FRG-700 pressure sensor, (5) Gifford- McMahon, (6) substrate, (7) photomultiplier and laser interferometer, (8) light source and optical channel, (9) IR spectrometer and (10) power system, (11) photomultiplier, (12) laser, (13) metal cylinder and (14) screen.

Results and discussion. The experimental dependence of the deposition rate on temperature using the example of water and carbon dioxide films is presented in Figure 2. Several experiments were conducted with different deposition temperatures, which is why a linear increase in the deposition rate is observed with a decrease in the condensation temperature at constant pressure $P = 5 \cdot 10^{-4}$ Torr. Thus, the optimal deposition temperature for the given conditions was found experimentally.

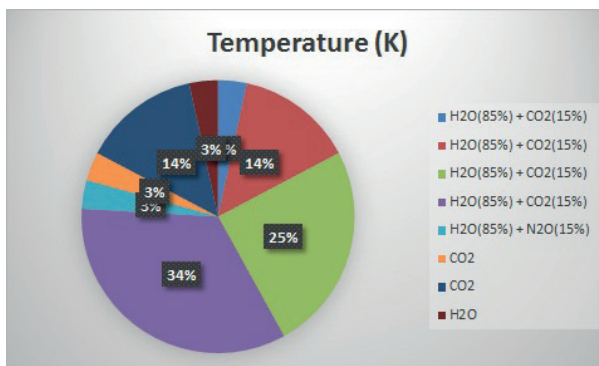


Figure 2 - Film deposition rates versus temperature

The results shown in the Figure 2 and Figure 3 demonstrates that at a temperature of 110 K, only water condenses onto the substrate. This confirmation was also revealed in the IR spectra. Therefore, the refractive index from Figure 2 and Figure 3 does not correspond to the given concentration and represents the value for pure water at this temperature. This is evidenced by the IR spectra of the deposited films, as well as the thermogram of this film, which does not show any signs of CO₂ in the film. During condensation, the evacuation pump from the chamber is blocked. After condensation is completed, it opens.

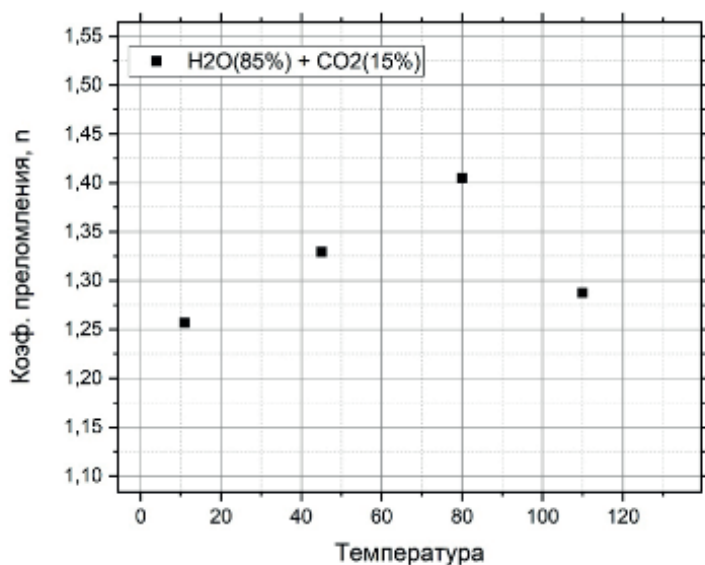


Figure 3 - Dependence of the refractive index of a thin film of cryocondensate of water and carbon dioxide at different temperatures.

As shown in Figure 2 and Figure 3, a gradual increase in the refractive index is observed within the temperature range of 16–80 K. In this range, the sample exhibits an amorphous structure with a high degree of porosity, which contributes to the observed increase in the refractive index.

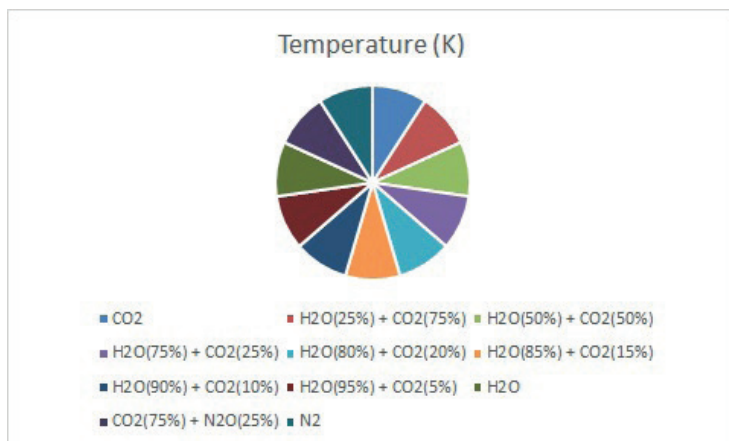


Figure 4 - The refractive index of the film on the concentration of the mixture.

The effect of the deposition temperature on the refractive index of nitrous oxide is shown in Figure 5. As previously reported [9], [15], at $T = 40$ K, this material undergoes a transition from a crystalline cubic face-centered phase ($T > 40$ K) to a partially orientationally disordered Pa3 phase ($T < 40$ K). This makes it particularly interesting to study how this transition affects the refractive index of nitrous oxide. As shown in the diagram, the refractive index gradually increases with increasing temperature, from $n = 1.254$ at 16 K to $n = 1.310$ at 40 K. Around 45 K, there is a sharp increase in the refractive index from $n = 1.315$ at $T = 45$ K to $n = 1.410$ at $T = 52$ K. A further increase in the deposition temperature from 50 to 70 K leads to a further gradual increase.

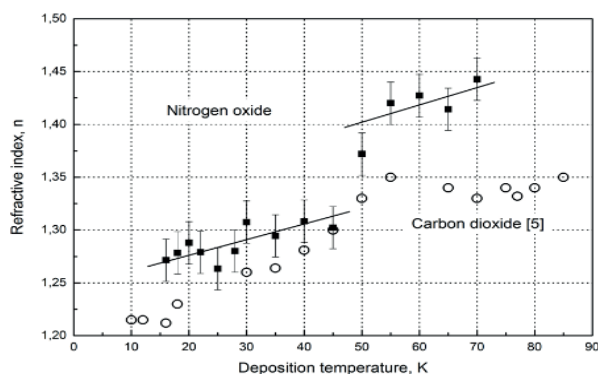


Figure 5 - Effect of deposition temperature on the refractive indices of nitrous oxide. For comparison, data for carbon dioxide are given [16].

For comparison, Figure 5 also shows the values of the refractive index of carbon dioxide, measured experimentally using a similar technique [16]. In this case, a monotonous increase is observed in the range from 10 to 55 K, after which the values reach a plateau at higher temperatures.

The fact is that CO_2 hydrate forms have been known for many years [17]. Recently, CO_2 hydrate has been considered as a means of capturing and sequestering CO_2 . The CO_2 hydrate forms a type I (Pm3n) cubic structure. Its unit cell contains 46 water molecules within two dodecahedral (5_{12}) and six tetrahedral cells ($5_{12}6_2$). If all cells are occupied individually, the hydrate composition of CO_2 is $5.75 \text{ H}_2\text{O}$. In several spectroscopic and diffraction studies, the composition of the hydrate was considered, and it was decided that CO_2 molecules occupy almost all the large cells in the I (sl) structure, as well as some of the small cells, which gives a hydration number between 5.75 and 7.66. Spectroscopic measurements useful for distinguishing cell populations should preferably show resolved guest signatures in the large ($5_{12}6_2$) and small (5_{12}) cell hydrate lattice. Unfortunately, Raman spectroscopic measurements are not able to distinguish between large and small populations of cells in CO_2 hydrate [17], [18], [19].

Infrared spectroscopy (IR) detects vibrations characteristic of certain chemical bonds or functional groups in a molecule. When infrared light interacts with matter, the molecular vibrations that give rise to changes in the molecular dipole moment tend to absorb infrared radiation in a certain

range of frequencies depending on bond lengths and angles and may be independent of the structure of the rest of the molecule. Berti and Devlin [20] prepared ethylene oxide hydrate using a cryogenic thin film vapor deposition method and established this approach as a viable option for studying clathrate hydrates by obtaining transmission FTIR spectra. Later, Fleifel and Devlin used the same method to prepare CO_2 hydrate and identify two separate peaks for CO_2 in large and small cells in sl and structure II (sII). They concluded that infrared patterns for guest molecules are usually significantly different from those temperatures often cause pronounced shifting, narrowing, and amplification of peak intensity by limiting internal rotational motions. However, they reported that it was difficult to grow thin films of simple clathrate hydrates of small non-polar polyatomic molecules such as carbon dioxide, and it was only possible to form mixed hydrates in the presence of a small amount of polar auxiliary gas such as ethylene oxide.

To assess the feasibility of the ATR-FTIR method and the sensitivity of the CO_2 spectrum to the environment, the infrared spectrum of CO_2 in the region of antisymmetric stretching was recorded for CO_2 in different phases.

Figure 6 shows that the frequency of CO_2 oscillations in different phases varies significantly, as does the bandwidth.

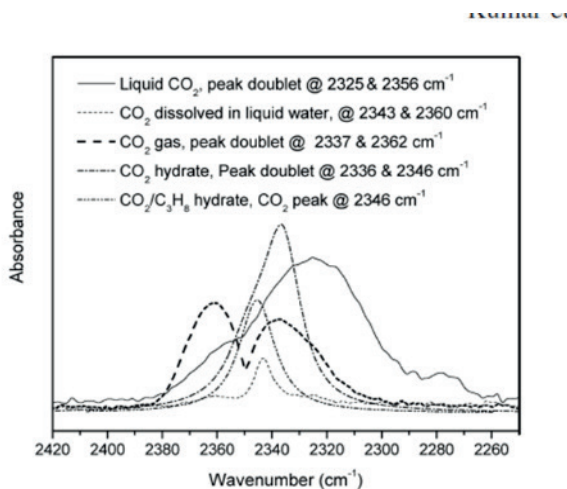


Figure 6 - ATR-IR spectra of CO_2 showing unique peaks under different conditions.

No solid CO_2 was observed as the assay temperature did not drop below -50°C . Because spectra for CO_2 in different phases give unique peak positions, infrared spectra recorded by the ATR method can be usefully used to characterize CO_2 hydrate.

The formation of carbon dioxide clathrate hydrate is verified and identified using the vibrational mode ν_3 . The position of the absorption bands observed in our experiments at 2280 and 2283 cm^{-1} closely corresponds to the IR spectrum of type I 13CO_2 clathrate, which corresponds to molecules trapped in small and large structures, respectively. Fluctuations of the primary isotopomer in the region of 2341 cm^{-1} are also shown in our spectra. The very weak arm visible in the 2235 cm^{-1} region in Figure 6a of our low-temperature spectra is shifted by 7 cm^{-1} . We attribute this to $\text{C}_{18}\text{O}_{16}\text{O}$, a substituted isotope of carbon dioxide, based on the shifts measured in the gas phase (Rotman, 1986) [21]. The second band, expected at a slightly higher wavenumber for C_{18}OCO trapped in the second type of cell, is barely visible in our spectra due to significant overlap with the main bands of CO_2 saturation (Figure 7). In addition, a noticeable band, more noticeable above 2360 cm^{-1} , corresponds to the 3_ν harmonic in the libration mode water ice (Figure 8).

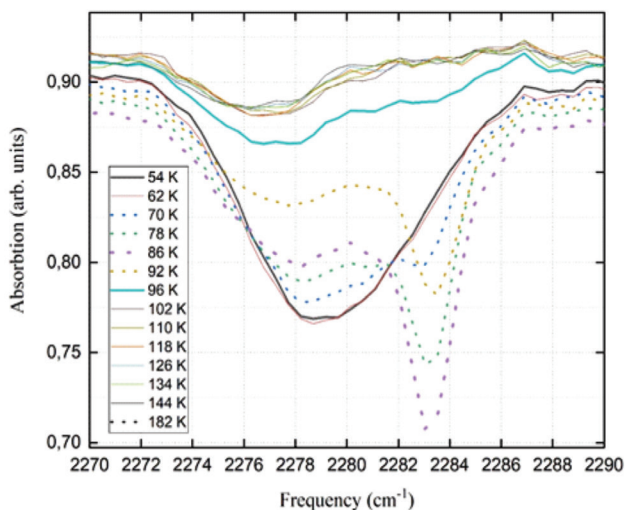


Figure 7 - Temperature-dependent spectrum in the vibrational region $2270\text{--}2290\text{ cm}^{-1}$ ν_3 for the formed clathrate hydrate.

Weak transitions of 13 CO₂ and 18 OCO within the first range of the Fermi resonance were predicted based on the natural isotope content and band shifts observed in particles in the gas phase [21]. We applied the same approach by assigning the peak of the Fermi resonance an index starting from the highest resonance level.

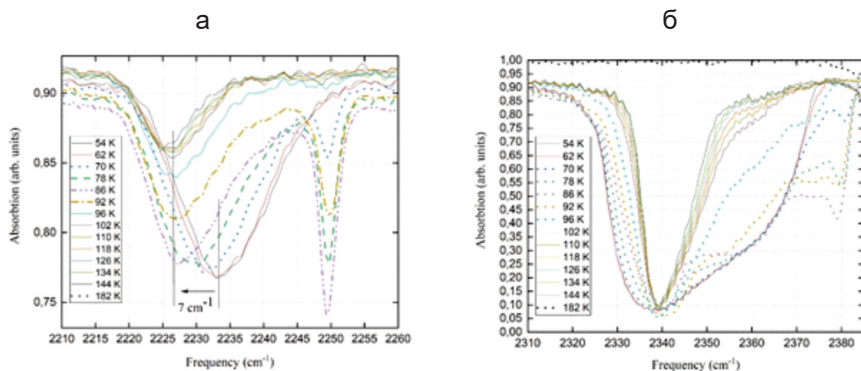


Figure 8 - Temperature-dependent spectra of carbon dioxide clathrate hydrate in the region of combination modes of the Fermi resonance $\nu_1 + \nu_3$.

The $\nu_1 + \nu_3$ transitions in CO₂ were not detected during the current experiments, and Figure 9 shows only their assumed position. This absence can be partially explained by the strong absorption by water ice. However, the ratio of the Fermi dyad intensities for this isotope seems to differ significantly from the ratio of the intensities of the main isotopic transitions. In addition, an absorption of about 3710 cm⁻¹ was observed.

One of the questions concerning the origin of this band may be related to the interaction of the CO₂ ν_3 mode with the harmonic libration of water ice, similar to what is observed at lower wave numbers. It is highly unlikely that this transition is related to the double presence of CO₂ in the same cells, given the large size of the CO₂ molecule compared to type I clathrate cells. In the range from 150 to 11 K, we observe spectral clarification characterized by the sharpness of individual CO₂ bands inside the clathrate shell., as well as an increase in intensity and a slight shift towards lower frequencies. For the 13CO₂ ν_3 regime, the integral absorption increases approximately 3-fold from 150 K to 11 K, which indicates cell-induced polarizability in the asymmetric stretching regime, a feature observed to varying degrees in clathrate hydrates.

We summarize the observed values at 11 K for type I carbon dioxide clathrate hydrate and compare them with three other phases: CO₂ in the gas phase, pure solid CO₂, and CO₂ as a simple hydrate mixed with amorphous H₂O ice at low temperatures. In addition to band splitting caused by CO₂ entering two different type I cells of the clathrate hydrate structure, the key difference between the spectra of clathrate hydrate and simple hydrates is the absence of activation of the 2v₃ mode in clathrate hydrate, whereas a strong band is observed at 4678 cm⁻¹ during hydrate formation.

FTIR spectra of type I carbon dioxide clathrate hydrate were recorded in the near and middle infrared range at temperatures from 11 to 150 K. Characteristic double peak profiles corresponding to the same transition were observed, but for CO₂ trapped in two different types of cells - small and large - in the structure of clathrate I hydrate. These spectroscopic features, along with the location of the two components, make it possible to reliably detect CO₂ clathrate hydrate using remote spectroscopy of icy bodies in the Solar System or the interstellar medium. Reflection (or transmission) spectroscopy of the icy surfaces of planets, moons, or comets with a spectral resolution exceeding one thousand in the near and middle infrared ranges would make it possible to clearly separate the transitions associated with different cells. Although direct remote observations can provide valuable results, they are fraught with difficulties. This difficulty in detecting clathrates has led to the use of thermodynamic methods to assess their presence, as well as to study their effect on the release of elemental or molecular content. However, despite meeting the conditions necessary for the formation and stability of clathrates, care must be taken not to rely too much on these methods, emphasizing the need for their unambiguous spectroscopic determination under strict conditions.

Despite the expected filling of the cell and, as a result, the doubling of bandwidth, no direct evidence of the presence of carbon dioxide clathrate hydrate in astrophysical objects, including in our Solar System, has yet been obtained. Given that various physical interactions can occur between CO₂ (and other molecules) and water ice - interactions that are not necessarily associated with the formation of a crystallographic structure similar to clathrate hydrates - it is extremely important to be able to directly determine the content and state of various phases of CO₂ in astrophysical media using spectroscopic methods..

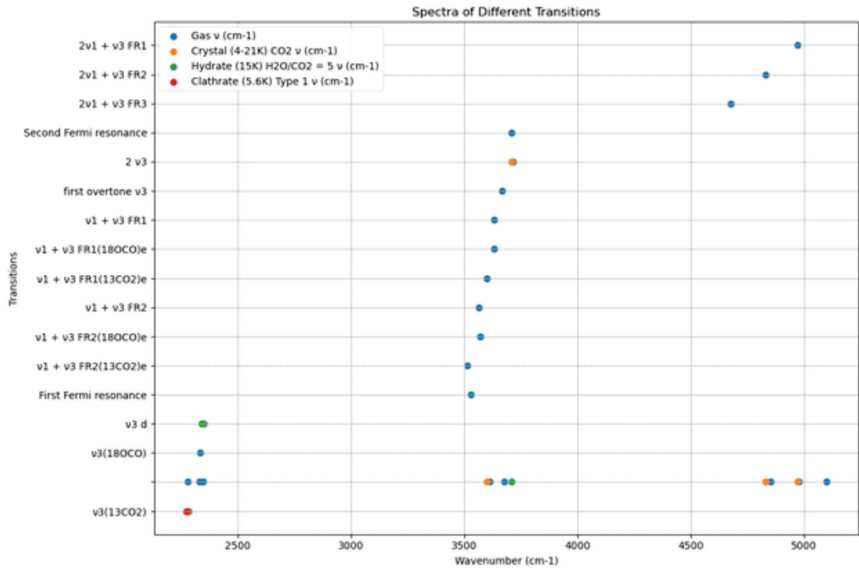


Figure 9 - Carbon dioxide: gas, pure solid, hydrate and clathrate-hydrate transitions.

The gradual transition of the absorption peak at a frequency of 3704 cm⁻¹ during the annealing process is shown in Figure 10.

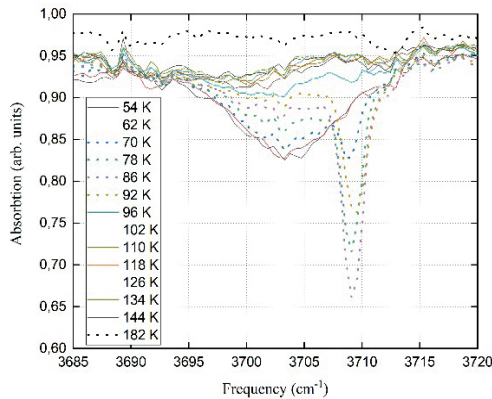


Figure 10 - Change in the absorption band of the cryocondensate mixture of water and CO₂ during annealing. T_c = 16 K, Water concentration 75%.

Conclusion. Due to the limited data on the kinetics of formation and decomposition of carbon dioxide hydrates, as well as their physical structural properties, it is necessary to obtain more experimental data with condensation and different thermal histories of potential carbon dioxide hydrate clathrates.

The obtained spectra are also important for the identification of CO₂ hydrates on space objects.

In our temperature range and under similar vacuum conditions, there are two ways to describe the structural evolution. On one hand, infrared spectroscopy data indicate that when deposited below 30 K, the structure is amorphous, while deposition above 50 K results in a crystalline structure. Once ice forms at lower temperatures, annealing tends to produce a more ordered amorphous structure or even crystallizes the solid. Another explanation involves nucleation-driven ice growth, where small crystal islands form, randomly oriented, with their size directly dependent on temperature; similarly, annealing leads to solid crystallization, with energy for this process supplied either by increasing temperature or by energy transferred during gas molecule collisions with the solid. In our laboratory, we observed these structural changes during thermally programmed desorption (TPD) experiments, where CH₄ from a CO₂-CH₄ mixture desorbed at three distinct temperatures: 35 K, typical for pure CH₄; 50 K, when a structural change in CO₂ occurs; and 90 K, when both CO₂ and CH₄ desorbed together. Based on our results, we can conclude that this structural change does not affect polarizability, as this property is intrinsic to the molecule. However, it should also be noted that changes in the polarizability tensor may not be captured by the experimental value, as the measured value represents the average of the elements on the main diagonal of the radiation pattern [10], [11], [16], [21].

Regarding the IR spectra of crycondensates of carbon dioxide and water, the correlation of the data clearly confirms the presence of a clathrate structure.

The publication of the article was carried out with the support and funding of the Science Committee of the of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan within the framework of the implementation of the grant funding project of the IRN AP19680205.

References

- 1 Dendy S. and Carolyn K. Clathrate Hydrates of Natural Gases, 3rd ed. CRC press, 2007.
- 2 Staykova D. K., Kuhs W. F., Salamatin A. N., and Hansen T. "Formation of porous gas hydrates from ice powders: Diffraction experiments and multistage model," *Journal of Physical Chemistry B*, vol. 107, no. 37, pp. 10299–10311, 2003, doi: 10.1021/jp027787v.
- 3 Fleyfel F. and Devlin J. P. "Carbon Dioxide Clathrate Hydrate Epitaxial Growth. pdf," no. 12, pp. 3811–3815, 1991.
- 4 Shinbayeva A., Drobyshev A., and Drobyshev N. "The standardization and certification procedures of cryogenic equipment in Kazakhstan," *Low Temperature Physics*, vol. 41, no. 7, pp. 571–573, 2015, doi: 10.1063/1.4927050.
- 5 Tyliniski M., Chua Y. Z., Beasley M. S., Schick C., and Ediger M. D. "Vapor-deposited alcohol glasses reveal a wide range of kinetic stability," *Journal of Chemical Physics*, vol. 145, no. 17, 2016, doi: 10.1063/1.4966582.
- 6 Drobyshev A., Aldiyarov A., Sokolov D., and Shinbayeva A. "Refractive indices and density of cryovacuum-deposited thin films of methane in the vicinity of the α - β -transition temperature," *Low Temperature Physics*, vol. 43, no. 6, pp. 909–913, 2017, doi: 10.1063/1.4985981.
- 7 Aldiyarov A., Drobyshev A., Sokolov D., and Shinbayeva A. "Polarizability of Methane Deposits," *Journal of Low Temperature Physics*, vol. 187, no. 5–6, 2017, doi: 10.1007/s10909-017-1775-1.
- 8 Aldiyarov A. U., Sokolov D. Y., Nurmukan A. Y., and Ramos M. A. "Refractive Index at Low Temperature of Tetrachloromethane and Tetrafluoroethane Cryovacuum Condensates," *ACS Omega*, vol. 5, no. 20, pp. 11671–11676, May 2020, doi: 10.1021/acsomega.0c00969.
- 9 Drobyshev A., Aldiyarov A., Sokolov D., Shinbayeva A., and Tokmoldin N. "Refractive indices vs deposition temperature of thin films of ethanol, methane and nitrous oxide in the vicinity of their phase transition temperatures," *Fizika Nizkikh Temperatur*, vol. 43, no. 10, 2017.
- 10 Drobyshev A., Aldiyarov A., and Sokolov D., "IR spectrometric studies of thin film cryovacuum condensates of methane and methane-water mixtures," *Low Temperature Physics*, vol. 43, no. 3, 2017, doi: 10.1063/1.4981520.
- 11 Drobyshev A., Aldiyarov A., Nurmukan A., Sokolov D., and Shinbayeva A. "IR Studies of Thermally Stimulated Structural Phase Transformations in Cryovacuum Condensates of Freon 134a," *Low Temperature Physics*, vol. 44, no. 8, pp. 831–839, 2018, doi: 10.1063/1.5049168.
- 12 Drobyshev A., Aldiyarov A., Nurmukan A., Sokolov D., and Shinbayeva A. "Structure transformations in thin films of CF₃-CFH₂ cryodeposits. Is there a glass transition and what is the value of T_g ?," *Applied Surface Science*, vol. 446, pp. 196–200, 2018, doi: 10.1016/j.apsusc.2018.01.270.
- 13 Li X. et al. "Compact open-path sensor for fast measurements of CO₂ and H₂O

using scanned wavelength modulation spectroscopy with 1f-phase method,” *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, no. 7, 2020, doi: 10.3390/s20071910.

14 Shamu A., Miedema H., Nijmeijer K., and Borneman Z. “The effect of supercritical CO₂ on the permeation of dissolved water through PDMS membranes,” *Journal of CO₂ Utilization*, vol. 35, no. February 2019, pp. 145–152, 2020, doi: 10.1016/j.jcou.2019.09.011.

15 Drobyshev A., Aldiyarov A., Sokolov D., Shinbayeva A., and Tokmoldin N. “Refractive indices vs deposition temperature of thin films of ethanol, methane and nitrous oxide in the vicinity of their phase transition temperatures,” *Low Temperature Physics*, vol. 43, no. 10, pp. 1521–1524, 2017, doi: 10.1063/1.5008415.

16 Bouilloud M., Fray N., Bénilan Y., Cottin H., Gazeau M. C., and Jolly A. “Bibliographic review and new measurements of the infrared band strengths of pure molecules at 25 K: H₂O, CO₂, CO, CH₄, NH₃, CH₃OH, HCOOH and H₂CO,” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, vol. 451, no. 2, pp. 2145–2160, 2015, doi: 10.1093/mnras/stv1021.

17 Kumar R., Lang S., Englezos P., and Ripmeester J. “Application of the ATR-IR spectroscopic technique to the characterization of hydrates formed by CO₂, CO₂/H₂ and CO₂/H₂/C₃H₈,” *Journal of Physical Chemistry A*, vol. 113, no. 22, pp. 6308–6313, 2009, doi: 10.1021/jp901670e.

18 Dean J. F. et al. “East Siberian Arctic inland waters emit mostly contemporary carbon,” *Nature Communications*, vol. 11, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.1038/s41467-020-15511-6.

19 Murphy P. J. and Roberts S. “Laser Raman spectroscopy of differential partitioning in mixed-gas clathrates in H₂O-CO₂-N₂-CH₄ fluid inclusions: Implications for microthermometry,” *Geochimica et Cosmochimica Acta*, vol. 59, no. 23, pp. 4809–4824, Dec. 1995, doi: 10.1016/0016-7037(95)00321-5.

20 Bertie J.E. and Devlin J.P. “INFRARED SPECTRA OF DEUTERATED ISOTOPOMERS ISOLATED IN H₂O CLATHRATES,” *J. Chem. Phys.*, vol. 78, no. April, p. 6340, 1984.

21 Rothman L. S. and Young L. D. G. “Infrared energy levels and intensities of carbon dioxide—II,” *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, vol. 25, no. 6, pp. 505–524, Jun. 1981, doi: 10.1016/0022-4073(81)90026-1.

Чигамбаева Н.Н.¹, Нурмуқан А.Е.¹

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

H_2O+CO_2 ЖҰҚА ҚАБЫҚШАЛАРЫНЫҢ ОПТИКАЛЫҚ ЗЕРТТЕУЛЕР

Түйіндеме. Гидраттың бұл түрін зерттеу ретінде таңдау планетаның ауа қабатын көміртектен тазартудың өзекті мәселелері болды.

Әртүрлі концентрациядағы су мен көмірқышқыл газының криоконденсацияланған қоспасының жұқа қабықшасында тербеліс спектрлерінің өзгеруін тіркеу үшін бірқатар тәжірибелер жүргізілді.

Бұл зерттеудің мақсаты газ фазасынан жоғары вакуум және төмен температуралық конденсация жағдайында көмірқышқыл газы гидраттарының болуын анықтау болды. Үлгіні күйдіру температурасына және көмірқышқыл газының концентрациясына байланысты діріл спектрлеріндегі өзгерістердің интерпретациясы 2210-2260, 2270-2290, 2310-2380, 2800-3700, 3590-3610, 3590-3610, 32080-137-1302 cm^{-1} жиілік диапазонында берілген. 15 К конденсация температурасында сумен көмірқышқыл газының 15% қоспасының адсорбция шыңдарын салыстыру және үлгіні одан әрі жасыту кезінде.

Түйінді сөздер: декарбонизация, көміртегі шығарындылары, криоконденсаттар, оптикалық қасиеттер, су, көміртек тотығы.

...

Чигамбаева Н.Н.¹, Нурмуқан А.Е.¹

¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

ОПТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОНКИХ ПЛЕНОК H_2O+CO_2

Аннотация. Выбор данного типа гидрата в качестве объекта исследования обусловлен актуальными проблемами очистки воздушного слоя планеты от углерода.

Проведена серия экспериментов по регистрации изменений колебательных спектров в тонкой пленке криоконденсированной смеси воды и углекислого газа при различных концентрациях

Целью данного исследования было определение наличия гидратов углекислого газа в условиях высокого вакуума и низкотемпературной конденсации из газовой фазы. Приведена интерпретация изменений колебательных спектров в зависимости от температуры отжига образца и концентрации углекислого газа для диапазона частот 2210-2260, 2270-2290, 2310-2380, 2800-3700, 3590-3610, 3580-3720, 3685-3720 cm^{-1} . При сравнении пиков адсорбции 15% смеси углекислого газа с водой при температуре конденсации 15 К и дальнейшем отжиге образца.

Ключевые слова: декарбонизация, углеродный выброс, криоконденсаты, оптические свойства, вода, оксид углерода.

Information about the authors

Chigambayeva Nurgul Nurbaevna – Master of technical sciences, Al-Farabi Kazakh national university, Almaty c., Kazakhstan, chigambayeva_nurgul@live.kaznu.kz

Contribution to the work: experiment, data processing, discussion, manuscript preparation, literature search, the design of the final article.

Nurmukan Assel Yerzhumaevna – PhD, Al-Farabi Kazakh national university, Almaty c., Kazakhstan, assel.nurmukan@kaznu.kz

Contribution to the work: experiment, data processing, discussion, manuscript preparation, literature search.

Авторлар туралы мәліметтер

Чигамбаева Нургуль Нурбаевна – техника ғылымдарының магистрі, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, chigambayeva_nurgul@live.kaznu.kz

Жұмысқа қосқан үлесі: эксперимент, деректерді өңдеу, талқылау, қолжазбаны дайындау, әдебиеттерді іздеу, соңғы мақала дизайны.

Нурмукан Асель Ержумаевна – PhD, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, assel.nurmukan@kaznu.kz

Жұмысқа қосқан үлесі: эксперимент, деректерді өңдеу, талқылау, қолжазбаны дайындау, әдебиеттерді іздеу.

Сведения об авторах

Чигамбаева Нургуль Нурбаевна – Магистр технических наук, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, chigambayeva_nurgul@live.kaznu.kz

Вклад в работу: эксперимент, обработка данных, обсуждение, подготовка рукописи, поиск литературы, оформление конечной статьи.

Нурмукан Асель Ержумаевна – PhD, Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, assel.nurmukan@kaznu.kz

Вклад в работу: эксперимент, обработка данных, обсуждение, подготовка рукописи, поиск литературы.

**Moldabekova M.S.¹, Asembaeva M.K.¹, Mukamedenkyzy V.¹,
Serik Z.¹, Poyarkov I.V.²**

¹Institute of experimental and theoretical physics at the Kazakh national
University al-Farabi, Almaty c., Kazakhstan

²National research Moscow state university of civil engineering,
Moscow c., Russia

ANALYSIS OF THE ONSET OF CONVECTION DURING DIFFUSIVE MIXING IN TREE-COMPONENT GAS MIXTURES WITH THE ADDITION OF PROPANE

Abstract. Diffusion processes in gases play an important role in many areas of Chemical Technology, aerodynamics, Astrophysics and Applied Physics. The study of diffusion phenomena in multicomponent gas mixtures at different pressures and temperatures makes it possible to understand the mechanisms of mass transfer between components and their effect on the final separation products. This study is aimed at describing the features of diffusion mixing of gases during the transition from molecular diffusion to the zone of concentration gravitational convection. This study is aimed at studying the processes of diffusion and convective mixing in tricomponent gas mixtures. According to the results of the study, it was found that convective flows significantly exceed molecular diffusion. The Biolab method was used, the diffusion mixing of tricomponent gas mixtures was analyzed and the formation of concentration convection in the diffusion cell channel in the gravity field was demonstrated. Mathematical models have been proposed to describe diffusion and convective mixing at different pressures and initial concentrations. In addition, the results of the study, which revealed the dependence of convective flows on pressure and temperature in the helium-propane-methane system, confirmed the violation of mechanical equilibrium. Conditions for the formation of diffusion stability in propane-hydrogen-carbon dioxide and propane-helium-carbon dioxide systems were considered. The results show the influence of thermodynamic parameters on the formation of diffuse mixing and convective flows. The study proves the possibility of Molecular and convection mixing in gas mixtures consisting of components with similar densities.

Keywords: diffusion, gases, mixtures, convection, concentration.

Introduction. Diffusion processes in gases are essential for solving a wide range of problems in chemical technology, aerodynamics, astrophysics, and other fields of applied physics. In particular, the analysis of diffu-

sion phenomena in multicomponent gas mixtures at various pressures and temperatures makes it possible to determine the specific features of the mass transfer mechanism between components and their influence on the final separation products. Such studies are also relevant for describing the characteristics of gas diffusion mixing during the transition from the molecular diffusion region to the region of concentration-driven gravitational convection.

As experimental studies of diffusive mixing in three-component systems in a gravitational field have shown [1], under certain conditions, convective flows arise, and their superposition with molecular transfer leads to diffusive instability, or, in other words, to a disruption of mechanical equilibrium. It should be noted that a state in which the acceleration ($\frac{du_0}{dt}=0$) is zero is considered to be in mechanical equilibrium. In diffusion processes, external forces can exert different effects on different components. Mechanical equilibrium is maintained not only in states with zero acceleration but also in those where the velocity gradient is insignificantly small, resulting in the viscous pressure tensor remaining very low.

The disruption of mechanical equilibrium in multicomponent gas mixtures is currently insufficiently studied from both theoretical and experimental perspectives.

The aim of this work is to investigate convective motions arising during diffusive mixing in a three-component gas system within a vertical diffusion channel. The obtained results will make it possible to assess the influence of various mixing conditions on the characteristics of the final separation products of mixtures, as well as to explore their internal properties.

Research method. For a deeper analysis of diffusion mechanisms using mathematical modeling, the concentration distribution of gas mixture components in the diffusion channel was examined under constant temperature and varying pressures.

Experimental studies of unstable diffusion in isothermal three-component gas mixtures have shown that the transition of the system from a stable to an unstable state is determined by the following parameters: the difference in diffusion coefficients of the components, pressure, initial mixture composition, different positioning of the initial gas mixtures relative to the channel, channel diameter and length, its orientation relative to the vertical, temperature, and the rotational frequency of the diffusion apparatus [2,3].

Under conditions of developed convection, the following effects were observed: the presence of intensity peaks dependent on pressure, multi-

ple transitions of the system from a stable to an unstable state, and anomalous enrichment of the gas mixture [4].

Based on experimental studies, it was shown that the occurrence of diffusive instability in three-component gas mixtures is associated with the fulfillment of a number of necessary conditions:

1) The binary gas mixture (1+2) is at the top, and the pure gas (3) is at the bottom, $p_2 > p_3 > p_1$; $p_{(1+2)} < p_3$; $D_{13} > D_{23}$;

2) The binary gas mixture (1+2) is at the bottom, and the pure gas (3) is at the top, $p_2 > p_3 > p_1$; $p_{(1+2)} < p_3$; $D_{13} > D_{23}$;

3) The binary gas mixture (1+2) is at the top, and another binary mixture (3+2) is at the bottom, $p_2 > p_3 > p_1$; $p_{(1+2)} < p_3$; $D_{12} > D_{23}$;

4) The binary gas mixture (1+2) and the pure gas (3) can be either at the top or at the bottom, $p_2 > p_3 > p_1$; $p_{(1+2)} < p_3$; $D_{13} > D_{23}$;

In this case, an unstable process is possible in any mixing direction, but only under certain parameters, particularly at different pressures.

Thus, in addition to the necessary conditions for the onset of convection during diffusive mixing, the following additional conditions must also be met:

1) The gas mixture must consist of components with diffusion coefficients that differ by several times;

2) The influence of pressure must be significant;

3) Instability arises within a specific range of component concentrations;

4) Instability can occur regardless of the initial arrangement of components in the diffusion apparatus;

5) Temperature affects the occurrence of instability;

6) Changes in the geometric parameters of the diffusion channel alter the conditions of the diffusion-convection transition;

7) Reducing the viscosity of the diffusion mixture may increase the likelihood of an unstable process.

Various kinetic, thermodynamic, and semi-empirical approaches are used to describe anomalous diffusion. In our view, the most effective method is to describe diffusive instability using linear stability theory, as this allows for the formulation of the most general criteria for determining the transition boundary between different regimes. Currently, this problem has been solved for liquids [5]. For gases, a solution exists only in the simplest case - for an infinite flat vertical slit and an infinite cylinder [6]. Of course, such a problem formulation does not fully correspond to experimental conditions, where confined diffusion channels are used. Neverthe-

less, the simple geometry of the channel makes it possible to obtain an analytical solution to the diffusion stability problem in a complex situation where two “thermodynamic forces” and two independent concentration gradients act simultaneously.

The transition between the «diffusion-concentration convection» regimes in three-component gas mixtures can be described using a system of hydrodynamic equations for turbulent parameters based on the Oberbeck-Boussinesq approximation [7].

During the transition from the diffusive to the convective regime, nonlinear isoconcentration lines are observed. The stable mixing time of the mixture is only a few seconds. If the mixing is unstable, transfer pulsations caused by the formation of convective structures can be recorded [8].

In the evolution process of finite disturbances, the type of convective motion is determined based on nonlinear equations.

In this case, the equation for the finite (significant) disturbance differs from that for small disturbances, as it retains certain elements ($u\vec{\nabla}u$) and $(u\vec{\nabla})c_i$.

Thus, the dimensionless equations for the infinite disturbance take the following form [9]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial c_1}{\partial t} + \frac{1}{Pr_{22}} \vec{u} \vec{\nabla} c_1 &= \frac{1}{Pr_{11}} \Delta c_1 + \frac{1}{Pr_{22}} \tau_{12} \Delta c_2 \\ \frac{\partial c_2}{\partial t} + \frac{1}{Pr_{22}} \vec{v} \vec{\nabla} c_2 &= \frac{A_1}{A_2} \frac{1}{Pr_{22}} \tau_{21} \Delta c_1 + \frac{1}{Pr_{22}} \Delta c_2 \\ \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \frac{1}{Pr_{22}} \nabla (\vec{u} \cdot \vec{u}) &= -\nabla p + \Delta \vec{u} + (Ra_1 \tau_{11} c_1 + Ra_2 c_2) \vec{\gamma} \\ \text{div} \vec{v} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

Criteria parameters: $Pr_{ii} = \frac{\nu}{D_{ii}} -$ Diffusion Prandtl number, $Ra_i = \frac{g \beta_i A_i H^4}{D_{22}^* \nu} -$ Partial Rayleigh number. Where, $A_i -$ Dimensionless initial concentration gradient of the i -th component, $\tau_{ij} = \frac{D_{ij}^*}{D_{22}} -$ Parameters defining the relationship between practical diffusion coefficients For this system of equations, appropriate initial and boundary conditions are formulated to accurately describe the physical scenario [10].

Results. To obtain a graphical representation of the mathematical model describing the instability of mechanical equilibrium in a diffusion channel, an algorithm was developed in Fortran. This algorithm employs

numerical methods to solve the system of equations (1). Based on the computed values, graphs characterizing convective diffusion were constructed using Tecplot 360 EX.

The study proposes a method for investigating the isothermal diffusion process in three-component gas mixtures with varying transport coefficient ratios within a vertical cylindrical channel through 2D modeling. Calculations were performed for systems $He+C_3H_8-CH_4$, $C_3H_8+H_2-CO_2$, $C_3H_8+He-CO_2$, with various molar fractions. For the first system, the parameters were set as follows: pressure $p=0.8$ МПа, temperature $T=320.2$ K, and a time step of 0.005 seconds. The length and radius of the channel were $L=165 \cdot 10^{-3}$ M, $r = 3 \cdot 10^{-3}$ M.

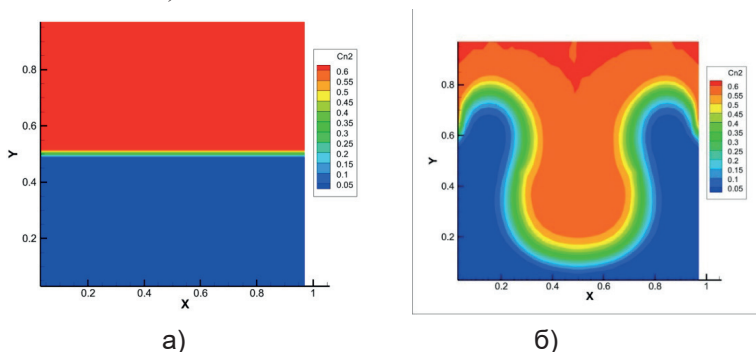


Figure 1 - $p=0.8$ МПа, $T=320.2$ K, The channel length is 165 mm, and the radius is 3 mm.

$0.4He+0.6C_3H_8-CH_4$ for the system C_3H_8 were analyzed isoconcentration lines.

Figure 1a shows the initial state of the components. At this point, the concentration distribution of propane and methane remains unchanged, indicating the absence of a mixing process. In Figure 1b, 0.005 seconds after the start of the experiment, the onset of convection in the mixing process is already noticeable.

Figures 1, 2, and 3 present the results of the numerical experiment, describing the diffusion and convective mixing of a three-component gas mixture $0.4He+0.6C_3H_8-CH_4$ at a given pressure 0.8 МПа and initial concentration over time.

The analysis of the study results shows that the violation of the mechanical equilibrium of the gas mixture leads to changes in the concentration distribution of the components over time (Figure 1). Depending on the experimental pressure, a significant increase in convective mixing is ob-

served over time, as evidenced by the further distortion of the isoconcentration lines (Figure 1). As a result, a complex structured flow is formed in three-component gas mixtures within a vertical channel, enhancing overall mass transfer under isothermal diffusion conditions.

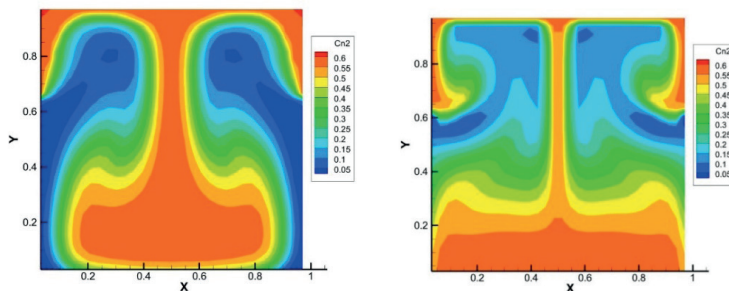


Figure 2 - $p=0.8 \text{ MPa}$, $T=320.2 \text{ K}$, The channel length is 165 mm, and the radius is 3 mm
 $0,4\text{He}+0,6 \text{ C}_3\text{H}_8\text{-CH}_4$ for the system C_3H_8 were analyzed isoconcentration lines

Further analysis of the isoconcentration lines of the diffusion process components in System $0,4\text{He}+0,6 \text{ C}_3\text{H}_8\text{-CH}_4$ revealed a pronounced instability phenomenon (Figure 2). The initial, slightly curved isoconcentration lines indicate the onset of convection. As the mixing time increases, along with the initial concentration of heavy components and the pressure, the curvature of the isoconcentration lines intensifies significantly. The results demonstrate that, at the early stage of convective flow development, the concentration distribution is highly dependent on the experiment's duration and pressure. As these parameters increase, the curvature of the isoconcentration lines acquires a complex nonlinear character. This confirms the emergence of more intense flows that accelerate component transfer. The development of convective flows in the diffusion channel leads to a disruption of the mechanical equilibrium state and the emergence of concentration gravitational convection during multicomponent diffusion. In this scenario, an unstable diffusion process is observed.

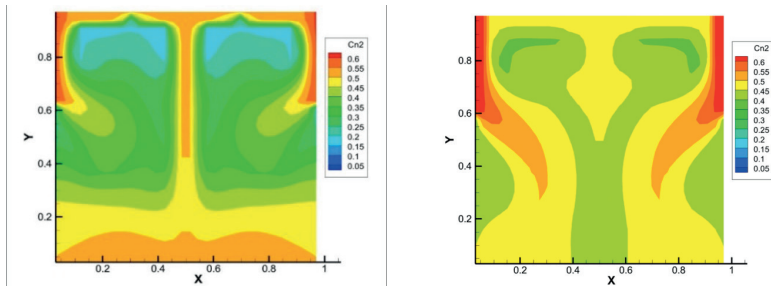


Figure 3 - $p=0.8$ МПа, $T=320.2$ K, the channel length is 165 mm, and the radius is 3 mm.

0,4He+0,6 C_3H_8 - CH_4 For the system C_3H_8 were analyzed isoconcentration lines.

As evident from the computational results presented in Figure 3, increasing pressure enhances the flow, as indicated by the significant curvature of the concentration lines.

Figures 1–3 demonstrate that convective mixing conditions in the system manifest within the initial seconds. It is shown that further pressure increases lead to intensified unstable diffusion regimes.

For the system. 0,4He+0,6 C_3H_8 - CO_2 figure 4 displays isoconcentration lines that remain uncurved, confirming the absence of convective disturbances during gas diffusion mixing; thus, the process remains stable. This temporal concentration distribution indicates that, under these pressures, the diffusion mixing process forms flows with low velocity and low average kinetic energy.

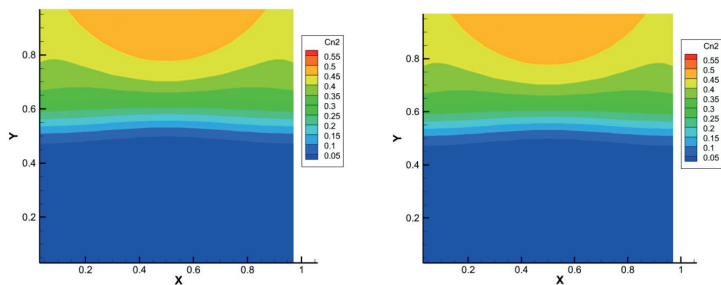


Figure 4 - $p=0.6$ МПа, $T=300$ K, The channel length is 165 mm, and the radius is 3 mm

0,4He+0,6 C_3H_8 - CO_2 for the system C_3H_8 were analyzed isoconcentration lines.

Based on the analysis of these three systems, it can be concluded that pressure is a significant factor influencing the diffusion process coupled with convection in the first system, while time plays a crucial role in the second and third systems. When varying the molar fraction and pressure, the process remained stable; however, increasing the time step could potentially reveal the onset of convective flow. It's important to note that the current version of the program lacks this capability. Additionally, it was found that similar molar masses of the heavy (C_3H_8) and intermediate (CO_2) components also impact the process. Notably, the gases used in all three systems are of significant technical importance.

Conclusion. Based on the research, the following conclusions can be drawn:

1. The analysis of experimental studies on diffusion in three-component gas mixtures showed that convective flows significantly exceed the corresponding molecular diffusion flows.

2. The diffusion mixing process of three-component gas mixtures was analyzed using the two-flask method. When the composition was unevenly distributed, concentration convection was observed in the diffusion channel under the influence of a gravitational field.

3. Mathematical modeling results were obtained, describing the diffusion and convective mixing of three-component gas mixtures $He+0,6 C_3H_8-CH_4$, $C_3H_8+H_2-CO_2$, $C_3H_8+He-CO_2$ at various pressures and initial concentrations.

4. In the helium-propane-methane system was found that under pressure $p=0,6-0,8 \text{ MPa}$ and temperature $T=300-320,2 \text{ K}$ convective flows occur during the diffusion mixing process under pressure and temperature conditions. The analysis of the obtained results confirmed the violation of mechanical equilibrium in the studied system, leading to the formation of a complex flow structure dependent on pressure, accompanied by molecular diffusion in the vertical channels of three-component gas mixtures.

5. In the propane-hydrogen-carbon dioxide and propane-helium-carbon dioxide systems: For the first system, this stability was at pressure $p=0,4-0,6 \text{ MPa}$ and temperature $T=285-300 \text{ K}$; for the second system, at specific pressure $p=0,4-1,0 \text{ MPa}$ and temperature $T=300-350 \text{ K}$ diffusion stability was observed.

6. The influence of thermodynamic parameters on the emergence of convective flows during the diffusion mixing process was confirmed.

7. As demonstrated in this study, in initially gravitationally stable gas mixtures consisting of components with similar densities, the mixing process can occur both at the molecular level and in a convective regime. These results can be determined either through costly experimental studies or using the numerical method presented in this work.

References

- 1 Zhavrin Y.I., Kosov N.D., Kulzhanov D.U., Fedorenko O.V. Experimental Methods for Studying Diffusion and Concentration Gravitational Convection Caused by Mechanical Equilibrium Instability in Multicomponent Gas Mixtures – Moscow, 2015. – 172 p.
- 2 P. E. Druet. A theory of generalized solutions for ideal gas mixtures with Maxwell-Stefan diffusion // Discrete and continuous: Dynamical systems series S Vol. 14, No 11, 2021. pp. 4035–4067 doi:10.3934/dcdss.2020458.
- 3 Kossov V., Fedorenko O., Asembaeva M., Mukamedenkzy V., Moldabekova M. Intensification of the separation of isothermal ternary gas mixtures containing carbon dioxide // Chem. Eng. Technol. – 2021. – Vol. 44, No. 11. – P. 2034 – 2040. DOI:10.1002/ceat.202100241.
- 4 Moldabekova M.S., Asembaeva M.K., Krasikov S.A., Nurtay G.F. Features of diffusion and convective mixing in mixtures containing hydrocarbons // Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1565(1), 012063 (free access).
- 5 Kossov V.N., Krasikov S.A., Fedorenko O.V., Zhakebaev D.B., Asembaeva M.K. Experimental and numerical study of the peculiarities of multicomponent gas mixture separation under natural gravity convection // Proceedings of the International Conference «Modern Problems of Thermophysics and Energy» (Moscow, October 9-11, 2017): in 2 volumes. Vol. 1. – Moscow: Publishing House of MPEI, 2017. – pp. 228-230.
- 6 Moldabekova M.S., Krasikov S.A., Asembaeva M.K., Fedorenko O.V. Modeling the Separation of a Gas Mixture into Components Depending on Pressure // Proceedings of the International Scientific Conference Dedicated to the 80th Anniversary of Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Abdildin M.M. Abdildin Readings: Current Issues of Modern Physics. April 12-15, Almaty / Edited by M.E. Abishev. – Almaty: Kazakh University, 2018. – pp. 234-238.
- 7 Zhavrin Y.I., Moldabekova M.S., Asembaeva M.K., Mukamedenkzy V., Nurmukhanova A.Z. Study of the Diffusion Process for a Mixture of Some Hydrocarbon Gases in Hydrogen // Bulletin of KazNITU, No. 1 (125). – Almaty: Satbayev University (KazNITU named after K.I. Satbayev), January 2018. – pp. 316-322.
- 8 Moldabekova M.S., Asembaeva M.K. Experimental Investigation of the Effect of Pressure on Separation of a Carbon Dioxide-Containing Gaseous Mixture // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 2019, 92(4), p. 872–876.
- 9 Kossov V., Fedorenko O., Asembaeva M., Mukamedenkzy V., Moldabekova M. Intensification of the Separation of Isothermal Ternary Gas Mixtures Containing Carbon Dioxide // Chemical Engineering and Technology, 2021, 44(11), pp. 2034–2040.
- 10 Kosov V.N., Fedorenko O.V., Asembaeva M.K., Mukamedenkzy V. Changing Diffusion-Convection Modes in Ternary Mixtures with a Diluent Gas // Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2020, 54(2), pp. 289–296.

**Молдабекова М.С.¹, Асембаева М.К.¹, Мукамеденқызы В.¹, З. Серік З.¹,
Поярков И.В.²**

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан

²Ұлттық зерттеу Мәскеу мемлекеттік құрылыс университеті, Мәскеу қ.,
Ресей

ПРОПАН ҚОСЫЛҒАН ҮШКОМПОНЕНТТІ ГАЗ ҚОСПАЛАРЫНДА ДИФфуЗИЯЛЫҚ АРАЛАСТЫРУ КЕЗІНДЕ КОНВЕКЦИЯНЫҢ ПАЙДА БОЛУЫНА ТАЛДАУ

Түйіндеме. Газдардағы диффузиялық процестер химиялық технология, аэродинамика, астрофизика және қолданбалы физиканың көптеген салаларында маңызды рөл атқарады. Әр түрлі қысымдар мен температуралардағы көпкомпонентті газ қоспаларындағы диффузиялық құбылыстарды зерттеу компоненттер арасындағы массаалмасу механизмдерін және олардың соңғы бөлу өнімдеріне әсерін түсінуге мүмкіндік береді. Бұл зерттеу молекулалық диффузиядан концентрациялық гравитациялық конвекция аймағына өту кезінде газдардың диффузиялық араласу ерекшеліктерін сипаттауға бағытталған. Бұл зерттеу үшкомпонентті газ қоспаларында диффузиялық және конвективтік араласу процестерін зерттеуге бағытталған.

Зерттеу нәтижелері бойынша конвективтік ағындардың молекулалық диффузиядан айтарлықтай асып түсетіні анықталды. Екіолбалық әдіс қолданылып, үшкомпонентті газ қоспаларының диффузиялық араласуы талданды және гравитация өрісіндегі диффузиялық ұяшық каналында концентрация конвекциясының қалыптасуы көрсетілді. Әртүрлі қысым мен бастапқы концентрацияларда диффузия мен конвективтік араласуды сипаттайтын математикалық модельдер ұсынылды. Сонымен қатар, Гелий-пропан-метан жүйесінде конвективтік ағындардың қысым мен температураға тәуелділігін анықтаған зерттеу нәтижелері механикалық тепе-теңдіктің бұзылуын растады. Пропан-сутек-көмірқышқыл газ және пропан-гелий-көмірқышқыл газ жүйелерінде диффузиялық орнықтылықтың пайда болу жағдайлары қарастырылды. Нәтижелер термодинамикалық параметрлердің диффузиялық араласу және конвективтік ағындардың пайда болуына әсерін көрсетеді. Зерттеу тығыздығы ұқсас компоненттерден тұратын газ қоспаларында молекулалық және конвекциялық араласудың мүмкіндігін дәлелдейді.

Түйінді сөздер: диффузия, газдар, қоспалар, конвекция, концентрация.

**Молдабекова М.С.¹, Асембаева М.К.¹, Мукамеденкызы В.¹, З.Серик З.¹,
Поярков И.В.²**

¹ Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан

² Московский Государственный строительный университет, г. Москва, Россия

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОНВЕКЦИИ ПРИ ДИФфуЗИОННОМ СМЕШИВАНИИ В ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРОПАНА

Аннотация. Диффузионные процессы в газах играют важную роль во многих областях химической технологии, аэродинамики, астрофизики и прикладной физики. Изучение диффузионных явлений в многокомпонентных газовых смесях при различных давлениях и температурах позволяет понять механизмы массообмена между компонентами и их влияние на конечные продукты разделения. Это исследование направлено на описание особенностей диффузионного перемешивания газов при переходе от молекулярной диффузии к области концентрационной гравитационной конвекции. Это исследование направлено на изучение процессов диффузионного и конвективного перемешивания в смесях из трехкомпонентных газов.

Результаты исследования показали, что конвективные потоки значительно превосходят молекулярную диффузию. Применен двухколесный метод, проанализировано диффузионное смешение смесей трехкомпонентных газов и показано формирование конвекции концентраций в канале диффузионных ячеек в гравитационном поле. Были предложены математические модели, описывающие диффузию и конвективное вмешательство при различных давлениях и начальных концентрациях. Кроме того, результаты исследования, выявившие зависимость конвективных потоков от давления и температуры в системе Гелий-пропан-метан, подтвердили нарушение механического равновесия. Рассмотрены случаи возникновения диффузионной устойчивости в системах Пропан-водород-углекислый газ и пропан-гелий-углекислый газ. Результаты показывают влияние термодинамических параметров на образование диффузионных и конвективных потоков. Исследование доказывает возможность молекулярного и конвекционного перемешивания в газовых смесях, содержащих компоненты аналогичной плотности.

Ключевые слова: диффузия, газы, смеси, конвекция, концентрация.

Information about the authors

Moldabekova Mayra Sametovna – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor of the Department of Thermophysics and Technical Physics, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty c., Kazakhstan, mairamold@mail.ru

Mukamedenkzy Venera – Candidate of Physical and Mathematical Sciences,

Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty c., Kazakhstan, mukameden@inbox.ru

Asembaeva Mansia Kabylovna – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty c., Kazakhstan, m.asembaeva@physics.kz

Poyarkov Igor Viktorovich – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Moscow State University of Civil Engineering, Moscow c., Russia, PoyarkovIV@mgsu.ru

Serik Zulina – doctoral student, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty c., Kazakhstan, serik.zulina@mail.ru

Авторлар туралы мәліметтер

Молдабекова Майра Саметовна – Педагогика ғылымдарының докторы, термофизика және техникалық физика кафедрасының профессоры, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, mairamold@mail.ru

Мукамеденқызы Венера – физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, mukameden@inbox.ru

Асембаева Мансия Кабыловна – физика-математика ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, m.asembaeva@physics.kz

Поярков Игорь Викторович – физика-математика ғылымдарының докторы, доцент, Мәскеу мемлекеттік құрылыс университеті, Мәскеу қ., Ресей, PoyarkovIV@mgsu.ru

Серік Зулина – докторант, Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан, serik.zulina@mail.ru

Сведения об авторах

Молдабекова Майра Саметовна – доктор педагогических наук, профессор кафедры теплофизики и технической физики, Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, mairamold@mail.ru

Мукамеденқызы Венера – кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, mukameden@inbox.ru

Асембаева Мансия Кабыловна – кандидат физико-математических наук, ассоциированный профессор, Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, m.asembaeva@physics.kz

Поярков Игорь Викторович – доктор физико-математических наук, доцент, Московский Государственный строительный университет г. Москва, Россия, PoyarkovIV@mgsu.ru

Серик Зулина – докторант, Казахский Национальный университет имени аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан, serik.zulina@mail.ru

МАКАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ / ПЕРЕВОД СТАТЬИ

***Молдабекова М.С.¹, Асембаева М.К.¹, Мукамеденкызы В.¹,
Серик З.¹, Поярков И.В.²***

¹ Казахский Национальный университет имени аль-Фараби,
г. Алматы, Казахстан

² Московский Государственный строительный университет,
г. Москва, Россия

АНАЛИЗ ВОЗНИКНОВЕНИЯ КОНВЕКЦИИ ПРИ ДИФфуЗИОННОМ СМЕШИВАНИИ В ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ГАЗОВЫХ СМЕСЯХ С ДОБАВЛЕНИЕМ ПРОПАНА

Введение. Диффузионные процессы в газах необходимы для решения широкого круга задач в химической технологии, аэродинамике, астрофизике и других областях прикладной физики. В частности, анализ диффузионных явлений в многокомпонентных газовых смесях при различных давлениях и температурах позволяет определить особенности механизма массообмена между компонентами и их влияние на конечные продукты разделения. Подобные исследования также актуальны для описания особенностей диффузионного смешивания газов при переходе от области молекулярной диффузии к области концентрационной гравитационной конвекции.

Как показали экспериментальные исследования диффузионного смешивания в трехкомпонентных системах в гравитационном поле [1], при определенных условиях возникают конвективные потоки, суперпозиция которых с молекулярным переносом приводит к диффузионной неустойчивости, или, иначе говоря, к нарушению механического равновесия. Следует отметить, что состояние, при котором ускорение ($\frac{du_0}{dt}=0$) равно нулю, находится в механическом равновесии. В диффузионных процессах внешние силы могут оказывать различное воздействие на разные компоненты. В механическом равновесии находятся не только состояния с нулевым ускорением, но и те, в которых градиент скоростей незначительно мал, а потому вязкостный тензор давления также остается очень малым.

Нарушение механического равновесия в многокомпонентных газо-

вых смесях в настоящее время недостаточно изучено как с теоретической, так и с экспериментальной точки зрения.

Целью данной работы является исследование конвективных движений, возникающих при диффузионном смешивании в трехкомпонентной газовой системе внутри вертикального диффузионного канала. Полученные результаты позволят оценить влияние различных условий смешивания на характеристики конечных продуктов разделения смесей, а также исследовать их внутренние свойства.

Метод исследования. Для более глубокого анализа механизмов диффузии с использованием математического моделирования рассмотрено распределение концентраций компонентов газовой смеси в диффузионном канале при постоянной температуре и различных давлениях.

Экспериментальные исследования неустойчивой диффузии в изотермических трехкомпонентных газовых смесях показали, что переход системы из устойчивого состояния в неустойчивое определяется следующими параметрами: разницей коэффициентов диффузии компонентов, давлением, исходным составом смеси, различным расположением начальных газовых смесей относительно канала, диаметром и длиной канала, его ориентацией относительно вертикали, температурой, а также частотой вращения диффузионного аппарата [2][3].

В условиях развитой конвекции были зафиксированы следующие эффекты: наличие максимумов интенсивности, зависящих от давления; многократный переход системы из устойчивого состояния в неустойчивое; аномальное обогащение газовой смеси [4].

На основе экспериментальных исследований показано, что возникновение диффузионной неустойчивости в трехкомпонентных газовых смесях связано с выполнением ряда необходимых условий:

1) бинарная газовая смесь (1+2) находится в верхней части, а чистый газ (3) в нижней жагында, $p_2 > p_3 > p_1$; $p_{(1+2)} < p_3$; $D_{13} > D_{23}$;

2) бинарная газовая смесь (1+2) находится в нижней части, а чистый газ (3) в верхней, $p_2 > p_3 > p_1$; $p_{(1+2)} < p_3$; $D_{13} > D_{23}$;

3) бинарная газовая смесь (1+2) в верхней части, бинарная смесь (3+2) в нижней части, $p_2 > p_3 > p_1$; $p_{(1+2)} < p_3$; $D_{12} > D_{23}$;

4) бинарная смесь газов (1+2) и чистый газ (3) могут находиться либо в верхней, либо в нижней части; $p_2 > p_3 > p_1$; $p_{(1+2)} < p_3$; $D_{13} > D_{23}$; в этом случае неустойчивый процесс возможен при любом направлении смешивания, но только при определенных параметрах, в частности, при различных давлениях.

Таким образом, помимо необходимых условий для возникновения конвекции при диффузионном смешивании, должны выполняться следующие дополнительные условия:

- 1) газовая смесь должна состоять из компонентов, коэффициенты диффузии которых различаются в несколько раз;
- 2) влияние давления должно быть значительным;
- 3) неустойчивость возникает в определённом диапазоне концентраций компонентов;
- 4) неустойчивость может наблюдаться независимо от начального расположения компонентов в диффузионном аппарате;
- 5) температура влияет на возникновение неустойчивости;
- 6) изменение геометрических параметров диффузионного канала изменяет условия диффузионно-конвекционного перехода;
- 7) при снижении вязкости диффузионной смеси вероятность возникновения неустойчивого процесса может увеличиваться.

Для описания аномальной диффузии используются различные кинетические, термодинамические и полуэмпирические подходы. Наиболее эффективным, на наш взгляд, является описание диффузионной неустойчивости с использованием методов теории линейной устойчивости, так как это позволяет сформулировать наиболее общие критерии для определения границы перехода от одного режима к другому. В настоящее время эта задача решена для жидкостей [5]. Для газов решение существует лишь в самом простом случае — для бесконечной плоской вертикальной щели и бесконечного цилиндра [6]. Разумеется, такая постановка задачи во многом не соответствует эксперименту, где используются ограниченные диффузионные каналы. Тем не менее, простая геометрия канала позволяет получить аналитическое решение задачи диффузионной устойчивости в сложной ситуации, когда одновременно действуют две «термодинамические силы» и два независимых концентрационных градиента.

Переход между режимами «диффузия-концентрационная конвекция» в трехкомпонентных газовых смесях можно описать с использованием системы гидродинамических уравнений для турбулентных параметров, основанной на приближении Обербека-Буссинеска [7].

При переходе от диффузионного к конвективному режиму наблюдаются нелинейные изоконцентрационные линии. Время устойчивого смешивания смеси составляет всего несколько секунд. Если смешивание нестабильно, можно зафиксировать пульсации переноса, вызванные формированием конвективных структур [8].

В процессе эволюции конечных возмущений тип конвективного движения определяется на основе нелинейных уравнений.

В этом случае уравнение конечного (не менее значимого) возму-

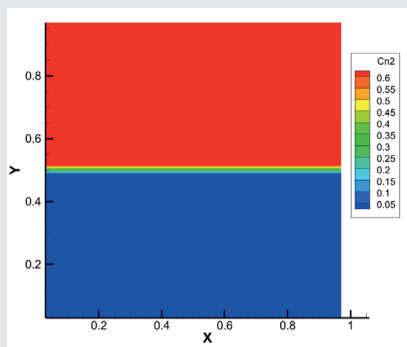
щения отличается от уравнения малых возмущений, так как здесь сохраняются элементы $(u \nabla u)$ и $(u \nabla) c_i$. Таким образом, безразмерные уравнения бесконечного возмущения принимают следующий вид [9]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial c_1}{\partial t} + \frac{1}{Pr_{22}} \vec{u} \nabla c_1 &= \frac{1}{Pr_{11}} \Delta c_1 + \frac{1}{Pr_{22}} \tau_{12} \Delta c_2 \\ \frac{\partial c_2}{\partial t} + \frac{1}{Pr_{22}} \vec{v} \nabla c_2 &= \frac{A_1}{A_2} \frac{1}{Pr_{22}} \tau_{21} \Delta c_1 + \frac{1}{Pr_{22}} \Delta c_2 \\ \frac{\partial \vec{u}}{\partial t} + \frac{1}{Pr_{22}} \nabla (\vec{u} \cdot \vec{u}) &= -\nabla p + \Delta \vec{u} + (Ra_1 \tau_{11} c_1 + Ra_2 c_2) \vec{\gamma} \\ \text{div} \vec{v} &= 0 \end{aligned} \quad (1)$$

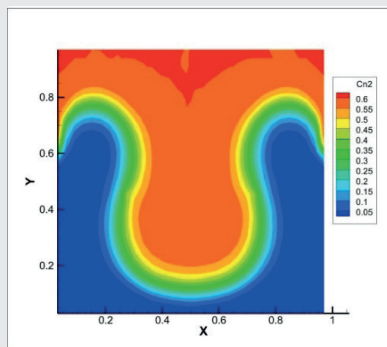
Критериальные параметры: $Pr_{ii} = \frac{\nu}{D_{ii}^*}$ – диффузионное число Прандтля, $Ra_i = \frac{g \beta_i A_i H^4}{D_{22}^* \nu}$ – парциальное число Рэлея. Где, A_i – безразмерный начальный градиент концентрации i -го компонента, $\tau_{ii} = \frac{D_{ij}^*}{D_{22}^*}$ – параметры, определяющие соотношение между практическими коэффициентами диффузии. Для данной системы уравнений формулируются начальные и граничные условия [10].

Результаты. Для получения графического представления математической модели, описывающей неустойчивость механического равновесия в диффузионном канале, был написан алгоритм на языке программирования Fortran с использованием численного метода решения системы уравнений (1). На основе вычисленных значений в программе Tecplot 360 EX были построены графики, характеризующие конвективную диффузию.

В работе предложен метод исследования диффузионного изотермического процесса в трехкомпонентных газовых смесях с различными соотношениями коэффициентов переноса в вертикальном цилиндрическом канале с помощью 2D-моделирования. Вычисления проводились для систем $He + C_3H_8 - CH_4$, $C_3H_8 + H_2 - CO_2$, $C_3H_8 + He - CO_2$ с различными молярными долями. Для первой системы были заданы параметры: давление $p = 0.8$ МПа, температура $T = 320.2$ К, временной шаг 0,005 с. Длина и радиус канала составляли $L = 165 \cdot 10^{-3}$ м, $r = 3 \cdot 10^{-3}$ м.



а)



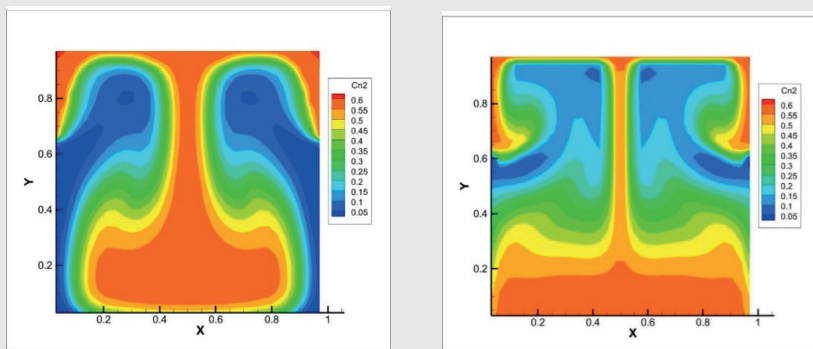
б)

1-рисунок. $p=0.8$ МПа, $T=320.2$ К, длина канала 165 мм, радиус 3 мм
 $0,4\text{He}+0,6\text{C}_3\text{H}_8-\text{CH}_4$ для системы C_3H_8 изоконцентрационные линии

На рисунке 1а показано начальное состояние компонентов. В этот момент распределение концентраций пропана и метана остается неизменным, что свидетельствует об отсутствии процесса смешивания. На рисунке 1б, через 0,005 секунды после начала эксперимента, уже заметно возникновение конвекции в процессе смешивания.

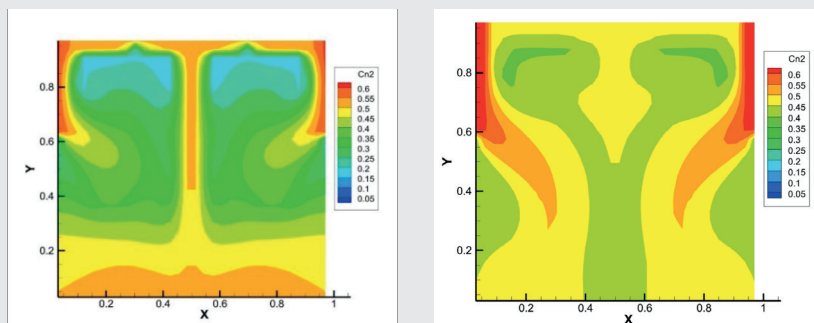
На рисунках 1, 2 и 3 представлены результаты численного эксперимента, описывающие диффузию и конвективное смешивание трехкомпонентной газовой смеси $0,4\text{He}+0,6\text{C}_3\text{H}_8-\text{CH}_4$ при давлении 0,8 МПа и заданной начальной концентрации в разное время.

Анализ результатов исследования показывает, что нарушение механического равновесия газовой смеси приводит к изменению распределения концентраций компонентов во времени (рис. 1). В зависимости от давления эксперимента со временем наблюдается значительное усиление конвективного смешивания, что подтверждается дальнейшим искривлением изоконцентрационных линий (рис. 1). В результате в трехкомпонентных газовых смесях в вертикальном канале формируется сложный структурированный поток, усиливающий общий массообмен в условиях изотермической диффузии.



2-рисунок. - $p=0.8$ МПа, $T=320.2$ К, Длина канала 165 мм, радиус 3 мм
 $0,4\text{He}+0,6\text{C}_3\text{H}_8-\text{CH}_4$ для системы C_3H_8 изоконцентрационные линии

Дальнейшее исследование изоконцентрационных линий компонентов процесса диффузии в системе $0,4\text{He}+0,6\text{C}_3\text{H}_8-\text{CH}_4$ показало наличие ярко выраженного характерного процесса неустойчивости (рисунок 2). Начальные слабо выраженные искривления изоконцентрационных линий указывают на зарождение конвекции. С увеличением времени смешивания, ростом начальной концентрации тяжелых компонентов и повышением давления искривление изоконцентрационных линий значительно усиливается. Из результатов видно, что на начальном этапе развития конвективного потока распределение концентрации существенно зависит от времени эксперимента и давления. По мере их увеличения искривление изоконцентрационных линий приобретает сложный нелинейный характер. Это подтверждает появление более интенсивных потоков, ускоряющих перенос компонентов. Развитие конвективных потоков в диффузионном канале приводит к нарушению состояния механического равновесия и возникновению концентрационной гравитационной конвекции при многокомпонентной диффузии. В этом случае наблюдается неустойчивый диффузионный процесс.

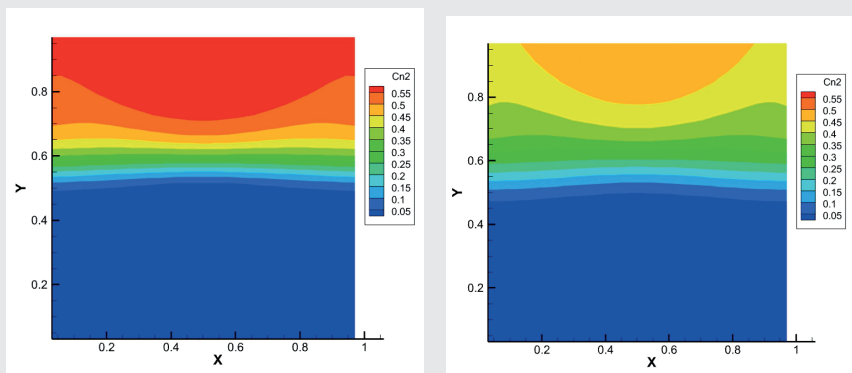


3-рисунок - $p=0.8$ МПа, $T=320.2$ К, длина канала 165 мм, радиус 3 мм $0,4\text{He}+0,6\text{C}_3\text{H}_8-\text{CH}_4$ для системы C_3H_8 изоконцентрационные линии

Как видно из результатов вычислений, представленных на рисунке 3, увеличение давления способствует усилению потока, что подтверждается значительным искривлением линий концентрации.

Из рисунков 1–3 было установлено, что условия конвективного смешивания в системе реализовались с первых секунд. Показано, что дальнейшее увеличение давления приводит к усилению интенсивности неустойчивого диффузионного режима.

Для системы $0,4\text{He}+0,6\text{C}_3\text{H}_8-\text{CO}_2$ на рисунке 4 изоконцентрационные линии не были изогнутыми, что подтверждает отсутствие конвективных возмущений в процессе диффузионного смешивания газа, то есть процесс оставался стабильным. Такое распределение концентрации компонента во времени свидетельствует о том, что при данных давлениях в процессе диффузионного смешивания формируются потоки с низкой скоростью и низкой средней кинетической энергией.



4-рисунок. - $p=0.6$ МПа, $T=300$ К, длина канала 165 мм, радиус 3 мм
 $0,4\text{He}+0,6\text{C}_3\text{H}_8-\text{CO}_2$ для системы C_3H_8 изоконцентрационные линии

По этим трём системам можно сделать вывод, что одним из важных факторов для протекания диффузионного процесса совместно с конвекцией является давление для первой системы, а для второй и третьей – время. Поскольку при изменении мольной доли и давления мы лишь наблюдали стабильность процесса, можно заключить, что при увеличении временного шага можно было бы убедиться в появлении конвективного потока. Однако в текущей версии программы такая возможность отсутствует. Кроме того, было установлено, что близкие значения молярных масс тяжёлого (C_3H_8) и среднего (CO_2) компонентов также оказывают влияние на процесс. Следует отметить, что газы, использованные в трёх системах, являются технически важными.

Заключение. На основе исследования можно сделать следующие выводы:

- 1 Анализ экспериментальных исследований диффузии в трёхкомпонентных газовых смесях показал, что конвективные потоки значительно превышают соответствующие потоки молекулярной диффузии.
- 2 В двухколбовом методе проанализирован процесс диффузионного смешивания трёхкомпонентных газовых смесей, и при неравномерном распределении состава выявлена концентрационная конвекция в диффузионном канале в гравитационном поле.
- 3 Получены результаты математического моделирования, описывающие диффузию и конвективное смешивание трёхкомпонентных

газовых смесей $He+0,6 C_3H_8-CH_4$, $C_3H_8+H_2-CO_2$, $C_3H_8+He-CO_2$ при различных давлениях и начальных концентрациях.

4 В системе гелий-пропан-метан было выявлено, что при давлении $p=0,6-0,8$ МПа и температуре $T=300-320,2$ К возникают конвективные потоки в процессе диффузионного смешивания. Анализ полученных результатов подтвердил нарушение механического равновесия в исследуемой системе, что приводит к формированию сложной структуры потока, зависящей от давления, и сопровождается молекулярной диффузией в вертикальных каналах трёхкомпонентных газовых смесей.

5 В системах пропан-водород-углекислый газ и пропан-гелий-углекислый газ: для первой системы при давлении $p=0,4-0,6$ МПа и температуре $T=285-300$ К; для второй системы при давлении $p=0,4-1,0$ МПа и температуре $T=300-350$ К наблюдалась диффузионная устойчивость.

6 Подтверждено влияние термодинамических параметров на возникновение конвективных потоков в процессе диффузионного смешивания.

7 Как показано в этом исследовании, в первоначально гравитационно устойчивых газовых смесях, состоящих из компонентов с близкой плотностью, процесс смешивания может протекать как на молекулярном уровне, так и в конвективном режиме. Эти результаты можно определить либо с помощью дорогостоящих экспериментальных исследований, либо с использованием численного метода, представленного в данной работе.

Список литературы

- 1 Жаврин Ю.И., Косов Н.Д., Кульжанов Д.У., Федоренко О.В. Экспериментальные методы исследования диффузии и концентрационной гравитационной конвекции, вызванной неустойчивостью механического равновесия в многокомпонентных газовых смесях – М., 2015. – 172 с.
- 2 Druet P. E. A theory of generalized solutions for ideal gas mixtures with Maxwell-Stefan diffusion // Discrete and continuous: Dynamical systems series S Vol. 14, No 11, 2021. pp. 4035–4067 doi:10.3934/dcdss.2020458
- 3 Kossov V., Fedorenko O., Asembaeva M., Mukamedenkyzy V., Moldabekova M. Intensification of the separation of isothermal ternary gas mixtures containing carbon dioxide // Chem. Eng. Technol. – 2021. – Vol. 44, No. 11. – P. 2034 – 2040. DOI:10.1002/ceat.202100241.
- 4 Moldabekova M.S., Asembaeva M.K., Krasikov S.A., Nurtay G.F. Features of diffusion and convective mixing in mixtures containing hydrocarbons. Journal of Physics: Conference Series, 2020, 1565(1), 012063 (Открытый доступ)
- 5 Kossov V.N., Krasikov S.A., Fedorenko O.V., Zhakebaev D.B., Asembaeva M.K. Experimental and numerical study of the peculiarities of multicomponent gas mixture separation under natural gravity convection // Материалы Международной конференции «Современные проблемы теплофизики и энергетики» (Москва 9-11 октября, 2017 г): в 2 т. Т. 1. – М.: Изд-кий дом МЭИ, 2017. – С. 228-230.
- 6 Молдабекова М.С., Красиков С.А. Асембаева М.К., Федоренко О.В. Моделирование разделения газовой смеси на компоненты в зависимости от давления // Материалы международной научной конференции, посвященной 80-летию академика НАН РК Абдильдина М.М. Абдильдинские чтения: Актуальные проблемы современной физики. 12-15 апреля, г.Алматы / под ред.М.Е. Абишева. – Алматы: Қазақ университеті, 2018.- С. 234-238.
- 7 Жаврин Ю.И., Молдабекова М.С., Асембаева М.К., Мукамеденкызы В., Нурмуханова А.З. Изучение диффузионного процесса для смеси некоторых углеводородных газов в водород // ВЕСТНИК КазННТУ, №1 (125).- Алматы: КазННТУ имени К.И. Сатпаева, январь, 2018.- С. 316 -322.
- 8 Moldabekova M.S., Asembaeva M.K., Fedorenko O.V. Experimental Investigation of the Effect of Pressure on Separation of a Carbon Dioxide-Containing Gaseous Mixture // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, 2019, 92(4), p. 872–876.
- 9 Kossov V., Fedorenko O., Asembaeva M., Mukamedenkyzy V., Moldabekova M. Intensification of the Separation of Isothermal Ternary Gas Mixtures Containing Carbon Dioxide. Chemical Engineering and Technology, 2021, 44(11), стр. 2034–2040.
- 10 Kosov V.N., Fedorenko O.V., Asembaeva M.K., Mukamedenkyzy V. Changing Diffusion–Convection Modes in Ternary Mixtures with a Diluent Gas. Theoretical Foundations of Chemical Engineering, 2020, 54(2), стр. 289–296.

Dzhurupova B.K.¹, Turdubekova S.²

¹Kyrgyz economic university named after Musa Ryskulbekov,
Bishkek c., Kyrgyz Republic

²Kyrgyz-turkish manas university, Bishkek c., Kyrgyz Republic

THE RESTAURANT BUSINESS IN KYRGYZSTAN – DEVELOPMENT PROSPECTS

Abstract. This article presents the results of a study on the current state of the restaurant business in the Kyrgyz Republic. It identifies key trends in the industry and determines the factors contributing to the successful operation of restaurants. The article also outlines the prospects for the development of the restaurant business in Kyrgyzstan and proposes measures to support its growth. The Kyrgyzstan restaurant sector offers significant opportunities for growth. With a growing economy and government support, the industry is well-positioned to become a key driver of economic development. By adapting to changing customer needs and leveraging new technologies, restaurants can achieve great success. 1. Growth of Tourism; Growth of the Middle Class; Infrastructure Development; Innovations and Technologies; Government Support; Growth Opportunities: Creating Unique Concepts; Developing Retail Sales and Delivery; Construction and Development; Franchising.

Keywords: restaurant business, services, digitalization, fusion cuisine and molecular gastronomy, food trucks, innovations, technologies.

Introduction. The restaurant industry in the Kyrgyz Republic plays a pivotal role in the country's economic well-being. Not only does it contribute to economic growth, but it also significantly impacts the social sphere by providing employment opportunities.

In recent years, Kyrgyzstan has experienced rapid development across various sectors, including the restaurant industry and its supporting infrastructure. However, this sector faces numerous challenges that present new opportunities for improvement and growth. The global landscape is continually evolving, and factors such as digitalization, competition, and globalization are reshaping the restaurant industry. Restaurants are compelled to seek innovative approaches to thrive, manage their finances effectively, and solidify their market po-

sitions [1]. In this context, there is a growing interest in gastronomic tourism, as people seek out new culinary experiences or revisit familiar dishes. This presents new opportunities for the restaurant industry in Kyrgyzstan.

The objective of this study is to analyze the current state and future prospects of the restaurant business in the Kyrgyz Republic. The relevance of this topic is underscored by the dynamic development of the restaurant sector, which necessitates comprehensive research to identify new trends and opportunities. The object of this study is the restaurant business in Kyrgyzstan, while the subject is its current state and future prospects in the contemporary context.

To achieve the research objectives, the following tasks were undertaken:

- Analysis of statistical data on the restaurant business in Kyrgyzstan;
- Review of relevant literature, including academic research and industry reports;
- Comparative analysis of competitors in the restaurant business, focusing on Bishkek.

Research findings. *Historical context and current state*

Modern Kyrgyz citizens increasingly opt for dining out, a trend that is particularly pronounced in Bishkek where cafes and restaurants are opening at a rapid pace. The development of the restaurant business in the country began in the early 1990s and has since grown significantly, contributing to the nation's economic development. Investors are attracted to this service sector, anticipating a quick return on investment with the right business model. Small businesses form the backbone of Kyrgyzstan's restaurant industry. While food service establishments are not subject to state licensing, they are regulated by sanitary and epidemiological services. Restaurants can operate as legal entities or individual entrepreneurs, which influences their tax policies. Despite robust growth, accurate data on the restaurant industry is often lacking. Many establishments combine their operations with the hospitality industry, making it difficult to obtain precise statistics. Bishkek remains the center of the country's restaurant business, home to both traditional establishments and ethnic restaurants offering diverse cuisines [2]. Recently, there has been a surge in popularity of bistros targeting a younger demographic, indicating the dynamic nature of the sector.

Contemporary Trends in Kyrgyzstan's Restaurant Industry

The surge in food delivery services has become an integral part of the restaurant business in recent times. This trend has been driven by fast-paced lifestyles, the growing number of office workers, the popularity of online ordering and mobile applications, and the restrictions imposed by recent pandemic events. For food service establishments to maximize profits from delivery, owners need to consider several key factors. Firstly, the menu should be designed to withstand transportation. Certain dishes are unsuitable for prolonged delivery and are best prepared on-site. Additionally, a decision must be made regarding whether the restaurant will partner with third-party delivery services or establish its own. Each approach has its advantages and disadvantages, and the choice depends on the specific capabilities of the establishment. Another crucial aspect is packaging, which must preserve the appearance, taste, and aroma of dishes during delivery [3]. To ensure successful delivery operations, it is essential to determine the optimal delivery radius to prevent food quality degradation and delays.

Contactless services have emerged as one of the most pressing trends. Driven by increasing concerns for safety and hygiene, restaurant patrons are seeking establishments that prioritize these aspects. Contactless services minimize interactions between staff and customers, utilizing digital menus, mobile ordering and payment apps, and dedicated pickup stations [4]. The seamless operation of these systems requires thorough testing of technologies and adequate staff training to address any potential issues.

Digitalization and social media have become integral components of modern business. Social media platforms play a pivotal role in promoting brands and expanding customer bases. Restaurants actively create social media accounts to share photos of their interiors, dishes, and beverages, post promotional videos, and conduct contests.

Post-pandemic, consumers have placed a greater emphasis on health and the nutritional content of their meals. There has been a growing interest in plant-based products, including plant-based milk, while consumption of meat and sugary products has declined. Alcoholic beverages have also seen a decrease in popularity within the restaurant industry. Among emerging trends is the globalization of cuisine. Travel restrictions have fueled interest in establishments offering dishes from various cultures.

Fusion cuisine, combining culinary traditions from different countries, is set to be a major trend in 2024. Restaurant menus will feature unconventional pairings such as sushi burritos or Thai-inspired pizzas. Molecular gastronomy continues to evolve, moving beyond traditional cooking methods

to create unique cocktails using edible bubbles and liquid nitrogen [5].

Simplicity and quality are now preferred by diners. Customers seek dishes with minimal ingredients but high-quality products. The “rule of three” is gaining traction, suggesting that three well-chosen ingredients can create a more significant impact than complex combinations.

Decreasing portion sizes and collaborations are also emerging trends. Smaller portions cater to consumers seeking to try a variety of dishes, while collaborations between restaurants and other brands help attract new customers and create unique gastronomic experiences.

Food trucks represent a vibrant trend in street food. They can serve as fully-equipped mobile kitchens or food trailers. This format requires a smaller investment and offers flexibility in terms of location, making it attractive to aspiring entrepreneurs.

Market analysis of the Kyrgyz restaurant industry

The National Statistical Committee of Kyrgyzstan has released data on the financial turnover of restaurants, bars, and other food service establishments [6] (Figure 1):

- 2018 – 20 billion 555.6 million soms
- 2019 – 22 billion 283.1 million soms
- 2020 – 14 billion 864.2 million soms
- 2021 – 19 billion 503.1 million soms
- 2022 – 25 billion 614.2 million soms [6]

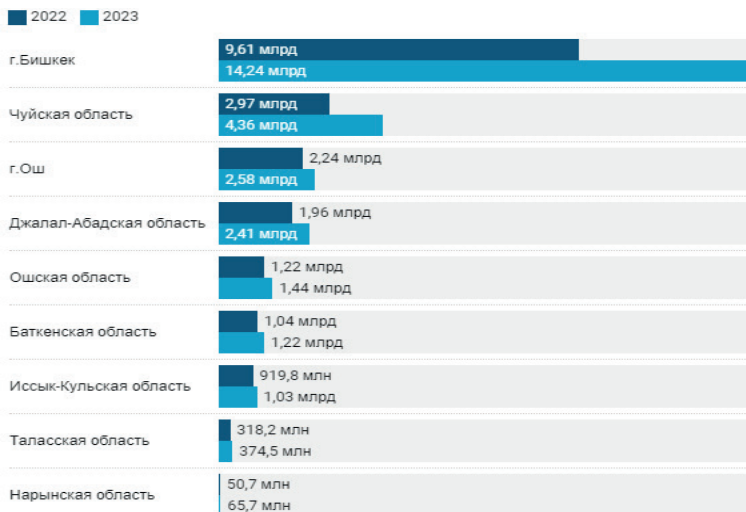


Figure 1 - Revenue of hotels and restaurants in the Kyrgyz Republic

The volume of services provided by hotels and restaurants in Kyrgyzstan increased in all regions from January to October 2023 compared to the same period of the previous year [7].

For the first ten months of the current year, the total volume amounted to 27 billion 718.8 million soms, significantly higher compared to the same period of the previous year when it was 20 billion 328.5 million soms. The bulk of this volume is concentrated in Bishkek, reaching 14.2 billion soms. At the same time, Naryn region demonstrates the lowest indicators with a volume of only 65.7 million soms in the hotel and restaurant sector.

In 2023, Kyrgyzstan, along with Armenia and Kazakhstan, was among the three countries with the highest growth in the food service sector. This is confirmed by a study conducted by INFOLine experts, covering Russia, Central Asia, Belarus, and some Caucasus countries.

According to the register of the largest food service networks in Russia, Belarus, Armenia, and Central Asia for 2024, in 2023, all studied regions recorded an increase in the food service market turnover in US dollars, except for Russia, which experienced a decline.

The dynamics of the sector's development in national currency and considering comparable prices is as follows: Armenia - 25.4%, Kazakhstan - 25%, Kyrgyzstan - 24.9%, Uzbekistan - 12.6%, Russia - 12%, Azerbaijan - 12%, Belarus - 10.2% [8].

The growth of this industry is driven by both natural factors such as rising food prices, increased consumption, and the opening of new establishments, as well as improvements in the business environment and increased transparency. In Armenia and Kyrgyzstan, an increase in the number of customers, including tourists and migrants from Russia, has also contributed to positive dynamics (Figure 2).



Figure 2 - Food service turnover, billion USD [8]

Conclusion. The Kyrgyzstan restaurant sector offers significant opportunities for growth. With a growing economy and government support, the industry is well-positioned to become a key driver of economic development. By adapting to changing customer needs and leveraging new technologies, restaurants can achieve great success. The restaurant sector in Kyrgyzstan offers substantial growth opportunities, fueled by a variety of factors:

1. Growth of Tourism:

- The number of tourists interested in visiting Kyrgyzstan and trying local and international cuisine has increased, creating a demand for high-quality restaurants [9].
- Kyrgyzstan attracts visitors not only with its natural beauty but also with its unique traditions, friendly hospitality, and numerous historical landmarks.

2. Growth of the Middle Class:

- With the growth of the middle class in the republic, purchasing power is increasing, leading to more frequent use of food service.
- Consumers from this category seek more diverse and original gastronomic experiences.

3. Infrastructure Development:

- Improved road networks and convenient parking make restaurants more accessible to residents of remote areas.

- The opening of establishments in shopping centers and entertainment complexes.

4. Innovations and Technologies:

- The introduction of modern technologies in restaurants contributes to increased efficiency and service quality.

- The development of online ordering and social networks allows restaurants to reach a larger audience and optimize their operations.

5. Government Support:

- The Kyrgyz government recognizes the importance of developing the restaurant sector for economic growth.

- The provision of subsidies, tax breaks, and other forms of government support

Growth Opportunities:

1. Creating Unique Concepts:

- In a highly competitive environment, restaurants need to develop interesting concepts.

- This could involve creating themed establishments, using local products, and innovative approaches to the menu.

1. Developing Retail Sales and Delivery:

- Restaurants can expand their services by offering takeaway and delivery.

- This will allow them to increase revenue and reach a larger audience.

2. Construction and Development:

- Demand for new restaurants is growing in developing cities and tourist areas.

- Attracting investors to open new establishments or modernize existing ones.

3. Franchising:

- Franchising is an effective way to expand the restaurant business.

- Using a proven business model contributes to faster development

References

1 *Yelkanova D.I., Osipov D.A., Romanov V.V., Sorokina Ye.V.* Osnovy industrii gostepriimstva, 42-47 s.

2 *Samatova G.ZH.* Osobennosti razvitiya predpriyatiy obshchestvennogo pitaniya v Kyrgyzskoy Respublike, 1-3 s.

3 Sayt «restoplace.cc» Trendy restorannogo biznesa 2023 [Elektronnyy resurs]: Rezhim dostupa <https://restoplace.cc/blog/trendi-restorannogo-bizesa-2023?ysclid=lui1qztvdg516655489>.

4 Shevtsova Ye.D. Osobennosti, problemy i perspektivy restorannogo biznesa v sovremennykh usloviyakh, 2-3 s.

5 Sayt «frost26.ru» Faktory uspekha restorana [Elektronnyy resurs]: - Rezhim dostupa <https://frost26.ru/blog/biznes/factory-uspekha-restorana/>.

6 Sayt «sputnik.kg» Oborot toчек obshchepita v Kyrgyzstane prevysil 25 mlrd somov v proshlom godu [Elektronnyy resurs]: - Rezhim dostupa <https://ru.sputnik.kg/20230806/kyrgyzstan-oborot-obshchepit1077584232.html?ysclid=lvjfdl-19sy158986382>.

7 Sayt «akchabar.kg» V Kyrgyzstane stali chashche poseshchat' restorany i gostinitsy [Elektronnyy resurs]: - Rezhim dostupa <https://www.akchabar.kg/ru/news/v-kr-rastut-obemy-uslug-predostavlyaemye-gostinitsami-i-restoranami/?ysclid=lvjfx7v8o903863255>.

8 Sayt «economist.kg» Kyrgyzstan pokazal rost oborota rynka obshchepita v 2023 godu pochtі na 25% – issledovaniye INFOLine [Elektronnyy resurs]: - Rezhim dostupa <https://economist.kg/exclusive/2024/03/27/kyrgyzstan-pokazal-rost-oborota-rynka-obshchiepita-v-2023-ghodu-pochti-na-25-issledovaniie/?ysclid=lu9ib-09bi8189180639>.

9 Sayt «ak-sai.com» Restorany goroda Bishkek [Elektronnyy resurs]: - Rezhim dostupa <https://ak-sai.com/restaurants-of-bishkek/?ysclid=lvgtbnlt7j267125858>.

...

Джурупова Б. К.¹, Турдубекова С.²

¹ М.Рысқұлбеков атындағы Қырғыз экономикалық университеті, Бишкек қ., Қырғызстан

² Қырғыз-Түрік «Манас» университеті, Бишкек қ., Қырғызстан

ҚЫРҒЫЗСТАНДАҒЫ ҚОҒАМДЫҚ ТАМАҚТАНДЫРУ САЛАСЫНЫҢ ДАМУ БАҒЫТТАРЫ

Түйіндеме. Мақалада Қырғыз Республикасындағы қоғамдық тамақтандыру кәсіпорындарының қазіргі жағдайын зерттеу нәтижелері келтірілген, негізгі тенденциялар анықталған. Сондай-ақ, мейрамханалардың сәтті жұмыс істеуіне ықпал ететін факторлар анықталып, болашақ перспективалары қарастырылып, қоғамдық тамақтандыру саласын дамытуға арналған шаралар әзірленген. Қырғызстандағы мейрамхана секторының өсу әлеуеті зор. Экономиканың серпінді дамуы мен мемлекет тарапынан қолдаудың арқасында саланың экономикалық дамудың негізгі драйверлерінің біріне айналу үшін барлық алғышарттар бар. Клиенттердің өзгермелі талаптарын ескере отырып және заманауи технологияларды енгізу арқылы мейрамханалар әсерлі нәтижелерге қол жеткізе алады. Қырғызстандағы мейрамхана

секторы бірқатар факторларға байланысты өсу үшін айтарлықтай әлеуетке ие: туристік ағынның артуы; Орта таптың кеңеюі; Инфрақұрылымды дамыту; Инновация және технология; Мемлекеттік қолдау. Өсу мүмкіндіктері: Бірегей концепцияларды құру; Бөлшек сауда және жеткізу қызметтерін кеңейту; Инфрақұрылымды дамыту және жаңғырту; Франчайзинг.

Түйінді сөздер: мейрамхана бизнесі, қызметтер, цифрландыру, фьюжн ас мәзірі, молекулалық гастрономия, фудтрактар, инновациялар, технологиялар.

...

Джурупова Б. К.¹, Турдубекова С.²

¹Кыргызский экономический университет им. М. Рыскулбекова, г. Бишкек, Кыргызстан

²Кыргызско-Турецкий университет «Манас», г. Бишкек, Кыргызстан

РЕСТОРАННЫЙ БИЗНЕС В КЫРГЫЗСТАНЕ – ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований текущего состояния ресторанного бизнеса в Кыргызской Республике и выявлены ключевые тенденции. Определены факторы, способствующие успешной деятельности ресторанов. Выявлены перспективы и разработаны мероприятия для развития ресторанного бизнеса в Кыргызстане. Ресторанный сектор Кыргызстана обладает значительным потенциалом для роста. Благодаря динамичному развитию экономики и поддержке со стороны государства, отрасль имеет все предпосылки для превращения в один из ключевых драйверов экономического развития. Учитывая меняющиеся запросы клиентов и внедряя современные технологии, рестораны могут достичь впечатляющих результатов. Ресторанный сектор в Кыргызстане обладает значительным потенциалом для роста благодаря ряду факторов: Увеличение туристического потока; Увеличение среднего класса; Развитие инфраструктуры; Инновации и технологии; Государственная поддержка. Возможности роста: Создание уникальных концепций; Расширение розничных продаж и услуг доставки; Развитие инфраструктуры и модернизация; Франчайзинг.

Ключевые слова: ресторанный бизнес, услуги, цифровизация, фьюжн-кухня и молекулярная гастрономия, фудтраки, инновации, технологии.

Information about the authors

Dzhurupova Bermet Keneshovna – PhD, Professor of the Research University, Kyrgyz Economic University named after M. Ryskulbekov, Bishkek c., Kyrgyz Republic, bermet_jk@mail.ru

Turdubekova Sapargul – senior lecturer, Kyrgyz-Turkish manas university, Bishkek c., Kyrgyz Republic, sapargul.turdubekova@manas.edu.kg

Авторлар туралы мәліметтер

Джурупова Бермет Кенешовна – PhD, М.Рысқұлбеков атындағы Қырғыз экономикалық университетінің ғылыми-зерттеу институтының профессоры, Бішкек қ., Қырғызстан, bermet_jk@mail.ru

Турдубекова Сапаргуль – Қырғыз-Түрік «Манас» университетінің аға оқытушысы, Бішкек қ., Қырғызстан, sapargul.turdubekova@manas.edu.kg

Сведения об авторах

Джурупова Бермет Кенешовна – PhD, профессор Научно-исследовательского университета, Кыргызский экономический университет им. М. Рыскулбекова, г. Бишкек, Кыргызстан, bermet_jk@mail.ru

Турдубекова Сапаргуль – старший преподаватель Кыргызско-Турецкого университета «Манас», г. Бишкек, Кыргызстан, sapargul.turdubekova@manas.edu.kg

МАКАЛАНЫҢ АУДАРМАСЫ / ПЕРЕВОД СТАТЬИ

Джурупова Б.К.¹, Турдубекова С.У.²

¹ Научно-исследовательский институт, Кыргызского экономического университета имени М. Рыскулбекова, г. Бишкек, Кыргызская Республика

² Кыргызско-Турецкий университет «Манас», г. Бишкек, Кыргызская Республика

РЕСТОРАННЫЙ БИЗНЕС В КЫРГЫЗСТАНЕ – ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Аннотация. В статье приведены результаты исследований текущего состояния ресторанного бизнеса в Кыргызской Республике и выявлены ключевые тенденции. Определены факторы, способствующие успешной деятельности ресторанов. Выявлены перспективы и разработаны мероприятия для развития ресторанного бизнеса в Кыргызстане. Ресторанный сектор Кыргызстана обладает значительным потенциалом для роста. Благодаря динамичному развитию экономики и поддержке со стороны государства, отрасль имеет все предпосылки для превращения в один из ключевых драйверов экономического развития. Учитывая меняющиеся запросы клиентов и внедряя современные технологии, рестораны могут достичь впечатляющих результатов. Ресторанный сектор в Кыргызстане обладает значительным потенциалом для роста благодаря ряду факторов: Увеличение туристического потока; Увеличение среднего класса; Развитие инфраструктуры; Инновации и технологии; Государственная поддержка. Возможности роста: Создание уникальных концепций; Расширение розничных продаж и услуг доставки; Развитие инфраструктуры и модернизация; Франчайзинг. **Ключевые слова:** ресторанный бизнес, услуги, цифровизация, фьюжн-кухня и молекулярная гастрономия, фудтраки, инновации, технолог.

Введение. Ресторанный бизнес в Кыргызской Республике играет ключевую роль в экономическом благосостоянии страны. Она не только способствует экономическому росту, но и оказывает значительное влияние на социальную сферу, предоставляя возможности для трудоустройства. В последние годы Кыргызстан переживает бурное развитие различных секторов экономики, включая ресторанный бизнес и поддерживающую его инфраструктуру. Однако этот сектор сталкивается с многочисленными проблемами, которые открывают новые возможности для совершенствования и роста.

Глобальный ландшафт постоянно меняется, и такие факторы, как цифровизация, конкуренция и глобализация, изменяют ресторанный индустрию. Ресторанам приходится искать инновационные подходы, чтобы процветать, эффективно управлять финансами и укреплять свои позиции на рынке [1]. В связи с этим растет интерес к гастрономическому туризму, поскольку люди ищут новые кулинарные впечатления или пересматривают знакомые блюда. Это открывает новые возможности для ресторанного бизнеса в Кыргызстане.

Цель данного исследования - проанализировать текущее состояние и перспективы развития ресторанного бизнеса в ресторанного бизнеса в Кыргызской Республике.

Актуальность данной темы подчеркивается динамичным развитием ресторанного сектора, что обуславливает необходимость проведения комплексного исследования для выявления новых тенденций и возможностей.

Для достижения целей исследования были решены следующие задачи:

- Анализ статистических данных по ресторанному бизнесу в Кыргызстане;
- Обзор соответствующей литературы, включая академические исследования и отраслевые отчеты;
- Сравнительный анализ конкурентов в ресторанном бизнесе с фокусом на Бишкеке.

Результаты исследований. Исторический контекст и современное состояние

Современные граждане Кыргызстана все чаще предпочитают питаться вне дома, и эта тенденция особенно ярко выражена в Бишкеке, где быстрыми темпами открываются кафе и рестораны, особенно ярко выражена в Бишкеке, где кафе и рестораны открываются быстрыми темпами.

Развитие ресторанного бизнеса в стране началось в начале 1990-х годов и с тех пор значительно выросло, внося свой вклад в экономическое развитие страны. Инвесторы привлекаются в этот сектор услуг, ожидая быстрой отдачи от вложений при правильной бизнес-модели. Малые предприятия составляют основу ресторанной индустрии Кыргызстана. Хотя предприятия общественного питания не подлежат государственному лицензированию, их деятельность регулируется санитарно-эпидемиологическими службами. Рестораны мо-

гут функционировать как юридические лица или как индивидуальные предприниматели, что влияет на их налоговую политику. Несмотря на активный рост, точных данных о ресторанной индустрии часто не хватает. Многие заведения совмещают свою деятельность с гостиничным бизнесом, что затрудняет получение точных статистических данных. Бишкек остается центром ресторанного бизнеса страны, где расположены как традиционные заведения, так и этнические рестораны с разнообразной кухней [2]. В последнее время наблюдается всплеск популярности бистро, ориентированных на более молодую демографическую группу, что свидетельствует о динамичном развитии сектора.

Современные тенденции в ресторанном бизнесе Кыргызстана.

В последние годы увеличение числа служб доставки еды стало важным элементом ресторанного бизнеса. Эта тенденция обусловлена стремительным ритмом жизни, ростом числа офисных сотрудников, популярностью онлайн-заказов и мобильных приложений, а также ограничениями, вызванными недавними пандемиями. Чтобы предприятия общественного питания могли максимально эффективно использовать доставку, владельцам следует учитывать несколько ключевых аспектов. Прежде всего, меню должно быть адаптировано для транспортировки. Некоторые блюда не подходят для длительной доставки, поэтому их целесообразнее готовить непосредственно на месте.

Также следует решить, стоит ли ресторану сотрудничать с внешними службами доставки или создавать собственную. У каждого из этих вариантов есть свои плюсы и минусы, и выбор зависит от ресурсов и стратегических целей заведения. Также важным моментом является выбор упаковки, которая должна сохранять внешний вид, вкус и аромат блюд во время доставки [3]. Для эффективной организации доставки нужно определить оптимальный радиус, чтобы минимизировать риски ухудшения качества блюд и избежать задержек.

Бесконтактные услуги стали одной из ключевых тенденций современности. В условиях повышенного внимания к вопросам безопасности и гигиены посетители ресторанов отдают предпочтение заведениям, где этим аспектам уделяется особое внимание [4]. Применение бесконтактных сервисов позволяет минимизировать взаимодействие между персоналом и клиентами за счет внедрения цифровых меню,

мобильных приложений для оформления заказов и оплаты, а также организации специальных пунктов самовывоза.

Для обеспечения бесперебойной работы данных систем необходимо проводить тщательное тестирование технологий и обеспечивать надлежащую подготовку персонала для оперативного решения возможных проблем.

Цифровизация и социальные медиа стали важнейшими элементами современного бизнеса. Платформы социальных медиа выполняют ключевую функцию в продвижении брендов и увеличении клиентской аудитории. Рестораны активно создают аккаунты в социальных сетях, чтобы делиться фотографиями своих интерьеров, блюд и напитков, размещают рекламные видеоролики и проводят конкурсы.

Пандемия побудила потребителей уделять больше внимания здоровую и питательной ценности продуктов питания. Интерес к продуктам растительного происхождения, включая растительное молоко, значительно вырос, тогда как потребление мяса и продуктов с высоким содержанием сахара сократилось. Алкогольные напитки утратили прежнюю популярность в ресторанной индустрии. Одной из новых тенденций стала глобализация кулинарии. Ограничения на поездки усилили интерес к ресторанам, предлагающим блюда разных национальных кухонь.

Кухня фьюжн, сочетающая кулинарные традиции разных стран, станет главным трендом 2024 года. В меню ресторанов появятся такие нетрадиционные сочетания, как суши-буррито или пицца в тайском стиле. Молекулярная гастрономия продолжает развиваться, выходя за рамки традиционных методов приготовления пищи и создавая уникальные коктейли с использованием съедобных пузырьков и жидкого азота [5].

Простота и качество — ключевые предпочтения современных гостей. Клиенты отдают предпочтение блюдам с минимальным количеством ингредиентов, но приготовленным из продуктов высокого качества. Все большую популярность приобретает «правило трех», согласно которому три гармонично подобранных ингредиента способны создать более яркое впечатление, чем сложные многокомпонентные сочетания.

Сокращение размеров порций и партнерство становятся актуальными тенденциями. Небольшие порции ориентированы на потребителей, стремящихся попробовать широкий ассортимент блюд, а сотрудничество ресторанов с другими брендами способствует привлечению

новой аудитории и созданию уникального гастрономического опыта.

Фуд-траки являются яркой и динамичной тенденцией в индустрии уличной еды. Они представляют собой полностью оборудованные мобильные кухни или фуд-трейлеры, требующие сравнительно меньших инвестиций. Гибкость в выборе местоположения делает этот формат особенно привлекательным для начинающих предпринимателей.

Анализ рынка ресторанного бизнеса Кыргызстана.

Национальный статистический комитет Кыргызской Республики представил данные о финансовом обороте ресторанов, баров и других заведений общественного питания. [6] (Рисунок 1):

2018 год - 20 млрд 555,6 млн сомов

2019 год - 22 млрд 283,1 млн сомов

2020 год - 14 млрд 864,2 млн сомов

2021 - 19 млрд 503,1 млн сомов

2022 - 25 млрд 614,2 млн сомов [6]

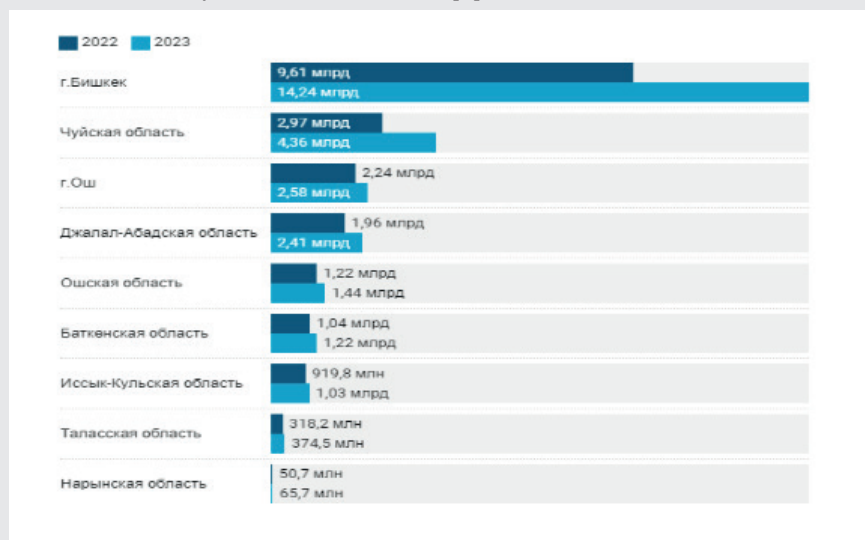


Рисунок 1 - Выручка отелей и ресторанов в Кыргызской Республике

Объем услуг, оказываемых гостиницами и ресторанами Кыргызстана, вырос во всех регионах в период с января по октябрь 2023

года по сравнению с тем же периодом прошлого года [7].

За десять месяцев текущего года общий объем достиг 27,7 млрд сомов, что значительно превышает показатель аналогичного периода прошлого года, составивший 20,3 млрд сомов. Основная доля данного объема сосредоточена в Бишкеке и составляет 14,2 млрд сомов. В то же время Нарынская область демонстрирует самые низкие показатели — объем в гостинично -ресторанном секторе здесь достигает лишь 65,7 млн сомов.

В 2023 году Кыргызстан занял место в тройке лидеров по темпам роста в секторе общественного питания, наряду с Арменией и Казахстаном. Такие данные представлены в исследовании экспертов INFOLine, охватившем Россию, Центральную Азию, Беларусь и ряд стран Кавказского региона.

Согласно реестру крупнейших сетей общественного питания в России, Беларуси, Армении и странах Центральной Азии на 2024 год, в 2023 году во всех указанных регионах, за исключением России, был зафиксирован рост оборота рынка общественного питания в долларах США. В России, напротив, наблюдалось снижение данного показателя.

Динамика развития сектора в национальной валюте с учетом сопоставимых цен представлена следующим образом: Армения – 25,4%, Казахстан – 25%, Кыргызстан – 24,9%, Узбекистан – 12,6%, Россия – 12%, Азербайджан – 12%, Беларусь – 10,2%.

Рост данного сектора обусловлен рядом факторов, включая повышение цен на продукты питания, увеличение уровня потребления, открытие новых предприятий, а также улучшение условий ведения бизнеса и повышение уровня прозрачности в отрасли. В Армении и Кыргызстане рост числа покупателей, включая туристов и мигрантов из России, стал важным фактором положительной динамики.



Рисунок 2 - Оборот общественного питания, в млрд долларов США]

Заключение. Ресторанный сектор в Кыргызстане обладает значительным потенциалом для роста благодаря ряду факторов:

1. Увеличение туристического потока:

- Число туристов, заинтересованных в посещении Кыргызстана и желающих попробовать блюда как местной, так и международной кухни, продолжает расти, создавая спрос на рестораны высокого уровня.
- Кыргызстан привлекает путешественников не только своей живописной природой, но и уникальными традициями, искренним гостеприимством и богатым историческим наследием.

2. Увеличение среднего класса:

- Рост среднего класса в республике способствует повышению покупательской способности, что ведет к увеличению спроса на услуги общественного питания.
- Потребители этой категории ориентируются на получение более разнообразных и уникальных кулинарных впечатлений.

3. Развитие инфраструктуры:

Улучшение дорожной инфраструктуры и создание удобных парковочных зон повышают доступность ресторанов для жителей удалённых районов. Открытие заведений на территории торговых центров и развлекательных комплексов способствует увеличению потока посетителей.

4. Инновации и технологии:

- Использование современных технологий в ресторанной индустрии способствует повышению эффективности работы и улучшению качества обслуживания гостей.

- Активное развитие онлайн-заказов и использование социальных сетей позволяет ресторанам расширить аудиторию и оптимизировать операционные процессы.

5. Государственная поддержка:

Правительство Кыргызской Республики осознаёт ключевую роль ресторанного сектора в стимулировании экономического роста страны. В этой связи предусмотрены меры государственной поддержки, включая предоставление субсидий, налоговых льгот и других форм стимулирования. Предоставление субсидий, налоговых льгот и других форм государственной поддержки.

Возможности роста:

1. Создание уникальных концепций

В условиях высокой конкуренции ресторанам важно предлагать оригинальные и привлекательные концепции. Это может включать тематическое оформление заведений, использование локальных продуктов, внедрение инновационных подходов к разработке меню и создание уникального клиентского опыта.

2. Расширение розничных продаж и услуг доставки

Рестораны могут увеличить доходы, предлагая блюда на вынос и услуги доставки. Это позволит охватить более широкую аудиторию, повысить лояльность клиентов и укрепить позиции на рынке.

3. Развитие инфраструктуры и модернизация

Растущий спрос на новые рестораны в развивающихся городах и туристических зонах открывает возможности для строительства новых точек или обновления существующих. Привлечение инвесторов может стать ключевым фактором успеха в реализации таких проектов.

4. Франчайзинг

Франчайзинг является эффективным инструментом для масштабирования ресторанного бизнеса, обеспечивая быстрое расширение сети и минимизацию рисков для владельцев. Использование проверенной бизнес-модели способствует более быстрому развитию.

Вывод. Ресторанный сектор Кыргызстана обладает значительным потенциалом для роста. Благодаря динамичному развитию экономики и поддержке со стороны государства, отрасль имеет все предпосылки для превращения в один из ключевых драйверов экономического развития. Учитывая меняющиеся запросы клиентов и внедряя современные технологии, рестораны могут достичь впечатляющих результатов.

Список литературы

- 1 Елканова Д. И., Осипов Д. А., Романов В. В., Сорокина Е. В. Основы индустрии гостеприимства, 42 - 47 стр.
- 2 Саматова Г. Ж. Особенности развития предприятий общественного питания в Кыргызской Республике, 1 – 3 стр.
- 3 Сайт «restoplace.cc» Тренды ресторанного бизнеса 2023 [Электронный ресурс]: Режим доступа <https://restoplace.cc/blog/trendi-restorannogo-bizesa-2023?ysclid=lui1qtzvdg516655489>
- 4 Шевцова Е. Д. Особенности, проблемы и перспективы ресторанного бизнеса в современных условиях, 2 -3 стр.
- 5 Сайт «frost26.ru» Факторы успеха ресторана [Электронный ресурс]: - Режим доступа <https://frost26.ru/blog/biznes/factory-uspekha-restorana/>
- 6 Сайт «sputnik.kg» Оборот точек общепита в Кыргызстане превысил 25 млрд сомов в прошлом году [Электронный ресурс]: - Режим доступа <https://ru.sputnik.kg/20230806/kyrgyzstan-oborot-obshchepit-1077584232.html?ysclid=lvjfdl19sy158986382>
- 7 Сайт «akchabar.kg» В Кыргызстане стали чаще посещать рестораны и гостиницы [Электронный ресурс]: - Режим доступа <https://www.akchabar.kg/ru/news/v-kr-rastut-obemy-uslug-predostavlyaemye-gostinitsami-i-restoranami/?ysclid=lvjfx7v8o903863255>
- 8 Сайт «economist.kg» Кыргызстан показал рост оборота рынка общепита в 2023 году почти на 25% – исследование INFOline [Электронный ресурс]: - Режим доступа <https://economist.kg/exclusive/2024/03/27/kyrgyzstan-pokazal-rost-oborota-rynka-obshchiepita-v-2023-ghodu-pochti-na-25-issliedovaniie/?ysclid=lu9ib09bi8189180639>
- 9 Сайт «ak-sai.com» Рестораны города Бишкек [Электронный ресурс]: - Режим доступа <https://ak-sai.com/restaurants-of-bishkek/?ysclid=lvgtbnlt7j267125858>

References

- 1 Elkanova D. I., Osipov D. A., Romanov V. V., Sorokin. E. V. Osnovy industrii gostepriimstva, 42 - 47 str.
- 2 Samatova G. Zh. Osobennosti razvitiya predpriyatij obshchestvennogo pitaniya v Kyrgyzskoy Respublike, 1 – 3 str.
- 3 Sajt «restoplace.cc» Trendy restorannogo biznesa 2023 [Jelektronnyj resurs]: Rezhim dostupa <https://restoplace.cc/blog/trendi-restorannogo-bizesa-2023?ysclid=lui1qtzvdg516655489>
- 4 Shevcova E. D. Osobennosti, problemy i perspektivy restorannogo biznesa v sovremennyh usloviyah, 2 -3 str.
- 5 Sajt «frost26.ru» Faktory uspeha restorana [Jelektronnyj resurs]: - Rezhim dostupa <https://frost26.ru/blog/biznes/factory-uspekha-restorana/>
- 6 Sajt «sputnik.kg» Oborot toчек obshchepita v Kyrgyzstane prevysil 25 mlrd somov v proshlom godu [Jelektronnyj resurs]: - Rezhim dostupa <https://ru.sputnik.kg/20230806/kyrgyzstan-oborot-obshchepit-1077584232.html?ysclid=lvjfdl19sy158986382>
- 7 Sajt «akchabar.kg» V Kyrgyzstane stali chashhe poseshhat; restorany i gostinicy [Jelektronnyj resurs]: - Rezhim dostupa <https://www.akchabar.kg/ru/news/v-kr-rastut-obemy-uslug-predostavlyaemye-gostinitsami-i-restoranami/?ysclid=lvjfx7v8o903863255>
- 8 Sajt «economist.kg» Kyrgyzstan pokazal rost oborota rynka obshchepita v 2023 godu pochtі na 25% – issledovanie INFOline [Jelektronnyj resurs]: - Rezhim dostupa <https://economist.kg/exclusive/2024/03/27/kyrgyzstan-pokazal-rost-oborota-rynka-obshchepita-v-2023-ghodu-pochti-na-25-issledovaniie/?ysclid=lu9ib09bi8189180639>
- 9 Sajt «ak-sai.com» Restorany goroda Bishkek [Jelektronnyj resurs]: - Rezhim dostupa <https://ak-sai.com/restaurants-of-bishkek/?ysclid=lvgtgblnt7j267125858>

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ

ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСИ

Экспериментальная статья – от 7 до 15 страниц (формат А4), 4-6 рисунков (таблиц), не считая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References списка литературы, Сведения об авторах на трех языках.

Обзорная статья – 7-15 страниц, включая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References списка литературы, количество рисунков или таблиц не более 9 (3 рисунка считаются за 1 страницу); Сведения об авторах на трех языках.

Краткое сообщение – 5-9 страниц, включая рисунки или таблицы (не больше трех), не считая аннотации, таблицы, рисунки, Список литературы, References списка литературы, Сведения об авторах на трех языках.

✓ Текстовые файлы следует представлять в формате PDF и Word (версии 6.0 и более поздние), шрифт – Times New Roman, размер – 12pt, Интервал - 1,15, в одну колонку.

ШАБЛОН НАПИСАНИЯ СТАТЬИ

код МРНТИ (Межгосударственный рубрикатор научно-технической информации)

Фамилия и инициалы авторов – на 3-х языках (казахский, русский, английский) (первый – автор текста, затем соавторы и научные руководители);

Наименование места работы, город, страна – на 3-х языках (казахский, русский, английский);

Если авторы статьи из разных учреждений, то в конце каждой фамилии поставить надстрочную цифру, соответствующую месту работы. Ниже указать место работы каждого автора и поставить надстрочную цифру в начале наименования места работы.

Пример: *Бериков А.К.¹, Васильев С.И.²*

¹Институт горного дела, г. Алматы, Казахстан

² Кыргызский горно-металлургический институт им. Академика У. Асаналиева,
г. Бишкек, Кыргызстан

Заглавие статьи – на 3-х языках (казахский, русский, английский);- должно быть максимально кратким, информативным, без сокращений;

Аннотация: пишется на 3-х языках (русский, казахский, английский):

Не более 150-250 слов. (Содержание аннотации: Цель исследований. Что сделано. Что обнаружено. Чем важны результаты, Область применения, Есть ли аналоги в мире);

Ключевые слова: пишутся на 3-х языках (казахский, русский, английский) – всего 5-6 одиночных слова и не более двух-трёх словосочетаний;

Текст статьи: включает таблицы, рисунки, список цитированной литературы;

Введение – краткое изложение истории вопроса с рассмотрением отечественных и зарубежных работ, в которых аналогичные или близкие исследования уже проводились за последние десятилетия;

Цель исследования – краткое описание;

Методы исследования – следует детально описывать новые методы; на ранее опубликованные и общеизвестные методы достаточно сослаться в списке литературы, указав автора и/или название метода;

- **Таблицы** должны быть пронумерованы арабскими цифрами и иметь описательное название. Численные измерения (единицы) должны быть включены в заголовок столбца.

- **Рисунки** (графики, чертежи и пр.) и цветные иллюстрации принимаются к печати, только в лучшем качестве. Рисунки должны иметь краткие заголовки, дающие точное описание к изображению на рисунках. Заголовки рисунков не должны размещаться на иллюстрациях. Независимо от типа графики, рисунки должны обладать высоким разрешением, не ниже 600 точек на дюйм. Максимальный размер рисунков 120 × 210 мм. За предоставленные не качественные графические материалы, при публикации редакция ответственности не несёт.

Результаты исследования – приводятся основные теоретические и экспериментальные результаты, фактические данные, обнаруженные взаимосвязи и закономерности. При этом отдается предпочтение новым результатам, важным открытиям, выводам, которые опровергают существующие теории, а также данным, имеющим практическое значение.

Обсуждение результатов – производится сопоставление с лучшими отечественными и мировыми аналогами. Описываются дискуссионные моменты исследования, и ваше видение их разрешения.

Выводы – подведение итогов работы, обоснование новизны и актуальности исследования, рекомендации по применению полученных результатов.

Источник финансирования исследований – ведомства, фонды, отдельные люди и т.д. должны быть помещены перед списком использованной литературы. Наименования финансирующих организаций должны быть написаны полностью.

Благодарность – выражается благодарность спонсорам, научным руководителям, лицам, принимавшим деятельное участие в работе и пр.

Список литературы – ссылки в тексте нумеруются по возрастанию в порядке их упоминания. Библиографические сведения о публикации оформляются согласно ГОСТ 7.1-2003. В список литературы **не включаются** нормативные документы, статистические сбор-

ники, статьи из газет, так как их оформляют в круглые скобки после упоминания в тексте. Ссылки на интернет-сайты производятся согласно ГОСТ 7.5-98, предпочтение отдаётся электронным журналам.

Самоцитирование не должно превышать 20-30% от общего списка. Литературные источники давностью не более 10-15 лет должны составлять значительную часть списка, особенно для статей прикладного характера.

References – (Транслитерация Списка литературы) – оформляется согласно ГОСТ 7.79-2000 и размещается в соответствие с требованиями редакции.

Сведения об авторах на 3-х языках (казахский, русский, английский):

- фамилия, имя и отчество полностью (если есть),
- научная степень/звание,
- место работы автора
- вклад в работу каждого из авторов – Эксперимент, Обработка Данных, Обсуждение, Подготовка Рукописи, Поиск Литературы, Исследования и пр.
- электронная почта.

Регистрационное свидетельство
№ 1332 от 07.06.1994г.
выдано Министерством печати
и массовой информации
Республики Казахстан

Главный редактор *Болезенова С.А.*
Редактор *Л.Н. Гребцова*
Ответственный секретарь *Е.С. Сухова*
Обложка *Е.С. Кадыров, Л.Н. Гребцова*
Редактор текста на казахском языке *Т.Т. Садырова*
Компьютерная верстка *Д.Р. Турысбек*

Подписано в печать 14.03.2025.
Формат 60х84/16. Печать офсетная. Бумага офсетная.
Усл. п. л. 6,0. Тираж 350 экз. Заказ 160.

Редакционно-издательский отдел НЦ ГНТЭ.
050026, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Бөгенбай батыра, 221
