

ISSN 2710-1185 (Online)
ISSN 1813-1107 (Print)

ЕҢБЕК ҚЫЗЫЛ ТУ ОРДЕНДІ
«Ә. Б. БЕКТҰРОВ АТЫНДАҒЫ
ХИМИЯ ҒЫЛЫМДАРЫ ИНСТИТУТЫ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
«ИНСТИТУТ ХИМИЧЕСКИХ НАУК
им. А.Б. БЕКТУРОВА»

3(91)

ИЮЛЬ – СЕНТЯБРЬ 2025 г.
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2025

Журналдың бас редакторы

Директор

Тасибеков Х.С. - х.ғ.к., ассоц. проф.

Ғылыми редактор:

Қадирбеков Қ.А. - х.ғ.д., проф.

Редакция кеңесінің мүшелері:

Айдемир М., Ph.D., проф., (Туркия); **Бүркітбаев М.М.**, ҚР ҰҒА академигі, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Дембицкий В.М.**, РЖҒА академигі, х.ғ.д., проф. (Канада); **Дергунов С.А.**, Ph.D., проф. (АҚШ); **Джумадилов Т.Қ.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Журинов М.Ж.**, ҚР ҰҒА академигі, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Жүсіпбеков Ө.Ж.**, ҚР ҰҒА академигі, т.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Зейналов Э.Б.**, Әзірбайжан ҰҒА корр.-мүшесі, х.ғ.д., проф. (Әзірбайжан); **Ибрагимов А.Б.**, х.ғ.д., проф. (Узбекистан); **Қадырбеков Қ.А.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Каюкова Л.А.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Малмакова А.Е.**, Ph.D., қауымдастырылған проф. (Қазақстан); **Мун Г.А.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Пралиев К.Д.**, ҚР ҰҒА академигі, х.ғ.д. проф. (Қазақстан); **Салахутдинов Н.Ф.**, РҒА корр.-мүшесі, х.ғ.д., проф. (Ресей); **Темель Хамди**, Ph.D., проф. (Түркия); **Фазылов С.Д.**, х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан); **Ю В.К.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Жанпейісов Н.Ү.**, х.ғ.к., проф., (Жапония); **Узакова Ж.Б.** (Техникалық редактор).

«Қазақстанның химия журналы»

ISSN 2710-1185 (Online); ISSN 1813-1107 (Print)

Құрылтайшы: Еңбек Қызыл Ту орденді Ө.Б. Бектұров атындағы
Химия ғылымдары институты

Тіркеу: Қазақстан Республикасының Мәдениет, ақпарат және қоғамдық
келісім министрлігінде № 3995-Ж 2003 жылғы 25-маусымдағы

2003 жылы құрылған. Жылына 4 рет шығады.

Редакцияның
мекен-жайы: 050010 (A26F3Y1), Қазақстан Республикасы, Алматы қ.,
Ш.Уалиханов көшесі, 106. тел. 8 (727) 291-24-64, 8 (727) 291-59-31;
ics_rk@mail.ru

Басылған
баспахана: ИП «Тойходжаев Н.О.», Алматы қаласы, Алмалы ауданы,
Нұрмақов, көш. 26/195-49; iparuna@yandex.ru

© АҚ «Ө.Б. Бектұров атындағы
Химия ғылымдары институты», 2025

«Қазпошта» АҚ-ның газет-журналдар каталогында немесе оның қосымшаларында
жазылу индексі **75241**.

Главный редактор

Директор

Тасибеков Х.С. - к.х.н., ассоц. проф.

Научный редактор:

Кадирбеков К.А. - д.х.н., проф.

Редакционная коллегия:

Айдемир М., Ph.D., проф., (Турция); **Буркитбаев М.М.**, академик НАН РК, д.х.н., проф. (Казахстан); **Дембицкий В.М.**, академик РАЕН, д.х.н. проф. (Канада); **Дергунов С.А.**, Ph.D., проф. (США); **Джумадилов Т.К.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Джусипбеков У.Ж.**, академик НАН РК, д.т.н., проф. (Казахстан); **Журинов М.Ж.**, академик НАН РК, д.х.н., проф. (Казахстан); **Зейналов Э.Б.**, член-корр. НАНА, д.х.н., проф. (Азербайджан); **Ибрагимов А.Б.**, д.х.н., проф. (Узбекистан); **Кадирбеков К.А.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Каюкова Л.А.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Малмакова А.Е.**, Ph.D., ассоц. проф. (Казахстан); **Мун Г.А.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Пралиев К.Д.**, академик НАН РК, д.х.н., проф. (Казахстан); **Салахутдинов Н.Ф.**, член-корр. РАН, д.х.н., проф. (Россия); **Темель Хамди**, Ph.D., проф. (Турция); **Фазылов С.Д.**, д.х.н., проф., академик НАН РК (Казахстан); **Ю В.К.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Жанпеисов Н.У.**, к.х.н., проф. (Япония); **Узакова Ж.Б.** (Технический редактор).

«Химический журнал Казахстана».

ISSN 2710-1185 (Online); ISSN 1813-1107 (Print)

Учредитель: Ордена Трудового Красного Знамени Институт химических наук им. А.Б. Бектурова.

Регистрация: Министерство культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан № 3995-Ж от 25 июня 2003 г.

Основан в 2003 г. Выходит 4 раза в год.

Адрес редакции 050010 (A26F3Y1), Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Ш. Уалиханова, 106, тел. 8 (727) 291-24-64, 8 (727) 291-59-31; ics_rk@mail.ru

Отпечатано в типографии: ИП «Тойходжаев Н.О.», г.Алматы, Алмалинский район, ул. Нурмакова, 26/195 кв. 49; iparuna@yandex.ru

© АО «Институт химических наук
им. А. Б. Бектурова», 2025

Подписной индекс **75241** в Каталоге газет и журналов АО «Казпочта» или в дополнении к нему.

Editor-in-Chief

Director

Tassibekov Kh.S. - Candidate of Chemical Sciences, assoc. prof.

Scientific editor:

Kadimbekov K.A. - Doctor of Chemical Sciences, prof.

Editorial Board:

Aydemir M., Ph.D., Prof. (Turkey); **Burkitbaev M.M.**, Academician of NAS RK, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Dembitskiy V.M.**, Academician of RANS, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Canada); **Dergunov S.A.**, Ph.D., Prof. (USA); **Dzhussipbekov U.Zh.**, Academician of NAS RK, Doctor of Technical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Fazylov S.D.**, Doctor of Chemical Sciences, Prof., academician of NAS RK (Kazakhstan); **Hamdi Temel**, Ph.D., Prof. (Turkey); **Ibragimov A.B.**, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Uzbekistan); **Jumadilov T.K.**, Doctor of Chemical Sciences (Kazakhstan); **Kadimbekov K.A.**, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Kayukova L.A.**, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Malmakova A.E.**, Ph.D., Associate Professor (Kazakhstan); **Mun G.A.**, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Praliyev K.D.**, Academician of NAS RK, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Salakhutdinov N.F.**, Corr. Member of RAS, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Russia); **Yu V.K.**, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Zhurinov M.Zh.**, Academician of NAS RK, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Zeynalov E.B.**, Corr. Member of NAS of Azerbaijan, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Azerbaijan); **Zhanpeisov N.U.**, Candidate of Chemical Sciences, Professor (Japan); **Uzakova Zh.B.** (Technical editor).

«Chemical Journal of Kazakhstan»

ISSN 2710-1185 (Online); ISSN 1813-1107 (Print)

Founder: A.B. Bekturov Institute of chemical sciences awarded by the Order of Red Banner of Labor.

Registration: Ministry of Culture, Information and Public Accord of the Republic of Kazakhstan No. 3995-Ж dated June 25, 2003 year.

«Chemical Journal of Kazakhstan» was founded in 2003 year, publishes four issues in a year.

Address of the Editorial board: 050010 (A26F3Y1), Republic of Kazakhstan, Almaty, Sh. Ualikhanov str., 106, A.B. Bekturov Institute of chemical sciences awarded by the Order of Red Banner of Labor, Fax: 8(727)291-24-64, ics_rk@mail.ru

Printed in the printing house: IP "Toykhodzhaev N.O.", Almaty, Almainsky district, st. Nurmakova, 26/195 sq. 49, iparuna@yandex.ru

PHYTOSANITARY ASSESSMENT OF WHEAT AND BARLEY SEEDS TREATED WITH DITHIOCARBAMATES

M.S. Mukanova^{1,2}, Ye.S. Sycheva^{1*}, I.N. Anuarbekova¹, D.B. Markina^{1,2}, M.T. Yskak²

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

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: yelena-sycheva@yandex.kz

Abstract. *Introduction.* Achieving high crop yields in agriculture depends largely on the quality of seeds and planting materials. Seed-borne infections reduce germination capacity and overall plant productivity, highlighting the need for treatments that combine growth-stimulating and fungicidal properties. *This study aimed* to evaluate the stimulant and antifungal effects of aqueous solutions of dithiocarbamates on wheat and barley seeds, identify optimal concentrations, and assess their impact on seed quality and pathogenic microflora. *Results and Discussion.* Seeds of wheat and barley were treated with five dithiocarbamate-containing preparations at concentrations of 0.001%, 0.01%, and 0.1%. Germination energy, laboratory germination, seedling growth intensity, microbial activity, and percentage of infected seeds were assessed. At a concentration of 0.001%, wheat seeds treated with Preparations 1 and 3-5 showed high germination rates (94.0-96.6%), although infection levels varied (6.0-27.3%). In barley, Preparations 2-5 demonstrated significant stimulation of germination (93.0-98.0%) and reduced seed infection to 8.0-22.0%. The most pronounced antifungal activity in barley was observed for Preparations 1 and 3, reducing infection to 10.0-12.0% and 9.0-11.3%, respectively, compared to 77.3% in the control. In wheat, Preparations 3 and 5 effectively reduced infection rates to 10.6-19.0% and 6.0-16.0%, respectively. *Conclusion.* The results suggest that dithiocarbamate-containing preparations can enhance seed viability while limiting pathogen development. Two compounds were most effective: Preparation 5 (sodium benzylmethylcarbomodithioate) for wheat and Preparation 3 (sodium dibenzylcarbomodithioate) for barley. These findings support their potential use as dual-action seed treatments in cereal crop production.

Key words: phyto expertise, dithiocarbamate, germination energy, laboratory germination, seed infection, test crops (wheat, barley).

Mukanova Meruyert Sissenbekovna	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: chem_mukan@mail.ru
Sycheva Yelena Sergeyevna	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: yelena-sycheva@yandex.kz
Anuarbekova Indira Niayzbekkyzy	PhD of Chemical Sciences; E-mail: Indikosha_1987@mail.ru
Markina Dariya Bazarbekovna	Master of Engineering Sciences; E-mail: dimels_946@list.ru
Yskak Magzhan Tursynbekuly	Master student; E-mail: magzhanyskak02@mail.ru

Citation: Mukanova M.S., Sycheva Ye.S., I.N. Anuarbekova, D.B. Markina, M.T. Yskak. Phytosanitary assessment of wheat and barley seeds treated with dithiocarbamates. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 5-14. DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.29>

1. Introduction

In the Development Concept of the Agro-Industrial Complex of the Republic of Kazakhstan for 2021-2030, sustainable development of crop production with high and stable yields adapted to climate change is identified as a key priority [1]. Achieving the full potential of productivity and yield stability largely depends on the use of effective agronomic practices, as well as the application of safe plant protection products suited to the agricultural conditions of Kazakhstan.

Although global grain production has shown an upward trend in recent years, wheat yield losses due to diseases still account for approximately 10% of potential harvests worldwide. Experts emphasize that the implementation of modern agricultural practices, crop rotation with resistant varieties, and timely treatment of crops with crop protection chemicals (CPCs) can significantly reduce disease-related losses [2-4].

An analysis of seed samples collected in Kazakhstan in 2021 revealed the presence of a pathogenic complex across all cultivated crops, despite the previous year's drought. This complex included polyphagous fungi such as *Fusarium* (5-15%), *Alternaria* (5-40%), molds (1-10%), and specialized pathogenic species (3-15%). Infected seeds exhibited low germination rates and reduced germination energy, resulting in lower grain mass and poor ear filling – factors that substantially affect crop quality.

Effective plant disease prevention and protection are based on accurate diagnostics, including an understanding of disease etiology and development. Seed treatment with fungicides (seed dressings) must be preceded by phytopathological examination, which determines the seed's suitability for sowing and the need for chemical treatment. Therefore, seed dressing remains an essential step for effectively controlling the spread and development of pathogenic microorganisms that can damage seedlings.

The aim of this study is to investigate the growth-stimulating effects of aqueous solutions of dithiocarbamate-containing preparations, determine the optimal concentrations for enhancing germination energy and laboratory germination rates, and assess their fungicidal properties using test crops.

2. Experimental part

The phytosanitary assessment of seeds was conducted at the Laboratory of Phytopathology, Zh. Zhiembayev Kazakh Research Institute for Plant Protection and Quarantine. The test materials consisted of seeds from two model crops: wheat and barley.

Seed treatment was performed by moistening the seeds in chambers with aqueous solutions of the test compounds at concentrations of 0.001%, 0.01%, and 0.1%. For the control group, seeds were moistened with distilled water. As a reference treatment, the fungicide TMTD (tetramethylthiuram disulfide) was used at a concentration of 0.04%. Each treatment was tested using three replicates of 50 seeds. Seed surface inspection was carried out to identify pathological changes, following standard visual assessment techniques for wheat and barley grains [5]. Fungicide efficacy was evaluated based on the number of infected

seeds. Germination energy (assessed on day 3) and laboratory germination (assessed on day 7) were measured according to standardized procedures [6].

The test dithiocarbamate-containing compounds used for biological evaluation included:

Preparation 1: Sodium (2-morpholinoethyl)carbamodithioate [7,8];

Preparation 2: Sodium 1H-1,2,4-triazole-1-carbodithioate [9];

Preparation 3: Sodium dibenzylcarbamodithioate [10];

Preparation 4: Sodium diphenylcarbamodithioate [11];

Preparation 5: Sodium benzyl(methyl)carbamodithioate [12].

Experimental scheme: 1. Control (untreated); 2. Standard: TMTD fungicide (0.04%); 3. Dithiocarbamate-containing preparations 1-5 at concentrations of 0.001%, 0.01%, and 0.1%.

3. Results and discussion

Dithiocarbamates have demonstrated high efficacy in the control of fungal plant diseases and are considered a promising group of compounds due to their strong fungicidal properties. These fungicides are widely used in agriculture to combat a range of plant pathogens, including root rot, scab, common bunt, seed mold, *Fusarium* spp., powdery mildew, and others. As a result, dithiocarbamates are extensively applied in the protection of various crops.

Among the most commonly used dithiocarbamate fungicides are Mancozeb, Maneb, Zineb, Ziram, Metiram, Propineb, and Ferbam. These fungicides are used for protecting cereals, legumes, vegetables, fruits, and ornamental plants against numerous fungal infections. Their effectiveness and broad spectrum of activity make dithiocarbamates a valuable tool in integrated plant protection systems, contributing to enhanced crop yield and improved agricultural product quality [13-16].

For the current study, five dithiocarbamate-containing compounds were selected for biological evaluation: two heterocyclic dithiocarbamates (Preparation 1 and Preparation 2) and three aromatic dithiocarbamates (Preparations 3-5). Investigated dithiocarbamate-containing preparations are presented in Figure 1.

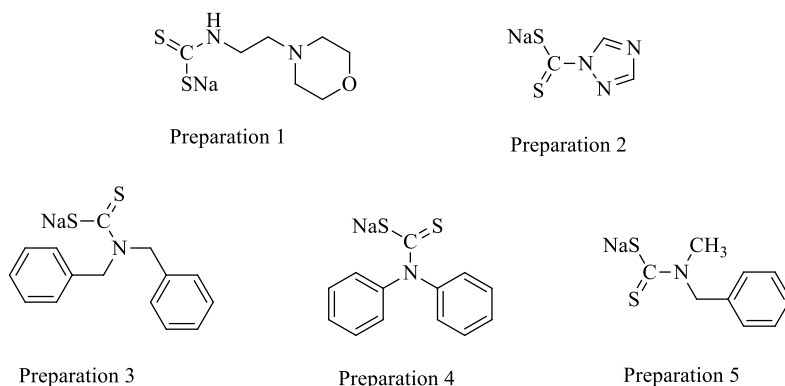


Figure 1 – Dithiocarbamate-containing preparations

These dithiocarbamate-containing compounds were tested according to the experimental scheme above described. The goal was to assess their fungicidal activity, as well as their growth-stimulating effects on seed germination and early seedling development in wheat and barley under laboratory conditions.

The results of the phytosanitary assessment of wheat and barley seeds indicate a positive effect of treatment with various dithiocarbamate-containing preparations 1-5 on seed quality, particularly in terms of germination energy and laboratory germination, compared to the control. However, the effectiveness of the preparations varied depending on the crop species, concentration of the active substance, and the parameter assessed.

Phytosanitary assessment of wheat seeds.

In the control variant, high germination energy and laboratory germination were observed (both at 95.3%), but these were accompanied by intense microbial growth and 100% seed infection, indicating high pathogen load. The main part of the pathogenic microflora on the seeds consisted of fungi of the genera *Mucor* sp., *Penicillium* sp. and *Alternaria* sp. The standard fungicide TMTD ensured effective seed protection, reducing infection to 0.6% and suppressing microbial growth while maintaining germination at 96.0%. The results of the phytosanitary assessment of wheat seeds are shown in Figure 2.

Among the tested preparations, preparation 5 was the most effective based on a combination of biological indicators. At concentrations of 0.001% and 0.01%, it ensured high germination (up to 97.6%), strong seedling growth, and a significant reduction in microbial activity and seed infection (as low as 6%).

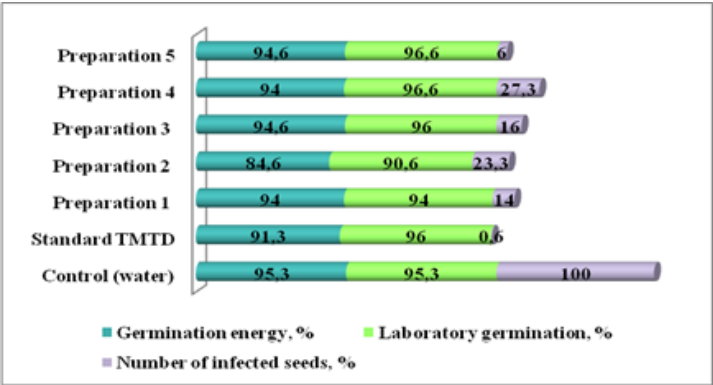
Preparation 3 also showed good results, particularly at 0.001% and 0.01% concentrations, with germination reaching 96%, reduced microbial growth, and infection rates lowered to 10.6-16%. However, at 0.1% concentration, germination dropped sharply to 82%, and microbial activity increased.

Preparations 1, 2, and 4 exhibited less consistent performance. For instance, preparation 2 showed low fungicidal activity, and the percentage of infected seeds remained elevated (up to 26%) across all concentrations. Preparation 1 showed stable germination but did not effectively reduce microbial load. Preparation 4 led to high seedling vigor, but infection levels remained high, especially at 0.001% concentration (up to 27.3%).

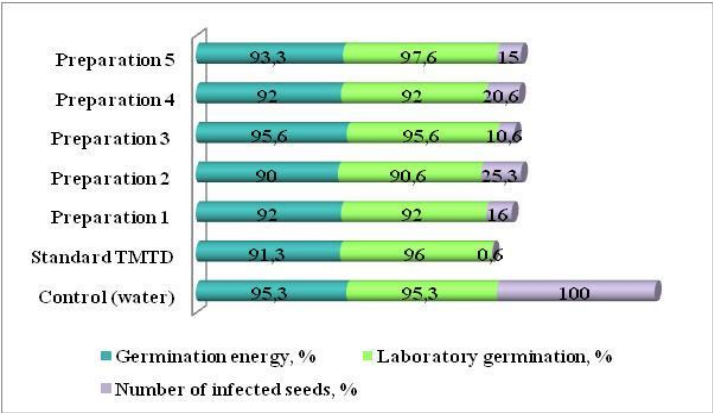
Thus, preparations 3 and 5, especially at lower concentrations, demonstrated promising fungicidal activity without compromising seed viability and can be considered for practical application in wheat cultivation.

Phytosanitary assessment of barley seeds.

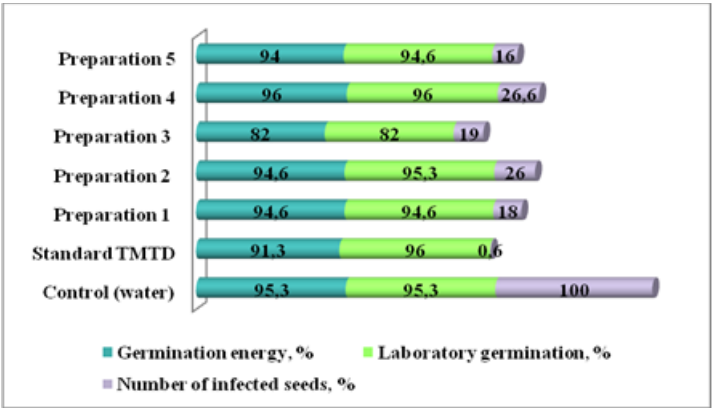
A similar trend to that observed in wheat was identified in barley. In the control variant, seed infection reached 77.3%, accompanied by intense microbial growth, highlighting the presence of seed-borne pathogens. The reference fungicide TMTD (4 L/t) effectively reduced infection levels to 2.6%, with minimal microbial growth, and maintained high laboratory germination (94.6%). The results of the phytosanitary assessment of barley seeds are shown in Figure 3.



(a)



(b)



(c)

Figure 2 – Phytosanitary assessment of wheat seeds after treatment with preparations 1-5 at 0.001% (a), 0.01% (b), and 0.1% (c) concentrations.

Preparation 3 consistently showed the highest efficacy at all tested concentrations. At 0.001% and 0.01%, laboratory germination reached 98.0% and 97.3%, respectively, while antifungal activity remained high, and the proportion of infected seeds did not exceed 10.6%. These results demonstrate both strong protective and stimulant properties.

Preparation 4 also showed excellent results, particularly at 0.01% and 0.1%. Germination reached 98.6% at 0.01%, and seed infection was limited to 8-15.3%. Microbial development remained low, and seedling growth intensity was consistently high, indicating both antifungal and growth-stimulating effects.

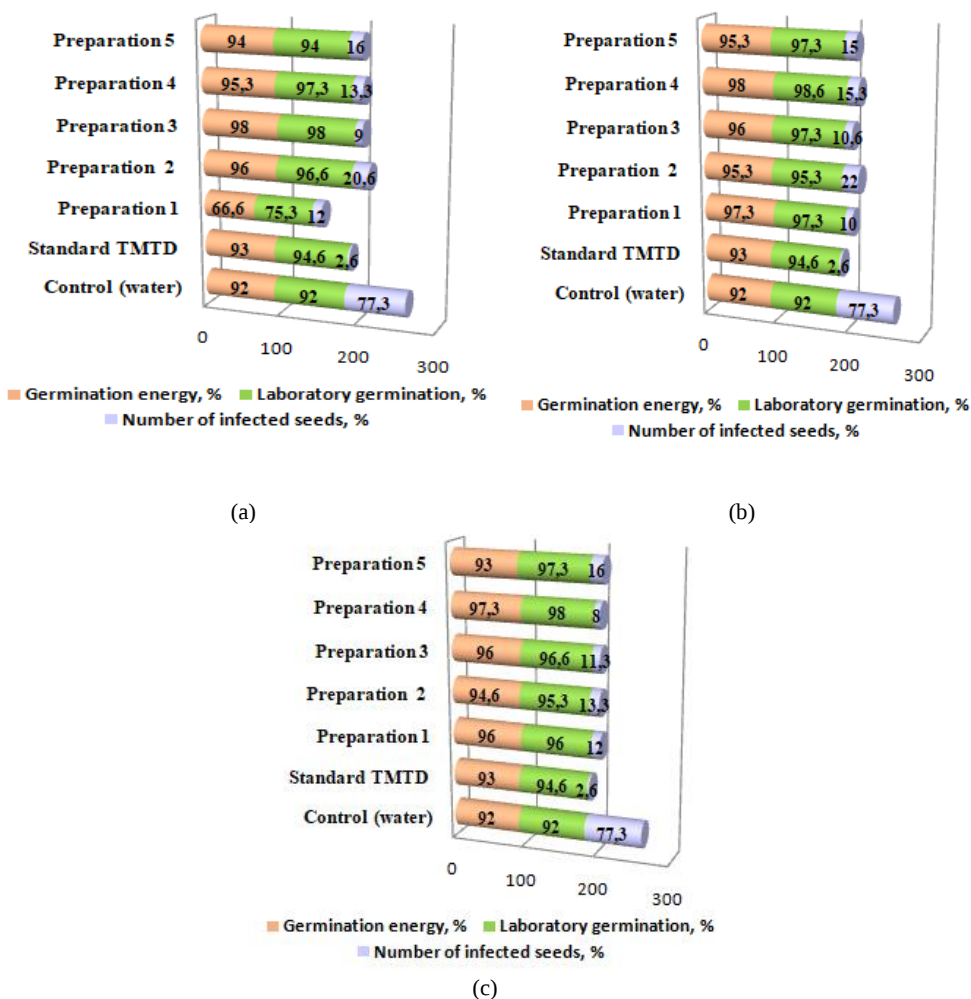


Figure 3 – Phytosanitary assessment of barley seeds after treatment with preparations 1-5 at 0.001% (a), 0.01% (b), and 0.1% (c) concentrations.

Preparation 5 also demonstrated notable effectiveness. At 0.001% concentration, it provided moderate control of seed infection (16.0%) with acceptable germination (94.0%) and high antifungal activity. At 0.01%, it achieved improved performance – germination rose to 97.3%, with infection decreasing to 15.0% and microbial growth remaining low. The best results for preparation 5 were observed at 0.1%, where laboratory germination remained at 97.3%, antifungal activity decreased slightly, but seedling vigor was high, and infection levels were held at 16.0%. These data suggest that preparation 5 offers stable protection and growth stimulation, particularly at medium and high concentrations, although its fungicidal activity was somewhat lower compared to preparation 3.

In contrast, preparation 1 at 0.001% caused a significant decline in germination energy (66.6%) and final germination (75.3%), suggesting phytotoxicity or incompatibility at this concentration. However, increased concentrations led to recovery of seed viability.

Preparation 2 showed limited efficacy in barley: antifungal activity remained low, and seed infection levels ranged between 13.3% and 22.0%, regardless of concentration.

A comparison of the tested preparations at equivalent concentrations revealed that at 0.001%, preparations 3 and 5 showed the best results in both crops, providing effective microbial control and stimulating seedling growth. At 0.01%, preparations 3 and 4 maintained high germination rates and low infection. At 0.1%, a number of preparations (notably preparations 3 and 1) showed reduced performance, possibly due to phytotoxicity or overstimulation of microbial growth.

The results indicate that preparations 3 and 5 are the most effective among the tested compounds. They combine fungicidal activity with positive effects on seedling development and germination. These preparations are particularly promising for use as environmentally safer alternatives to conventional chemical fungicides in wheat and barley seed treatment.

4. Conclusion

The results of this study demonstrate that aqueous solutions of dithiocarbamates, applied at concentrations of 0.001-0.1%, exhibit both growth-stimulating and antifungal properties when used for seed treatment of wheat and barley. Seeds treated with dithiocarbamate-containing preparations showed improved germination energy and laboratory germination compared to the untreated control, with values reaching up to 96.0% in wheat and 98.6% in barley.

In addition to enhancing germination parameters, the tested dithiocarbamates effectively reduced the level of seed-borne fungal infections. Infection rates in treated variants were significantly lower – ranging from 6.0% to 27.3% in wheat and from 8.0% to 22.0% in barley – compared to 100% and 77.3% in the control, respectively. This confirms the protective effect of dithiocarbamates against phytopathogens commonly associated with cereal seeds.

Among the tested compounds, preparation 3 (sodium dibenzylcarbamodithioate) and preparation 5 (sodium benzyl(methyl)carbamodithioate) showed the most promising results in barley and wheat, respectively, providing a favorable balance between biological efficacy and germination stimulation.

The findings suggest that dithiocarbamates may serve as effective seed treatment agents with dual functionality – promoting early seedling development and suppressing pathogenic microflora. These results support their further investigation under field conditions and their potential integration into sustainable crop production systems as an alternative to traditional chemical fungicides.

Acknowledgments: This work was funded by the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. BR27101179, «Fundamentals of obtaining innovative, environmentally friendly, multifunctional chemical products and materials»).

Conflict of Interest: All authors declare that they have no conflict of interest.

ДИТИОКАРБАМАТТАРМЕН ӨНДЕЛГЕН БИДАЙ ЖӘНЕ АРПА ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ФИТОЭКСПЕРТИЗАСЫ

М.С. Муқанова^{1,2}, Е.С. Сычева^{1}, И.Н. Әнуарбекова¹, Д.Б. Маркина^{1,2}, М.Т. Ысқақ²*

¹Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

*E-mail: yelena-sycheva@yandex.kz

Түйіндемe. *Kіріспе.* Ауыл шаруашылығында жоғары өнімділікке қол жеткізу көбінесе тұқымдар мен отырғызу материалының сапасына байланысты. Дәнді дақылдардың тұқымдық инфекциясы өну энергиясын және өсімдіктердің жалпы өнімділігін төмендетеді, бұл өсуді ынталандыратын және фунгицидтік қасиеттерді біріктіріп өңдеу қажеттілігін көрсетеді. *Бұл зерттеудің мақсаты* дитиокарбаматтардың сулы ерітінділерінің бидай мен арпа тұқымдарына биостимуляциялық және фунгицидтік әсерін бағалау, оңтайлы концентрацияны анықтау және олардың тұқым сапасы мен патогендік микрофлораға әсерін зерттеу. *Нәтижелер және талқылау.* Бидай мен арпа тұқымдары 0.001%, 0.01% және 0.1% концентрациясында бес дитиокарбаматқұрамдас препараттармен өңделді. Өну энергиясы, зертханалық өнгіштік, көшеттердің өсу қарқындылығы, микробтық белсенділік және зақымдалған тұқымдардың пайызы бағаланды. 0.001% концентрациясында 1 және 3-5 препараттарымен өңделген бидай тұқымдары жоғары өну көрсеткіштерін көрсетті (94.0-96.6%), бірақ инфекция деңгейі әр түрлі болды (6.0-27.3%). Арпада 2-5 препараттар өнгіштіктің едәуір артуына (93.0-98.0%) және инфекцияның 8.0-22.0% дейін төмендеуіне ықпал етті. Арпадағы ең үлкен фунгицидтік белсенділік 1 және 3 препараттарда байқалды – инфекция сәйкесінше 10.0-12.0% және 9.0-11.3% дейін төмендеді (бақылаумен салыстырғанда-77.3%). Бидайда 3 және 5 препараттар тиімді болды – инфекция деңгейі сәйкесінше 10.6-19.0% және 6.0-16.0% құрады. *Қорытынды.* Дитиокарбаматқұрамдас препараттар тұқымның өміршеңдігін арттыруға және сонымен қатар патогендердің дамуын шектеуге қабілетті екендігіні нәтижелер көрсетті. Оның ішінде бидайға арналған 5-препарат (натрий бензилметилкарбамодитиоаты) және арпаға арналған 3-препарат (натрий дибензилкарбамодитиоаты) ең тиімді болып шықты. Бұл қосылыстардың дәнді дақылдардың тұқымын егу алдында өңдеуде қосарланған әсер ету құралы ретінде қолдану мүмкіндігі бар.

Түйін сөздер: фитоэкспертиза, дитиокарбаматтар, өну энергиясы, зертханалық өнгіштік, тұқымның зақымдануы, сынақ дақылдары (бидай, арпа).

<i>Муканова Меруерт Сисенбековна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Сычева Елена Сергеевна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Әнуарбекова Индира Ниязбекқызы</i>	<i>PhD</i>
<i>Маркина Дария Базарбековна</i>	<i>Техникалық ғылымдар магистрі</i>
<i>Ысқақ Мағжан Тұрсынбекұлы</i>	<i>Магистрант</i>

ФИТОЭКСПЕРТИЗА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ, ОБРАБОТАННЫХ ДИТИОКАРБАМАТАМИ

М.С. Муканова^{1,2}, Е.С. Сычева^{1}, И.Н. Әнуарбекова¹, Д.Б. Маркина^{1,2}, М.Т. Ысқақ*

¹Институт химических наук имени А.Б. Бектурова, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*E-mail: yelena-sycheva@yandex.kz

Резюме. *Введение.* Достижение высоких урожаев в сельском хозяйстве во многом зависит от качества семян и посадочного материала. Семенная инфекция зерновых культур снижает энергию прорастания и общую продуктивность растений, что подчеркивает необходимость обработки, сочетающей ростостимулирующие и фунгицидные свойства. *Целью данного исследования* было оценить биостимулирующее и фунгицидное действие водных растворов дитиокарбаматов на семена пшеницы и ячменя, определить оптимальные концентрации и изучить их влияние на качество семян и патогенную микрофлору. *Результаты и обсуждение.* Семена пшеницы и ячменя обрабатывали пятью дитиокарбамат содержащими препаратами в концентрациях 0.001%, 0.01% и 0.1%. Оценивались энергия прорастания, лабораторная всхожесть, интенсивность роста проростков, микробная активность и процент заражённых семян. При концентрации 0.001% семена пшеницы, обработанные препаратами 1 и 3-5, показали высокие показатели всхожести (94.0-96.6%), однако уровень заражения варьировал (6.0-27.3%). На ячмене препараты 2-5 способствовали значительному увеличению всхожести (93.0-98.0%) и снижению заражения до 8.0-22.0%. Наибольшая фунгицидная активность на ячмене отмечена у препаратов 1 и 3 – заражение снизилось до 10.0-12.0% и 9.0-11.3%, соответственно (по сравнению с контролем – 77.3%). На пшенице эффективными оказались препараты 3 и 5 – уровень заражения составил 10.6-19.0% и 6.0-16.0%, соответственно. *Заключение.* Результаты показывают, что дитиокарбамат содержащие препараты способны повышать жизнеспособность семян и одновременно ограничивать развитие патогенов. Наиболее эффективными оказались: препарат 5 (бензилметилкарбамодитиоат натрия) для пшеницы и препарат 3 (дизензилкарбамодитиоат натрия) для ячменя. Эти соединения имеют потенциал применения в качестве средств двойного действия при предпосевной обработке семян зерновых культур.

Ключевые слова: фитоэкспертиза, дитиокарбамат, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, зараженность семян, тест-культуры (пшеница, ячмень).

<i>Муканова Меруерт Сисенбековна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Сычева Елена Сергеевна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Әнуарбекова Индира Ниязбекқызы</i>	<i>PhD</i>
<i>Маркина Дария Базарбековна</i>	<i>Магистр технических наук</i>
<i>Ысқақ Мағжан Тұрсынбекұлы</i>	<i>Магистрант</i>

References

1. Ob utverzhenii Kontseptsii razvitiya agropromyshlennogo kompleksa Respubliki Kazakhstan na 2021-2030 gody [On approval of the Concept for the development of the agro-industrial complex of the Republic of Kazakhstan for 2021-2030]. Available at: <https://adilet.zan.kz/rus/docs/P2100000960#z418> (Accessed August 1, 2025).
2. Koishybaev M. Wheat diseases. Ankara Publ., **2018**, 365 p.
3. Duveiller E., Singh P.K., Mezzalama M., Singh R.P., Dababat A. Diseases and pests of wheat. Ankara Publ., **2018**, 150 p.

4. Melnikov N.N. Pesticides. Chemistry, technology and application. Moscow: Chemistry Publ., **1987**, 712 p.
5. GOST 12044-93. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya zarazhennosti boleznyami [Seeds of agricultural crops. Methods for determining disease infestation]. Moscow, Standartinform Publ., **2011**. 209 p.
6. GOST 12038-84. Semena sel'skokhozyaystvennykh kul'tur. Metody opredeleniya vskhozhesti. [Seeds of agricultural crops. Methods for determining germination]. Moscow, Standartinform Publ., **2011**. 64 p.
7. ChemSpider Search and share chemistry (2025). Available at: <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.2817663.html> (Accessed August 5, 2025).
8. ChemSpider Search and share chemistry (2025). Available at: <https://www.ebi.ac.uk/chembl/explore/compound/CHEMBL2023166> (Accessed August 5, 2025).
9. Sycheva Ye.S., Mukanova M.S., Markina D.B., Mukan G.S. Synthesis and biological studies of novel dithiocarbamic-thioanhydrides. *Scientific Reports*, **2024**, 14, 24778. DOI: 10.1038/s41598-024-73260-8
10. ChemSpider Search and share chemistry (2025). Available at: <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.21589798.html> (Accessed August 5, 2025).
11. ChemSpider Search and share chemistry (2025). Available at: <https://www.chemspider.com/Chemical-Structure.240279.html> (Accessed August 5, 2025).
12. Anuarbekova I.N., Markina D.B., Sycheva E.S., Mukanova M.S., Sarsenbaeva G.B., Seilkhanov O.T. Synthesis, chemical modification and growth-stimulating activity of n-benzylmethylamine and indoline derivatives. *Chem. J. Kaz.*, **2022**, 3, No.79, 81-91. DOI: 10.51580/2022-3/2710-1185.81
13. Gupta P.K. Herbicides and fungicides. *Biomarkers in Toxicol.*, **2014**, ch. 24, 409-431. DOI:10.1016/B978-0-12-404630-6.00024-5
14. Sbai H., Hajib A., Msairi S., Amalich S., Bouyahya A., Lee L.-H., Goh K.W., Tabyaoui M., Harhar H. Fungal infections of legume crops: Challenges and management approaches. *J. Agric. Food. Res.*, **2024**, 18, 101447. DOI:10.1016/j.jafr.2024.101447
15. Emara A.R., Ibrahim H.M., Masoud S.A. The role of storage on Mancozeb fungicide formulations and their antifungal activity against *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*. *Arabian J. Chem.*, **2021**, 14, No.10, 103322. DOI:10.1016/j.arabjc.2021.103322
16. Saha S., Pawar S., Napte N. Sulfur: –redefining versatility in crop protection and production. *Phosphorus, Sulfur Silicon Relat. Elem.*, **2025**, 200, No.3, 181-196. DOI: 10.1080/10426507.2025.2477176

NEW PROMISING CORN GROWTH REGULATORS BASED ON AMMONIUM SALTS OF ALIPHATIC DICARBOXYLIC ACIDS OF THE C₂-C₆ SERIES

L.I. Aliyeva, J.Sh. Mammadov, I.H. Ayyubov, J.F. Sultanova*

*Institute of Petrochemical Processes named after acad. Y.H. Mammadaliyev
Ministry of Science and Education of Azerbaijan Republic Baku, Azerbaijan*

**E-mail: leylufer-ipcp@rambler.ru*

Abstract. Corn is the second most widely sold grain crop in the world (after wheat). Sweet corn is a valuable vegetable crop, which ranks among the top vegetable crops in terms of nutritional value and taste. It has a significant list of useful substances: high content of vitamins A, B, C and E, especially a large amount of vitamin folate (B9), slightly less niacin (B3) and thiamine (B1). Of the macro- and microelements, corn has the most potassium (270 milligrams) and magnesium (37 milligrams). An element rare in other products, contained in corn, is gold, which is contained in corn in microportions, but this is enough to feed our brain with the rare metal necessary for its best work. Corn is balanced in the composition of fats, proteins and carbohydrates, rich in fiber and does not contain gluten. Fiber helps intestinal motility, prevents cancer. In addition, the absence of gluten makes corn the most universal food, which does not have the "contraindications" inherent in wheat, equally suitable for healthy people and people with health problems. Corn as a silage crop has great fodder value. Silage from cobs in the milky-wax ripeness phase of grain is considered one of the best in terms of nutritional value. Preparations from corn silk are used as a diuretic, anti-inflammatory, choleric, hemostatic agent in the treatment of kidneys, liver, urological diseases, edema of various origins. Preparations from corn silk have a moderately calming effect, and can also reduce appetite. Corn oil, obtained from the germs of corn seeds, regulates the level of cholesterol in the blood, reduces its deposition on the walls of blood vessels, reduces the risk of thrombosis and has a choleric effect. The share of corn in the world starch production is about 75%. Given the high importance of corn, it is necessary to conduct systematic research in the field of developing new effective growth regulators for this plant. In this work we show the results of our own research in the field of development of promising phytohormones for accelerating the growth of corn based on ammonium salts of aliphatic dicarboxylic acids. It is shown that the compounds synthesized by us contribute to the increase of the above-ground and root parts of corn and accelerate the growth of corn.

Key words: corn, growth regulators, phytohormones, growth stimulants, growth substances

<i>Aliyeva Leylufer Imran</i>	<i>Doctor of Technical Sciences; E-mail: leylufer-ipcp@rambler.ru</i>
<i>Mammadov Jalal Shamil</i>	<i>Doctor of Agrochemical Sciences; E-mail: jalal_sh@mail.ru</i>
<i>Ayyubov Ilqar Haji</i>	<i>Doctor of Chemical Science; E-mail: ilqar.ayyubov@mail.ru</i>
<i>Sultanova Jamila Fahrad</i>	<i>Doctorant of IPCP; E-mail: djamasultanova23@gmail.com</i>

Citation: Aliyeva L.I., Mammadov J.Sh., Ayyubov I.H., Sultanova J.F. New promising corn growth regulators based on ammonium salts of aliphatic dicarboxylic acids of the C₂-C₆ series. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 15-24. DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.30>

1. Introduction

Abiotic stresses including drought, salinity, heat, cold, flooding and ultraviolet radiation cause crop losses worldwide [1]. Recently, preventing these crop losses and producing more food and feed to meet the needs of an ever-growing population have gained unprecedented importance. However, the proportion of agricultural land facing multiple abiotic stresses is expected to only increase under a changing global climate fueled by anthropogenic activities. Thus, identifying the mechanisms developed and used by plants to counteract abiotic stresses and maintain their growth and survival under harsh conditions is of great importance. Recent studies have shown that phytohormones including the classical auxins, cytokinins, ethylene and gibberellins, as well as newer members including brassinosteroids, jasmonates and strigolactones, may prove to be important targets for metabolic engineering to create abiotic stress-tolerant crops. Recent review papers [2-11] summarize and critically evaluate the roles that phytohormones play in plant growth and development and abiotic stress tolerance, in addition to their engineering for abiotic stress tolerance in transgenic crops, in particular, the recent progress and future prospects including the limitations and challenges of engineering phytohormones to induce abiotic stress tolerance in crop plants are shown. Among the numerous agricultural crops, corn has the greatest importance and application. Corn (*Zea mays*), also known as maize, is a staple crop that plays a key role in the global agricultural economy, serving as a major source of food, feed, and biofuel. The cultural significance of corn spans many civilizations, with its origins dating back to ancient Mesoamerica over 7,000 years ago. The United States is the largest corn producer in the world, with an annual production exceeding 14 billion bushels, and Iowa is the leading corn producing state. Corn exhibits remarkable adaptability to a variety of climate conditions, making it a versatile crop in a variety of agricultural zones. However, it grows best in well-drained, fertile soils with adequate moisture levels. Corn is sensitive to drought conditions, relying heavily on consistent rainfall or irrigation for optimal growth and yield. It also requires significant nutrient inputs, especially nitrogen, to maintain its rapid growth and high productivity.

In this regard, the development and synthesis of new effective growth regulators and the improvement of already known classical phytohormones for increasing the productivity of corn are of great theoretical and practical interest. In the presented work, we review the results of studies conducted in this area, and also propose new effective corn growth regulators based on ammonium salts of some aliphatic dicarboxylic acids synthesized by us.

2. Analysis of research results

Thus, the objective of the study [12] is to determine the growth and yield of sweet corn based on the concentration of phytohormones sprayed during the day and night, and to find out which concentration of phytohormones gives the best effect on the parameters of plant height, leaf number, flowering age, fruit weight and fruit number. A two-factor completely randomized design (CRD) was used in

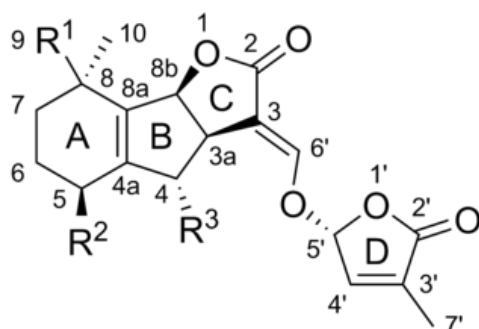
this study. The first factor of phytohormone concentrations consisted of $T_0 = 0$ ml/L, $T_1 = 6$ ml/L, $T_2 = 8$ ml/L, $T_3 = 10$ ml/L, $T_4 = 12$ ml/L with 3 replications and 27 experimental units. The subject of this study is phytohormone and the object of this study is sweet corn of the *Bonanza F1* variety. Data collection in this study is done by direct observation and documentation. The data were analyzed using ANOVA (analysis of variance) followed by DMRT (diffusion spectral tomography) test if there was an effect. Based on the DMRT test results, $T_4=12$ ml/L treatment had an effect on plant height and fruit weight with values of 195.4 cm and 162 g, respectively. $T_3=10$ ml/L treatment had an effect on leaf count with a value of 18.7, and $T_1=6$ ml/L treatment had an effect on flowering age with a value of 46.2. The best utilization of the phytohormone is achieved by applying the phytohormone sprayed during the day.

The work [13] noted that phytohormones such as gibberellins, auxins and cytokinins are plant growth promoting factors which when added to foliar fertilizers can modulate plant growth and development of crop species. This work was carried out to study the effects of exogenously applied phytohormones both individually and in mixtures on legumes and cereals grown in chambers with controlled conditions of humidity, temperature and light/dark cycle. It was found that the application of phytohormones resulted in significant increase in plant growth of soybean and maize plants. A mixture of phytohormones formulated with the lowest concentration of each required to enhance plant growth resulted in significant improvement in several growth parameters related to productivity. Thus, the addition of this mixture to commercial products as foliar fertilizers may have potential to improve the yield of legumes and cereals.

The grain set of maize (*Zea mays L.*) at maturity is mainly determined during pollination. Grain abortion often occurs during this period, resulting in reduced grain yield. Plasma membrane (PM) H^+ -ATPase has been identified as a key enzyme responsible for the supply of assimilates to developing maize grains soon after pollination. The aim of this study [14] was to stimulate the PM H^+ -ATPase activity in grains by in vivo application of the auxin indole-3-acetic acid (IAA) to maize plants during anthesis, resulting in improved hexose uptake and ultimately better grain set. Maize plants were grown under well-watered conditions using container technology. IAA was applied to unstressed maize plants twice, 2 days before controlled pollination and during pollination (application rate per plant: 1.9 ml of 1.5 mM IAA). Developing grains were harvested 2 days after pollination and PM vesicles were isolated and purified by two-phase separation. The hydrolytic activity of PM H^+ -ATPase in vitro was significantly stimulated by 22% by IAA treatment in vivo (control: 0.99 ± 0.05 , IAA treatment: $1.21 \pm 0.03^* \mu\text{mol inorganic phosphate/mg protein min}^{-1}$). V_{max} was significantly increased by IAA treatment, whereas K_m was decreased. The maximum pH gradient (ΔA_{492}) in PM was increased by 10% (control: 0.071 ± 0.002 , IAA treatment: $0.078 \pm 0.002^*$). IAA caused a significant increase in the PM H^+ -ATPase content in vesicles. The concentrations of sucrose and hexoses as well as the activity of acid invertase in the grains were not affected by IAA treatment. However, at maturity, the number

of grains per ear decreased significantly, resulting in a 19% decrease in grain yield. Thus, the authors showed that the increased PM H⁺-ATPase activity could not be translated into an improvement in grain yield. It is likely that auxin application occurred too early during grain development. Since cytokinins play a key role during pollination, auxin application at this stage could have disrupted the balance of phytohormones, causing impaired cell division and a rather early onset of cell expansion due to elevated IAA concentrations.

Strigolactones are among the phytohormones that exert multiple effects on plant growth and development [15]. Since these activities of strigolactones are closely related to crop yield, the use of strigolactone could be a promising technology in modern sustainable agriculture. The major strigolactones in maize root exudates were identified as zealactone and zeapyranolactone. The authors of the work disclosed the first total synthesis of zealactone along with its biological activity in maize. They describe the design and synthesis of simplified analogues of both strigolactones obtained from maize with their bioavailability in soil and their biological activity. These compounds could be potential leads for the development of synthetic strigolactones for agronomic use in more sustainable crop production.



general structure of strigolactones

Indole-3-acetic acid (IAA), the major auxin of higher plants, and abscisic acid (ABA) have been shown [16] to play critical roles in the ability of maize (*Zea mays L.*) to adapt to various environmental conditions by mediating growth, development, defense, and nutrient allocation. Although the understanding of the biochemical reactions for IAA and ABA biosynthesis and signal transduction has advanced, the mechanisms by which auxin and ABA are synthesized and transduced in maize are still not fully understood. The synthesis and signal transduction pathway of IAA and ABA in maize can be analyzed using the existing model. This article focuses on the research progress toward understanding the synthesis and signaling pathways of IAA and ABA, as well as the regulation of maize growth by IAA and ABA, which provides insights into the future development and significance of IAA and ABA in maize improvement.

The aim of the work [17] is to reveal the regulatory mechanism of sweet corn seedling response to extreme temperature stress; this study integrated

transcriptomics and metabolomics of volatiles and phytohormones. The results showed that low-temperature stress significantly affected 20 volatiles; abscisic acid and salicylic acid accumulated, while auxin and jasmonic acid decreased. The regulatory patterns of *vp14* and *ABF* for abscisic acid accumulation and signal transduction were elucidated under low-temperature stress. High-temperature stress affected 31 volatiles and caused a decrease in zeatin, salicylic acid, jasmonic acid and auxin. The upregulation of *ARR-B* gene highlighted its function in zeatin signal transduction under high-temperature stress. The correlations between gene modules, phytohormones and volatiles were analyzed to construct a regulatory network of sweet corn seedlings under temperature stress. The result may provide a basis for improving the early development of sweet corn through biological intervention or modulation at the genomic level.

Azospirillum spp. are plant growth promoting bacteria used worldwide as inoculants for various crops [18]. Among the beneficial mechanisms associated with *Azospirillum inoculation*, the biological process of nitrogen fixation and phytohormone synthesis are of particular interest. In Brazil, the use of inoculants containing *A. brasilense* strains Ab-V5 and Ab-V6 to cereal crops has been increasing exponentially and in this study, the authors investigated the effects of maize inoculation with these two strains applied to seeds or by foliar spraying at the V2.5 growth stage, a strategy to eliminate incompatibility with pesticides used for seed treatment. The authors also investigated the effects of spraying with metabolites of these two strains at the V2.5 stage. Maize growth was stimulated by inoculation of bacteria and their metabolites. When applied via foliar spray, although survival of *A. brasilense* on leaves was confirmed by confocal microscopy and cell recovery, few cells were detected after 24 h, indicating that the effects of bacterial foliar spray may also be related to their metabolites. The main molecules detected in the supernatants of both strains were indole-3-acetic acid, indole-3-ethanol, indole-3-lactic acid and salicylic acid. RT-PCR of oxidative stress (*APX1*, *APX2*, *CAT1*, *SOD2*, *SOD4*) and plant defense (pathogenesis-related *PR1*, *prp2* and *prp4*)-related genes was assessed in maize leaves and roots. Differences were observed depending on the gene, plant tissue, strain and application method, but overall, *Azospirillum* inoculation resulted in up-regulation of oxidative stress genes in leaves and down-regulation in roots; In contrast, overall, PR genes were downregulated in leaves and upregulated in roots. Particular attention should be paid to the application of metabolites, especially Ab-V5 + Ab-V6, which overall resulted in the highest regulation of oxidative stress and PR genes in both leaves and roots. The authors suggest that the benefits of *Azospirillum* inoculation on seeds or by foliar sprays, as well as foliar sprays with *Azospirillum* metabolites, are closely related to the synthesis of phytohormones and the identification of genes associated with plant stress tolerance and pathogen defense.

Researchs in the field of development of new phyto regulators for corn was also reported in works [19-27].

3. Discussion of the obtained results

Thus, summarizing the results of the above-described studies in the field of developing new effective growth regulators of corn, we can conclude that in this direction, along with classical phytohormones (abscisic acid, cytokinins, gibberellins), new synthetic phyto regulators are currently widely used, as a rule, obtained on the basis of nitrogen-containing organic compounds, in particular amines and ammonium salts. In this direction, we have proposed new effective regulators of corn growth based on ammonium salts of aliphatic dicarboxylic acids of the C₂-C₆ series. The studies conducted in Petri dishes showed that tris(2-hydroxyethyl)ammonium hydrosuccinate succinate relatively exceeded tris(2-hydroxyethyl)ammonium succinate, and both compounds of succinic acid synthesized with triethanolamine exceed the control variant in the effect on corn seeds in the stem part by 10.8-19.6%, and in the root part by 2.1-13% [28-30]. And also the study of the effect of the glutaric acid derivatives synthesized by us on seed germination and plant development in laboratory conditions show that these compounds are recommended for use as a growth substance for various agricultural crops [31,32]. The work done in field experiments to study the growth regulatory properties of these compounds provides a basis for the feasibility of its use in agriculture and landscaping. The effect of a number of organic acids shows that the use of these derivatives allows to increase the growth of the above-ground and root parts of corn by a certain percentage, which contributes to the acceleration of corn growth.

4. Conclusion

Thus, we have developed new effective growth regulators for corn based on derivatives of dicarboxylic acids of the C₂-C₆ series. It has been experimentally established that ammonium salts of succinic acid and ethanolamines can increase the growth of the above-ground and root parts of corn by 10.8-19.6% and 2.1-13%, respectively. It has been shown that the obtained compounds have good phyto regulatory activity and can be recommended for use in agronomy and agricultural practice.

Acknowledgments: The work was carried out with the financial support of the Institute of Petrochemical Processes of the Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan

Conflict of Interest: All authors declare that they have no conflict of interest.

C₂-C₆ СЕРИЯЛЫҚ АЛИФАТТЫ ДИКАРБОН ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ АММОНИЙ ТУЗДАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ЖҮГЕРІ ӨСУІНІҢ ЖАҢА БОЛАШАҚТЫ РЕТТЕУШІЛЕРІ

Л.И. Алиева, Дж.Ш. Мамедов, И.Г. Аюбов, Дж.Ф. Султанова*

Академик Ю.Г. Мамедалиев атындағы Мұнай-химиялық процестер институты, Әзірбайжан Республикасы Ғылым және білім министрлігі, Баку, Әзірбайжан

**E-mail: leylufer-ipcpr@rambler.ru*

Түйіндеме. Жүгері дүние жүзінде ең көп сатылатын екінші дәнді дақыл (бидайдан кейін). Тәтті жүгері – құнды көкөніс дақыл, тағамдық құндылығы мен дәмі жағынан ең жақсы көкөніс дақылдарының бірі. Онда пайдалы заттардың маңызды тізімі бар: А, В, С және Е дәрумендерінің жоғары мазмұны, әсіресе фолий қышқылының көп мөлшері (В9), ниацин (В3) және тиамин (В1) сәл аз. Макро-және микроэлементтердің ішінде жүгеріде ең көп калий (270 мг) және магний (37 мг) бар. Жүгері құрамындағы басқа өнімдерде сирек кездесетін элемент - бұл жүгеріде микродозада бар алтын, бірақ бұл біздің миымызды оның жақсы жұмыс істеуі үшін қажет сирек металмен қоректендіруге жеткілікті. Жүгері майлардың, ақуыздардың және көмірсулардың құрамында теңдестірілген, талшыққа бай және құрамында глютен жоқ. Талшық ішек перистальтикасына көмектеседі, қатерлі ісіктің алдын алады. Сонымен қатар, глютеннің болмауы жүгеріні ең әмбебап тағамдық өнімге айналдырады, оның бидайға тән «қарсы көрсеткіштері» жоқ, дені сау адамдар үшін де, денсаулығында проблемалары бар адамдар үшін де бірдей қолайлы. Жүгері сүрлемдік дақыл ретінде үлкен азықтық құндылыққа ие. Дәннің сүтті-балауыз пісу фазасындағы қозалардан алынған сүрлем тағамдық құндылығы жағынан ең жақсылардың бірі болып саналады. Жүгері жібекінен жасалған препараттар несеп айдағыш, қабынуға қарсы, холеретикалық, гемостатикалық агент ретінде бүйрек ауруларын, бауырды, урологиялық ауруларды, әртүрлі шығу тегі ісінулерін емдеуде қолданылады. Жүгері жібекінен жасалған препараттар калыпты седативті әсерге ие, сонымен қатар төбетті төмендетуі мүмкін. Жүгері тұқымдарының ұрықтарынан алынған жүгері майы қандағы холестерин деңгейін реттейді, оның қан тамырларының қабырғаларына шөгуін азайтады, тромбоз қаупін азайтады және холеретикалық әсерге ие. Дүниежүзілік крахмал өндірісіндегі жүгерінің үлесі шамамен 75% құрайды. Жүгерінің маңыздылығын ескере отырып, осы өсімдіктің жаңа тиімді өсу реттегіштерін жасау саласында жүйелі зерттеулер жүргізу қажет. Бұл жұмыста алифатты дикарбон қышқылдарының аммоний тұздары негізінде жүгері өсімін жеделдету үшін перспективті фитогормондарды жасау саласындағы өз зерттеулеріміздің нәтижелері берілген. Бізде синтезделген қосылыстар жүгерінің жер үсті және тамыр бөліктерінің көбеюіне ықпал етіп, оның өсуін тездететіні көрсетілген.

Түйін сөздер: жүгері, өсу реттегіштері, фитогормондар, өсу стимуляторлары, өсу заттары

<i>Алиева Лейлуфер Имран гызы</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Мамедов Жалал Шамиль оглы</i>	<i>Ауыл шаруашылығы ғылымдарының докторы</i>
<i>Аюбов Ильгар Гаджи оглы</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы</i>
<i>Султанова Жамиля Фахрад гызы</i>	<i>Докторант</i>

НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА КУКУРУЗЫ НА ОСНОВЕ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ АЛИФАТИЧЕСКИХ ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ РЯДА C₂-C₆

Л.И. Алиева, Дж.Ш. Мамедов, И.Г. Аюбов, Дж.Ф. Султанова*

Институт Нефтехимических процессов имени акад. Ю.Г. Мамадалиева, Министерства Науки и Образования Азербайджанской Республики, Баку, Азербайджан

**E-mail: leylufer-ipcpr@rambler.ru*

Резюме. Кукуруза — вторая по объёму продаж зерновая культура в мире (после пшеницы). Сахарная кукуруза — ценная овощная культура, входящая в число лучших овощных культур по питательной ценности и вкусовым качествам. Она обладает значительным перечнем полезных веществ: высоким содержанием витаминов А, В, С и Е, особенно большого количества фолиевой кислоты (В9), немного меньше ниацина (В3) и тиамина (В1). Из макро- и микроэлементов в кукурузе больше всего калия (270 мг) и магния (37 мг). Редкий в других продуктах элемент, содержащийся в кукурузе — золото, которое содержится в кукурузе в микродозах, но этого достаточно, чтобы питать наш мозг редким металлом, необходимым для его лучшей работы. Кукуруза сбалансирована по составу жиров, белков и углеводов, богата клетчаткой и не содержит глютена. Клетчатка помогает перистальтике кишечника, предотвращает рак. Кроме того,

отсутствие глютена делает кукурузу наиболее универсальным продуктом питания, не имеющим «противопоказаний», присущих пшенице, одинаково подходящим как для здоровых людей, так и для людей с проблемами со здоровьем. Кукуруза как силосная культура имеет большую кормовую ценность. Силос из початков в фазе молочно-восковой спелости зерна считается одним из лучших по питательной ценности. Препараты из кукурузных рылец применяются как мочегонное, противовоспалительное, желчегонное, кровоостанавливающее средство при лечении заболеваний почек, печени, урологических заболеваний, отеков различного происхождения. Препараты из кукурузных рылец оказывают умеренное успокаивающее действие, а также могут снижать аппетит. Кукурузное масло, получаемое из зародышей семян кукурузы, регулирует уровень холестерина в крови, уменьшает его отложение на стенках сосудов, снижает риск тромбозов и обладает желчегонным действием. Доля кукурузы в мировом производстве крахмала составляет около 75%. Учитывая высокую значимость кукурузы, необходимо проводить систематические исследования в области разработки новых эффективных регуляторов роста этого растения. В данной работе представлены результаты собственных исследований в области разработки перспективных фитогормонов для ускорения роста кукурузы на основе аммонийных солей алифатических дикарбоновых кислот. Показано, что синтезированные нами соединения способствуют увеличению надземной и корневой частей кукурузы и ускоряют её рост.

Ключевые слова: кукуруза, регуляторы роста, фитогормоны, стимуляторы роста, ростовые вещества

<i>Алиева Лейлуфер Имран гызы</i>	<i>Доктор технических наук</i>
<i>Мамедов Жалал Шамиль оглы</i>	<i>Доктор сельскохозяйственных наук</i>
<i>Аюбов Ильгар Гаджи оглы</i>	<i>Доктор химических наук</i>
<i>Султанова Жамиля Фахрад гызы</i>	<i>Докторант</i>

References

- 1.Wani H., Kumar V., Shriram V., Kumar S. Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. *The Crop Journal*, **2016**, 4, N 3, 162-176 DOI:10.1016/j.cj.2016.01.010
- 2.Khan I., Chattha M., Maqbool R., Muqarrab A. Perspectives of Phytohormones Application to Enhance Salinity Tolerance in Plants. *Chapter in book New Insights into phytohormones*, **2024**, 310. DOI: 10.5772/intechopen.1003714
- 3.Yan H., Zhaokar Y., Chen Sh., Jian W. Exploration and development of artificially synthesized plant growth regulators. *Advanced Agrochem.*, **2024**, 3, N 1, 47-56 DOI:10.1016/j.aac.2023.07.008
- 4.Iqbal Sh., Wang X., Mubeen I., Kamran M. Phytohormones Trigger Drought Tolerance in Crop Plants: Outlook and Future Perspectives. *Front. Plant Sci.*, **2022**, 12, 137-152 DOI:10.3389/fpls.2021.799318
- 5.Hoque N., Hannan A., Imran Sh., Tuz-Zohra F. Phytohormonal strategies for managing crop responses to abiotic stresses – a review. *Discover Plants*, **2024**, 1, 48-56 DOI:10.1007/s44372-024-00058-3
- 6.Endo A., Nambara E., Sato Y. Involvement and possible applications of plant hormones in crop breeding. *Regulation of Plant Growth and Development*, **2014**, 49, N 1, 32-37 DOI:10.18978/jscrp.49.1_59
- 7.Putri Y., Masykur I., Rizki A. The effect of corn (*Zea mays* L.) kernel extract as a natural growth regulator in pachthouli (*Pogostemon cablin* Benth) subculture plantlet. *IOP Conf. Series. Earth and Environmental Sciences*, 5-th ICAGRI-2023, **2023**, 1-7 DOI:10.1088/1755-1315/1297/1/012065
- 8.Sienkiewicz A., Krasowska M., Kowczyk-Sadowy M., Obidzinski S. Occurrence of plant hormones in composts made from organic fraction of agri-food industry waste. *Scientific Reports*, **2024**, 14, 6808-6813 DOI:10.1038/s41598-024-57524-x
- 9.Shweta Sh., Kaur M. Plant hormones synthesized by microorganisms and their role in biofertilizer – a review article. *International Journal of Advanced Research*, **2023**, 2, 145-162 DOI: 10.21474/IJAR01/6144

10. Morrison E.N., Neil Emery R.J., Saville B. Phytohormone Involvement in the *Ustilago maydis*– *Zea mays* Pathosystem: Relationships between Absciscic Acid and Cytokinin Levels and Strain Virulence in Infected Cob Tissue. *PLOS One*, **2015**, 10, N 6, 130945-130956 DOI:10.1371/journal.pone.0130945
11. Szoke L., Moloi M., Enik G., Kovacs E. The Application of Phytohormones as Biostimulants in Corn Smut Infected Hungarian Sweet and Fodder Corn Hybrids. *Plants*, **2021**, Vol. 10, pp. 1822-1854 DOI:10.3390/plants10091822
12. Randatul J., Sari M.M., Istyadji M. The effect of different concentrations of phytohormones on the growth and yield of sweet corn (*Zea mays* sturt L.). *Transpublika International Research in exact sciences*, **2023**, 1, N 2., 29-42 DOI:10.55047/tires.v1i2.526
13. Llanes A., Iprarraguirre J., Masciarelli O., Luna Y. Foliar application of phytohormones enhances growth of maize and soybean seedlings. *Revista de Investigaciones Agropecuarias*, **2019**, 45, N 1, 61-66
14. Tscharn F., Hutsch B.W., Dreute J., Schubert S. Auxin application to maize plants at flowering increases abundance and activity of plasma membrane H⁺-ATPase in developing maize kernels. *Journal of Plant Nutrition and Soil Sciences*, **2022**, 185, N 5, 554-566 DOI:10.1002/jpln.202200154
15. Yoshimura M., Dieckmann M., Lumbroso A., Fonne-Pfister R. Design, Synthesis and Biological Evaluation of Simplified Analogues of the Major Corn Strigolactones, Zealactone and Zeapyranolactone. *Helvetica*, **2023**, 106, N 10, 111-116 DOI:10.1016/B978-0-12-821035-2.00043-7
16. Yue K., Linling L., Junhong X., Coulfer J. Synthesis and regulation of auxin and abscisic acid in maize. *Plant Signal Behav.*, **2012**, 16, N 7, 1891756-1891762 DOI: 10.1080/15592324.2021.1891756
17. Xiang N., Jiang H., Yan Sh., Xinbo G. Plant Hormones and Volatiles Response to Temperature Stress in Sweet Corn (*Zea mays* L.) Seedlings. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **2021**, 69, N 24, 6779-6790 DOI: 10.1021/acs.jafc.1c02275
18. Fukami K., Ollero F., Meqias M., Hungria M. Phytohormones and induction of plant-stress tolerance and defense genes by seed and foliar inoculation with *Azospirillum brasilense* cells and metabolites promote maize growth. *AMB Express*, **2017**, 7, 153-161 DOI:10.1186/s13568-017-0453-7
19. Jieping L., Feng X., Jinjin X. A simple method for the application of exogenous phytohormones to the grass leaf base protodermal zone to improve grass leaf epidermis development research. *Plant Methods*, **2021**, 17, 128-134 DOI:10.1186/s13007-021-00828-0
20. Mubarak S., Wicaksono F., Nuraini A., Rahmat B. Agronomical characteristics of sweet corn under different plant growth regulators during the dry season. *Biodiversitas*, **2022**, 23, N 6, 3091-3098 DOI:10.13057/biodiv/d230636
21. Huang Y., Cheng L., Fei H., Zhan L. Exogenous spermidine improves seed germination of sweet corn via involvement in phytohormone interactions, H₂O₂ and relevant gene expression. *BMC Plant Biology*, **2017**, 17, 1-12 DOI:10.1186/s12870-016-0951-9
22. Ruijuan Q., Wanrong G., Zhang J., Ling H. Exogenous diethyl aminoethyl hexanoate enhanced growth of corn and soybean seedlings through altered photosynthesis and phytohormone. *Australian Journal of Crop Science*, **2013**, 7, N 13, 2021-2028
23. Longfei W., Yan Y., Weiping L., Dalei L. Application of Exogenous Phytohormones at Silking Stage Improve Grain Quality under Post-Silking Drought Stress in Waxy Maize. *Plants*, **2021**, 10, N 48, 1-15 DOI:10.3390/plants10010048
24. Gresik M., Romanowska-Duda Z. Improvements in Germination, Growth, and Metabolic Activity of Corn Seedlings by Grain Conditioning and Root Application with Cyanobacteria and Microalgae. *Pol. J. Environment. Stud.*, **2014**, 23, N 4, 1147-1153
25. Brandon N., Perillo A., Yan X. Effects of Absciscic Acid on Corn (*Zea mays*) grown under Salinity and Flooding Conditions. *School of Theoretical and Applied Science, Ramapo College of New Jersey*, **2023**, N 2, 5-9
26. Ovege I., Sridhar M. Evaluation of vermicompost and vermicompost tea application on corn (*Zea mays*) growth and physiology using optical plant sensors. *Journal of Plant Nutrition*, **2025**, 48, N 8, 1275-1293 DOI:10.1080/01904167.2024.2434583
27. Lykholat Y.V., Khromykh N.O., Didur O.O., Gaponov O.O. Altering maize (*Zea mays*) seedlings' growth and lignification processes by action of novel synthesized compounds. *Regulatory Mechanism in Biosystems*, **2021**, 12, N 2, 260-264 DOI:10.15421/022135

28. Abbasov V.M., Mammadov J.Sh., Nabiyeu F.A., Abdullayeva N.R., Aliyeva G.A., Qanbarova F.D., Akhmadbekova S.F., Sultanova J.F. The Role Of Plant Growth Substances in the Development of Azerbaijani Agriculture and Protection of Ecology and Biodiversity. *International Conference on Smart Environment and Green Technologies - ICSEGT 2024. Lecture Notes in Networks and Systems. Springer*. **2024**, 2, 469-475

29. Abbasov V.M., Mammadov J.Sh., Sultanova J.F., Nabiyeu F.A., Qanbarova F.D., Aliyeva G.A., Abdullayeva N.R., Ahmedbekova S.F., Ahmadov F.I. Investigation of the effect of succinic acid derivatives as a growth agent in the field of agriculture and greening. *Processes of Petrochemistry and Oil Refining*, **2024**, 25, N 4, 1166-1176 DOI:10.62972/1726-4685.2024.1166

30. Sultanova J.F., Aliyeva L.I., Mammadov J.Sh..Use of N-derivatives of carboxylic acids as plant growth regulators. *Processes of Petrochemistry and Oil Refining*, **2024**, 25, N 3, 586-601 DOI:10.62972/1726-4685.2024.2.586

31. Mammadov J.Sh., Nabiyeu F.A., Aliyeva G.A., Sultanova J.F. Synthesis of tris(2-hydroxyethyl)ammonium complex derivatives of glutaric acid and study of their stimulating effect on plant seeds. *News Collection "Natural and technical sciences" series*, **2024**, No. 1 (91), 72-78

32. Султанова Д.Ф, Алиева Л.И, Ахмедбекова С.Ф. Производные дикарбоновых кислот в качестве регуляторов роста растений. *Химия и технология органических веществ*, **2024**, №4(32), 52-61

VALIDATION OF THE METHOD FOR DETERMINING IODIDE IONS IN SOLUTIONS BY CAPILLARY ELECTROPHORESIS

R. Karzhaubayeva*, S. Turganbay, Y. Sakhipov, Z. Ashimkhanova, G. Baigaipova, A. Kurmanaliyeva

JSC «Scientific Center for Anti-infectious Drugs», Almaty, Kazakhstan

*E-mail: karzhaubayeva@mail.ru

Abstract. Introduction. The article is devoted to the validation of the analytical method for the determination of iodide ions in solutions by capillary electrophoresis. This concept represents the entire part of analytical chemistry, especially in the field of drug quality control, where the sensitivity and specificity of the method are of crucial importance. The relevance of the study is due to the need for accurate and reliable quantitative analysis of iodide ions in solution, including dosage forms, and complies with international requirements (ICH Q2 (R1)) for the validation of analytical procedures. The objective of this validation was to determine the validation characteristics of the method for determining iodide ions in solutions by capillary electrophoresis.

Results and discussion. The article describes in detail the validation parameters: accuracy, repeatability, limit of quantification, linearity and working range, which increases the practical value of the validation results of this method. It was established that the limit of quantitative determination is 2.6 mg/l, the working range of the method is in the range from 2.6 mg/l to 240 mg/l, the correlation coefficient is 0.9999. Conclusion. The work uses international ICH standards and internal company procedures. Linearity is observed for the entire studied range from 0 to 200 mg/l. High sensitivity of the method (2.6 mg/l) and linearity ($R^2 = 0.9999$) are proven. The method fully meets its purpose, is successfully used in the analysis of medicinal preparations, and the possibility of replacing potentiometric titration with a more accurate method has been demonstrated. The methodology has practical significance in the context of quality control.

Key words: validation, capillary electrophoresis, substance, medicinal product.

Karzhaubayeva Roza Askarovna	Candidate of Technical Sciences, Head of the Contral Analytical laboratory; E-mail: karzhaubayeva@mail.ru
Turganbay Seitghan	PhD, Head of the Laboratory of New Substances and Materials; E-mail: turganbay.s@gmail.com
Sakhipov Yermek Narimanovich	Master of Engineering Sciences, Senior Researcher of the Control Analytical Laboratory; E-mail: Sakhipov108@mail.ru
Ashimkhanova Zauresh Saidakhmetovna	Senior Researcher of the Contral Analytical laboratory; E-mail: A_zauresh.72@mail.ru
Baigaipova Gulshat Kuanbekovna	Senior Researcher of the Contral Analytical laboratory; E-mail: baigaipovag@mail.ru
Kurmanaliyeva Assel Rakhimovna	Master of Engineering Sciences, Senior Researcher of the Contral Analytical laboratory; E-mail: wasilek.07@mail.ru

Citation: Karzhaubayeva R., Turganbay S., Sakhipov Y., Ashimkhanova Z., Baigaipova G., Kurmanaliyeva A. Validation of the method for determining iodide ions in solutions by capillary electrophoresis. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 25-33. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.31>

**ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОДИД ИОНОВ В РАСТВОРАХ
МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА**

**Р.А. Каржаубаева*, С. Турганбай, Е.Н. Сахипов,
З.С. Ашимханова, Г.К. Бауғаипова, А.Р. Курманалиева**

АО «Научный центр противоинфекционных препаратов» Алматы, Казахстан

*E-mail: karzhaubayeva@mail.ru

Резюме. *Введение.* Статья посвящена валидации аналитической методики определения иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза. Это направление представляет собой важную часть в аналитической химии, особенно в области контроля качества лекарственных средств, где чувствительность и специфичность метода имеют решающее значение. Актуальность исследования обусловлена необходимостью точного и достоверного количественного анализа иодид-ионов в растворе, включая лекарственные формы, и соответствует международным требованиям Руководство Международного совета по гармонизации (ICH) по валидации аналитических методик, где «R1» означает «Редакция 1» (пересмотренная редакция) (ICH Q2 (R1)) к валидации аналитических процедур. *Цель данной валидации* состояла в определении валидационных характеристик методики определения иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза. Результаты и обсуждение. В статье подробно описаны параметры валидации: правильность, повторяемость, предел количественного определения, линейность и рабочий диапазон, что повышает прикладную ценность результатов валидации данной методики. Установлено, что предел количественного определения составляет 2.6 мг/л, рабочий диапазон метода находится в интервале от 2.6 мг/л до 240 мг/л, коэффициент корреляции 0.9999. *Заключение.* В работе применены международные стандарты ICH и внутренние процедуры предприятия. Линейность соблюдается для всего исследованного диапазона от 0 до 200 мг/л. Доказана высокая чувствительность метода (2.6 мг/л) и линейность ($R^2 = 0.9999$). Методика полностью отвечает своему назначению, успешно используется при анализе лекарственных препаратов, продемонстрирована возможность замены потенциометрического титрования более точным методом. Методика имеет практическую значимость в рамках контроля качества иодсодержащих лекарственных препаратов.

Ключевые слова: валидация, капиллярный электрофорез, субстанция, лекарственный препарат.

<i>Каржаубаева Роза Аскаровна</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Турганбай Сейтжан</i>	<i>PhD</i>
<i>Сахипов Ермек Нариманович</i>	<i>Магистр технических наук</i>
<i>Ашимханова Зауреш Сайдахметовна</i>	<i>Старший научный сотрудник</i>
<i>Бауғаипова Гулшат Куанбековна</i>	<i>Старший научный сотрудник</i>
<i>Курманалиева Асель Рахимовна</i>	<i>Магистр технических наук</i>

1. Введение

В соответствии с рекомендациями ICH и ведущих фармакопей аналитические методики должны быть валидированы. Статья посвящена валидации аналитической методики определения иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза. Это направление представляет собой важную часть в аналитической химии, особенно в области контроля качества лекарственных средств, где чувствительность и специфичность метода имеют решающее значение. Актуальность исследования обусловлена необходимостью точного и достоверного количественного анализа иодид-ионов в растворе, включая лекарственные формы, и

соответствует международным требованиям (ICH Q2 (R1)) к валидации аналитических процедур. В связи с этим, цель данной валидации состояла в определении валидационных характеристик методики TP-CA-004 «Анализ содержания иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза Agilent 1600» [1], обеспечение документального подтверждения того, что процедура соответствует своему предназначению.

Капиллярный электрофорез универсальный метод, обеспечивающий разделение и количественное определение заряженных частиц с исключительной эффективностью и разрешением. Производительность, надежность и простота использования сочетаются в приборе Agilent с высоконадежной системой контроля и регулировки давления. Капиллярный электрофорез метод, где разделение основано на подвижности ионов в электрическом поле, поэтому данный метод идеально подходит для разделения заряженных соединений, которые зачастую проблематично разделить методом ВЭЖХ. Детектор с диодной матрицей значительно увеличивает чувствительность системы. Благодаря высокой эффективности и разрешающей способности, скорости анализа и минимальным затратам образца и реактивов, капиллярный электрофорез стал, признанным методом для анализа заряженных, ионизованных или полярных соединений. Универсальность метода находит применение в различных областях: от разработки лекарственных средств до контроля за качеством и анализа ионного состава.

В ходе валидации были исследованы следующие характеристики: правильность, повторяемость, предел количественного определения, рабочий диапазон и линейность при анализе иодид ионов в растворах.

2. Экспериментальная часть

Валидацию выполняли на приборе капиллярного электрофореза Agilent, тип G1600AX (Agilent Technologies, США) с использованием диодно-матричного детектора.

Анализ провели при следующих параметрах:

- капилляр с внутренним диаметром 50.0 мкм;
- длиной 56.0 см;
- буферный раствор pH 9.3;
- температура кассеты 25 °C;
- предварительная подготовка капилляра включала: промывку 3 мин 0.1 н NaOH; затем 3 мин буферным раствором pH 9.3;
- при давлении 900 мбар (90 кПа);
- проба вводилась пневматически (50 мбар (5 кПа), 10 с);
- полярность отрицательная;
- напряжение -30 кВ;
- детектирование проводили по полосе поглощения (длина волны) - 226 нм.

Работа на приборе выполнялась согласно руководству, инструкции, стандартной операционной процедуре SOP-EQ-037 «Эксплуатация системы капиллярного электрофореза Agilent 1600» [2-4]. В качестве стандартного

образца использовали ГСО 9426-2009 иодид ионов, производитель Санкт-Петербург. Растворы готовили таким образом, чтобы концентрация попадала в рабочий диапазон аналитического метода (0-200 мг/л).

Методическая процедура была валидирована согласно стандартной операционной процедуре SOP-GE-004 «Валидирование аналитических методов» [5]. Требования по валидации аналитических методов опубликованы в ICH руководстве Q2 (R1) (CPMP/ICH/381/95) [6-8]. В соответствии с SOP-GE-004 были выбраны следующие параметры ревалидации и соответствующие критерии приемлемости: правильность (систематическая ошибка), повторяемость, предел количественного определения (LOQ) и рабочий диапазон.

Описание процесса валидации:

- Был приготовлен раствор ГСО иодид ионов 200 мг/л для валидации: готовили разбавлением 5 мл раствора ГСО (9426-2009) в мерной колбе до 25 мл по инструкции производителя.
- Был использован буферный раствор Agilent с pH-9.3 (состав буфера тетраборат натрия 0,05 моль/л для капиллярного электрофореза).
- Были записаны электрофореграммы приготовленного раствора ГСО иодид ионов 200 мг/л в шести повторях.
- Был определен уровень шума для раствора ГСО иодид ионов 200 мг/л.
- Были рассчитаны среднее значение, стандартное отклонение для площади пика и концентрации, а также отношение сигнал/шум.
- Был определен рабочий диапазон.

3. Результаты и обсуждение

Правильность

Параметр «правильность» методической процедуры определяли путем анализа ГСО с известным паспортным содержанием аналита. Проводили определение иодид иона ГСО с концентрацией 200 мг/л в шести повторях. Площадь пика определяли из электрофореграмм, вносили в таблицу 1. Концентрация иодид ионов определялась автоматически с помощью программного обеспечения Agilent Chemstation, либо можно по формуле 1. Рассчитывали среднее значение и его отклонение от истинного значения.

$$C_x = \frac{100 \times S_x}{S_o} \quad (1)$$

где:

C_x - концентрация раствора образца, мг/л

S_x - площадь пика раствора образца

S_o - площадь пика стандартного раствора иодида с концентрацией 100 мг.

Критерии принятия правильности по концентрации должна быть в интервале $\pm 3 \%$ от истинного значения 200 мг/л.

Таблица 1 - Результаты оценки правильности

№	Площадь S, мЕА*сек.	Концентрация C, мг/л
1	690.96	196.83
2	696.44	198.39
3	700.49	199.54
4	703.86	200.50
5	704.53	200.69
6	708.41	201.80
Среднее значение	700.78	199.63
Истинное значение	-	200.00
Правильность	-	-0.37 (-0.19 %)

Из результатов в таблице 1 видно, что параметр «правильность» (систематическая погрешность) метода составляет -0.37 мг/л или -0.19 %.

Это значение находится в границах установленных в валидационном плане VP-PCM-004 "Анализ содержания иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза" [9].

Повторяемость

Параметр «повторяемость» была определена аналогичным путем. Проводили определение иодид иона ГСО с концентрацией 200 мг/л в шести повторях.

Площадь пика определяли из электрофореграмм и вносили в таблицу 2. Концентрация иодид ионов определялась автоматически с помощью программного обеспечения Agilent Chemstation. Среднее значение и СКО для единичного определения рассчитывали с использованием валидированной Excel таблицы CS-PCM-002, либо можно по формуле 2:

$$СКО = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(x_i - \bar{x})^2}{(n-1)}} \quad (2)$$

где: x_i – отдельное измерение;

$\bar{x}$ – среднее значение;

n – объём выборки.

Согласно требованиям методики поверки и ICH Q2 (R1) (CPMP/ICH/381/95) критерии принятия правильности по концентрации составляет ± 3 % от истинного значения концентрации иодид ионов ГСО 200 мг/л. Критерии принятия повторяемости характеризуются значением СКО и не должны превышать ± 4 % для площади пика и ± 3 % для значения концентрации иодид ионов. Результаты определения параметра «повторяемость» приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты оценки повторяемости

№	Площадь S, мЕА*сек.	Концентрация С, мг/л
1	690.96	196.83
2	696.44	198.39
3	700.49	199.54
4	703.86	200.50
5	704.53	200.69
6	708.41	201.80
Среднее значение	700.78	199.63
Истинное значение	-	200.00
СКО	6.28 (0.90 %)	1.79 (0.89 %)

Из результатов в таблице 2 видно, что СКО по концентрации иодид иона составляет 0.89 % и по площади пика 0.90 %, т.е. они полностью удовлетворяют критериям принятия VP-PCM-004 "Анализ содержания иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза".

Предел количественного определения (LOQ)

Параметр «предел количественного определения» был определен путем сравнения сигнала и шума. С использованием программного обеспечения Agilent Chemstation. Критериями принятия данного параметра можно считать соотношение сигнал/шум 10:1.

Сигнал в соответствии с отчетами прибора составляет 77 mAU (milli Absorbance Unit - единица поглощения в милли; единица измерения оптической плотности), а шум менее 0.1 mAU (ASTM). Минимальная концентрация LOQ должна превышать шум в 10 раз, т.е. быть равной или больше 1 mAU. Сигнал 77 mAU соответствует 200 мг/л, соответственно 1 mAU составляет 2.6 мг/л.

Был определен предел количественного определения путем сравнения сигнала и шума, нижний предел составляет 2.6 мг/л.

Рабочий диапазон

Оптимальный рабочий диапазон метода выбран экспериментальным путём.

По результатам экспериментального определения оптимального рабочего диапазона нам удалось установить, что наиболее эффективным рабочим диапазоном концентраций для данного метода является концентрации иодид ионов от 2.6 мг/л до 240 мг/л. Верхней границей рабочего диапазона является 120 % от максимальной концентрации, определенной экспериментально в пределах линейной зависимости.

Определили рабочий диапазон метода находится в интервале от 2.6 мг/л до 240 мг/л.

Линейность

Линейность методической процедуры была определена путем анализа 5 различных концентраций, начиная от бланка (вода) и далее от 40 мг/л до 200 мг/л, в котором соблюдается линейная зависимость площадей пиков от

концентраций иодид ионов калибровочных растворов. С помощью программы Origin построен график линейной зависимости, рассчитан коэффициент корреляции и параметры линейного уравнения $y=a+b \cdot x$. Калибровочная прямая приведена на рисунке 1.

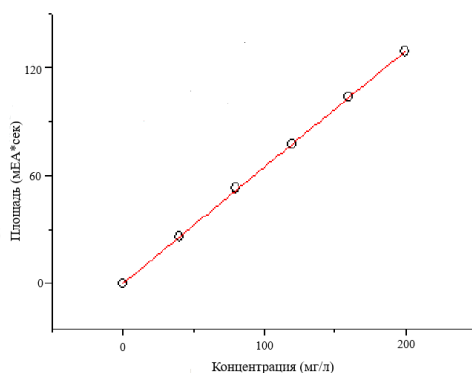


Рисунок 1 – Калибровочная кривая.

Коэффициент корреляции 0.9999.

Линейность соблюдается для всего исследованного диапазона от 0 до 200 мг/л.

Результаты проведенной валидации приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Результаты валидации методики определения иодид ионов методом капиллярного электрофореза.

Параметр	Характеристика	Результат
Правильность	%	-0.19
Повторяемость	%	0.89
Предел количественного определения	мг/л	2.6
Рабочий диапазон	мг/л	2.6 - 240
Линейность	-	$R^2 = 0.9999$

Результаты проведенной валидации приведены в отчете по валидации VR-PCM-004 [10], а практические аспекты работ по валидации аналитических методик [11-12]. В статье подробно описаны параметры валидации: правильность, повторяемость, предел количественного определения, линейность и рабочий диапазон, что повышает прикладную ценность результатов валидации данной методики.

Данная валидированная методика успешно используется при проведении исследования количественного определения иодид ионов во

всех разработанных в Научном центре лекарственных субстанциях и препаратах.

4. Заключение

Проведена валидация методики «Анализ содержания иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза Agilent 1600». В работе применены международные стандарты ICH и внутренние процедуры предприятия. Установлено, что методическая процедура TP-CA-004 "Анализ содержания иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза" [12], пригодна для количественных исследований, так как полностью соответствует спецификациям. Данный метод показал высокую точность и надежность результатов. Установлено, что предел количественного определения составляет 2.6 мг/л, рабочий диапазон метода находится в интервале от 2.6 мг/л до 240 мг/л, коэффициент корреляции 0.9999. Доказана высокая чувствительность метода (2.6 мг/л) и линейность ($R^2 = 0.9999$). Линейность соблюдается для всего исследованного диапазона от 0 до 200 мг/л.

Таким образом, использование метода капиллярного электрофореза для количественного определения иодид-иона является более надежным и быстрым по сравнению с методом потенциометрического титрования, что делает его более конкурентоспособным [13-14]. Методика полностью отвечает своему предназначению, успешно используется при анализе лекарственных препаратов.

Финансирование: по программе BR24992760 2024-2026 гг. «Разработка потенциатора антимикробного действия комбинаций антибиотиков, для эффективной терапии заболеваний, вызванных бактериями с множественной лекарственной устойчивостью».

Конфликт интересов: в работе отсутствует конфликт интересов между авторами.

КАПИЛЛЯРЛЫ ЭЛЕКТРОФОРЕЗ ӘДІСІМЕН ЕРІТІНДІЛЕРДЕГІ ИОДИД ИОНДАРЫН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІН ВАЛИДАЦИЯЛАУ

Р.А. Каржаубаева, С. Тұрғанбай, Е.Н. Сахипов,
З.С. Ашимханова, Г.К. Баиғанова, А.Р. Құрманалиева*

«Инфекцияға қарсы препараттар ғылыми орталығы» АҚ, Алматы, Қазақстан

**E-mail: karzhaubayeva@mail.ru*

Түйіндемe. *Kіріспе.* Мақала капиллярлық электрофорез әдісімен ерітінділердегі иодид иондарын анықтаудың аналитикалық әдісін тексеруге арналған. Бұл бағыт аналитикалық химияда, әсіресе дәрілік заттардың сапасын бақылау саласында ерекше орын алады, мұнда әдістің сезімталдығы мен ерекшелігі өте маңызды. Зерттеудің өзектілігі дәрілік формаларды қоса алғанда, ерітіндідегі йодид иондарын дәл және сенімді сандық талдау қажеттілігіне байланысты және аналитикалық процедураларды валидациялауға қойылатын халықаралық талаптарға (ICH Q2 (R1)) сәйкес келеді. Бұл валидацияның мақсаты капиллярлық электрофорез әдісімен ерітінділердегі иодид иондарын анықтау әдістемесінің валидациялық сипаттамаларын анықтау болды. *Нәтижелер және талқылау.* Мақалада валидация параметрлері егжей-тегжейлі сипатталған: дұрыстығы, қайталануы, сандық шегі, сызықтығы және жұмыс ауқымы, бұл осы әдістеменің валидация нәтижелерінің қолданбалы мәнін арттырады. Сандық анықтау шегі 2.6 мг/л, әдістің жұмыс диапазоны 2.6 мг/л-ден 240 мг/л-ге

дейінгі аралықта, корреляция коэффициенті 0,9999 екендігі анықталды. Қорытынды. Жұмыста ICH халықаралық стандарттары және кәсіпорынның ішкі процедуралары қолданылады. Сызықтық 0-ден 200 мг/л-ге дейінгі барлық зерттелген диапазон үшін сақталады. әдістің жоғары сезімталдығы (2.6 мг/л) және сызықтық ($R^2 = 0.9999$) дәлелденді. Әдістеме өзінің мақсатына толық жауап береді, дәрілік заттарды талдауда сәтті қолданылады, Потенциометриялық титрлеуді дәлірек әдіспен ауыстыру мүмкіндігі көрсетілген. Құрамында иоды бар дәрілік заттардың сапасын бақылауда әдістеменің практикалық маңызы зор.

Түйін сөздер: валидация, капиллярлы электрофорез, субстанция, дәрілік заттар.

<i>Каржаубаева Роза Аскарвна</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Тұрғанбай Сейтжан</i>	<i>PhD</i>
<i>Сахипов Ермек Нариманович</i>	<i>Техника ғылымдарының магистрі</i>
<i>Ашимханова Зауреш Сайдахметовна</i>	<i>Аға ғылыми қызметкер</i>
<i>Багаипова Гулшат Қуанбековна</i>	<i>Аға ғылыми қызметкер</i>
<i>Қурманалиева Асель Рахимовна</i>	<i>Техника ғылымдарының магистрі</i>

Список литературы

1. Каржаубаева Р.А. Методическая процедура «Анализ содержания иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза». **2022**, ред.7, 14 с.
2. Voloshuk A.M. Guideline to capillary electrophoresis. Moscow, **1996**, 111 p.
3. Инструкция по эксплуатации системы капиллярного электрофореза, выпускаемой фирмой Agilent Technologies. **2000**, 191 с.
4. Каржаубаева Р.А. Эксплуатация системы капиллярного электрофореза Agilent 1600. **2023**, ред.7, 14 с.
5. Сабитов А.Н. Валидирование аналитических методов. **2013**, ред.3, 28 с.
6. Валидирование аналитических методик: текст и методология. ICH Q2. **2005**, 16 с. <https://pharmadviser.ru/document/tr3569/>.
7. European Pharmacopeia. 7th. edition. – Strasburg: European Union. 2011, Vol.1. 77-82.
8. Magnusson B. and Örnemark U. Eurachem Guide: The Fitness for Purpose of Analytical Methods – A Laboratory Guide to Method Validation and Related Topics. **2014**, www.eurachem.org.
9. Каржаубаева Р.А. Валидационный план «Анализ содержания иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза». **2016**, ред.2, 16 с.
10. Каржаубаева Р.А. Валидационный отчет «Анализ содержания иодид ионов в растворах методом капиллярного электрофореза». **2016**, ред.2, 16 с.
11. Аладышева Ж.И., Беляев В.В., Береговых В.В. Практические аспекты работ по валидации аналитических методик. Фармация. **2008**, № 7, 9-14.
12. Береговых В. В. Валидация аналитических методик для производителей лекарств: Типовое руководство предприятия по производству лекарственных средств. Москва. Литтерра. **2008**, 132 с.
13. Адаменко Г.В., Марцинкевич А.Ф. Валидация методик количественного определения бриллиантового зеленого и йода кристаллического в спиртосодержащих антисептических лекарственных средствах. Вестник ВГМУ. **2020**, Т.19, №2, 89-95. DOI: 10.22263/2312-4156.2020.2.89.
14. Полковникова Ю.А., Корянова К.Н., Сливкин А.И., Тульская У.А., Сенченко С.П. Разработка и валидация методики количественного определения фенибута в микрокапсулах. Химико-фармацевтический журнал. **2018**, Т.52, № 9. DOI: 10.30906/0023-1134-2018-52-9-56-60.

CHANGING THE DEGREE OF CONNECTION OF POLYMER CHAINS WITH GOLD AND IRON IONS IN THE INTERPOLYMER SYSTEM KU-2-8-P4VP

T.K. Jumadilov^{1,2}, G.T. Dyussembayeva^{1,2*}, Kh. Khimersen^{1,2},
Zh.S. Mukatayeva², J.V. Gražulevicius³

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

² Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

³ Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania

*E-mail: g_gazinovna@mail.ru

Abstract. *Introduction.* This paper presents the degree of binding of polymer chains with gold and iron ions based on cross-linked polyelectrolyte interpolymer systems. The objects of study were the cation exchanger KU-2-8 and the anion exchanger P4VP, which are used in domestic production. *The purpose.* Determination of the sorption properties of the interpolymer system based on the cationite KU-2-8 and the anionite P4VP, as well as experimental confirmation of the degree of binding with gold and iron ions. *The obtained results.* During the study, the degree of binding of polymer chains to gold (Au⁺) and iron (Fe²⁺) ions in the KU-2-8-P4VP interpolymer system was determined depending on the molar ratio and time. Compared to the individual polymer KU-2-8 (6:0), the anionite P4VP (0:6) showed a significantly higher degree of gold ion sorption, which stabilized over time. The maximum degree of binding of gold ions to the polymer chain was recorded after 6 hours in the interpolymer system at a ratio of (2:4) and amounted to 3.16 %. The degree of iron ion binding, especially at a ratio of 4:2, reached a significantly higher level after 24 hours, amounting to 6.46 %. As a result of remote interaction, areas of change were identified at a ratio of 4:2, and after 24 hours, the degree of gold and iron ion binding increased by 8.77 %. As can be seen from the diagram, the degree of iron ion binding in the interpolymer system is less intense compared to gold ions, and in almost all cases, the degree of gold ion binding reaches maximum values. In the KU-2-8 – P4VP interpolymer system in a 1:5 ratio, the degree of binding of gold ions to the polymer chain within 24 hours was 3.13 %, and for iron ions, this indicator was 0.55 %. *Conclusion.* The results of the study indicate that in the interpolymer system, the degree of binding of gold ions to the polymer chain is significantly higher, while the degree of binding of the polymer to iron ions is relatively weak and stable.

Keywords: KU-2-8, P4VP, interpolymer system, hydrogels, sorption, desorption, remote interaction, gold ions, iron ions, degree of connection.

Jumadilov Talkybek Kozhatayevich	Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: jumadilov@mail.ru
Dyussembayeva Gulnur Toktagazinovna	PhD student; E-mail: g_gazinovna@mail.ru
Mukatayeva Zhazira Sagatbekovna	Candidate of Chemical Sciences, associated Professor; E-mail: jazira-1974@mail.ru

Citation: Jumadilov T.K., Dyussembayeva G.T., Mukatayeva Zh.S., Khimersen Kh., Gražulevicius J.V. Changing the degree of connection of polymer chains with gold and iron ions in the interpolymer system KU-2-8-P4VP. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 34-43. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.32>

Khimersen Khuangul	PhD, Scientific Researcher; E-mail: huana88@mail.ru
Gražulevičius Juozas Vidas	Full professor, Kaunas University of Technology; E-mail: juozas.grazulevicius@ktu.lt

КУ-2-8-П4ВП ИНТЕРПОЛИМЕРЛІ ЖҮЙЕСІНДЕ АЛТЫН ЖӘНЕ ТЕМІР ИОНДАРЫМЕН ПОЛИМЕР ТІЗБЕКТЕРІНІҢ БАЙЛАНЫСУ ДӘРЕЖЕСІНІҢ ӨЗГЕРІСТЕРІ

**Т.К. Джумадилов^{1,2}, Г.Т. Дюсембаева^{1,2*}, Ж.С. Мукатаева²,
Х. Химэрсэн^{1,2}, Ю.В. Гражулявичюс³**

¹«Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

³Kaunas технологиялық университеті, Каунас, Литва

*E-mail: g_gazinovna@mail.ru

Түйіндемe. *Kipicne.* Бұл зертеуде торланған полиэлектрoлиттік интерполимерлік жүйелерге негізделген алтын және темір иондарымен полимер тізбектерінің байланысу дәрежесі ұсынылады. Зерттеу объектілері ретінде отандық өндірісте кенінен қолданылатын КУ-2-8 катиониті мен П4ВП аниониті таңдап алынды. *Жұмыстың мақсаты.* Катионит КУ-2-8 және анионит П4ВП негізінде құрылған интерполимерлік жүйенің сорбциялық қасиеттерін анықтау, сондай-ақ алтын және темір иондарымен байланысу дәрежесін тәжірибиелік тұрғыда дәлелдеу. *Алынған нәтижелер.* Зерттеу барысында КУ-2-8 – П4ВП интерполимерлік жүйесінде алтын (Au⁺) темір (Fe²⁺) иондарының мөлдік қатынасы мен уақытқа байланысты полимер тізбегінің байланысу дәрежесі анықталды. КУ-2-8 (6:0) жеке полимеріне қарағанда анионит П4ВП (0:6) алтын иондарымен сору дәрежесі едәуір жоғары нәтиже көрсеткен және уақыт өте тұрақталған. Полимер тізбегінің алтын иондары үшін максималды байланысу дәрежесі 6 сағаттан соң интерполимерлік жүйенің (2:4) қатынасында тіркеліп, сәйкесінше 3.16 % құрады. Ал темір иондарының байланысу дәрежесі әсіресе 4:2 қатынасында 24 сағаттан соң айтарлықтар жоғарғы көрсеткішке жетіп, байланысу дәрежесі 6.46 % көрсетті. Қашықтықтан әрекеттесу нәтижесінде 4:2 қатынасында өзгеріс аймақтары анықталып, 24 сағаттан кейін алтын және темір иондарының байланысу дәрежесі 8.77 % артқаны байқалды. Диаграмма мәліметтері көрсеткендей, интерполимерлік жүйенің темір иондарының байланысу дәрежесі алтын иондарымен салыстырғанда онша қарқынды емес, сәйкесінше алтын иондарының байланысу дәрежесі максималды мәнді көрсеткен. КУ-2-8 – П4ВП интерполимерлік жүйенің 1:5 қатынасында 24 сағат ішінде алтын иондарының полимер тізбегімен байланысу дәрежесі тиесінше 3.13 %, ал темір иондары үшін бұл көрсеткіш 0.55 % құрады. *Қорытынды.* Алынған зерттеу нәтижелері интерполимерлік жүйеде алтын иондарының полимер тізбегімен байланысу дәрежесі темір иондарына қарағанда анағұрлым жоғары екенін және полимер мен иондар арасындағы өзара байланысу дәрежесінің салыстырмалы түрде әлсіз әрі тұрақты екенін айғақтайды.

Түйін сөздер: КУ-2-8, П4ВП, интерполимерлік жүйелер, гидрогельдер, сорбция дәрежесі, десорбция қашықтан әрекеттесу, алтын иондары, темір иондары, байланысу дәрежесі

Джумадилов Талқыбек Қожатаевич	Химия ғылымдарының докторы, профессор
Дюсембаева Гульнур Токтаргазиновна	PhD докторант
Мукатаева Жазира Сағатбековна	Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
Химэрсэн Хуангүл	PhD, ғылыми қызметкер
Гражулявичюс Юозас Видас	Профессор

1. Кіріспе

Соңғы уақытта сирек және бағалы металл иондарын ерітінділерден тиімді бөліп алу мен тазарту басты проблемалардың бірі болып табылады [1-2]. Алтын- өзінің инерттілігіне, жоғары электр өткізгіштігіне және бірегей оптикалық қасиеттеріне байланысты жоғары бағаланатын бағалы метал болып табылады, бұл оның электроникада, зергерлік бұйымдарда және басқа да өнеркәсіпте кеңінен қолданылуына септігін тигізеді [3-4]. Алтын әр түрлі геологиялық түзілімдерде, соның ішінде шоғырлы және шөгінді кен орындарында, сондай-ақ құрамында басқа металдар жиі кездесетін күрделі кендерде кездеседі [5]. Кендерден және қайта өңделген материалдардан алтынды бөліп алу, көбінесе мыс, темір және мышьяк сияқты кедергі жасайтын элементтердің болуына байланысты күрделі процестерді қамтиды. Алтынды сулы ерітінділерден бөліп алуға өнеркәсіптік ионалмастырғыш материалдарды қолданады [6-7]. Ионалмастырғыш материалдар- кейбір органикалық еріткіштерде белгілі бір дәрежеде ісінетін, ерімейтін қатты полимерлер [8]. Жүргізілген зерттеулердің нәтижесінде катионит және аниониттен құралған интерполимерлік жүйенің сорбциялық процестерінде айқын белсенділік байқалды. Сондықтан, зерттеу объектілеріне макромолекулалық сорбенттер ретінде кеңінен қолданылатын өнеркәсіптік ион алмастырғыш шайырлар КУ-2-8 және П4ВП таңдап алынды [9-10].

КУ-2-8– гель құрлымды, сульфохышқылдық функционалдық топтары ($-\text{SO}_3\text{H}$) бар катионалмастырғыш шайыр. Су жұмсарту, минералсыздандыру, ауыр металл иондарын сорбциялау және гидрометаллургиялық процестерде қолданылады. Бөлшектерінің мөлшері 0.3–1.25 мм, ал ылғалдылығы шамамен 45–55% аралығында болады [11].

Поли(4-винилпиридин)– әлсіз негіздік қасиетке ие гидрогель. Пиридин сақинасы бар винил мономерлерінің полимерленуі арқылы алынатын синтетикалық полимер. Бөлшектерінің мөлшері 0.015 мм [12].

2. Тәжірбиелік бөлім

Зерттеуге келесі материалдар пайдаланылды: 1) КУ2-8 (H^+ формасы) (Новохим, Харьков, Украина) стирол мен дивинилбензол саполимерін сульфохлорлау арқылы алынған катион алмастырғыш шайыр және 2) Поли(4-винилпиридин) (П4ВП) – әлсіз негізді, гель құрлымды анионалмастырғыш (Сигма-Олдрих, Сент-Луис, АҚШ) дивинилбензолмен сополимері пайдаланылды. Құрал-жабдықтар: Атомды эмиссиондық спектрометр (ICP-OES) көмегімен алтын және темір иондарының қалдық концентрациясы анықталды. Құралдың толқын ұзындығының диапазоны 167.021-ден 852.145 нм-ге дейін. Өлшеу қателігі 1%-дан аз болғандықтан, алынған мәліметтердің жоғары дәлдігі қамтамасыз етілді. Плазма шығаратын спектрлік сызықтар үлгідегі элементтерге сәйкес келеді. Әрбір спектрлік сызықтың қарқындылығы үлгідегі сәйкес элементтің концентрациясына пропорционал болады. Үлгілер A&D Company, Limited (Токио, Жапония) шығарған HR-100AZG аналитикалық таразыда өлшенді.

Интерполимерлік жүйелердің сорбциялық қасиеттерін зерттеу:

1) Өндірістік ион алмастырғыш шайырлар (КУ-2-8, П4ВП) негізінде мольдік қатынастары әртүрлі КУ-2-8- П4ВП интерполимерлік жүйелер құрылды;

2) Әрбір полимерлі макромолекулалардың есептелген мөлшері арнайы полипропиленді сүзгіге салынды;

3) Иониттер салынған полипропилен сүзгілер ерітіндіге бір бірінен 2 см ара қашықтықта орналастырылды;

Полимер тізбегімен байланысу дәрежесін (θ) анықтау:

Алтын және темір иондарының полимер тізбегімен байланысу дәрежесін анықтау макромолекуланың иондану дәрежесін көрсететін, сондай-ақ полимер құрлысы мен тізбектерінің алтын және темір иондарымен байланысу дәрежесін сандық тұрғыдан анықтауды білдіреді. Полимер тізбегінің түйінаралық буындарының метал иондарымен байланысу дәрежесі (θ) келесі формула бойынша есептелді:

$$\theta = \frac{v_{\text{сорб}}}{v} * 100\%$$

мұндағы $v_{\text{сорб}}$ – сорбцияланған алтын және темір иондарының мөлшері, моль; v – полимер массасының мөлшері (егер ерітіндіде 2 полимер болған жағдайда, онда олардың әрқайсысының мөлшерінің қосындысы ретінде қарастырылады), моль.

3. Нәтижелер және оларды талқылау.

Алтын және темір иондарымен полимер тізбектерінің байланысу дәрежесін анықтау

КУ-2-8- П4ВП интерполимер жүйесінің полимер тізбегінің алтын және темір иондарымен байланысу дәрежесінің молярлық қатынас пен уақытқа байланысты өзгерістері 1 және 2- кестеде көрсетілген. Сорбция процесінің бастапқы кезеңінде полимер тізбектерінің байланысу дәрежесі әлі толық іске қосылмағандықтан, алтын иондарын аз мөлшерде сіңіреді, бұл процестің енді ғана басталғанын көрсетеді.

Кесте 1- КУ-2-8- П4ВП интерполимерлі жүйесінің полимер тізбегінің алтын иондарымен байланысу дәрежесі

θ (Au^+), %							
КУ-2-8- П4ВП, моль:моль							
t, h	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
0.5	0.15	0.95	0.99	1.36	1.50	2.19	0.68
2.5	0.67	1.37	1.74	1.98	2.66	2.42	0.22
6	0.17	1.76	2.60	2.34	3.16	2.43	1.52
24	0.32	2.33	2.32	1.92	2.81	3.13	1.68
48	0.53	1.99	1.58	1.67	2.68	2.65	1.86

КУ-2-8 (6:0) қатынасында байланысу дәрежесі айтарлықтай өзгеріссіз қалса, салыстырмалы түрде П4ВП (0:6) полимерінің алтын иондарымен сору дәрежесі едәуір жоғары және уақыт өте тұрақталғанын байқаймыз. Қашықтықтан өзара әрекеттесу нәтижесінде интерполимер жүйесінің 5:1 қатынасында алтын иондарының сорылуы бастапқы уақытқа қарағанда біршама артқан, байланысу дәрежесі 24 сағатта 2.33 % құрайды. Ал 4:2 қатынасында алтын ионының байланысу дәрежесі алғашқы кезде 0.99 % болса, уақыт өте келе біртіндеп артып, 6 сағатта 2.60 % жеткен, алайда 48 сағатта бұл көрсеткіш 1.58 % құрады. Бұл жағдайда сорбция процесінің баяу жүргені байқалады. 3:3 қатынасында полимер тізбегінің алтын иондарымен байланысу дәрежесі уақыттың ағымына байланысты өзгеріп, 6 сағатта 2.34 % өскен, кейін жайлап 1.67 % түскен. Полимер тізбегінің максималды байланысу дәрежесі 6 сағаттан соң КУ-2-8-П4ВП интерполимерлік жүйесінің 2:4 қатынасында тіркелген, сәйкесінше 3.16 % құрады, бұл қатынас полимердің сорбция процесіне қолайлы екенін дәлелдейді. 1:5 қатынасында алтын иондарымен байланысу дәрежесі уақыт өте жоғарылап, 24 сағатта 3.13% жетіп, кейін аздап төмендегені байқалады. Бұл алынған көрсеткіштер полимер тізбегінің алтын иондарын тиімді сіңіретінін және ерітіндідегі сорбциялық процесс біршама уақыттан кейін тепе-тендікке жететінін көрсетті.

Кесте 2 - КУ-2-8-П4ВП интерполимерлі жүйесінің полимер тізбегінің темір иондарымен байланысу дәрежесі

$\theta (Fe^{2+}), \%$							
КУ-2-8- П4ВП, моль:моль							
t, h	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
0.5	0.37	1.42	1.35	1.67	1.17	1.46	0.0
2,5	0.59	2.52	3.43	2.77	3.43	1.28	0.22
6	0.43	3.34	5.78	5.07	4.79	0.56	0.97
24	0.21	5.04	6.46	4.15	1.66	0.55	0.43
48	0.59	3.45	3.99	1.38	1.24	0.55	0.27

КУ-2-8 катионит (6:0) және П4ВП анионит (0:6) қатынасында темір иондарының полимер тізбегімен байланысу дәрежесі төмен және елеулі өзгерістер байқалмайды. Бұл екі жүйеде де темір иондарын сорбциялауға қолайлы емес, яғни әрекеттесу процесінің баяу жүретіндігін көрсетеді. Полимер тізбегінің байланысу дәрежесі әсіресе 5:1 қатынасында 24 сағаттан соң айтарлықтар жоғарғы көрсеткішке жетіп, байланысу дәрежесі 5.04 % құрады. Жүйенің 4:2 қатынасында полимер тізбегінің темір иондарымен байланысу дәрежесінің көрсеткіштері 48 сағаттан кейін 5.78 % - 6.46 % аралығында тұрақты және жоғары мәндерге жетті. Қашықтықтан өзара әрекеттесуі нәтижесінде 3:3 қатынасында байланысу дәрежесі 0.5 сағаттан бастап 24 сағатқа дейін белсенді жүріп, 6 сағатта максималды 5.07 % жетті.

Полимер тізбегінің темір иондарымен максималды байланысу дәрежесі 48 сағаттан соң 2:4 қатынасында байқалып, 4.79 % құраған. КУ-2-8-П4ВП интерполимерлі жүйесінде полимерлердің 1:5 қатынасында темір иондарының сорылуы онша қарқынды емес, белгілі бір жағдайларда тұрақты болғанымен, бірақ кей кездері нәтижелердің өзгермелі болатынын көрсетеді. Темір иондарының сорбция процесі барлық қатынастарда уақыттың ағымына байланысты тұрақталып, максималды мәнге көтерілген.

3-кестеде уақыт бойынша полимер тізбегінің иондармен байланысу дәрежесінің жиынтығының молярлық қатынасына тәуелділігі көрсетілген. Интерполимерлік жүйеде тек бір ғана полимер КУ-2-8 болғанда тұрақты қасиетке ие болады, себебі байланысу дәрежесінде 6:0 қатынасында ешқандай өзгеріс аймақтары байқалмайды. Интерполимерлік жүйеде тек бір ғана полимер КУ-2-8 болғанда тұрақты қасиетке ие болады, себебі байланысу дәрежесінде 6:0 қатынасында ешқандай өзгеріс аймақтары байқалмайды. Ал 0:6 қатынасында (П4ВП) бастапқы уақытпен салыстырғанда 6 сағатта 2.50 % жетіп, тұрақталғаны байқалады.

Кесте 3 - КУ-2-8-П4ВП интерполимерлі жүйесінің полимер тізбегінің алтын және темір иондарына қатысты байланысу дәрежесі

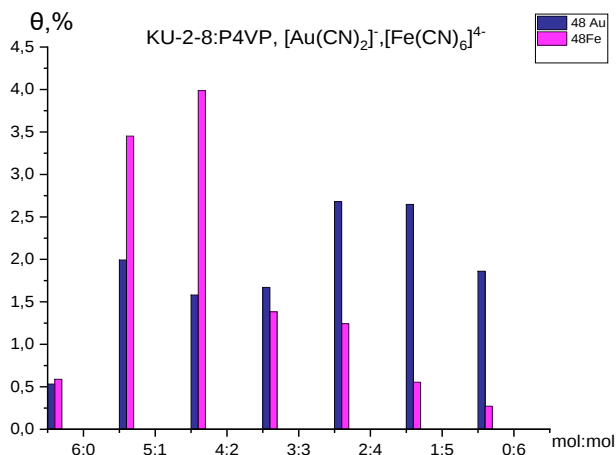
$\theta(\text{Au}^+, \text{Fe}^{2+})$, %							
КУ-2-8-П4ВП, моль:моль							
t, h	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
0.5	0.53	2.37	2.34	3.03	2.66	3.65	1.38
2.5	1.26	3.89	5.17	4.75	6.09	3.69	0.43
6	0.60	5.10	8.39	7.41	7.95	2.99	2.50
24	0.53	7.37	8.77	6.06	4.46	3.67	2.11
48	1.12	5.44	5.57	3.05	3.92	3.20	2.13

5:1 қатынасында байланысу дәрежесі 2.37 % -5.10 % дейін үдемелі өсіп, 24 сағатта 7.37 % құрады, алайда 48 сағатқа жеткенде 5.44 % күрт төмендеді. Кестеден, КУ-2-8-П4ВП интерполимерлі жүйесінің әртүрлі молярлық қатынастары бойынша алтын және темір иондарының сорбция процесіндегі байланысу дәрежесінің біршама өзгерістерге ұшырайтындығы байқалды. Жүйенің 4:2 қатынасында байланысу дәрежесі басқа уақытпен салыстырғанда 24 сағатта максималды мәнге жетіп, тиесінше 8.77 % құрады. Сонымен қатар, полимер тізбегінің 3:3 және 2:4 қатынастарында алтын және темір иондарымен байланысу дәрежесі 6 сағатта сәйкесінше 7.41 % және 7.95 % жетіп, жоғары тиімділік байқатты. Полимер тізбегінің 1:5 қатынасында байланысу дәрежесі ондай қарқынды жүрмегендігі байқалады.

Алтын және темір иондарының полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің өзгерістері диаграмма түрінде сипатталған.

КУ-2-8-П4ВП интерполимерлі жүйесінің полимерлік тізбектің алтын және темір иондарының байланысу дәрежесі 1 суретте диаграмма түрінде

көрсетілген. Бастапқы полимер ретінде КУ-2-8 катиониті қолданылған жағдайда, 6:0 мольдік қатынаста жүргізілген тәжірбие барысында 48 сағат ішінде алтынның мөлшері шамамен 0.53 %, ал темірдің мөлшері 0.59 % құрады, бұл олардың иондарының полимерлік тізбекпен байланысу дәрежесінің өте төмен екенін көрсетті. 0:6 мольдік қатынаста П4ВП анионитінде жүргізілген 48 сағаттық сорбция процесі нәтижесінде алтын иондарының полимер тізбегімен байланысу дәрежесі 1.86 %, ал темір иондары үшін бұл мән 0.27 %. Аталған көрсеткіш алтын иондарының полимермен өзара әрекеттесу қабілетінің темір иондарына қарағанда басым екенін дәлелдейді. Интерполимерлік жүйенің алтын иондарының байланысу дәрежесі темір иондарымен салыстырғанда онша қарқынды емес, 5:1 және 4:2 қатынастарында темір иондарының байланысу дәрежесі максималды мәнді көрсеткен. Темір иондары үшін байланысу дәрежесі 3.45 %-тен 3.99 % дейін артса, алтын иондары үшін бұл көрсеткіш тек 1.58 %-тен 1.99 % дейін жетеді. Бұл интерполимерлік жүйеде темір иондарының белсенділігі мен полимер тізбегімен байланысу дәрежесінің жоғары екенін, ал алтын иондарының байланысу дәрежесінің салыстырмалы түрде әлсіз әрі тұрақты екенін айғақтайды.



Сурет. 1 КУ-2-8-П4ВП интерполимерлі жүйесінің полимерлік тізбектің алтын және темір иондарының байланысу дәрежесінің молярлық қатынасқа байланысты өзгеруі.

КУ-2-8-П4ВП интерполимер жүйесінің 3:3 қатынасында алтын және темір иондарының сорылуы аса жоғары емес, полимер тізбегімен байланысу дәрежесі сәйкесінше 1.67 % және 1.38 % құрайды. Мұндай нәтиже интерполимерлік жұптардағы иондардың қашықтықтан әрекеттесуі жағдайында иондану дәрежесінің жеткіліксіздігін көрсетеді. 2:4 қатынасында 48 сағат ішінде алтын иондарының полимер тізбегімен байланысу дәрежесі сәйкесінше 2.68 %, ал темір иондары үшін бұл

көрсеткіш 1.24 % болды. Жүйенің 1:5 қатынасында алтын иондарының полимер тізбегімен байланысу дәрежесі тиесінше 2.65 % құрап, барынша максималды мәнге жеткені байқалды. Алтын иондары үшін бұл көрсеткіш барлық уақыт бойынша салыстырмалы түрде тұрақты болып қалды.

4. Қорытынды

Зерттеу нәтижелері КУ-2-8- П4ВП интерполимерлі жүйесінің алтын және темір иондарының байланысу дәрежесі уақытқа және мольдік қатынасқа байланысты біршама өзгерістерін көрсетті. Жүйеде алтын және темір иондарының бір уақытта сорбция процесіне қатысуы нәтижесінде күрделі комплекстер түзіліп, полимер тізбегінің байланысу дәрежесі жоғары көрсеткіштерді байқатты. Полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің максималды мәндері 4:2 және 3:3 қатынастарында 6 және 24 сағат аралығында байқалды, сәйкесінше 8.39 % - 8.77 % құрады. Алтын иондарының полимер тізбектерімен байланысу дәрежесі темір иондарына қарағанда айтарлықтай жоғары болды. Бұл интерполимерлік жүйеде полимер тізбегімен өзара әрекеттесу белсенділігі жоғары екенін көрсетеді. Бастапқы әрекеттесу кезінде параметр мәні төмен болған, алайда уақыттың артуына байланысты байланысу дәрежесінің белсенділігі байқалды.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қоры арқылы және қаржыландыру бойынша No.IPH BR21882220 жобасымен қаржыландырылды.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар бұл мақалада өзара мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

ИЗМЕНЕНИЕ СТЕПЕНИ СВЯЗИ ПОЛИМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ С ИОНАМИ ЗОЛОТА И ЖЕЛЕЗА В ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЕ КУ-2-8-П4ВП

Т.К. Джумадилов^{1,2}, Г.Т. Дюсембаева^{1,2}, Ж.С. Мукатаева²,
Х. Химэрсэн^{1,2}, Ю.В. Гразюлявичюс³*

¹АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

³Каунасский технологический университет, Каунас, Литва

*E-mail: g_gazinovna@mail.ru

Резюме. Введение. В данной работе представлена степень связывания полимерных цепей с ионами золота и железа на основе сшитых полиэлектролитных интерполимерных систем. В качестве объектов исследования были выбраны катионит КУ-2-8 и анионит П4ВП, которые используются в отечественном производстве. *Цель работы*- определение сорбционных свойств интерполимерной системы на основе катионита КУ-2-8 и анионита П4ВП, а также экспериментальное подтверждение степени связывания с ионами золота и железа. *Полученные результаты.* В ходе исследования в интерполимерной системе КУ-2-8-П4ВП была определена степень связывание полимерных цепей ионов золота (Au^+) и железа (Fe^{2+}) в зависимости от мольных соотношении и от времени. По сравнению с индивидуальным полимером КУ-2-8 (6:0), анионит П4ВП (0:6) показал значительно более высокую степень сорбции ионов золота, которая со временем стабилизировалась. Максимальная степень связывания ионов золота с полимерной цепью была зафиксирована через 6 часов в интерполимерной системе при соотношении (2:4) и составила 3.16 %. А степень связывания ионов железа, особенно при соотношении 4:2, достигла значительно более высокого уровня через 24 часа, составила 6.46 %. В результате дистанционного

взаимодействия были выявлены области изменения при соотношении 4:2, а через 24 часа степень связывания ионов золота и железа увеличилась на 8.77 %. Как видно из диаграммы, степень связывания ионов железа в интерполимерной системе выражена менее интенсивно по сравнению с ионами золота, и практически во всех случаях степень связывания ионов золота достигает максимальных значений. В интерполимерной системе КУ-2-8 – П4ВП в соотношении 1:5 степень связывания ионов золота с полимерной цепью в течение 24 часов составила 3.13%, а для ионов железа этот показатель составил 0.55%. *Вывод.* Полученные результаты исследований свидетельствуют о том, что в интерполимерной системе степень связывания ионов золота с полимерной цепью значительно выше, а степень связывания полимера с ионами железа относительно слабая и стабильная.

Ключевые слова: КУ-2-8, П4ВП, интерполимерная система, гидрогели, сорбция, десорбция, дистанционное взаимодействия, ионы золота, ионы железа, степень связи

<i>Джумадилов Талқыбек Қожатаевич</i>	<i>Доктор химических наук, профессор</i>
<i>Дюсембаева Гульнур Токтаргазиновна</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Мукатаева Жазира Сағатбековна</i>	<i>Кандидат химических наук, ассоц. профессор</i>
<i>Химэрсэн Хуангүл</i>	<i>PhD, научный сотрудник</i>
<i>Гражулявичюс Юозас Видас</i>	<i>Профессор</i>

Әдебиеттер тізімі

1. Kerr R.A. Is the world tottering on the precipice of peak gold? *Science*. **2012**, 335(6072), 1038–1039. DOI: 10.1126/science.335.6072.1038
2. Syed S. Recovery of gold from secondary sources—a review. *Hydrometallurgy*. **2012**, 115–116, 30–51. DOI: 10.1016/j.hydromet.2011.12.012
3. Fırlak M., Çubuk S., Yetimoğlu E.K., Kahraman M.V. Recovery of Au(III) ions by Au(III)-imprinted hydrogel. *Chem. Pap.* **2016**, 70(6). DOI: 10.1515/chempap-2016-0019
4. Yunden G., Gunchin B., Kano N., Kim H.J. Recovery of gold from aqueous solution containing Au(III) by Silicon Organic Polymer. *J. Chem. Chem. Eng.* **2017**, 11(1). DOI: 10.17265/1934-7375/2017.01.003
5. Xu W., Mo X., Zhou S., Zhang P., Xiong B., Liu Y., Huang Y., Li H., Tang K. Highly efficient and selective recovery of Au (III) by a new metal-organic polymer. *J. Hazard Mater.* **2019**, 380, 120844. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.120844
6. Goc K., Kluczka J., Benke G., Malarz J., Pianowska K., Leszczyńska-Sejda K. Application of ion exchange for recovery of noble metals. *Minerals*. **2021**, 11(11), 1188. DOI: 10.3390/min11111188
7. Jin W., Zhang Y. Sustainable electrochemical extraction of metal resources from waste streams: From removal to recovery. *ACS Sustain. Chem. Eng.* **2020**, 8(12), 4693–4707. DOI: 10.1021/acssuschemeng.9b07007
8. Kuhar L.L., Breuer P.L., Haque N., Robinson D.J. Considerations and potential economic advantages for the in-situ recovery of gold from deep, hard-rock deposits. *Miner. Eng.* **2018**, 121, 14–22. DOI: 10.1016/j.mineng.2018.02.026
9. Jumadilov T., Utesheva A., Grazulevicius J., Imangazy A. Selective Sorption of Cerium Ions from Uranium-Containing Solutions by Remotely Activated Ion Exchangers. *Polymers*. **2023**, 15, 816. DOI: 10.3390/polym15040816
10. Imangazy A., Jumadilov T., Khimersen K., Bayshibekov A. Enhanced sorption of europium and scandium ions from nitrate solutions by remotely activated Ion Exchangers. *Polymers*. **2023**, 15, 1194. DOI: 10.3390/polym15051194
11. Nazirov Z.Sh. Study of the possibility of regeneration of cation exchanger KU-2-8. *Universum: chem. biology: elect. Sci. J.* **2021**, 7(85). DOI: 10.32743/Uni Chem.2021.85.7.12057
12. Altshuler H.N., Ostapova E.V., Malyshenko N.V., Altshuler O.H. Sorption of nicotinic and isonicotinic acids by the strongly basic anion exchanger AB-17-8. *Russian Chem. Bul.*, **2017**, 66, 1854–1859. DOI: 10.1007/s11172-017-1957-7

References

1. Kerr R.A. Is the world tottering on the precipice of peak gold? *Science*. **2012**, 335(6072), 1038–1039. DOI: 10.1126/science.335.6072.1038
2. Syed S. Recovery of gold from secondary sources—a review. *Hydrometallurgy*. **2012**, 115–116, 30–51. . DOI: 10.1016/j.hydromet.2011.12.012
3. Fırlak M., Çubuk S., Yetimoğlu E.K., Kahraman M.V. Recovery of Au(III) ions by Au(III)-imprinted hydrogel. *Chem. Pap.* **2016**, 70(6). DOI: 10.1515/chempap-2016-0019
4. Yunden G., Gunchin B., Kano N., Kim H.J. Recovery of gold from aqueous solution containing Au(III) by Silicon Organic Polymer. *J. Chem. Chem. Eng.* **2017**, 11(1). DOI: 10.17265/1934-7375/2017.01.003
5. Xu W., Mo X., Zhou S., Zhang P., Xiong B., Liu Y., Huang Y., Li H., Tang K. Highly efficient and selective recovery of Au (III) by a new metal-organic polymer. *J. Hazard Mater.* **2019**, 380, 120844. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2019.120844
6. Goc K., Kluczka J., Benke G., Malarz J., Pianowska K., Leszczyńska-Sejda K. Application of ion exchange for recovery of noble metals. *Minerals*. **2021**, 11(11), 1188. DOI: 10.3390/min11111188
7. Jin W., Zhang Y. Sustainable electrochemical extraction of metal resources from waste streams: From removal to recovery. *ACS Sustain. Chem. Eng.* **2020**, 8(12), 4693–4707. DOI: 10.1021/acssuschemeng.9b07007
8. Kuhar L.L., Breuer P.L., Haque N., Robinson D.J. Considerations and potential economic advantages for the in-situ recovery of gold from deep, hard-rock deposits. *Miner. Eng.* **2018**, 121, 14–22. DOI: 10.1016/j.mineng.2018.02.026
9. Jumadilov T., Utesheva A., Grazulevicius J., Imangazy A. Selective Sorption of Cerium Ions from Uranium-Containing Solutions by Remotely Activated Ion Exchangers. *Polymers*. **2023**, 15, 816. DOI: 10.3390/polym15040816
10. Imangazy A., Jumadilov T., Khimersen K., Bayshibekov A. Enhanced sorption of europium and scandium ions from nitrate solutions by remotely activated Ion Exchangers. *Polymers*. **2023**, 15, 1194. DOI: 10.3390/polym15051194
11. Nazirov Z.Sh. Study of the possibility of regeneration of cation exchanger KU-2-8. *Universum: chem. biology: elect. Sci. J.* **2021**, 7(85). DOI: 10.32743/Uni Chem.2021.85.7.12057
12. Altshuler H.N., Ostapova E.V., Malyshenko N.V., Altshuler O.H. Sorption of nicotinic and isonicotinic acids by the strongly basic anion exchanger AB-17-8. *Russian Chem. Bul.*, **2017**, 66, 1854–1859. DOI: 10.1007/s11172-017-1957-7

INVESTIGATION OF LIPOPHILIC COMPONENTS OF *RHEUM TATARICUM* L.f.

A. A. Turgunbaeva¹, E. E. Shults², O. I. Sal'nikova², V. A. Savelyev², G. N. Gemejiyeva³,
N. A. Sultanova¹, Ye. Ye. Zhatkanbayev¹, Zh. K. Zhatkanbayeva¹

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

²N.N. Vorozhtsov Novosibirsk Institute of Organic Chemistry (SB RAS), Russian Federation

³Republican State Enterprise on the Right of Economic Management "Institute of Botany and Phytointroduction" of the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan Almaty, Kazakhstan

*E-mail: Ayman_88@mail.ru

Abstract. Despite the widespread use of *Rheum tataricum* L.f. (genus *Rheum* L., family *Polygonaceae* Juss.) in phytotherapy, its lipophilic components remain insufficiently studied. In this study, we analyzed the lipophilic composition of hexane extracts obtained from *Rheum tataricum* L.f. Plant material was harvested during the fruiting phase in the Almaty region. Metabolites were determined by gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS). The Agilent MSD ChemStation software (version 1701EA) was used to control the gas chromatography system, record and process the obtained results and data. As a result of the study, 11 lipophilic components were found in the underground part, of which 7 were identified; in the aboveground part – 23 components, 12 compounds were identified. The main metabolites of the hexane extract obtained from the underground part of the plant are β -sitosterol (63.23%), campesterol (11.94%) and octacosanol (8.45%). Steroid components predominate among the identified compounds. In the aboveground part, β -sitosterol (28.92%), squalene (16.22%), γ -tocopherol (11.73%) and α -amyrin (4.64%) are dominant. The total proportion of identified components contained in the hexane extracts for the underground part was 91.20%, and for the aboveground part – 76.29%, respectively. Terpenoid compounds predominate in the studied extracts, which indicates potential biological activity and value for conducting further research.

Keywords: *Rheum tataricum* L.f., lipophilic compounds, gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS), β -sitosterol, steroids, terpenes, hexane extract, extraction, *aerial part*, underground part.

Turgunbaeva Aiman Akulkuzu	PhD student; E-mail: Ayman_88@mail.ru
Shults Elvira Eduardovna	Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: schultz@nioch.nsc.ru
Sal'nikova Olga Iosifovna	Engineer, E-mail: olga@nioch.nsc.ru
Savelyev Victor Aleksandrovich	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: vicsav@nioch.nsc.ru

Citation: A. A. Turgunbaeva, E. E. Shults, O. I. Sal'nikova, V. A. Savelyev, G. N. Gemejiyeva, N. A. Sultanova, Ye. Ye. Zhatkanbayev, Zh. K. Zhatkanbayeva. Investigation of lipophilic components of *rheum tataricum* L.f. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 3(91), 44-52. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.33>

Gemejiyeva Nadezhda Gennadievna	Doctor of biological Sciences, Professor; E-mail: ngemed58@mail.ru
Sultanova Nurgul Adaybayevna	Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: nureu@mail.ru
Zhatkanbayev Yerlan Yerjanovich	Doctor of Technical Sciences, Acting Professor; E-mail: erlan.ntp@mail.ru
Zhatkanbayeva Zhanna Kalanbekovna	Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; E-mail: zhanna01011973@mail.ru

RHEUM TATARICUM L.f. ӨСІМДІГІНІҢ ЛИПОФИЛЬДІ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

**А.А. Тургунбаева¹, Э.Э. Шульц², О.И. Сальникова², В.А. Савельев², Н.Г. Гемеджиева³,
Н.А. Султанова¹, Е.Е. Жатканбаев¹, Ж.К. Жатканбаева¹**

¹«Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті» КЕАҚ, Астана, Қазақстан

²Н.Н.Ворожцов атындағы Новосибир органикалық химия институты (СО РАН),
Ресей Федерациясы

³ҚР ЭТРМ ОШЖДК «Ботаника және фитоинтродукция институты» ШЖҚ РМК,
Алматы, Қазақстан

E-mail: Ayman_88@mail.ru

Түйіндеме. *Rheum tataricum* L.f. өсімдігінің (*Rheum* L. туысы, *Polygonaceae* Juss. тұқымдасы) фитотерапияда кеңінен қолданылуына қарамастан, оның липофильді компоненттеріне толық зерттеу жүргізілмеген. Бұл зерттеуде газ *Rheum tataricum* L.f. өсімдігінен алынған гексан сығындысының құрамына талдау жүргізілді. Өсімдік шикізаты Алматы облысында жеміс беру кезеңінде дайындалды. Метаболиттер газ хроматографиясы-масс-спектрометрия (ГХ-МС) әдісімен анықталды. Алынған нәтижелер мен деректерді жазу және өңдеуде Agilent MSD ChemStation бағдарламасы (1701E нұсқасы) пайдаланылды. Зерттеу нәтижесінде жер асты бөлігінде 11 липофильді компонент анықталды және олардың идентификацияланғаны 7. Жер үсті бөлігінен 23 компонент табылды, олардың 12 құрылымы идентификацияланды. Өсімдіктің жер асты бөлігінен алынған гексан сығындысының негізгі метаболиттері β-ситостерол (63.23%), кампестерол (11.94%) және октакозанол (8.45%) болып табылады. Идентификацияланған қосылыстардың арасында стероидты компоненттер басым. Жер үсті бөлігінде β-ситостерол (28.92%), сквален (16.22%), γ-токоферол (11.73%) және α-амирин (4.64%) мөлшері жоғары. Жер асты бөлігі үшін гексан сығындысында идентификацияланған компоненттердің жалпы үлесі 91.20%, ал жер үсті бөлігі үшін сәйкесінше 76.29% құрады. Зерттелген сығындыларда терпеноидты қосылыстар басым, бұл одан әрі зерттеулер жүргізу үшін әр түрлі биологиялық белсенділікті анықтауда құндылығын көрсетеді.

Түйін сөздер: *Rheum tataricum* L.f., липофильді қосылыстар, газ хроматография-масс-спектрометрия (ГХ-МС), строндтар, терпендер, β-ситостерол, гексан сығындысы, экстракция, жер үсті бөлік, жер асты бөлік.

Тургунбаева Айман Асылқызы	PhD докторант
Шульц Эльвира Эдуардовна	химия ғылымдарының докторы, профессор
Сальникова Ольга Иосифовна	РФА СБ НОХИ химиялық қызмет көрсету орталығының инженері
Савельев Виктор Александрович	Химия ғылымдарының кандидаты, доцент
Гемеджиева Надежда Геннадьевна	биология ғылымдарының докторы, профессор
Султанова Нұргүл Адайбайқызы	химия ғылымдарының докторы, профессор
Жатканбаев Ерлан Ержанович	Техника ғылымдарының докторы, қауымдастырылған профессор
Жатканбаева Жанна Каланбековна	Химия ғылымдарының кандидаты, доцент

1. Кіріспе

Қазақстан Республикасы аумағында *Rheum L. (Polygonaceae Juss.)* туысының 9 түрі өседі, олардың 7 түрі дәрілік қасиеттерге ие [1, 2]. *Rheum tataricum* L.f. – Орта Азияның эндемик өсімдіктеріне жатады, ол шөлді және далалы жерлерде, таулы белдеудің төменгі беткейлерінде өседі. Тамыры мен жемістерінің қайнатпасы ішкі қан кетулерде қан тоқтататын құрал ретінде, қызу түсіретін дәрі ретінде, асқазан ауруларына немесе іш жүргізетін құрал ретінде қолданылады, ал оның күлі жараларды жазу үшін пайдаланылады. Бұл өсімдік антиоксиданттық, ісікке қарсы және Р-витаминдік белсенділікке ие дәрілерді алуға негізгі көз болып табылады [3].

Қазіргі уақытқа дейін *Rheum L.* туысының 18 түрінен әр түрлі химиялық қосылыс класына жатқызылған шамамен 200 компонент бөлініп, олардың химиялық құрамы, құрылысы зерттелген. Бұл компоненттер іш жүргізетін, антиоксиданттық, қабынуға қарсы, ісікке қарсы, антимикробтық, зенге қарсы, антиагрегаттық, қант диабетіне қарсы, ойық жараға қарсы, нефропротекторлық және гепатопротекторлық белсенділіктерді көрсеткен [4]. *Rh. ribes* L. өсімдігінің түркиялық жабайы түрінің газ хроматографиясы-масс-спектрометрия (ГХ-МС) талдауы нәтижесінде өсімдіктің барлық бөліктерінде май қышқылдары, май қышқылдарының күрделі эфирлері, қарапайым көмірсутектер және басқа органикалық қосылыстарды қосқанда 72 липофильді зат табылды [5]. Бұрын фитостероидтар, терпеноидтар органикалық қышқылдар және эфир майлар *Rheum* өсімдігінің басқа түрлерінен табылған [6,7].

Rh. tataricum L.f. өсімдігінің липофильді компоненттері бірегей биологиялық белсенді заттар тобына жатқанына қарамастан, қазіргі уақытта жеткілікті дәрежеде зерттелмеген. Бұған дейін негізінен май қышқылдары ғана сипатталған. Сондықтан бұл компоненттерді дәрілік шикізат ретінде қолдану мүмкіндігін анықтау үшін терең әрі кешенді зерттеу қажет. Осы жұмыс аясында өсімдіктің гексан сығындысының химиялық құрамы ГХ-МС әдісі арқылы зерттелді.

2. Тәжірбиелік бөлім

Зерттелетін өсімдік шикізаты *Rh. tataricum* L.f. өсімдігі Қазақстан Республикасының Алматы облысы аумағында бүршіктену кезеңінде жиналды. *Rh. tataricum* L.f. өсімдігі ҚР ЭТРМ ОШЖДК Ботаника және фитоинтродукция институтының «Өсімдік ресурстары» зертханасы қызметкерлерімен өңделіп және идентификацияланды.

Ұнтақталған 20 г *Rh. tataricum* L.f. өсімдігінің жер асты және жер үсті бөлігіне 250 мл гексан құйып (1:12.5) 60-80°C температурада 5-6 сағат бойы экстракцияланды. Алынған сығындыны айналмалы буландырғышта 50-55°C су моншасының температурасын қоса отырып концентрлену жүргізілді. Нәтижесінде сығынды компоненттер құрамы жер асты бөлік үшін 0.085 г, ал жер үсті бөлік үшін 0.198 г құрады.

Концентрленген гексан сығындысыныларына Acros маркалы, өлшемі (60-200 μ m, 60A) силикагелмен және өлшемі (1.0×25 см) бағанды пайдалана

отырып, бағаналы хроматография әдісі жүргізілді. Гексан сығындысының химиялық құрамы (жер асты бөлігі 0.43% және жер үсті бөлігі 0.99%) ГХ-МС арқылы талданды. ГХ-МС Agilent 7890B газ хроматографы және Agilent 5977A (EI, 70 эВ) масс-селективті детекторы бар Agilent 7890B/5977A құрылғысында жүргізілді. Хроматографиялық талдау шарттары: сынама көлемі 1,0 мкл, бөлусіз ағын негізінде сынама енгізу температурасы 240 °С. Бөлу DB-Waxetr хроматографиялық капиллярлық бағанында жүргізілді (30 м × 0.25 мм ішкі диаметрі, пленка қалыңдығы 0.25 мкм); тасымалдаушы газ ағынының жылдамдығы 1 мл/мин болатын гелий. Бағдарламаланған баған температурасы 40°C-тан 240°C-қа дейін (қыздыру жылдамдығы 1 мин ішінде 5°C, ұстау 10 мин) және 240°C 30 мин бойы. Детекция SCAN режимінде m/z 34-850 жүргізілді. Газ хроматографиясы жүйесін басқару, алынған нәтижелер мен деректерді жазу және өңдеуде Agilent MSD ChemStation бағдарламасы (1701E нұсқалы) пайдаланылды. Компоненттерді сәйкестендіру масс-спектрометриялық детектор көмегімен алынған спектрлік деректерді, ұсталу уақытын және шың аудандарын талдау арқылы жүзеге асырылды.

3. Нәтижелер және талқылаулар

Rh. tataricum L.f. өсімдігінің гексан сығындысының химиялық құрамын ГХ-МС әдісімен зерттеу нәтижесінде жер асты бөлігінде 11 липофильді қосылыс анықталды, оның 7 кітапхана деректерімен сәйкестендірілді (кесте 1).

Анықталған заттардың құрамында алканол, стерол және стерондар класына жататын қосылыстар басым болды. Идентификацияланған компоненттер үлесі 91.20% құрады.

Кесте 1 – *Rheum tataricum* L.f. өсімдігінің жер асты бөлігінің гексан сығындысының құрамы

№	Қосылыс атауы	Молекулалық формуласы	Молекулалық массасы	Сақталу уақыты, мин	Мөлшері, %
1	анықталмаған компонент	-	-	23.91	0.56
2	октакозanol	C ₂₈ H ₅₆ O	409	28.84	8.45
3	анықталмаған компонент	-	-	29.74	5.16
4	5-диен, 3-стигмастан	C ₂₉ H ₄₈	396	29.97	1.44
5	кампестерол	C ₂₈ H ₄₈ O	400	32.25	11.94
6	стигмастерол	C ₂₉ H ₄₈ O	412	32.95	2.13
7	β-ситостерол	C ₂₉ H ₅₀ O	414	34.29	63.23
8	анықталмаған компонент	-	-	35.43	0.97
9	5-диен-7-он, 3-стигмаст	C ₂₉ H ₄₆ O	410	36.72	0.90
10	4-ен-3-он-стигмаст	C ₂₉ H ₄₈ O	412	37.80	3.11
11	анықталмаған компонент	-	-	37.57	2.11
	Жалпы				100.00
	Анықталған компонент				91.20
	Анықталмаған компонент				8.80

Rh. tataricum L.f. өсімдігі жер асты бөлігінің гексан сығындысындағы негізгі компоненттер: β -ситостерол (63.23%), кампестерол (11.94%) және октакозанол (8.45%). Стеролдар жер асты бөліктің негізгі метаболиттері болып табылатындығы талдау нәтижесінен белгілі болды. Бұл олардың өсімдік метаболизміндегі маңыздылығын айқындайды. β -Ситостерол *Rh. palmatum* және *Rh. wittrockii* C.E.Lundstr. өсімдіктерінің негізгі компоненттерінің бірі болып табылады [9, 10]. *Rh. ribes* өсімдігінің гүлінен аса критикалық көмірқышқыл газы мен полярлы еріткіштерді қолдану арқылы модификацияланған сығындысынан май қышқылдары мен фитостериндер бөлініп алынған [11].

ГХ-МС талдау нәтижесінде *Rh. tataricum* L.f. өсімдігінің жер үсті бөлігінің гексан сығындысынан жалпы 23 компонент анықталып, олардың 12 нақты сәйкестендірілді (кесте 2). Белгілі болған заттардың негізгі бөлігін терпендер, май қышқылдары, стероидтар, токоферол, стеролдар мен спирттер құрайды. Сандық жағынан β -ситостерол (28.92%), сквален (16.22%), γ -токоферол (11.73%), α -амирин (4.64%) үлесі жоғары мөлшерді құрады. Гексан сығындысындағы заттардың 76.29% кітапханалық мәліметтермен толық сәйкестік көрсетті. Қалған 23.69% сығындыда әлі зерттелмеген немесе сирек кездесетін заттардың болуы мүмкін екенін көрсетеді.

Кесте 2 – *Rheum tataricum* L.f. өсімдігінің жер үсті бөлігінің гексан сығындысының құрамы

№	Қосылыс атауы	Молекулалық формуласы	Молекулалық массасы	Сақталу уақыты, мин	Мөлшері, %
1	анықталмаған компонент	-	-	17.97	2.70
2	анықталмаған компонент	-	-	18.41	0.87
3	9-октодекон қышқылы (9E)	$C_{18}H_{34}O_2$	282	19.54	1.46
4	фитол	$C_{20}H_{40}O$	296	20.71	0.95
5	алкан	-	-	27.09	2.29
6	анықталмаған компонент	-	-	27.19	0.43
7	анықталмаған компонент	-	-	27.88	0.66
8	γ -токоферол	$C_{28}H_{48}O_2$	430	29.24	1.54
9	алкан	-	-	29.57	1.64
10	алканол	-	-	29.74	3.49
11	5-диен, 3-стигмастан	$C_{29}H_{48}$	396	29.95	1.41
12	γ -токоферол	$C_{28}H_{48}O_2$	430	30.44	11.74
13	анықталмаған компонент	$C_{20}H_{38}$	278	30.64	5.01
14	анықталмаған компонент	-	-	33.85	2.87
15	β -ситостерол	$C_{29}H_{50}O$	414	34.17	28.93
16	анықталмаған компонент	-	-	34.79	5.07
17	β – амирин	$C_{30}H_{50}O$	427	34.92	1.98
18	анықталмаған компонент	-	-	35.60	2.20

Кесте 2 жалғасы

19	α -амирин	$C_{30}H_{50}O$	427	36.03	4.64
20	анықталмаған компонент	-	-	37.12	1.36
21	анықталмаған компонент	-	-	37.57	1.83
22	скален	$C_{30}H_{50}$	410.7	41.19	16.22
23	анықталмаған компонент	-	-	43.42	0.69
	Жалпы				99.98
	Анықталған компонент				76.29
	Анықталмаған компонент				23.69

Бұған дейін *Rh. L.f.* өсімдігінің тамырынан май қышқылдары бөлініп анықталған [12]. *Rh. officinale* өсімдігінің [13], және *Rh. spiciforme* Royle өсімдігінің сулы-метанол сығындысының бактерияларға және зендерге қарсы әсерін зерттегенде құрамындағы негізгі компоненттер стероидтар және терпендер болып табылған [14]. β -ситостерол мөлшері *Rh. tataricum* L.f. өсімдігінде жер үсті бөлігіне (28.92%) қарағанда жер асты бөлігінде (63.23%) жоғары, сонымен қатар жер үсті бөлігінде γ -токоферол (11.73%) және терпендер – скален (16.22%), α -амирин (4.64%) үлесі басым. Гексан сығындысында терпендердің үлесінің басым болғаны, бұл өз кезегінде *Rh. tataricum* L.f. өсімдігінің жер үсті бөліктерінің түрлі биологиялық белсенділіктерін айқындауда ерекше назар аудартады.

γ -токоферол – липофильдік ортадағы радикалдарға қарсы белсенділігімен ерекшеленетін антиоксидант. Әдебиет көзінде α -амирин және оның туындысының қабыну ауруларын емдеуге арналған жергілікті дәріні жасауда өзектілігі әрі маңыздылығы хабарланған [15].

Барлық анықталған қосылыстар *Rh. tataricum* L.f. өсімдігі үшін алғаш рет табылды.

4. Қорытынды

ГХ-МС әдісі нәтижесінде *Rh. tataricum* L.f. өсімдігінің жер асты бөлігінің гексан сығындысынан 11 липофильді қосылыс анықталып, олардың 7 спектрлік деректер негізінде сәйкестендірілді; жер үсті бөлігінен 23 компонент табылып, олардың 12 нақты анықталды.

Rh. tataricum L.f. өсімдігі жер асты бөлігінде β -ситостерол (63.23%), кампестерол (11.94%) және октакозанол (8.45%) компоненттерінің мөлшері басым, ал жер үсті бөлігінде β -ситостерол (28.92%), скален (16.22%), γ -токоферол (11.73%), α -амирин (4.64%) үлесі жоғары мөлшерді құрады. Идентификацияланған компоненттердің үлесі жер асты бөлік үшін 91.20%, жер үсті бөлік үшін сәйкесінше 76.29% құрайды.

Алғыс: Бұл жұмыс Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті мен (РФА СБ) Н.Н. Ворожцов атындағы Новосибирск органикалық химия институты арасында жасалған халықаралық ынтымақтастық туралы меморандум шеңберінде орындалды.

Спектрлік және аналитикалық өлшеулер үшін Н.Н. Ворожцов атындағы Новосибирск органикалық химия институтының (РФА СБ) химиялық зерттеулердің көпсалалы орталығына алғыс білдіреміз.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар бұл мақалада өзара мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИПОФИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ *RHEUM TATARICUM* L.f.

А.А. Тургунбаева¹, Э.Э. Шульц², О.И. Сальникова², В.А. Савельев², Н.Г. Гемеджиева³,
Н.А. Султанова¹, Е.Е. Жатканбаев¹, Ж.К. Жатканбаева¹

¹НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», Астана, Казахстан

²Новосибирский институт органической химии им. Н.Н. Ворожцова СО РАН,
Новосибирск, Россия

³РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» КЛХЖМ МЭПР РК,
Алматы, Казахстан

*E-mail: Ayman_88@mail.ru

Резюме. Несмотря на широкое применение *Rheum tataricum* L.f., (род *Rheum* L., семейство *Polygonaceae* Juss.) в фитотерапии, его липофильные компоненты остаются недостаточно изученными. В данном исследовании провели анализ липофильного состава гексановых экстрактов, полученных из *Rheum tataricum* L.f. Растительное сырье заготовили в фазу плодоношения в Алматинской области. Метаболиты определили методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ-МС). Для обработки полученных результатов и данных использован программное обеспечение Agilent MSD ChemStation (версия 1701EA). В результате исследования в подземной части обнаружили 11 липофильных компонентов, из которых идентифицировали 7; в надземной части – 23 компонента, идентифицировали 12 соединений. Основными метаболитами гексанового экстракта, полученного из подземной части растения, являются β-ситостерол (63.23%), кампестерол (11.94%) и октакозанол (8.45%). Среди идентифицированных соединений преобладают стероидные компоненты. В надземной части доминируют β-ситостерол (28.92%), сквален (16.22%), γ-токоферол (11.73%) и α-амирин (4.64%). Общая доля идентифицированных компонентов, содержащихся в гексановых экстрактах для подземной части составила 91.20%, а для надземной части – 76.29% соответственно. В исследуемых экстрактах преобладают терпеновые соединения, что свидетельствует о потенциальной биологической активности и ценности для проведения дальнейших исследований.

Ключевые слова: *Rheum tataricum* L.f., липофильные соединения, газовая хроматография-масс-спектрометрия (ГХ-МС), строиды, терпены, β-ситостерол, гексановый экстракт, экстракция, надземная часть, подземная часть.

<i>Тургунбаева Айман Акылкызы</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Шульц Эльвира Эдуардовна</i>	<i>Доктор химических наук, профессор</i>
<i>Сальникова Ольга Иосифовна</i>	<i>Инженер химического сервисного центра Новосибирского института органической химии СО РАН</i>
<i>Савельев Виктор Александрович</i>	<i>Кандидат химический наук, доцент</i>
<i>Гемеджиева Надежда Геннадьевна</i>	<i>Доктор биологических наук, профессор</i>
<i>Султанова Нургуль Адайбаевна</i>	<i>Доктор химических наук, профессор</i>
<i>Жатканбаев Ерлан Ержанович</i>	<i>Доктор технических наук, и.о. профессор</i>
<i>Жатканбаева Жанна Каланбекова</i>	<i>Кандидат химический наук, доцент</i>

Әдебиеттер тізімі

1. Байтенов М.С. *Флора Казахстана*. Алматы, Гылым, **2001**, 280.
2. Грудзинская Л.М., Гемеджиева Н.Г., Нелина Н.В., Каржаубекова Ж.Ж. *Аннотированный список лекарственных растений Казахстана*. Алматы, Справочное издание, **2014**, 200.
3. *Растительные ресурсы СССР: Цветковые растения, их химический состав, использование*. Ленинград, Наука, Ленинградское отделение, **1984**, 272–277.
4. Qing-Xia Z., Hai-Feng W., Jian G., Hai-Jiang N., Shi-Lin C., Jun-Shan Y., Xu-Dong X. Review of Rhubarbs. *Chemistry and Pharmacology. Chin. Herb. Med.*, **2013**, **1**, № 5, 9–32.
5. Geçibesler İ. H. Analysis of lipophilic fingerprints of edible wild rhubarb (*Rheum ribes* L.)

using GC-MS combined with chemometrics. *Nat. Prod. Res.*, **2024**, 1-12. DOI: 10.1080/14786419.2024.2397045.

6. Khattak A. K., Hassan S. M., Mughal S. S. General overview of phytochemistry and pharmacological potential of *Rheum palmatum* (chinese rhubarb) *Innovare. J. Res. Ayurvedic Sci.*, **2020**, 6, №8, 1-5. DOI: 10.22159/ijas.2020.v8i6.39192.

7. Wang X. F., Zheng J. H., Chen Q. Y. GC/MS in the study of chemical constituents of volatile oil from *Rheum tanguticum*. *Chin. J. Chin. Mater. Med.*, **1995**, 12, № 30, 719-720.

8. Гемеджиева Н.Г., Каржаубекова Ж.Ж. Элементный, amino- и жирнокислотный состав *Rheum tataricum* L. из Южного Прибалхашья. *Изв. НАН РК. Сер. Химия*, **2016**, 84, № 4, 21–25.

9. Yang F., Li X., Zhang Y., Ren Y., Zhang J., Xiao K. Prediction of potential mechanisms of rhubarb therapy for colorectal cancer based on network pharmacological analysis and molecular docking. *Medicine (Baltimore)*, **2024**, 12, № 103, 37477. DOI: 10.1097/MD.00000000000037477.

10. Min D., Xu L., Zhang Z., Wang H., Huang D., Guo D., Zheng J. Chemical constituents of *Rheum wittrochii* Lundstr(I). *Zhongguo Zhongyao Zazhi*, **1998**, 7, № 23, 416-418.

11. Hoseini S., A., Vazifedoost M., Hajirostamloo B., Didar Z., Nematshahi M., M. Supercritical fluid extraction and encapsulation of Rivas (*Rheum ribes*) flower: Principal component analysis (PCA). *Heliyon*. **2025**, 2, № 11. DOI: 10.1016/j.heliyon.2025.e41746.

12. Semenuta K.N., Kurkin V.A., Shmygareva A.A. Development of the Technique of Quantitative Determination of Anthracene derivatives in roots of *Rheum officinale*. *Res. J. Pharm. Technol.*, **2019**, № 10, 4696-4698.

13. Xie F.P., Wang N., Gao J., Zhang G., Song Z.X., Li Y.Y., Zhang Y.L., Wang D.Y., Li R., Liu M.M., Tang Z.S. Variation and interaction mechanism between active components in *Rheum officinale* and rhizosphere soil microorganisms under drought stress. *Zhongguo Zhongyao Zazhi*, **2023**, 6, №48, 1498-1509. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcm.20221208.104.

14. Dar K.B., Bhat A.H., Amin S., Anees S., Masood A., Zargar M.I., Ganie S.A. Efficacy of Aqueous and Methanolic Extracts of *Rheum Spiciformis* against Pathogenic Bacterial and Fungal Strains. *J. Clin. Diagn. Res.*, **2016**, 9, № 10, 18-22. DOI: 10.7860/JCDR/2016/18036.8486.

15. Medeiros R., Otuki M.F., Avellar M.C., Calixto J.B. Mechanisms underlying the inhibitory actions of the pentacyclic triterpene alpha-amyrin in the mouse skin inflammation induced by phorbol ester 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate. *Eur. J. Pharmacol.*, **2007**, 2-3, № 559, 227-235. DOI: 10.1016/j.ejphar.2006.12.005.

References

1. Bajtenov M.S. *Flora Kazahstana*. Almaty, Gylm, **2001**, 280 p. (In Russian).
2. Grudzhinskaya L.M., Gemedzhieva N.G., Nelina N.V., Karzhaubekova Zh.Zh. *Annotirovannyj spisok lekarstvennyh rastenij Kazahstana*. Almaty, Spravochnoe izdanie, **2014**, 200 p. (In Russian).
3. *Rastitel'nye resursy SSSR: Cvetkovye rasteniya, ih himicheskij sostav, ispol'zovanie*. Leningrad, Nauka, Leningradskoe otdelenie, **1984**, 272–277 p. (In Russian).
4. Qing-Xia Z., Hai-Feng W., Jian G., Hai-Jiang N., Shi-Lin C., Jun-Shan Y., Xu-Dong X. Review of Rhubarbs. Chemistry and Pharmacology. *Chin. Herb. Med.*, **2013**, 1, No. 5, 9-32.
5. Geçibesler İ. H. Analysis of lipophilic fingerprints of edible wild rhubarb (*Rheum ribes* L.) using GC-MS combined with chemometrics. *Nat. Prod. Res.*, **2024**, 1-12. DOI: 10.1080/14786419.2024.2397045.
6. Khattak A. K., Hassan S. M., Mughal S. S. General overview of phytochemistry and pharmacological potential of *Rheum palmatum* (chinese rhubarb) *Innovare. J. Res. Ayurvedic Sci.*, **2020**, 6, No. 8, 1-5. DOI: 10.22159/ijas.2020.v8i6.39192.
7. Wang X. F., Zheng J. H., Chen Q. Y. GC/MS in the study of chemical constituents of volatile oil from *Rheum tanguticum*. *Chin. J. Chin. Mater. Med.*, **1995**, 12, No. 30, 719-720.
8. Gemedzhieva N.G., Karzhaubekova Zh.Zh. Elementnyj, amino- i zhirkokislотноy sostav *Rheum tataricum* L. iz Yuzhnogo Pribalhash'ya. *Izv. NAN RK. Ser. Himiya*, **2016**, No. 4, 21–25. (In Russian).
9. Yang F., Li X., Zhang Y., Ren Y., Zhang J., Xiao K. Prediction of potential mechanisms of rhubarb therapy for colorectal cancer based on network pharmacological analysis and molecular docking. *Medicine (Baltimore)*, **2024**, 12, No. 103. DOI: 10.1097/MD.00000000000037477.
10. Min D., Xu L., Zhang Z., Wang H., Huang D., Guo D., Zheng J. Chemical constituents of *Rheum wittrochii* Lundstr(I). *Zhongguo Zhongyao Zazhi*, **1998**, 7, No. 23, 416-418.

11. Hoseini S., A., Vazifedoost M., Hajirostamloo B., Didar Z., Nematshahi M., M. Supercritical fluid extraction and encapsulation of Rivas (*Rheum ribes*) flower: Principal component analysis (PCA). *Heliyon*. **2025**, 2, No. 11. DOI: 10.1016/j.heliyon.2025.e41746.
12. Semeniuta K.N., Kurkin V.A., Shmygareva A.A. Development of the Technique of Quantitative Determination of Anthracene derivatives in roots of *Rheum officinale*. *Res. J. Pharm. Technol.*, **2019**, No. 10, 4696-4698.
13. Xie F.P., Wang N., Gao J., Zhang G., Song Z.X., Li Y.Y., Zhang Y.L., Wang D.Y., Li R., Liu M.M., Tang Z.S. Variation and interaction mechanism between active components in *Rheum officinale* and rhizosphere soil microorganisms under drought stress. *Zhongguo Zhongyao Zazhi*, **2023**, 6, No. 48, 1498-1509. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcmm.20221208.104.
14. Dar K.B., Bhat A.H., Amin S., Anees S., Masood A., Zargar M.I., Ganie S.A. Efficacy of Aqueous and Methanolic Extracts of *Rheum Spiciformis* against Pathogenic Bacterial and Fungal Strains. *J. Clin. Diagn. Res.*, **2016**, 9, No. 10, 18-22. DOI: 10.7860/JCDR/2016/18036.8486.
15. Medeiros R., Otuki M.F., Avellar M.C., Calixto J.B. Mechanisms underlying the inhibitory actions of the pentacyclic triterpene alpha-amyrin in the mouse skin inflammation induced by phorbol ester 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate. *Eur. J. Pharmacol.*, **2007**, 2-3, No. 559, 227-235. DOI: 10.1016/j.ejphar.2006.12.005.

**DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF PRASEODYMIUM ION SORPTION
AT VARIOUS RATIO BY THE AMBERLITE IR120 (H⁺):AB-17-8 (OH⁻)
INTERPOLYMER SYSTEM**

T.K. Jumadilov¹, MK Kabulova^{2*}, J. V. Grazulevicius³

¹ JSC “A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences”, Almaty, Kazakhstan

² Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

³ Kaunas University of Technology, Lithuania

*E-mail: kabulovamk@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The aim of this study was to investigate the efficiency of praseodymium ion sorption using ion exchange resins containing Amberlite IR120 (H⁺) and AB-17-8 (OH⁻) at different composition ratios. *Goals and objectives.* The study established how conformational changes based on “long-range action” affect the efficiency of praseodymium ion sorption; the features of sorption of this ion in a static mode were studied. *Methods:* The study clarified the effect of resin composition on the sorption efficiency through a comprehensive experimental analysis, including sophisticated sorption experiments and characterization methods such as spectrophotometry and atomic emission spectroscopy. *Results and analysis.* Optimal coefficients providing the maximum efficiency of praseodymium ion removal were determined. In addition, the study examines the underlying mechanisms that determine the sorption properties, focusing on the relationship between resin composition, surface chemistry, and ionic interactions. *Conclusion:* The results obtained will not only contribute to the development of specialized ion exchange materials for the efficient recovery and purification of praseodymium, but also to a deeper understanding of ion exchange chromatography processes. This study is of great importance for praseodymium-dependent industries, as it offers strategies to address challenges associated with its production, purification, and use.

Keywords: interpolymer system, spectrophotometry, hydrogels, praseodymium, sorption of Pr³⁺ ions

Kabulova Madina Kabulovna	PhD student; E-mail: kabulovamk@mail.ru .
Jumadilov Talkybek Kozhataevich	Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: jumadilov@mail.ru .
Juozas Vidas Grazulevicius	Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: juozas.grazulevicius@ktu.lt .

Citation: T.K. Jumadilov, MK Kabulova, J. V. Grazulevicius. Determination of the efficiency of praseodymium ion sorption at various ratio by the Amberlite IR120 (H⁺):AB-17-8 (OH⁻) interpolymer system. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 53-62. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.34>

ПРАЗЕОДИМ ИОНДАРЫНЫҢ AMBERLITE IR120 (H⁺):AB-17-8 (OH⁻)ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК ЖҮЙЕ АРҚЫЛЫ ӘРТҮРЛІ ҚАТЫНАСТАРДАҒЫ СОРБЦИЯЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ**Т.Қ. Джумадилов¹, М.К. Кабулова^{2*}, Ю.В. Гразулявичус³**¹«Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан³Каунас технологиялық университеті, Литва

*E-mail: kabulovamk@mail.ru

Түйіндемесі: Бұл зерттеу құрамында Amberlite IR120 (H⁺) және AB-17-8 (OH⁻) бар әртүрлі композициялық қатынаста ион алмастырғыш шайырларды қолдану арқылы празеодим иондарының сорбциясының тиімділігін зерттеуге арналған. *Мақсаттар мен міндеттер.* Зерттеу барысында празеодим ионының сорбциясының тиімділігіне «қашықтықтан әсер етуге» негізделген конформациялық өзгерістер қалай әсер ететіні анықталды; осы ионның статикалық режимде сорбциялану ерекшеліктері зерттелді. *Әдістері:* Кешенді сорбциялық тәжірибелерді және спектрофотометрия және атомдық эмиссиялық спектроскопия сияқты сипаттау әдістерін қамтитын кешенді эксперименттік талдау арқылы зерттеу шайыр құрамының сорбция тиімділігіне әсерін нақтылады. *Нәтижелер мен талдау.* Празеодим ионын жоюдың максималды тиімділігін қамтамасыз ететін оңтайлы шарттар мен коэффициенттер анықталды. Сонымен қатар, зерттеу шайыр құрамы, беттік химия және иондық әрекеттесулер арасындағы байланысқа баса назар аударып, сорбциялық қасиеттерді реттейтін негізгі механизмдер де зерттелді. *Қорытынды.* Алынған нәтижелер празеодимді тиімді бөліп алу және тазарту үшін арнайы ион алмастырғыш материалдарды әзірлеуге ғана емес, сонымен қатар иондық сорбция процестерін тереңірек түсінуге ықпал етеді. Бұл зерттеу празеодимге қатысты салалар үшін маңызды зор, оны өндіруге, тазартуға және пайдалануға байланысты қиындықтарды шешуге арналған стратегияларды ұсынады.

Түйін сөздер: интерполимерлік жүйе, спектрофотометрия, гидрогельдер, празеодим, Pr³⁺ ионының сорбциясы

<i>Кабулова Мадина Кабуловна</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Джумадилов Талқымбек Қожатаевич</i>	<i>х.ғ.д., профессор</i>
<i>Гразулявичус Юозас Видас</i>	<i>х.ғ.д., профессор</i>

1. Кіріспе

Празеодим иондарын (Pr³⁺) сирек кездесетін жер элементтері (СЖЭ) құрамынан бөліп алу — заманауи материалтану және химиялық технологияның өзекті мәселелерінің бірі болып табылады. Бұл иондардың жоғары магниттік, оптикалық және каталитикалық қасиеттері оларды лазерлік материалдар, люминофорлар, жоғары өнімді магниттер және катализаторлар сияқты инновациялық қолданбалар үшін аса маңызды етеді. Дегенмен, СЖЭ-нің физика-химиялық қасиеттерінің ұқсастығы әдетте оларды бір-бірінен таза түрде бөліп алуды қиындатады [1-3].

Бұл жұмыстың мақсаттары празеодим ионының сорбциясының тиімділігіне «қашықтықтан әсер етуге» негізделген конформациялық өзгерістер қалай әсер ететінін анықтау; осы ионның статикалық режимде сорбциялану ерекшеліктерін білу.

2. Тәжірибелік бөлім

Реактивтер:

Құрылғылар: Ерітінділердің сутегі иондарының концентрациясы Metrohm-827 рН-метрімен (Швейцария) өлшенді. Гидрогельдердің массасы SHIMADZU AY220 аналитикалық таразысында (Жапония) өлшенді. Өлшеу қателігі 1% аспайды. Ерітіндідегі Pr^{3+} иондарының концентрациясын өлшеу үшін Jenway-6305 (Ұлыбритания) және КФК-3М (Ресей) спектрофотометрлері қолданылды.

Әдістер:

Празеодим иондарын сорбциялау бастапқы концентрациясы 5 мг/л де празеодим нитратының ($\text{Pr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) үлгілері сулы ерітінділерінен статикалық режимде жүргізілді. Сорбенттер ретінде әртүрлі функционалды топтары бар Amberlite IR120 (катионалмастырғыш, H^+ -формасы) және АВ-17-8(ОН) (анионалмастырғыш, OH^- -формасы) ион алмастырғыш шайырлары қолданылды. Полимерлердің жалпы массасы 200 мл ерітіндіге 0,12 г құрады, ал олардың арақатынасы 6:0-ден 0:6-ға дейін өзгерді.

Интерполимерлік жүйелері құрғақ сорбенттерді көрсетілген қатынаста қашықтықтан араластыру арқылы дайындалды, содан кейін олар $\text{Pr}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ерітіндісіне қосылды. Әрекеттесу бөлме температурасында 30 минут, 2,5 сағат, 6 сағат, 24 сағат және 48 сағат бойы жүргізілді. Көрсетілген уақыттан кейін ортаның рН мәні және ерітіндідегі Pr^{3+} қалдық концентрациясы атомдық эмиссиялық спектроскопия арқылы анықталды.

а. Празеодим иондарын анықтау әдісі

СЖМ иондарын анықтау әдісі Арсеназо III органикалық аналитикалық реагентінің лантан иондарымен түсті комплексті қосылыс түзуіне негізделген.

Сорбция дәрежесі келесі формула бойынша есептелді:

$$\eta = \frac{C_{\text{баст.}} - C_{\text{қал.}}}{C_{\text{баст.}}} \cdot 100\%$$

Мұндағы $C_{\text{баст.}}$ и $C_{\text{қал.}}$ — г/л сәйкес лантанның ерітіндідегі бастапқы және қалдық концентрациясы.

Полимер тізбектерінің байланысу дәрежесі келесідей формулаға сәйкес есептеу арқылы анықталды:

$$\theta = \frac{V_{\text{сорб.}}}{V} \cdot 100\%$$

мұндағы $V_{\text{сорб.}}$ — сорбцияланған лантаны бар полимер бірліктерінің саны, өлшем бірлігі - моль; V — полимер байланыстарының жалпы саны

(ерітіндіде екі гидрогель болса, ол әрбір полимер гидрогелінің байланыстарының қосындысы ретінде есептеледі), моль.\

3. Нәтижелер және талдау

Осыған дейінгі интерполимерлі жүйелердің зерттеулері полимерлердің өзара активтенуі СЖМ-ға қатысты электрохимиялық және сорбциялық қасиеттердің өзгеруіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті [4], [5], [6], [7], [8]. Бұл зерттеулерді одан әрі жетілдіру үшін празеодим иондарына қатысты интерполимерлі жүйелердің сорбциялық қасиеттеріне зерттеу жүргіздік.

Amberlite IR120:AB-17-8 интерполимерлер жүйесімен сорбциялау кезінде Pr^{3+} иондарының концентрациясының молярлық қатынас пен уақытқа байланысты өзгеруі 1-кестеде көрсетілген.

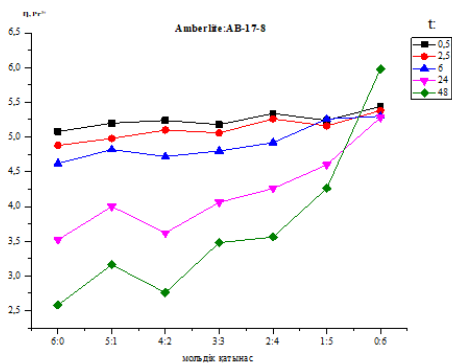
Сорбция процесінің бастапқы уақытында празеодим иондарының концентрациясы жоғары болған. Бірақ қашықтан әрекеттесудің 24 және 48 сағат уақытында концентрация мәні күрт төмендеген. Бұл интерполимерлі жүйелердің 4:2 қатынасында айқын көрінеді. Әрекеттесудің 48 сағатында празеодим иондарының сорбциясы максималды мәнге жеткен. Бұдан интерполимерлі жүйелердегі полимер жұптарының өзара активтенуі олардың сорбциялық қабілетінің өсуіне ықпал ететінін болжауға болады.

Кесте 1 - Статикалық режимде празеодим сорбциясының уақытқа тәуелділігі (қалдық концентрациясы), бастапқы концентрация $C = 5 \text{ мг/л}$.

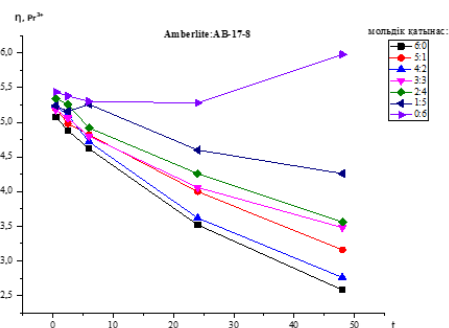
Amberlite IR120:AB-17- 8	0.5	2.5	6	24	48
6:0	4.98	4.88	4.62	3.52	2.58
5:1	4.99	4.98	4.82	4	3.16
4:2	4.99	4.94	4.72	3.62	2.76
3:3	4.97	4.95	4.8	4.06	3.48
2:4	4.97	4.96	4.92	4.26	3.56
1:5	4.99	4.98	4.87	4.6	4.26
0:6	5	4.98	4.84	4.83	4.80

Amberlite IR120:AB-17-8 интерполимер жүйесінің празеодим иондарын молярлық қатынас пен уақытқа байланысты бөліп алу дәрежесі 1,2-суретте көрсетілген. 1-суретте сорбция дәрежесінің уақыт өткен сайын арта түсетінін көрсетеді. Әрекеттесудің алғашқы уақытында молярлық қатынастары 5:1, 4:2, 3:3 және 1:5 интерполимерлі жүйелер мен жеке ион алмастырғыштардың (6:0, 0:6) сорбция дәрежесінде қатты айырмашылық жоқ.

48 сағаттан кейін ең жоғары празеодим ионының қалпына келуі (2,52 мг/л) құрамында тек Амберлит IR120 бар 6:0 жүйесінде байқалды.

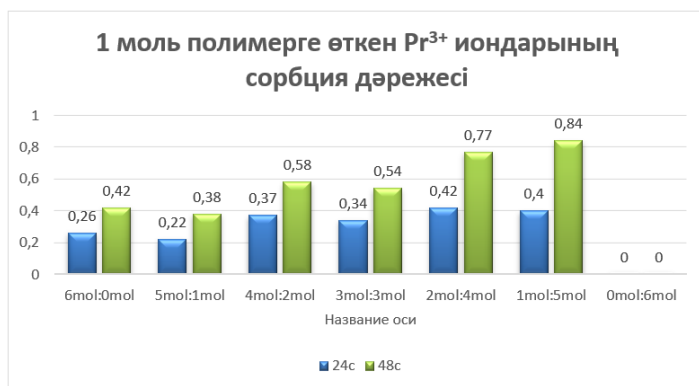


Сурет 1 - Amberlite IR120:AB-17-8 интерполимерлер жүйесімен сорбциялау кезінде ион алмастырғыштар мен уақыттың моль арақатынасына байланысты Pr^{3+} иондарының қалдық концентрациясының өзгеруі.



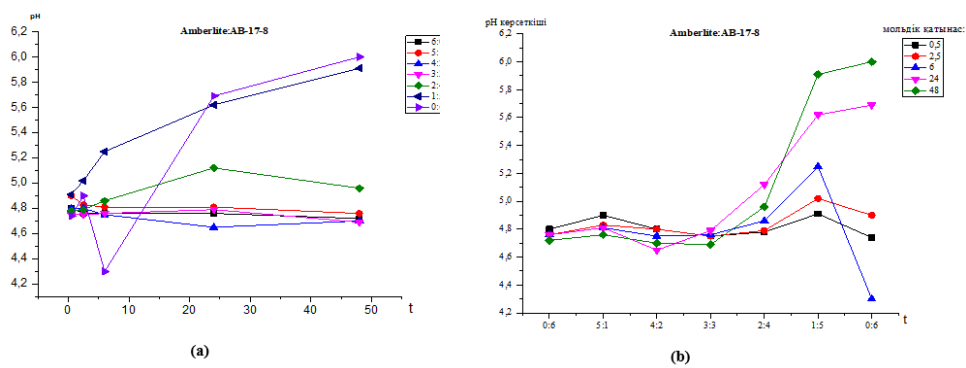
Сурет 2 - Празеодим иондарының сорбция дәрежесінің уақыт өте келе Amberlite IR120 (H^+) және AB-17-8 (OH^-) интерполимерлерінің қатынасына тәуелділігі.

Бірақ сорбенттің бір мольіне қайта есептегенде (гистограмма 1) ең жоғары сорбциялық қабілеттілікке (0,84 мг/ммоль) 1:5 қатынасында қол жеткізілді (Amberlite:AB-17-8), бұл AB-17-8 үлесінің жоғарылауымен ион алмастырғыштардың өзара әрекеттесуінің синергетикалық әсерін көрсетеді.



Гистограмма 1 - 1 моль полимерге өткен Pr^{3+} иондарының сорбция дәрежесінің уақыт өте келе Amberlite IR120 (H^+) және AB-17-8 (OH^-) интерполимерінің қатынасына тәуелділігі.

Ерітіндінің рН-ның өзгеруі де ион алмасу процестерінің пайда болуын растайды. Барлық композициялар үшін уақыт өте келе рН-ның біркелкі жоғарылауы байқалды (5-сурет), әсіресе жоғары анониттік мазмұнда айқын, бұл H^+ иондарының десорбциясын және OH^- топтарының металды байланыстыруға қатысуын көрсетеді.



Сурет 3 - Әртүрлі қатынастағы Amberlite IR120:AB-17-8 интерполимерлерінің моль қатынасына (а) және pH көрсеткіштерінің (б) уақытқа тәуелділігі.

Amberlite IR120:AB-17-8 интерполимер жүйесіндегі полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің (празеодим иондарына қатысты) уақытқа байланысты тәуелділігі 2-кестеде көрсетілген. Полимер тізбегінің празеодим иондарымен байланысу дәрежесі полиионның химиялық табиғатына және иондану дәрежесіне байланысты. Сондай-ақ байланыс қарама-қарсы таңбалы зарядтардың таза электростатикалық тартылуымен де, басқа да ерекше әсерлесумен байланысты болуы мүмкін. Интерполимер жүйесіндегі полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің ең жоғары мәндері 48 сағаттан кейін Amberlite IR120 және AB-17-8 6:0; 5:1 және 4:2 қатынастарында сәйкесінше 2.86%, 2.21% және 2.69% құрады. Ал Amberlite IR120 және AB-17-8 жеке ион алмастырғыш шайырлардың полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің мәндері 48 сағаттан кейін тиісінше 2.86% және 0.23% құрады.

Кесте 2–Полимертізбектерініңбайланысудәрежесі(θ,%)

t,сағат	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
0.5	0.021	0.012	0.012	0.036	0.036	0.011	0
2.5	0.141	0.024	0.072	0.060	0.048	0.023	0.023
6	0.449	0.216	0.336	0.240	0.096	0.153	0.189
24	1.750	1.202	1.659	1.130	0.890	0.473	0.201
48	2.862	2.213	2.694	1.828	1.732	0.875	0.236

Кесте 3–Тиімді динамикалық сорбциялық сиымдылық (Q , ммоль/г)

t,сағат	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
0.5	0.0000011	0.0000006	0.0000006	0.0000019	0.0000019	0.0000006	0
2.5	0.000007	0.0000013	0.0000038	0.0000032	0.0000025	0.0000012	0.0000012
6	0.0000224	0.0000117	0.0000181	0.0000128	0.0000050	0.0000082	0.0000100
24	0.000087	0.0000652	0.000089	0.0000603	0.0000471	0.0000252	0.0000106
48	0.0001431	0.0001201	0.0001450	0.0000975	0.0000916	0.0000466	0.0000125

Осылайша, ИП құрамына АВ-17-8 енгізу айқынырақ анион алмасу механизмінің арқасында Pr^{3+} селективтілігін айтарлықтай арттырады, ал Amberlite IR120 қышқыл топтарына байланысты иондардың көлемдік жинақталуына көбірек жауап береді. Бір жүйедегі катиониттер мен аниониттердің ұқсас әрекеттесуі бұрын неодим және самарий сияқты сирек жер металдарын алу бойынша зерттеулерде атап өтілді [9,10].

Нәтижелерге сүйене отырып, празеодимді оңтайлы бөліп алуға Amberlite IR120 жоғары кинетикалық сипаттамалары мен АВ-17-8 жоғары сорбциялық қабілетін біріктіретін ион алмастырғыштардың (4:2 және 1:5) теңдестірілген құрамымен қол жеткізілетінін айтуға болады.

4. Қорытынды

Қорытындылай келе, Amberlite IR120 және АВ-17-8 негізіндегі интерполимерлік жүйелерді пайдалана отырып, празеодим иондарын сорбциялау тиімділігін зерттеу құнды нәтижелер берді. Жүйелі тәжірибелер нәтижесінде интерполимер жүйесінің сорбциялық тиімділігі 4:2 (Amberlite:АВ-17-8) және 1:5 (Amberlite:АВ-17-8) қатынасында ең жоғары деңгейге жететіні анықталды. Бұл оңтайлы қатынас ерітіндіден празеодим иондарын бөлудің маңызды әлеуетін және бұл екі полимердің сорбциялық қабілетін арттырудағы синергетикалық әсерін көрсетті.

Бұл мақалада празеодим иондарын әртүрлі қатынастардағы интерполимерлік жүйелер арқылы бөлудің тиімділігі зерттелді. Полимерлік жүйелердің құрылымы мен Pr^{3+} иондарының арақатынасы, сондай-ақ рН және полимерлердің функционалды топтарының параметрлердің әсері талданды.

Мақалада Amberlite IR120 (H^+) : АВ-17-8 (OH^-) ионалмастырғыш шайырларын әртүрлі қатынаста қолдану арқылы празеодим иондарын сорбциялау процесін жүйелі түрде зерттеу ұсынылған. Тәжірибелер келесі қатынаста жүргізілді: 6:0, 5:1, 4:2, 3:3, 2:4, 1:5 және 0:6, бұл компонент концентрациясының сорбция тиімділігіне әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижелері празеодимнен суды тазарту процесін оңтайландыру үшін практикалық мәліметтерді беріп қана қоймайды, сонымен қатар иондардың ион алмастырғыш шайырлармен әрекеттесу механизмдері

туралы түсінігімізді кеңейтеді. Алынған мәліметтер экология және өнеркәсіп салаларында үлкен маңызы бар сирек жер элементтерін сулы ерітінділерден тазартудың тиімді технологияларын әзірлеу үшін пайдасы орасан зор. Празеодимді таза түрде алудың экологиялық және экономикалық тиімді әдістерін әзірлеу — қазіргі уақыттағы химиялық технология мен материалтану саласындағы маңызды міндеттердің бірі болып табылады.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыру бойынша №AP26195783 және №BR27101179 жобасымен қаржыландырылды.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар бұл мақалада өзара мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ ПРАЗЕОДИМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СООТНОШЕНИЯХ ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ AMBERLITE IR120 (H⁺):AB-17-8 (OH⁻)

Т.К. Джумадилов ¹, М.К. Кабулова ^{2*}, Ю. В. Гразулявичюс ³

¹ АО «А.Б. Институт химических наук имени Бектурова», Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

³Каунасский технологический университет, Литва

*E-mail: kabulovamk@mail.ru

Резюме: Целью данного исследования было изучение эффективности сорбции ионов празеодима с использованием ионообменных смол, содержащих Amberlite IR120 (H⁺) и AB-17-8 (OH⁻) при различных соотношениях состава.

Цели и задачи. В ходе исследования было установлено, как конформационные изменения, основанные на «дальнодействии», влияют на эффективность сорбции иона празеодима; изучены особенности сорбции этого иона в статическом режиме.

Методы: Исследование проявило влияние состава смолы на эффективность сорбции посредством комплексного экспериментального анализа, включающего сложные эксперименты по сорбции и методы характеристики, такие как спектрофотометрия и атомно-эмиссионная спектроскопия.

Результаты и обсуждение. Определены оптимальные коэффициенты, обеспечивающие максимальную эффективность удаления ионов празеодима. Кроме того, в исследовании изучаются основные механизмы, определяющие сорбционные свойства, с упором на взаимосвязь между составом смолы, химией поверхности и ионными взаимодействиями. **Заключение.** Полученные результаты будут способствовать не только разработке специальных ионообменных материалов для эффективного извлечения и очистки празеодима, но и более глубокому пониманию процессов ионообменной хроматографии. Это исследование имеет большое значение для отраслей, зависящих от празеодима, поскольку предлагает стратегии решения проблем, связанных с его производством, очисткой и использованием.

Ключевые слова: интерполимерная система, спектрофотометрия, гидрогели, празеодим, сорбция ионов Pt³⁺

Кабулова Мадина Кабуловна

PhD докторант

Джумадилов Талқыбек Қожатаевич

д.х.н., профессор

Гразулявичюс Юозас Видас

д.х.н., профессор

Әдебиеттер тізімі:

1. Balaran, V. Potential future alternative resources for rare earth elements: Opportunities and challenges. *Minerals* **2023**, 13, 425. DOI:10.3390/min13030425
2. Maria, L.; Cruz, A.; Carretas, J.M.; Monteiro, B.; Galinha, C.; Gomes, S.S.; Araújo, M.F.; Paiva, I.; Marçalo, J.; Leal, J.P. Improving the selective extraction of lanthanides by using functionalised ionic liquid. *Sep. Purif. Technol.* **2020**, 237, 116354. DOI: 10.1016/j.seppur.2019.116354
3. Курбанбаева А.Ә., Холмунинова Д.А., Зарипова Р.Ш. Гидрогели на основе акриловой кислоты и диамина соединений *Univers.xim.ibio.* **2023**, 9, No111 DOI:10.32743/UniChem.2023.111.9.15925
4. Джумадилов Т.К. и др. Особенности экстракции неодима интегральной системой на основе гидрогелей полиметакриловой кислоты и поли-4-винилпиридина. *Химический журнал Казахстана.* **2020**; 1(69):54-61
5. Алимбекова Б.Т., Корганбаева Ж.К., Химерсен Х., Кондауров Р.Г., Джумадилов Т.К. Особенности дистанционного взаимодействия гидрогелей полиметакриловой кислоты и поли-2-метил-5-винилпиридина в водной среде. *Журнал химии и химической инженерии.* **2014**; 3(8):265-269.
6. Джумадилов Т.К., Абилов Ж.А., Кондауров Р.Г. Влияние взаимной активации гидрогелей полиметакриловой кислоты и поли-2-метил-5-винилпиридина на сорбционную емкость интергелевой системы по отношению к ионам лантана. *Химический журнал Казахстана.* **2014**; 4:128–135.
7. Pagano G., Guida M., Tommasi F., Oral R. Health effects and toxicity mechanisms of rare earth elements—Knowledge gaps and research prospects. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* **2015**, 115, 40–48. DOI:10.1016/j.ecoenv.2015.01.030
8. Jumadilov T., Totkhuskyzy B., Malimbayeva Z., Kondaurov R., Imangazy A., Khimersen K., Grazulevicius J. Impact of Neodymium and Scandium Ionic Radii on Sorption Dynamics of Amberlite IR120 and AB-17-8 Remote Interaction. *Materials*, **2021**, 14, 5402. DOI:10.3390/ma14185402
9. Krishnan, S.; Zulkapli, N.S.; Kamyab, H.; Taib, S.M.; Din, M.F.B.M.; Majid, Z.A.; Chairapat, S.; Kenzo, I.; Ichikawa, Y.; Nasrullah, M.; et al. Current technologies for recovery of metals from industrial wastes: An overview. *Environ. Technol. Innov.* **2021**, 22, 101525. DOI:10.1016/j.eti.2021.101525
10. Sert, S.; Altas, Y.; Tel, H.; Inan, S.; Cetinkaya, B.; Sengul, S.; Ozkan, B. Investigation of sorption behaviors of La, Pr, Nd, Sm, Eu and Gd on D2EHPA-impregnated XAD7 resin in nitric acid medium. *Sep. Sci. Technol.* **2021**, 56, 26–35. DOI:10.1080/01496395.2019.1708107

References:

1. Balaran, V. Potential future alternative resources for rare earth elements: Opportunities and challenges. *Minerals* **2023**, 13, 425. DOI:10.3390/min13030425
2. Maria, L.; Cruz, A.; Carretas, J.M.; Monteiro, B.; Galinha, C.; Gomes, S.S.; Araújo, M.F.; Paiva, I.; Marçalo, J.; Leal, J.P. Improving the selective extraction of lanthanides by using functionalised ionic liquid. *Sep. Purif. Technol.* **2020**, 237, 116354. DOI:10.1016/j.seppur.2019.116354
3. Kurbanbaeva A.E., Holmuminova D.A., Zaripova R.Sh. Hidrogeli na osnove akrilovoj kisloty i diamina soedinenij *Univers.xim.ibio.* **2023**, 9, No111 DOI:10.32743/UniChem.2023.111.9.15925
4. Jumadilov T.K. i dr. Osobennosti e`kstrakcii neodima integral`noj sistemoj na osnove gidrogelej polimetakrilovoj kisloty i poli-4-vinilpiridina. *Ximicheskij zhurnal Kazaxstana.* **2020**; 1(69):54-61
5. Alimbekova B.T., Korganbaeva Zh.K., Ximersen X., Kondaurov R.G., Dzhumadilov T.K. Osobennosti distancionnogo vzaimodejstviya gidrogelej polimetakrilovoj kisloty i poli-2-metil-5-vinilpiridina v vodnojsrede. *Zhurnal ximii i ximicheskoy inzhenerii.* **2014**; 3(8):265-269.
6. Jumadilov T.K., AbilovZh.A., Kondaurov R.G. Vliyanie vzaimnoj aktivacii gidrogelej polimetakrilovoj kisloty i poli-2-metil-5-vinilpiridina na sorbcionnu yuemkost` intergelevoj sistemy poотношению k ionamlantana. *Ximicheskij zhurnal Kazaxstana.* **2014**; 4:128–135.
7. Pagano G., Guida M., Tommasi F., Oral R. Health effects and toxicity mechanisms of rare earth elements—Knowledge gaps and research prospects. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* **2015**, 115, 40–48. DOI:10.1016/j.ecoenv.2015.01.030

8. Jumadilov T., Totkhuskyzy B., Malimbayeva Z., Kondaurov R., Imangazy A., Khimersen K., Grazulevicius J. Impact of Neodymium and Scandium Ionic Radii on Sorption Dynamics of Amberlite IR120 and AB-17-8 Remote Interaction. *Materials*, **2021**, 14, 5402. DOI:10.3390/ma14185402.

9. Krishnan, S.; Zulkapli, N.S.; Kamyab, H.; Taib, S.M.; Din, M.F.B.M.; Majid, Z.A.; Chaiprapat, S.; Kenzo, I.; Ichikawa, Y.; Nasrullah, M.; et al. Current technologies for recovery of metals from industrial wastes: An overview. *Environ. Technol. Innov.* **2021**, 22, 101525. DOI:10.1016/j.eti.2021.101525

10. Sert, S.; Altas, Y.; Tel, H.; Inan, S.; Cetinkaya, B.; Sengul, S.; Ozkan, B. Investigation of sorption behaviors of La, Pr, Nd, Sm, Eu and Gd on D2EHPA-impregnated XAD7 resin in nitric acid medium. *Sep. Sci. Technol.* **2021**, 56, 26–35. DOI:10.1080/01496395.2019.1708107

DEVELOPMENT OF COMPOSITE ALUMINUM POWDERS WITH ENHANCED THERMOREACTIVITY FOR ENERGETIC SYSTEMS

A.S. Khairullina^{1,2}, A.B. Artykbayeva^{1,2*}, A.E. Bakkara^{1,2}, B.S. Sadykov¹,
A. O. Zhapekova^{1,3}, I. B. Zhussupova², V. S. Aksenov^{4,5}

¹Institute of Combustion Problems, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³Kazakh National Women's Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

⁴National Research Nuclear University "MEPhI" (Moscow Engineering Physics Institute),
Moscow, Russia

⁵N.N. Semenov Federal Research Center for Chemical Physics, Russian Academy of Sciences,
Moscow, Russia

*E-mail: aidartykbayeva@gmail.com

Abstract: *Introduction.* In contemporary composite solid propellants, aluminum serves as a key energetic constituent; however, a passivating Al_2O_3 film on the particle surface markedly diminishes its effective reactivity. *The present study aims* to enhance the reaction performance of aluminum powder through mechanochemical treatment (MCT) employing functional modifiers. Commercial ASD-grade aluminum powder and GL-1 graphite were selected as the starting materials. *Results and discussion.* Within the experimental program, the aluminum powder was subjected to MCT with varying graphite loadings. The treatment dramatically increased the fraction of active aluminum owing to partial disruption of the oxide shell. Morphological examinations confirmed oxide removal, uniform graphite coating, and the emergence of lamellar structures measuring 20-80 nm. Thermal analysis further revealed a shift of the principal exothermic peak from 662.6 °C to 653.9 °C for the Al + 10% graphite composite, accompanied by a 27 % rise in heat release, indicative of a lower activation energy and more complete oxidation. Conversely, a 20% graphite addition reduced the thermal gain, as excess carbon shielded metallic sites. *Conclusion.* The graphite content of 10% is deemed optimal, providing the most favorable thermochemical behavior. The obtained results confirm that MCT of aluminum powder with graphite is an effective strategy for substantially increasing its reaction capability.

Key words: modifier, aluminum, graphite, mechanochemical treatment, thermogravimetric analysis, differential thermal analysis

<i>Khairullina Ainur Serikkyzy</i>	<i>1st year PhD student , Junior Researcher; E-mail: H_ainura_98@mail.ru</i>
<i>Artykbayeva Aida Baktykyzy</i>	<i>3rd year PhD student, Junior Researcher; E-mail: aidartykbayeva@gmail.com</i>
<i>Bakkara Ayagoz Esenbaykyzy</i>	<i>Ass.professor, Leading Researcher; E-mail: bakkara_ayagoz@mail.ru</i>

Citation: Khairullina A.S., Artykbayeva A.B., Bakkara A.E., Sadykov B.S., Zhapekova A.O., Zhussupova I.B., Aksenov V.S. Development of composite aluminum powders with enhanced thermoreactivity for energetic systems. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 63-73. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.35>

Sadykov Bakhtiyar Seisembekovich	PhD, Leading Researcher; E-mail: sadykoff.baha89@gmail.com
Zhapekova Anar Orazgaliyevna	PhD, Leading Researcher; E-mail: anarazhapekova83@gmail.com
Zhussupova Inzhumarzhan Bakhbergenkyzy	4th year bachelor's student; E-mail: inzhuka.zhusupova@mail.ru
Aksenov Viktor Serafimovich	Candidate of Physical and Mathematical Sciences; E-mail: v.aksenov@mail.ru

РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОРОШКОВ С ПОВЫШЕННОЙ ТЕРМОРЕАКТИВНОСТЬЮ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

А.С.Хайруллина^{1,2}, А.Б. Артықбаева^{1,2}, А.Е. Баққара^{1,2}, Б.С. Садыков¹,
А. О. Жапекова^{1,3}, І. Б. Жусупова², В. С. Аксенов^{4,5}*

¹Институт проблем горения, ул. Богенбай батыра, 172, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, пр. аль-Фараби, 71, Алматы, Казахстан

³Казахский национальный женский педагогический университет, ул. Гоголя 114, Алматы, Казахстан

⁴Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», Москва, Россия

⁵Федеральный исследовательский центр химической физики им. Н. Н. Семёнова Российской академии наук, Москва, Россия

*E-mail: aidartkybayeva@gmail.com

Резюме: Введение. В современном твердом ракетном топливе алюминий служит важным энергетическим компонентом, однако оксидная пленка на его частицах снижает эффективную реакционную способность. Цель данной работы - повысить реакционную способность алюминиевого порошка путём механохимической обработки с использованием модификаторов. В качестве материалов использованы порошок алюминия марки АСД и графит марки ГЛ-1. Результаты и обсуждение. В рамках эксперимента порошок алюминия подвергли механохимической обработке (МХО) с различными содержаниями графита. Показано, что МХО значительно увеличивает содержание активного алюминия в порошке за счет частичного разрушения оксидной пленки на его поверхности. Помимо этого, морфологические анализы подтверждают разрушение оксида, покрытие графитом и появление пластинчатых структур размером 20-80 нм. Термический анализ показывает, что основной экзотермический пик смещается с 662.6 °C до 653.9 °C для Al+10% графита и на 27 % увеличивается выделяемое тепло, что означает более низкую энергию активации и более полное окисление. Однако при 20 % графита тепловой прирост уменьшается, поскольку углерод экранирует металлические участки. Заключение. Оптимальным признано содержание 10% графита, при котором достигается наилучшее термохимическое поведение алюминиевого порошка. Полученные результаты подтверждают, что МХО алюминиевого порошка графитом является эффективным способом повышения его реакционной способности.

Ключевые слова: модификатор, алюминий, графит, механохимическая обработка, термогравиметрический анализ, дифференциальный термический анализ.

Хайруллина Айнура Сериккызы	докторант 1-го курса
Артықбаева Аида Бақытқызы	докторант 3-го курса
Баққара Аяғөз Есенбайқызы	PhD, ВНС Института проблем горения, ассоциированный профессор
Садыков Бахтияр Сейсембекович	PhD, ВНС Института проблем горения
Жапекова Анар Оразгалиевна	PhD, ВНС Института проблем горения
Жусупова Инжумаржан Бахбергенқызы	бакалавриат 4-го курса
Аксенов Виктор Серафимович	кандидат физико-математических наук

1. Введение

Алюминий (Al) широко используется в качестве металлического горючего в композиционных твёрдых топливах [1] благодаря высокой массовой теплоте окисления, значительной плотности и коррозионной стойкости [1-4]. Включение алюминиевого порошка в твердоракетные топлива (ТРТ) повышает энергетическую плотность заряда и термодинамический потенциал системы [5-7]. Однако эксплуатационная реализация указанных преимуществ ограничена рядом факторов: пассивирующая плёнка Al_2O_3 увеличивает индукционный период воспламенения, расплавленные частицы склонны к коалесценции и формированию крупнодисперсных агломератов, неполное окисление металла приводит к накоплению твёрдого остатка, ухудшая теплоперенос в реакционной зоне. Для минимизации перечисленных явлений требуются целенаправленные методы поверхностной модификации, обеспечивающие высокую реакционную способность алюминия при сохранении технологической надёжности порошка [8].

Одним из эффективных подходов является введение графита в качестве твёрдого функционального модификатора. Благодаря высокой теплопроводности и химической инертности графит интенсифицирует теплообмен между зоной экзотермической реакции и алюминиевыми частицами, ускоряя прогрев и разрушение оксидной оболочки [4]. Дополнительно модификатор-графит выполняют роль механического разделителя, что уменьшает средний диаметр формирующихся агломератов и повышает полноту окисления металла.

Получение модифицированных частиц реализуется посредством механохимической активации, ультразвукового диспергирования, химического осаждения и их комбинаций. Механохимическая обработка уменьшает размер частиц, внедряет модификатор в поверхностный слой и повышает дефектность кристаллической решётки, ускоряя диффузию кислорода через оксидную плёнку [9].

Комплексная модификация алюминия графитом позволяет сократить индукционный период воспламенения, увеличить скорость горения и снизить выход твёрдых конденсированных продуктов, тем самым повышая термохимическую эффективность твёрдого топлива. Настоящая работа направлена на систематическое исследование влияния указанных добавок на тепловые и кинетические параметры окисления алюминия в условиях, имитирующих эксплуатационные нагрузки, и могут быть использованы при разработке новых типов ракетных топлив, обеспечивая высокую эффективность работы двигателей и снижению технологических потерь.

2. Экспериментальная часть

В ходе исследования использовали алюминиевый порошок АСД содержащий 95.8% металлического алюминия. Средний размер частиц алюминия АСД составляет 30 мкм.

Модифицирующей добавкой служила графитовая пудра марки ГЛ-1 (ГОСТ 17022-81). Графит применён для подавления агломерации алюминиевых частиц и снижения тепловых потерь за счёт высокой теплопроводности и термохимической стабильности.

Процесс механохимической обработки (МХО) проводился с использованием планетарно-шаровой мельницы NXQM-2A. В эксперименте варьировалось введение модифицирующих добавок в пределах 10-20%, при этом МХО проводилась в течение 20 минут. Установленные технологические параметры включали скорость вращения 460 об/мин и массу порошка к массе шаров равную 1:4. Для предотвращения окисления частиц алюминия кислородом воздуха после проведения МХО, образцы пассивировались гексаном.

Микроструктурный анализ осуществляли с применением сканирующего электронного микроскопа JSM-6490 (JEOL, Япония). Рентгенофазовые исследования проводили на дифрактометре ДРОН-4М (Россия) с использованием монохроматического излучения $\text{CoK}\alpha$ ($\lambda = 0.17902$ нм) и $\text{CuK}\alpha$ ($\lambda = 0.15418$ нм) в диапазоне $2\theta = 10-70^\circ$ при шаге 0.02° . Распределение частиц по размерам определяли на лазерном анализаторе дисперсности Winner 2005A (Jinan Winner, КНР). Термический анализ (ДТА и ТГ) выполняли на одновременном термоанализаторе STA 409 PC/PG (NETZSCH, Германия).

3. Результаты и обсуждение

Результаты энергодисперсионной спектроскопии (ЭДС) показывают, что исследуемый порошок обладает высокой химической чистотой: массовая доля алюминия составляет 98.27%. Это соответствует техническим характеристикам порошков марки АСД, которые обычно содержат не менее 99.7% Al и лишь около 0.3% суммарных примесей [10].

По результатам вольюметрического анализа установлено, что механохимическая обработка алюминия повышает содержание активного металла с 80.52% до 92.90% за счёт разрушения пассивной оксидной плёнки и активации поверхности частиц. Это способствует улучшению воспламеняемости и реакционной способности алюминия в составе твёрдого ракетного топлива. При добавлении графита (10-20% С) активность алюминия снижается до 76.80% и 74.30% соответственно, что связано с разбавлением металлической фазы и частичным экранированием поверхности, ограничивающим доступ кислорода.

Результаты исследования модификации алюминиевых композитов с использованием механохимической обработки (МХО) и добавок, таких как графит, показали значительное влияние на физико-химические свойства материала. МХО разрушила исходную оксидную оболочку на поверхности Al (рисунок 1а), увеличив доступность металлической фазы и сформировав слоисто-пластинчатую морфологию с высокой удельной поверхностью, что ускоряет взаимодействие с окислителем.

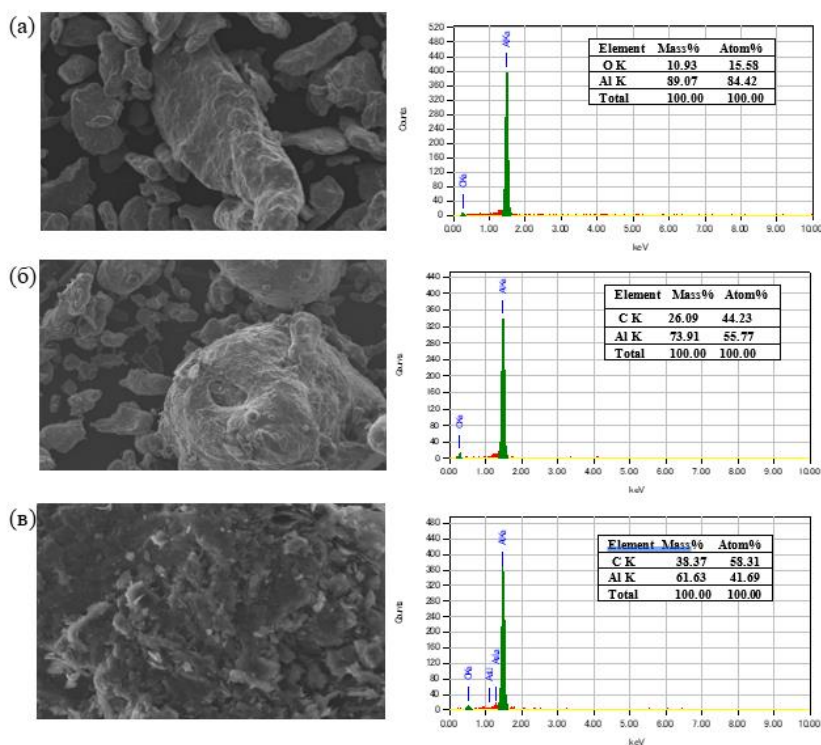


Рисунок 1 - Энергодисперсионный спектр и массовая доля элементов в составе образца ((а) Al АСД; (б) Al АСД+ 10%; (в) Al АСД+ 20% С) после 20 минут МХО.

Добавление 10% графита обеспечивает образование тонкого углеродного покрытия, предотвращая окисление и агломерацию частиц, одновременно повышая их традиционную способность для улучшения теплообмена и диспергирования (рисунок 1б). При содержании 20% графита наблюдается гетерогенная структура с агрегатами внутри и более устойчивой композицией, обеспечивающей термическую стабильность, но снижающую климатический эффект (рисунок 1в).

В исходном образце Al АСД (рисунок 2а) фиксируются резкие интенсивные дифракционные пики Al, свидетельствующие о высокой степени кристалличности. После МХО (рисунок 2б) наблюдается расширение и уменьшение распространения пиков, что свидетельствует об уменьшении размера кристаллитов и возрастании микродеформаций кристаллической решётки. Наибольшее снижение ограничения фиксируется при 20% графита (рисунок 2г), что отражает дальнейшее измельчение кристаллитов и рост дефектности структуры. При этом отсутствует линия Al_4C_3 , а Al остается аналитической кристаллической фазой, а углерод находится в аморфном или тонкодисперсном состоянии (рисунок 2в-г).

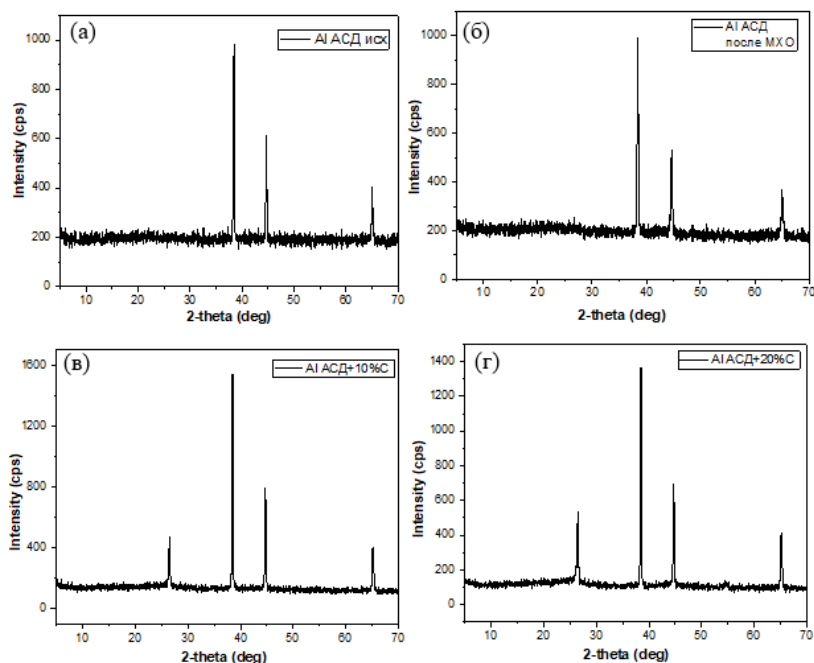
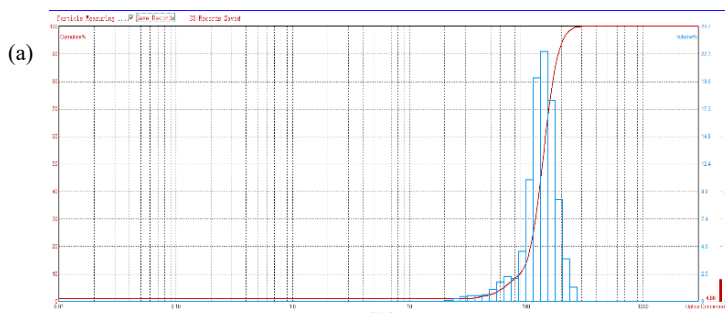


Рисунок 2 -Дифрактограмма образцов: (а) Al АСД исходный; ((б) Al АСД; (в) Al АСД+10% С; (г) Al АСД+20% С) после 20 минут МХО

После МХО алюминия (рисунок 3а) основной диапазон размеров составляет 50-150 нм, что указывает на высокую степень дробления и однородность. При добавлении 10% графита (рисунок 3б) максимум распределения смещается в область 30-100 нм, а доля ультрадисперсной фракции увеличивается. Такой эффект связан с диспергирующей ролью графита, который снижает агломерацию и улучшает передачу энергии. При содержании 20% графита (рисунок 3в) размеры частиц снижаются до 20-80 нм, а распределение становится более равномерным. Незначительное расширение диапазона объясняется сочетанием усиленной фрагментации и формированием вторичных агрегатов.



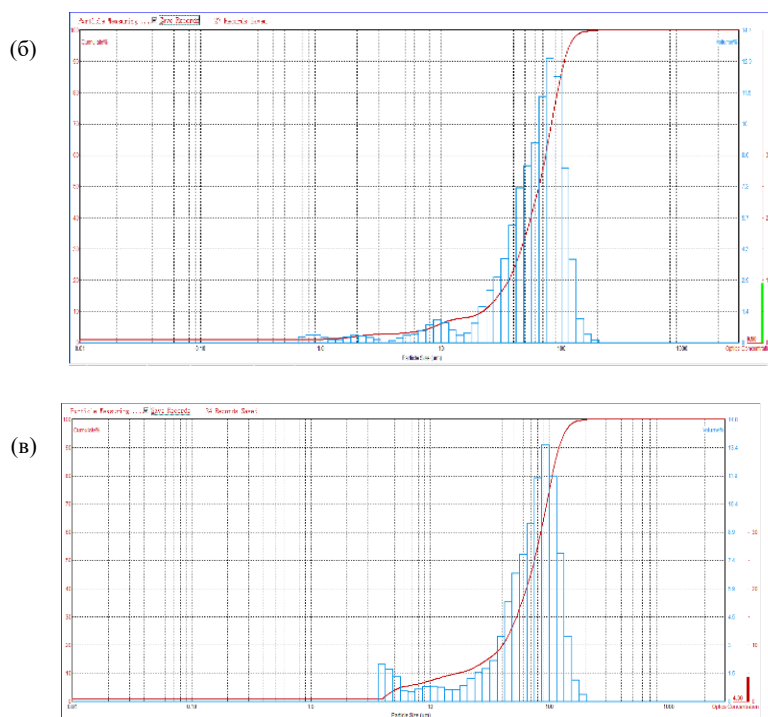


Рисунок 3 - Распределение частиц: ((а) Al АСД; (б) Al АСД +10% С; (в) Al АСД +20% С) после 20 мин МХО.

Результаты термогравиметрического (ТГ) и дифференциального термического анализа (ДТА), представленные на рисунке 4, демонстрируют существенные различия в термическом поведении исходного и модифицированных алюминиевых порошков. Для Al АСД (рисунок 4а) характерна широкая экзотермическая область с пиками при 662.6°C и 681.1°C, сопровождаемая низким тепловыделением из-за плотной оксидной оболочки. После МХО (рисунок 4б) пики смещаются в область более низких температур (655.0°C и 672.6°C), что указывает на рост реакционной способности алюминия. Наиболее выраженный термический отклик наблюдается у образца с 10% графита (рисунок 4в), где основной пик фиксируется при 653.9°C, а тепловыделение возрастает, что связано с улучшением теплообмена и стабилизацией реакционной поверхности. Введение 20% графита (рисунок 4г) приводит к снижению интенсивности и частичному экранированию металлической фазы углеродом, что ограничивает доступ кислорода и уменьшает тепловой эффект.

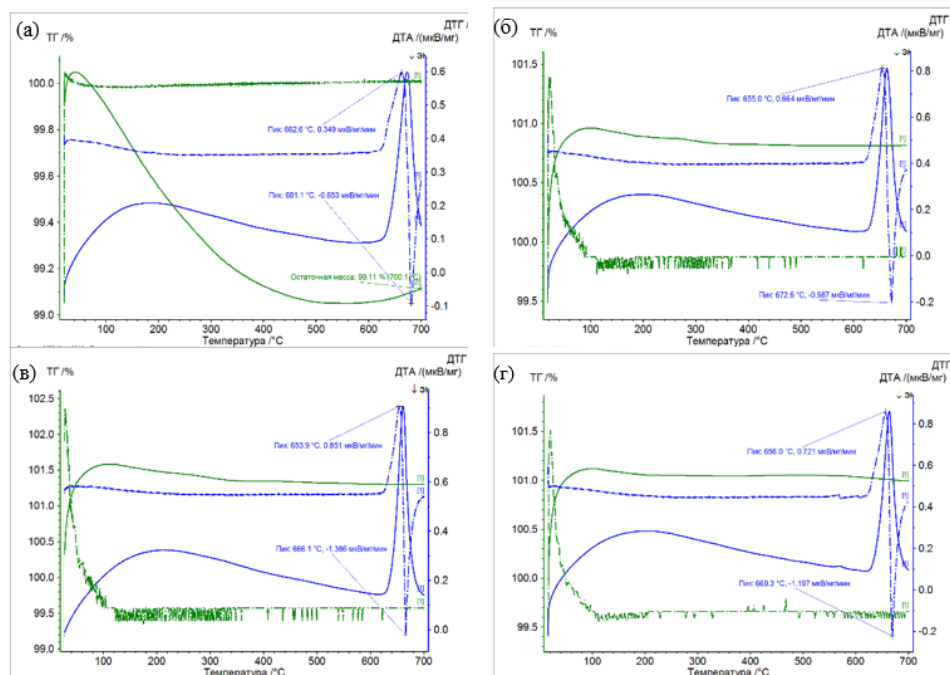


Рисунок 4 - Термический анализ композитов: (а) Al АСД исходный; ((б) Al АСД; (в) Al АСД+10% С; (г) Al АСД+20% С) после 20 минут МХО

Таким образом, уменьшение размера частиц приводит к увеличению удельной поверхности и снижению тепловой инерции, что ускоряет прогрев и разрушение оксидной плёнки.

4. Заключение

В результате проведённого исследования были определены оптимальные условия механохимической активации алюминия с добавлением графита, позволяющие существенно улучшить его термореакционные характеристики для применения в составе твёрдых ракетных топлив. Установлено, что МХО разрушает оксидную плёнку и увеличивает долю активного алюминия (с 80.52 до 92.90%), а также смещает основной экзотермический пик окисления с 662.6 до 653.9°C, что способствует ускоренному воспламенению. Выявлено, что добавление 10% С обеспечивает оптимальное диспергирование частиц, повышение теплопроводности и подавление агломерации, при этом уменьшается средний размер кристаллитов Al и формируется равномерный углеродный слой, что, согласно данным ТГ/ДТА, приводит к более полному сгоранию и повышению энергетической эффективности топлива. При содержании 20 % С доля активного Al снижается до 74.30%, сохраняется углеродная защитная плёнка, однако возникает структурная гетерогенность и снижается

энтальпия реакции, что связано с разбавлением активной фазы и экранированием алюминиевых участков. Таким образом, разработан подход, при котором введение графита в оптимальном содержании позволяет одновременно стабилизировать структуру и активировать алюминий, обеспечивая более полное сгорание и повышение эффективности твёрдого топлива.

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан по проекту грантового финансирования AP19680387 - «Механохимический синтез высокоэнергоемких порошков на основе алюминия для улучшения военно-космических технологий».

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов между авторами, требующего раскрытия в данной статье.

ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ТЕРМОРЕАКТИВТІЛІГІ ЖОҒАРЫ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ АЛЮМИНИЙ ҰНТАҚТАРЫН ӘЗІРЛЕУ

А.С.Хайруллина^{1,2}, А.Б. Артықбаева^{1,2}, А.Е. Баққара^{1,2}, Б.С. Садыков¹,
А. О. Жапекова^{1,3}, І. Б. Жусупова², В. С. Аксенов^{4,5}*

¹Жану Проблемалары Институты, Алматы, Қазақстан

²Әл-Фараби атындағы қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

³Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

⁴«МИФИ» Ұлттық зерттеу ядролық университеті, Мәскеу, Ресей

⁵Н. Н. Семёнов атындағы Ресей ғылым академиясының Химиялық физика жөніндегі федералдық зерттеу орталығы, Мәскеу, Ресей

*E-mail: aidartkybayeva@gmail.com

Түйіндемe: *Kіріспе.* Қазіргі қатты отындарда алюминий негізгі энергетикалық компонент ретінде әрекет етеді, алайда бөлшектер бетіндегі пассивтендіруші Al_2O_3 қабықшасы оның тиімді реакциялық қабілетін едәуір төмендетеді. *Зерттеудің мақсаты* - функционалдық модификатор ретінде графитті пайдалана отырып, алюминий ұнтағының реакциялық қасиеттерін механохимиялық өңдеу (МХӨ) арқылы арттыру. Бастапқы материалдар ретінде АСД маркалы алюминий ұнтағы және ГЛ-1 маркалы графит таңдалды. *Нәтижелер мен талқылау.* Тәжірибе барысында алюминий ұнтағы графиттің әртүрлі массалық үлестерімен МХӨ-ге ұшыратылды. Өңдеу нәтижесінде оксидтік қабықшаның ішінара бұзылуына байланысты белсенді алюминийдің үлесі айтарлықтай артты. Морфологиялық талдаулар оксидтің жойылуын, бөлшектердің біртекті графиттік жабындымен қапталуын және 20-80 нм өлшемді қабыршақ тәрізді құрылымдардың түзілуін растады. Термиялық талдау $Al+10\%$ графит композициясы үшін негізгі экзотермиялық шыңның $662.6\text{ }^{\circ}C$ -тан $653.9\text{ }^{\circ}C$ -қа ығысуын және жылуың бөлінуінің 27% -ға өсуін көрсетті, бұл активтіліктің төмендеуі мен тотығудың толығырақ жүруін білдіреді. Алайда, 20% графит қосқанда жылулық эффекттің азаюы байқалды, себебі артық көміртек металл беттерін экрандады. *Қорытынды.* Графиттің 10% үлесі оңтайлы деп танылды, өйткені дәл осы қатынас ұнтақтың ең қолайлы термохимиялық қасиеттерін қамтамасыз етеді. Алынған нәтижелер алюминий ұнтағын графитпен механохимиялық өңдеу оның реакциялық қабілетін арттырудың тиімді әдісі екенін растайды.

Түйін сөздер: модификатор, алюминий, графит, механохимиялық өңдеу, термогравиметриялық талдау, дифференциалды термиялық талдау

Хайруллина Айну́р Серикқызы	2 курс докторанты
Артықбаева Аида Бақытқызы	3 курс докторанты
Баққара Аяғөз Есенбайқызы	PhD, Жану проблемалары институтының ЖФК қауымдастырылған профессор
Садықов Бахтияр Сейсембекович	PhD, Жану проблемалары институтының ЖФК
Жапқова Анар Оразалиевна	PhD, Жану проблемалары институтының ЖФК
Жусупова Інжумаржан Бахбергенқызы	4 курс бакалавры
Аксенов Виктор Серафимович	физика-математика ғылымдарының кандидаты

Список литературы

1. Li H., Zhang J., Zhao F., Huang X. Aluminum combustion enhancement in AP free nitramine - based solid propellants by PVDF coating. *Fuel*. **2025**, 390, 134689. DOI: 10.1016/j.fuel.2025.134689.
2. Lu J., Chen C., Zhang B., Niu K., Xiao F., Liang T. Combustion and mechanical properties enhancement strategy based on stearic acid surface activated boron powders. *Sci. Rep.* **2024**, 14, No.1, 1-16. DOI: 10.1038/s41598-024-71246-0
3. Liang T., Xiao F., Li C., Seilkhan A., Aimbetova E., Aimbetova I. Improvement of energy density and thermodynamic properties of aluminum powder by assembling 5-aminotetrazole with high enthalpy on the surface layer of aluminum powder. *Adv. Compos. Hybrid Mater.* **2025**, 8, No.1, 78. DOI: 10.1007/s42114-024-01161-5
4. Streletskii A. N., Kolbanov I. V., Borunova A. B., Butyagin P. Y. Mechanochemically activated aluminium: Preparation, structure, and chemical properties. *J. Mater. Sci.* **2004**, 39, No.16, 5175–5179. DOI: 10.1023/B:JMSC.0000039205.46608.1a
5. Li-Qun X., Xue-Zhong F., Ji-Zhen L., Zhao Q., Xiao-Long F., Wei-Qiang P., Ying W. Effect of Al content and particle size on the combustion of HMX-CMDB propellant. *Combust. Flame*. **2020**, 214, 80–89. DOI: 10.1016/j.combustflame.2019.12.022
6. Arezoo Z., Tres A.H., Don A.L., Silvia R., Bernard M.K., Christian P., and Luigi T.D. Mapping of Aluminum Particle Dispersion in Solid Rocket Fuel Formulations. *Springer Aerosp. Technol.* **2017**, 673–688. DOI: 10.1007/978-3-319-27748-6_27
7. Liu Y., Yang F., Zhang Y., Wu Z., Zhang Z. ALH3 as High-Energy Fuels for Solid Propellants: Synthesis, Thermodynamics, Kinetics, and Stabilization. *Compounds*. **2024**, 4, No.2, 230-251. DOI: 10.3390/compounds4020012
8. Hu Q., Wang Z., Sun Z. Aluminum-based alloy fuels for solid propellants: Intrinsic properties, energy enhancement and combustion rate regulation. *J. Alloys Compd.* **2024**, 1010, No. April, 177793. DOI: 10.1016/j.jallcom.2024.177793
9. Bakkara A., Sadykov B., Artykbayeva A., Kamunur K., Batkal A., Kalmuratova B. Energy-Intensive Materials with Mechanically Activated Components. *ChemEngineering*. **2023**, 7, No.5, 1-15. DOI: 10.3390/chemengineering7050097
10. Shaitura N.S., Laricheva O.O., Larichev M. N. Studying the Mechanism of the Low Temperature Oxidation of Microsized Aluminum Powder by Water. *Russ. J. Phys. Chem. B*. **2019**, 13, No.2, 231-244. DOI: 10.1134/S1990793119020088

References

1. Li H., Zhang J., Zhao F., Huang X. Aluminum combustion enhancement in AP free nitramine - based solid propellants by PVDF coating. *Fuel*. **2025**, 390, 134689. DOI: 10.1016/j.fuel.2025.134689.
2. Lu J., Chen C., Zhang B., Niu K., Xiao F., Liang T. Combustion and mechanical properties enhancement strategy based on stearic acid surface activated boron powders. *Sci. Rep.* **2024**, 14, No.1, 1-16. DOI: 10.1038/s41598-024-71246-0
3. Liang T., Xiao F., Li C., Seilkhan A., Aimbetova E., Aimbetova I. Improvement of energy density and thermodynamic properties of aluminum powder by assembling 5-aminotetrazole with high enthalpy on the surface layer of aluminum powder. *Adv. Compos. Hybrid Mater.* **2025**, 8, No.1, 78. DOI: 10.1007/s42114-024-01161-5
4. Streletskii A. N., Kolbanov I. V., Borunova A. B., Butyagin P. Y. Mechanochemically activated aluminium: Preparation, structure, and chemical properties. *J. Mater. Sci.* **2004**, 39, No.16, 5175–5179. DOI: 10.1023/B:JMSC.0000039205.46608.1a

5. Li-Qun X., Xue-Zhong F., Ji-Zhen L., Zhao Q., Xiao-Long F., Wei-Qiang P., Ying W. Effect of Al content and particle size on the combustion of HMX-CMDB propellant. *Combust. Flame*. **2020**, 214, 80–89. DOI: 10.1016/j.combustflame.2019.12.022
6. Arezoo Z., Tres A.H., Don A.L., Silvia R., Bernard M.K., Christian P., and Luigi T.D. Mapping of Aluminum Particle Dispersion in Solid Rocket Fuel Formulations. *Springer Aerosp. Technol.* **2017**, 673–688. DOI: 10.1007/978-3-319-27748-6_27
7. Liu Y., Yang F., Zhang Y., Wu Z., Zhang Z. AlH₃ as High-Energy Fuels for Solid Propellants: Synthesis, Thermodynamics, Kinetics, and Stabilization. *Compounds*. **2024**, 4, No.2, 230-251. DOI: 10.3390/compounds4020012
8. Hu Q., Wang Z., Sun Z. Aluminum-based alloy fuels for solid propellants: Intrinsic properties, energy enhancement and combustion rate regulation. *J. Alloys Compd.* **2024**, 1010, No. April, 177793. DOI: 10.1016/j.jallcom.2024.177793
9. Bakkara A., Sadykov B., Artykbayeva A., Kamunur K., Batkal A., Kalmuratova B. Energy-Intensive Materials with Mechanically Activated Components. *ChemEngineering*. **2023**, 7, No.5, 1-15. DOI: 10.3390/chemengineering7050097
10. Shaitura N.S., Laricheva O.O., Larichev M. N. Studying the Mechanism of the Low Temperature Oxidation of Microsized Aluminum Powder by Water. *Russ. J. Phys. Chem. B*. **2019**, 13, No.2, 231-244. DOI: 10.1134/S1990793119020088

OBTAIN OF CUTIN ISOLATE FROM AGRO-FOOD WASTE FOR FOOD PRESERVATION

A.B. Issayeva^{1*}, S. Aidarova¹, K. Musabekov¹, J. Katona², A.A. Babayev¹,
A.A. Sharipova³, R. Sarsembekova¹

¹ Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

² University of Novi Sad, Serbia

³ Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: isa-ase@mail.ru

Abstract. Nowadays, various packaging materials are widely used in the food industry, with plastic remaining the most common due to its light weight, transparency, and mechanical strength. However, the use of plastic leads to significant environmental consequences, including its long degradation period and contribution to environmental pollution. This underscores the urgent need to develop sustainable, biodegradable, and environmentally friendly packaging alternatives. This study explores the potential for obtaining a natural biopolymer – cutin – from tomato peels, which are classified as agro-food waste. Cutin, the main structural component of the plant cuticle, possesses unique properties such as hydrophobicity, UV resistance, biodegradability, and excellent barrier characteristics. These features make it a promising raw material for the development of edible and eco-friendly packaging films. In this work an alkaline extract of cutin was obtained for the subsequent preparation of an aqueous dispersion of its nanoparticles. The paper provides a detailed description of the isolation process and presents the physicochemical characterization of the resulting samples. The obtained data demonstrate the high potential of cutin as a sustainable packaging material capable of replacing conventional synthetic films and extending the shelf life of food products while reducing environmental impact.

Key words: cutin, nanoparticles, food preservation, biopolymer, tomato peels, sustainable packaging, edible film, natural coating.

<i>Issayeva Assem Bakhytzhonovna</i>	PhD, Scientific researcher; E-mail: isa-ase@mail.ru
<i>Aidarova Saule Baylyarovna</i>	Doctor of chemical sciences, professor; E-mail: ainano9999@gmail.com
<i>Musabekov Kuanyshbek Bituovich</i>	Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: Kuanyshbek.Musabekov@kaznu.kz
<i>Jaroslav Katona</i>	PhD, Associate professor; E-mail: jaroslav.katona@uns.ac.rs
<i>Babayev Alpamys Altayevich</i>	PhD student; E-mail: a_babayev@mail.ru
<i>Sharipova Altyнай Azigarovna</i>	PhD, Research professor; E-mail: a_sharipova85@mail.ru
<i>Sarsembekova Raziya Aueskhanovna</i>	PhD student; E-mail: raziyasarsembekova@gmail.com

Citation: Issayeva A.B., Aidarova S., Musabekov K., Katona J., Babayev A.A., Sharipova A.A., Sarsembekova R. Obtain of cutin isolate from agro-food waste for food preservation. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 74-83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.36>

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОЛЯТА КУТИНА ИЗ АГРОПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ КОНСЕРВАЦИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ

А.Б.Исаева^{1*}, *С.Б. Айдарова*¹, *К.Б. Мусабеков*¹, *Я. Катона*²,
*А.А. Бабаев*¹, *А.А.Шарипова*³, *Р.А. Сарсембекова*¹

¹ *Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан*

² *University of Novi Sad, Serbia*

³ *Satbayev university, Алматы, Казахстан*

*E-mail: isa-ase@mail.ru

Резюме. На сегодняшний день в пищевой промышленности широко применяются различные упаковочные материалы, основным из которых остаётся пластик благодаря своей лёгкости, прозрачности и механической прочности. Однако его использование вызывает серьёзные экологические последствия, включая длительный срок разложения и загрязнение окружающей среды. Это обуславливает необходимость разработки устойчивых, биоразлагаемых и безопасных для природы упаковочных решений. В данной работе рассматривается возможность получения природного биополимера кутина из кожуры томатов, относящейся к агропищевым отходам. Кутин, как основной структурный компонент кутикулы растений, обладает уникальными свойствами – гидрофобностью, устойчивостью к УФ-излучению, биоразлагаемостью и выраженными барьерными характеристиками. Он представляет интерес как сырьё для создания съедобных и экологически безопасных упаковочных плёнок. Был получен щелочной экстракт кутина для последующей подготовки водной дисперсии его наночастиц. В работе подробно описаны этапы получения изолята кутина, а также представлены результаты физико-химической характеристики полученных образцов. Полученные данные свидетельствуют о высоком потенциале использования кутина в качестве устойчивого упаковочного материала, способного заменить традиционные синтетические плёнки и повысить срок хранения пищевых продуктов при одновременном снижении экологической нагрузки.

Ключевые слова: кутин, наночастицы, консервация пищевых продуктов, биополимер, кожура томатов, устойчивая упаковка, съедобная плёнка, натуральное покрытие.

<i>Исаева Асем Бахытжанқызы</i>	<i>PhD, научный сотрудник</i>
<i>Айдарова Сауле Байлыровна</i>	<i>Доктор химических наук, профессор</i>
<i>Мусабеков Куанышбек Битуович</i>	<i>Доктор химических наук, профессор</i>
<i>Ярослав Катона</i>	<i>PhD, ассоциированный профессор</i>
<i>Бабаев Алтамыс Алтайұлы</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Шарипова Алтынай Азигаровна</i>	<i>PhD, профессор-исследователь</i>
<i>Сарсембекова Разия Ауесхановна</i>	<i>PhD докторант</i>

1. Введение

Пищевая промышленность сталкивается с рядом серьёзных вызовов, среди которых ключевыми являются сохранение качества и безопасности продуктов в течение срока годности и минимизация негативного воздействия на окружающую среду. Традиционные материалы упаковки, такие как пластик и металл, часто создают экологические проблемы, такие как загрязнение окружающей среды и медленный процесс разложения [1].

В качестве полимерных материалов, обладающих барьерными свойствами по отношению к кислороду, используются PET (полиэтилентерефталат-лавсан), PA (полиамид), EVON (этиленвиниловый спирт), PVDC (поливинилдихлорид), по отношению к водяному пару LDPE

(полиэтилен низкой плотности), РР (полипропилен), HDPE (полиэтилен высокой плотности). Однако, все они являются продуктами нефти и газопереработки, т.е. являются синтетическими [2].

Бумажная упаковка считается более экологичной, но она может быть менее эффективной для некоторых продуктов из-за недостаточной защиты от влаги и кислорода. Металлическая упаковка, такая как алюминий, обладает высокой стойкостью к воздействию кислорода и света, что делает ее подходящей для некоторых продуктов. Упаковка из стекла также обеспечивает хорошую защиту, но она тяжела и более хрупка.

Таким образом, существует острая потребность в разработке устойчивых альтернатив синтетическим пленкам, полученных из продуктов нефтепереработки, обычно используемых в качестве упаковочных материалов для пищевых продуктов. Данные альтернативные материалы могут быть получены из возобновляемых ресурсов, например из агропродовольственных отходов, и быть пригодными для компостирования если являются несъедобными, что особенно важно для одноразовой упаковки (например, упаковки для скоропортящихся фруктов и овощей). Кроме того, данные новые биоматериалы являются частью передовых концепций упаковки, таких как смарт-упаковка и активная упаковка. Кроме того, существует особый интерес в разработке съедобных гидрофобных биополимерных пленок для консервирования пищевых продуктов с желаемыми влагозащитными свойствами и с использованием концепций экологически чистых технологий. В этой связи, разработка новых, продвинутых и специализированных технологических подходов имеет первостепенное значение для решения данных сложных вызовов.

В индустрии упаковки пищевых продуктов используются различные биоматериалы в качестве экологически чистых и биоразлагаемых упаковочных материалов, включая водорастворимые белки и полисахариды, липиды и воски, а также натуральные смолы. Они подлежат вторичной переработке, разлагаются за короткий период времени, нетоксичны и безопасны для окружающей среды [3]. Однако, несмотря на множество преимуществ, пленкам, полученным из данных биоматериалов, часто не хватает функциональных барьерных и/или механических свойств. Полисахариды и белковые пленки обладают хорошими барьерными свойствами по отношению к газам, но обладают плохими барьерными свойствами по отношению к миграции влаги в связи с их гидрофильностью.

Несмотря на то, что белковые пленки часто обладают хорошими барьерными свойствами к газам, они имеют тенденцию быть механически более слабыми и иметь меньшее удлинение при разрыве по сравнению с большинством синтетических полимеров [4]. Липидные и восковые пленки, как правило, обладают хорошими влагобарьерными свойствами, но плохими газобарьерными свойствами и имеют низкие механические свойства [5].

Пленки, изготовленные из водонерастворимых полимеров и природных смол, обладают не только желаемыми влаго- и газобарьерными свойствами,

но и хорошими механическими свойствами. Однако использование водонерастворимых полимеров для получения пленок, например проламинов и природных смол, ограничено, поскольку их обработка предполагает использование органических растворителей, поскольку их обычно наносят из этанольных растворов [6], [7].

Активно ведется поиск новых подходов к получению гидрофобных барьерных пленок из составов на водной основе. Так в недавней статье В. Marelli et al. для получения гидрофобных барьерных пленок использовали фиброин шелка, а J. Huan Park et al. и супрамолекулярный координационный комплекс Fe (III)–дубильная кислота металл–органические пищевые покрытия для продления срока хранения скоропортящихся фруктов и овощей [8], [9]. В заявляемом проекте предполагается использование биомиметического подхода и гибких нанотехнологических инструментов для получения полностью натуральных, съедобных, гидрофобных биополимерных барьерных пленок для консервирования пищевых продуктов.

Все надземные части высших растений покрыты кутикулой–защитное гидрофобное покрытие, предохраняющее растения от физических, химических и биологических воздействий, а также от чрезмерной потери воды [10]. Основным структурным компонентом кутикулы растений является природный полиэфир кутин. Кутин имеет высокомолекулярную липидную полимерную матрицу, которая, в свою очередь, состоит из гидроксильрованных, эпоксигидроксильрованных, сшитых и этерифицированных жирных кислот C16 и C18, покрытых смесью длинноцепочечных алифатических соединений (например, восков). Совокупность физических, химических и морфологических свойств придает растительному кутину характеристики уникального и сложного биополимера [11]. Кутин - нетоксичный, биоразлагаемый, водостойкий, блокирующий УФ-излучение, аморфный, нерастворимый, неплавкий и богатый биополиэфир [12], [13], [14]. К настоящему времени кутин выделен из различных источников, включая листья растений, кожуру фруктов и фрукты (различные сорта яблок, яблочные выжимки, папайя, лайм, помидоры, зеленый перец, огурец, арбуз, различные ягоды и др.) [15], [16]. Кутин можно деполимеризовать путем расщепления сложноэфирных связей щелочным гидролизом, переэтерификацией и другими методами. С помощью данных химических методов имеется возможность получения мономеров и/или производных в зависимости от используемого реагента [9]. При деполимеризации кутина может стать растворимым в воде. Несколько лет назад был предложен простой метод выделения кутина – щелочная экстракция, позволяющий в мягких условиях и без использования органических растворителей получать продукты кутина высокой чистоты [16], [17], [18]. Имеются данные об использовании кутина в качестве индуктора продукции кутиназы [19] или в сочетании с другими полимерами для получения пластиков.–подобные материалы [14].

Кроме того, сообщалось об образовании кутиносом – наноструктур, полученных путем самосборки гидролизатов кутина [20], [21]. Удивительно, но использование кутина для приготовления съедобных барьерных пленок до сих пор было редким и ограничивалось приготовлением композитных пленок или покрытий для улучшения их барьерных свойств [8], [10]. Более того, в литературе отсутствуют данные о получении наночастиц кутина и их использовании для изготовления пленок кутина.

С этой целью был выделен экстракт кутина из агропродовольственных отходов (2) и приготовлены дисперсий наночастиц кутина на водной основе и исследованы физико-химические свойства

2. Экспериментальная часть.

Материалы: Высушенная томатная кожура, 1М гидроксид натрия, 6М соляная кислота, ультразвуковая ванна.

Получение изолята кутина

Томатную кожуру предварительно промывали водопроводной водой с целью удаления семян и остатков сока, после чего высушивали при комнатной температуре на воздухе. Извлечение кутина осуществлялось методом щелочной экстракции из высушенной кожуры, представленной на рисунке 1.



Рисунок 1 – Высушенная томатная кожура

Для этого 13 г кожуры суспендировали в 0,75 М растворе гидроксида натрия в соотношении 1:19 (масса кожуры к объему раствора NaOH), и смесь подвергали интенсивному перемешиванию с помощью механической мешалки при температуре 90 °С на протяжении 2 часов. Наблюдалось образование пены, указывающее на активное взаимодействие компонентов кожуры с щёлочью. По завершении экстракции смесь охлаждали до комнатной температуры на водяной бане, после чего фильтровали через количественную фильтровальную бумагу с целью отделения твердых

остатков кожуры и получения жидкой фазы, содержащей экстрагированный кутин (рисунок 2).

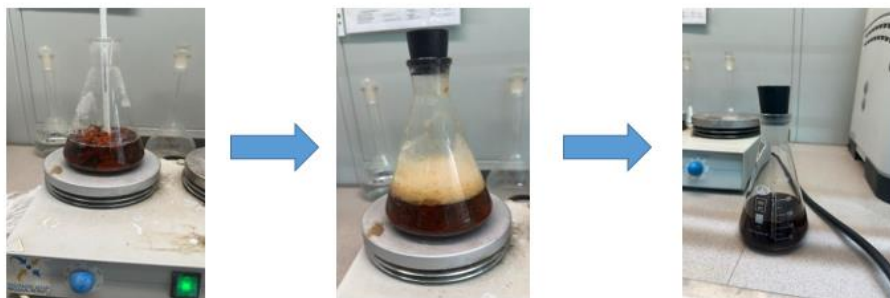


Рисунок 2 – Процесс щелочной экстракции томатной кожуры.

Последующее осаждение кутина проводили путем введения необходимого объема 6 М раствора соляной кислоты в экстракт (рисунок 3), в результате чего формировалась дисперсия осажденного кутина. Контроль уровня pH проводился с помощью pH-метра. Полученную дисперсию подвергали дальнейшей обработке.



Рисунок 3 – Осаждение кутина 6М соляной кислотой

Осаждённые дисперсии кутина подвергали центрифугированию при 4 °С и скорости 10 000 об/мин в течение 20 минут с целью отделения твердой фазы кутина от жидкой среды. Полученный осадок равномерно распределяли тонким слоем и оставляли высыхать при комнатной температуре до полного удаления влаги, в результате чего получали изолят кутина.

Определение выхода экстракта кутина

Выход экстракта кутина характеризует массу кутина, содержащегося в экстракте, полученном из mTP томатной кожуры, и выражается в процентах от исходной массы сырья. Расчет производился по следующей формуле:

$$\text{Выход (\%)} = (cCE * mCE) * 100 / mTP$$

где:

- mCE - масса экстракта кутина, полученного из m кожуры томатов,
- cCE - массовая концентрация кутина в экстракте.

Значение cCE определяли по следующему уравнению:

$$cCE (\%) = ((mDCE / mCE) - (mDS / mS)) * 100$$

где mDCE - масса сухого вещества экстракта кутина, присутствующего в mCE, взятом для анализа, в то время как mDS обозначает массу растворителя (раствор NaOH, который использовался для экстракции кутина) сухого вещества, присутствующего в mS - масса растворителя, взятого для анализа.

Выход изолята кутина

Выход изолята кутина представляет собой массу изолята кутина, полученного из mTP томатной кожуры, выраженную в процентах по массе. Он рассчитывался как:

$$\text{Выход (\%)} = mCI * 100 / mTP$$

где mCI представляет собой массу изолята кутина, полученного из mTP - массы томатной кожуры.

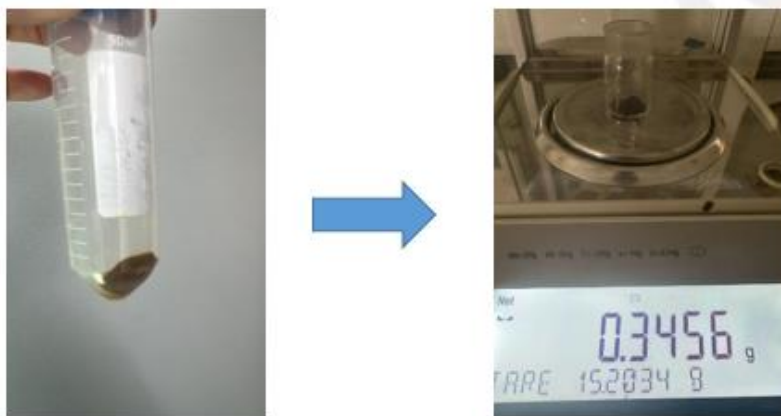


Рисунок 4 – Получение изолята кутина

Масса полученного изолята кутина составила **0.3456 г**, что соответствует выходу **2.66 %** от массы исходного сырья.

3. Заключение.

Согласно полученным данным в работе была продемонстрирована возможность получения высокочистого изолята кутина из агропищевых отходов — кожуры томатов — с использованием щадящего метода щелочной экстракции без применения органических растворителей. Проведённый эксперимент подтвердил эффективность предлагаемой методики: при обработке 13 г кожуры был получен изолят кутина с выходом 2,66 %.

Физико-химические характеристики кутина, такие как гидрофобность, устойчивость к ультрафиолетовому излучению и биоразлагаемость, подтверждают его потенциал в качестве сырья для разработки устойчивых, экологически безопасных упаковочных материалов. Учитывая потребность пищевой промышленности в альтернативах синтетическим пленкам, получаемым из нефте- и газохимического сырья, кутин может стать основой для создания новых съедобных и/или биоразлагаемых барьерных покрытий с влагозащитными свойствами.

Полученные результаты открывают перспективы дальнейших исследований в области формирования нанодисперсий кутина и разработки на их основе упаковочных пленок для консервирования пищевых продуктов, что особенно актуально в контексте концепций устойчивого развития, экологически чистых технологий и безотходного производства.

Финансирование: Работа выполнена в рамках проекта КН МНиВО РК по проекту ИРН AP23489239.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

АЗЫҚ-ТҮЛІКТІ САҚТАУ ҮШІН АГРОАЗЫҚ-ТҮЛІК ҚАЛДЫҚТАРЫНАН КУТИН ИЗОЛЯТЫН АЛУ

А.Б. Исаева^{1}, С.Б. Айдарова¹, К.Б. Мусабеков¹, Я. Катона²,
А.А. Бабаев¹, А.А.Шарипова³, Р. А. Сарсембекова¹*

¹ *Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан*

² *University of Novi Sad, Serbia*

³ *Satbayev university, Алматы, Қазақстан*

**E-mail: isa-ase@mail.ru*

Түйіндеме. Бүгінгі таңда тамақ өнеркәсібінде әртүрлі орау материалдары кеңінен қолданылады, олардың негізгісі жеңіл, мөлдірлігі мен механикалық беріктігінің арқасында пластик болып қала береді. Дегенмен, оны пайдалану ұзақ ыдырау мерзімі мен ластануды қоса алғанда, ауыр экологиялық зардаптарды тудырады. Бұл тұрақты, биологиялық ыдырайтын және табиғатқа қауіпсіз орау шешімдерін әзірлеу қажеттілігін тудырады. Бұл жұмыста агроазык-түлік қалдықтарына жататын қызанақ қабығынан табиғи Кутин биополимерін алу мүмкіндігі қарастырылады. Кутин өсімдік кутикуласының негізгі құрылымдық құрамдас бөлігі ретінде бірегей қасиеттерге ие-гидрофобтылық, ультракүлгін сәулеленуге төзімділік, биологиялық ыдырау

және айқын тосқауыл сипаттамалары. Бұл жеуге жарамды және экологиялық таза орау пленкаларын жасау үшін шикізат ретінде қызығушылық тудырады. Кутин сілтілі сығындысы оның нанобөлшектерінің су дисперсиясын кейіннен дайындау үшін алынды. Жұмыста Кутин изолятын алу кезеңдері егжей-тегжейлі сипатталған, сонымен қатар алынған үлгілердің физика-химиялық сипаттамаларының нәтижелері келтірілген. Нәтижелер кутинді тұрақты орауыш материал ретінде пайдаланудың жоғары әлеуетін көрсетеді, ол дәстүрлі синтетикалық пленкаларды алмастыра алады және экологиялық жүктемені азайта отырып, азық-түлік сақтау мерзімін ұзартады.

Түйінді сөздер: кутин, нанобөлшектер, тағамды сақтау, биополимер, қызанақ қабығы, тұрақты қаптама, жеуге жарамды пленка, табиғи жабын.

Исаева Асем Бахытжанқызы	<i>PhD, ғылыми қызметкер</i>
Айдарова Сауле Байляровна	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
Мұсабеков Қуанышбек Битүович	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
Ярослав Катона	<i>PhD, ассоциирленген профессоры</i>
Бабаев Алпамыс Алтайұлы	<i>PhD докторант</i>
Шаринова Алтынай Азизаровна	<i>PhD, зерттеуші профессор</i>
Сарсембекова Разия Ауесхановна	<i>PhD докторант</i>

References

1. J. R. Jambeck, et al. «Plastic waste inputs from land into the ocean», *Science*, **2015**, Vol. 347, №6223, pp. 768–771, DOI: 10.1126/science.1260352
2. R. Thompson, et al. «Lost at Sea: Where Is All the Plastic?», *Science (New York, N.Y.)*, **2004**, Vol. 304, p. 838, DOI: 10.1126/science.1094559
3. N. Bhargava, V. S. Sharanagat, R. S. Mor, & K. Kumar, «Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review», *Trends in Food Sci. & Tech.*, **2020**, Vol. 105, pp. 385–401, DOI: 10.1016/j.tifs.2020.09.015
4. S. Mohamed, M. El-Sakhawy, & M. Sakhawy, «Polysaccharides, Protein and Lipid -Based Natural Edible Films in Food Packaging: A Review», *Carbo. Pol.*, **2020**, Vol. 238, p. 116178, DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116178
5. M. Wihodo & C. Moraru, «Physical and chemical methods used to enhance the structure and mechanical properties of protein films: A review», *J. of Food Eng.*, **2013**, Vol. 114, pp. 292–302, DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2012.08.021
6. Y. Farag & C. S. Leopold, «Development of shellac-coated sustained release pellet formulations», *Eur. J. Pharm. Sci.*, **2011**, Vol. 42, №4, pp. 400–405, DOI: 10.1016/j.ejps.2011.01.006
7. M. Kashiri, et al. «Zein films and coatings as carriers and release systems of *Zataria multiflora* Boiss. essential oil for antimicrobial food packaging», *F. Hydro.*, **2017**, Vol. 70, pp. 260–268, DOI: 10.1016/j.foodhyd.2017.02.021
8. J. H. Park, et al. «Antimicrobial spray nanocoating of supramolecular Fe (III)-tannic acid metal organic coordination complex: applications to shoe insoles and fruits», *Sci. Rep.*, **2017**, Vol. 7, №1, p. 6980, DOI: 10.1038/s41598-017-07257-x
9. B. Marelli, M. A. Brenckle, D. L. Kaplan, & F. G. Omenetto, «Silk Fibroin as Edible Coating for Perishable Food Preservation», *Sci. Rep.*, **2016**, Vol. 6, №1, p. 25263, DOI: 10.1038/srep25263
10. A. Manrich, F. K. V. Moreira, C. G. Otoni, M. V. Lorevice, M. A. Martins, & L. H. C. Mattoso, «Hydrophobic edible films made up of tomato cutin and pectin», *Carbo. Pol.*, **2017**, Vol. 164, pp. 83–91, DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.01.075
11. J. Benítez, R. García-Segura, & A. Heredia, «Plant biopolyester cutin: A tough way to its chemical synthesis», *Bio. et bio. acta*, **2004**, Vol. 1674, pp. 1–3, DOI: 10.1016/j.bbagen.2004.06.012
12. J. J. Benítez, et al. «Valorization of Tomato Processing by-Products: Fatty Acid Extraction and Production of Bio-Based Materials», *Materials*, **2018**, Vol. 11, №11, DOI: 10.3390/ma11112211
13. J. J. Benítez, J. A. Heredia-Guerrero, S. Guzmán-Puyol, M. J. Barthel, E. Domínguez, & A. Heredia, «Polyhydroxyester Films Obtained by Non-Catalyzed Melt-Polycondensation of Natural Occurring Fatty Polyhydroxyacids», *Front. Mater.*, **2015**, Vol. 2, DOI: 10.3389/fmats.2015.00059
14. J. A. Heredia-Guerrero, et al. «Cutin from agro-waste as a raw material for the production of bioplastics», *J. of Exp. Bot.*, **2017**, Vol. 68, №19, pp. 5401–5410, DOI: 10.1093/jxb/erx272

15. S. A. Chaudhari & R. S. Singhal, «Cutin from watermelon peels: A novel inducer for cutinase production and its physicochemical characterization», *Int. J. of Bio. Macro.*, **2015**, Vol. 79, pp. 398–404, DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.05.006
16. R. Järvinen, M. Kaimainen, & H. Kallio, «Cutin composition of selected northern berries and seeds», *F. Chem.*, **2010**, Vol. 122, №1, pp. 137–144, DOI: 10.1016/j.foodchem.2010.02.030
17. L. Perez, J. Rogers, R. BAKUS, C. HOLLAND, & J. Du, «Plant extract compositions and methods of preparation there of», WO2016187581A1, **2016**, <https://patents.google.com/patent/WO2016187581A1/en>
18. L. Perez, C. MOL, R. C. BAKUS, J. Rogers, & G. Rodriguez, «Plant extract compositions for forming protective coatings», WO2017100636A1, **2017**, <https://patents.google.com/patent/WO2017100636A1/en?q=Patent+document+WO201710061>
19. K. Dutta, S. Sen, & V. D. Veeranki, «Production, characterization and applications of microbial cutinases», *Proc. Bio.*, **2009**, Vol. 44, №2, pp. 127–134, DOI: 10.1016/j.procbio.2008.09.008
20. E. Domínguez, J. A. Heredia-Guerrero, J. J. Benítez, & A. Heredia, «Self-assembly of supramolecular lipidnanoparticles in the formation of plant biopolyester cutin», *Mol. BioSyst.*, **2010**, Vol. 6, №6, pp. 948–950, DOI: 10.1039/B927186D
21. J. A. Heredia-Guerrero, M. A. San-Miguel, M. Luna, E. Domínguez, A. Heredia, & J. J. Benítez, «Structure and support induced structure disruption of soft nanoparticles obtained from hydroxylated fatty acids», *Soft Mat.*, **2011**, Vol. 7, №9, pp. 4357–4363, DOI: 10.1039/C0SM01545H

PHYSICO-CHEMICAL STUDY OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS AT THE UZEN OILFIELD, MANGYSTAU REGION

Zh.N. Kaynarbayeva¹, E.A. Tusupkaliyev¹, U.B. Issayeva^{1*}, A.Zh. Bayzak¹, M.T. Oshakbayev¹,
A.A. Espenbetov¹, M.N. Baiymbetov¹, G.A. Uskov¹, D.A. Turgaliyev¹, K.A. Manapov¹, N.A. Shadin²

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

²Abay Kazakh National pedagogical university, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: ulyajan_1603@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Environmental assessment is an important task for ensuring environmental safety and sustainable development of territories. As part of this work, studies were conducted on the territory of JSC Ozenmunaigas — the Uzen deposit, the GU-85 and GU-88 landfills. *The purpose of* this work was a comprehensive assessment of the level of pollution of atmospheric air, soil and groundwater using modern analytical methods. *Methods.* X-ray phase analysis, infrared spectroscopy, atomic emission and gas chromato-mass spectrometry are used to determine the mineral, organic and elemental composition of samples, as well as the analysis of petroleum products, phenols and synthetic surfactants. Sampling and analysis were carried out in accordance with state standards and methodological guidelines in the field of environmental monitoring. *Results and discussion.* The data obtained showed that the concentrations of pollutants are within the maximum permissible limits. The analysis of uncontaminated soils showed a coincidence of the component composition at different landfills. No excess levels of major pollutants, including petroleum products and heavy metals, were detected in the air and soil. A slight excess was recorded only for individual indicators in groundwater, which indicates a local anthropogenic impact. In general, the environmental situation in the studied areas is assessed as stable and safe.

Keywords: environmental monitoring, X-ray phase analysis, petroleum products, groundwater, atmospheric air, soil, pollution

Kainarbayeva Zhaniya Nurbekovna	Master; E-mail: zhaniya.kn@gmail.com
Tusupkaliyev Ersin Adietovich	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: t_ersin@mail.ru
Issayeva Ulzhalgas Bakytzhankyzy	PhD; E-mail: ulyajan_1603@mail.ru
Bayzak Assel Zheniskyzy	Master; E-mail: asel6.03.78@mail.ru
Oshakbayev Mels Tleuberdiyevich	Doctor of Technical Sciences, Professor; E-mail: o_mels@mail.ru
Yespenbetov Assylbek Alimbekovich	Doctor of Chemical Sciences; E-mail: yespenbetov@mail.ru

Citation: Kaynarbayeva Zh.N., Issayeva U.B., Tusupkaliyev E.A., Bayzak A.Zh., Oshakbayev M.T., Espenbetov A.A., Baiymbetov M.N., Uskov G.A., Turgaliyev D.A., Manapov K.A. Physico-chemical study of environmental components at the Uzen oilfield, Mangystau region. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 3(91), 84-94. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.37>

Baiymbetov Mizambek Nurbayevich	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: bmizam@mail.ru
Uskov Grigoriy Alexandrovich	Engineer; E-mail: labfizhim@mail.ru
Turgaliyev Darkhan Abayevich	Engineer; E-mail: darkhanxah@mail.ru
Manapov Kairat Agzamovich	Engineer; E-mail: kairat2436037@gmail.com
Shadin Nurgul Adyrbekkyzy	PhD; E-mail: nugen_87@mail.ru

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ УЗЕНЬ МАНГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ

Ж.Н. Кайнарбаева¹, Е.А. Тусупкалиев¹, У.Б.Исаева^{1*}, А.Ж. Байзак¹, М.Т.Ошакбаев¹, А.А. Еспенбетов¹, М.Н. Баимбетов¹, Г.А. Усков¹, Д.А. Турғалиев¹, К.А. Манапов¹, Н.А. Шадин²

¹АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

*E-mail: ulyajan_1603@mail.ru

Резюме. *Введение.* Оценка состояния окружающей среды является важной задачей для обеспечения экологической безопасности и устойчивого развития территорий. В рамках данной работы проведены исследования на территории АО «Озенмунайгаз» — месторождение Узень, полигоны ГУ-85 и ГУ-88. *Целью* настоящего исследования была комплексная оценка уровня загрязнения атмосферного воздуха, почвы и подземных вод с использованием современных аналитических методов. *Методы.* Рентгенофазовый анализ, инфракрасная спектроскопия, атомно-эмиссионная и газовая хромато-масс-спектрометрия — для определения минерального, органического и элементного состава проб, а также анализа нефтепродуктов, фенолов и синтетических поверхностно-активных веществ. Отбор проб и анализ проводились в соответствии с государственными стандартами и методическими рекомендациями в области экологического мониторинга. *Результаты и обсуждение.* Полученные данные показали, что концентрации загрязняющих веществ находятся в пределах предельно допустимых норм. Анализ чистых грунтов показал совпадение компонентного состава на разных полигонах. В воздухе и почве не выявлено превышений по основным загрязнителям, включая нефтепродукты и тяжелые металлы. Незначительное превышение зафиксировано только по отдельным показателям в подземных водах, что свидетельствует о локальном техногенном воздействии. В целом, экологическая обстановка на исследуемых участках оценивается как стабильная и безопасная.

Ключевые слова: экологический мониторинг, рентгенофазовый анализ, нефтепродукты, подземные воды, атмосферный воздух, почва, загрязнение

Кайнарбаева Жания Нурбековна	магистр
Тусупкалиев Ерсин Адиетович	кандидат технических наук
Исаева Улжалгас Бакытжанкызы	PhD
Байзак Асел Женискызы	магистр
Ошакбаев Мэлс Тлеубердиевич	доктор технических наук, профессор
Еспенбетов Асылбек Алимбекович	доктор химических наук
Баимбетов Мизамбек Нурбаевич	кандидат технических наук
Усков Григорий Александрович	инженер
Турғалиев Дархан Абаевич	инженер
Манапов Кайрат Агзамович	инженер
Шадин Нургуль Адырбеккызы	PhD

1. Введение

Экологические исследования, проведенные в последние десятилетия во многих странах мира, показали все возрастающее разрушительное воздействие антропогенных и техногенных факторов на окружающую среду, которые могут привести на грань экологического кризиса.

В соответствии с Земельным и Экологическим Кодексами Республики Казахстан предприятия, разрабатывающие месторождения полезных ископаемых или производящие действия, связанные с нарушением почвенного покрова на предоставляемых им во временное пользования землях, обязаны по окончании работ приводить их в состояние, пригодное для использования в сельскохозяйственном или ином производстве. Одним из таких предприятий является АО «Озенмунайгаз», которому предоставлены во временное пользование земли, в пределах которых производится добыча и подготовка нефти месторождения Узень [1,2].

Цель настоящего исследования заключается в оценке воздействия загрязняющих веществ, образующихся в результате производственной деятельности АО «Озенмунайгаз», на состояние окружающей среды, а также в выявлении территорий, наиболее подверженных техногенному загрязнению.

2. Экспериментальная часть

Исследования проводились на территории АО «Озенмунайгаз» (месторождение Узень, полигоны ГУ-85 и ГУ-88). В качестве объектов исследования использовали: атмосферный воздух (на территории полигона и на границе санитарно-защитной зоны); воздух рабочей зоны; почвы (чистые и с территории объекта); подземные воды (контрольная скважина).

Методы анализа:

Рентгенофазовый анализ (РФА) проводился на приборе DW-XRD-27mini (Китай) с целью определения минерального и количественного состава грунтов.

Инфракрасная спектроскопия (ИК-Фурье) осуществлялась на спектрометре Nicolet 5700 (Thermo Electron Corporation, США) для идентификации органических соединений [3].

Атомно-эмиссионная спектроскопия с индуктивно связанной плазмой (ICP-OES) применялась для количественного определения содержания металлов [3].

Газовая хромато-масс-спектрометрия (ГХ-МС) выполнялась на системе Agilent 7890 с масс-спектрометрическим детектором Agilent 5975 для анализа нефтепродуктов, фенолов и синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) [4–5].

Отбор и анализ проб проводились в соответствии с требованиями государственных стандартов и методических указаний по экологическому мониторингу [6–9].

3. Результаты и обсуждение

Проведен полуколичественный рентгенофазовый анализ незагрязненных (чистых) грунтов НГДУ-1, месторождения Узень, полигонов ГУ-85 и ГУ-88. Результаты рентгенофазового анализа приведены на рисунках 1 и 2, а также в таблицах 1, 2, 3 соответственно. В приведены сравнительные количественные характеристики содержания компонентов на полигонах ГУ-85 и ГУ-88. Как видно из таблицы 3 компонентный и количественный составы грунтов полигонов ГУ-85 и ГУ-88 фактически совпадают в пределах допустимых погрешностей для полуколичественного РФА.

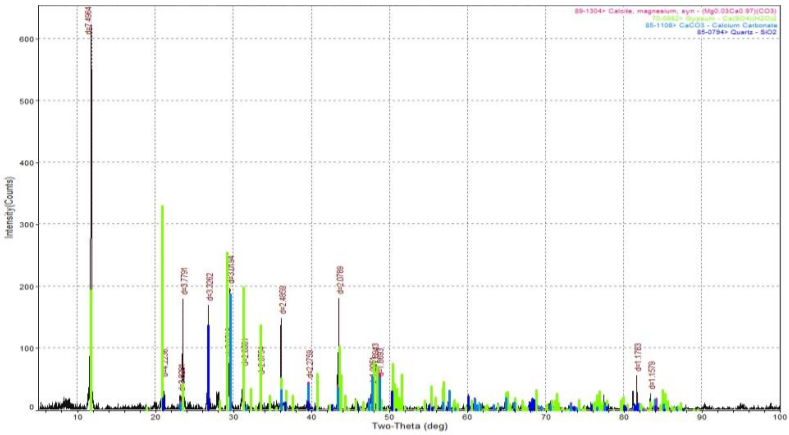


Рисунок 1 –Рентгенофазовый анализ чистого грунта полигона ГУ-85

Таблица 1 – Межплоскостные расстояния и идентификация составов грунта полигона ГУ – 85

2-Theta	d(Å)	I%	Phase ID
11.795	7.4964	58.7	Ca(SO4)(H2O)2
21.016	4.2236	13.5	SiO2
23.216	3.8281	5.9	CaCO3
23.522	3.7791	12.9	Ca(SO4)(H2O)2
26.780	3.3262	100.0	SiO2
29.239	3.0519	77.1	Ca(SO4)(H2O)2
29.560	3.0194	100.0	(Mg0.03Ca0.97)(CO3)
31.270	2.8581	60.0	Ca(SO4)(H2O)2
33.465	2.6754	41.6	Ca(SO4)(H2O)2
36.102	2.4859	16.5	(Mg0.03Ca0.97)(CO3)
39.564	2.2759	23.5	(Mg0.03Ca0.97)(CO3)
43.495	2.0789	31.1	Ca(SO4)(H2O)2
47.698	1.9051	28.3	CaCO3
47.986	1.8943	23.5	Ca(SO4)(H2O)2
48.669	1.8693	27.7	CaCO3
81.648	1.1783	6.2	SiO2
83.399	1.1579	3.8	Ca(SO4)(H2O)2

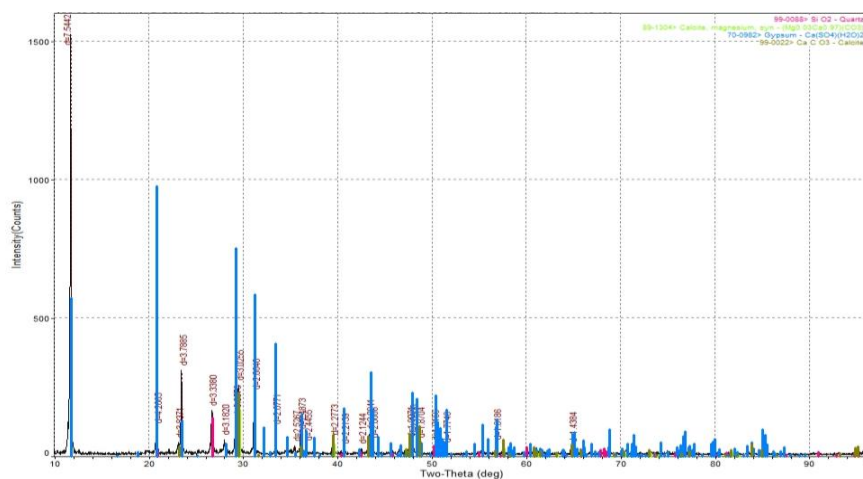


Рисунок 2 –Рентгенофазовый анализ чистого грунта полигона ГУ-88

Таблица 2 –Межплоскостные расстояния и идентификация составов грунта полигона ГУ – 88

2-Theta	d(Å)	I%	Phase ID
11.721	7.5442	58.7	Ca(SO4)(H2O)2
20.803	4.2665	100.0	Ca(SO4)(H2O)2
23.161	3.8371	7.7	(Mg0.03Ca0.97)(CO3)
23.463	3.7885	12.9	Ca(SO4)(H2O)2
26.683	3.3380	100.0	Si O2
28.018	3.1820	4.5	Ca(SO4)(H2O)2
29.183	3.0576	77.1	Ca(SO4)(H2O)2
29.499	3.0255	100.0	Ca C O3
31.197	2.8646	60.0	Ca(SO4)(H2O)2
33.444	2.6771	41.6	Ca(SO4)(H2O)2
35.500	2.5267	1.2	Ca(SO4)(H2O)2
36.080	2.4873	14.6	Ca C O3
36.719	2.4455	9.3	Ca(SO4)(H2O)2
39.540	2.2773	23.5	(Mg0.03Ca0.97)(CO3)
40.722	2.2139	17.5	Ca(SO4)(H2O)2
42.519	2.1244	8.9	Si O2
43.381	2.0841	21.3	(Mg0.03Ca0.97)(CO3)
43.719	2.0688	17.0	Ca(SO4)(H2O)2
47.644	1.9071	34.5	Ca C O3
47.919	1.8968	23.5	Ca(SO4)(H2O)2
48.640	1.8704	47.4	Ca C O3
50.209	1.8156	25.8	Si O2
51.450	1.7746	17.1	Ca(SO4)(H2O)2
56.834	1.6186	13.5	Ca(SO4)(H2O)2
64.759	1.4384	18.0	Ca C O3

Таблица 3 – Количественные характеристики содержания компонентов на основании полуколичественного РФА

	Чистый грунт ГУ-85, %	Чистый грунт ГУ-88, %
Магнезиальный кальцит ($\text{Mg}_{0.03}\text{Ca}_{0.97}(\text{CO}_3)$)	35.3	34.9
Гипс - $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$	36.1	33.7
Кальцит, CaCO_3	5.4	6.8
Кварц, SiO_2	23.2	24.6

В рамках проведения аналитического контроля и мониторинга состояния почвенного покрова на территории полигона ГУ-88 НГДУ-1 были выполнены лабораторные исследования, направленные на определение содержания приоритетных загрязняющих веществ. Результаты анализа представлены в таблице 4. Согласно полученным данным, содержание нефтепродуктов составляет 110,75 мг/кг при предельно допустимой концентрации (ПДК) 1000.0 мг/кг, что свидетельствует об отсутствии загрязнения данным компонентом. Концентрации тяжелых металлов также не превышают нормативных значений.

На основании проведенных исследований установлено, что состояние почвенного покрова полигона ГУ-88 НГДУ-1 соответствует экологическим нормативам. Концентрации нефтепродуктов и тяжёлых металлов находятся в пределах допустимых значений, что позволяет сделать вывод о низком уровне антропогенного воздействия и благоприятной экологической обстановке на обследуемом участке [10].

Таблица 4 – Результаты анализов проб почвы на полигоне ГУ-88 НГДУ-1 АО «Озенмунайгаз»

Точки отбора проб	Наименование загрязняющих веществ	Фактическая концентрация, мг/м ³	Норма ПДК, м.р.мг/м ³
Полигон ГУ-88 НГДУ-1	Нефтепродукты	110.75	1000.0
	Медь	1.39	3.0
	Никель	1.05	4.0
	Свинец	5.76	32.0
	Цинк	3.01	23.0

В рамках исследований были проведены измерения концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе на территории полигона ГУ-88 НГДУ-1. Полученные значения представлены в таблице 5. На данной точке наблюдается устойчивое соответствие фактических концентраций нормативным требованиям. Наибольшая доля загрязнений приходится на оксид углерода и углеводороды, однако все значения остаются значительно ниже установленных предельно допустимых уровней [11]. Это указывает на

отсутствие существенного техногенного воздействия в пределах рассматриваемой зоны.

Контроль атмосферного воздуха на границе СЗЗ был осуществлен с целью оценки уровня загрязнения, потенциально влияющего на прилегающие к производственной зоне территории. Результаты приведены в таблице 6. Уровни загрязняющих веществ на границе СЗЗ значительно ниже установленных пределов. Это свидетельствует о том, что выбросы, поступающие от источников НГДУ-1, не создают опасного воздействия на прилегающие жилые или природоохранные территории.

Анализ результатов контроля атмосферного воздуха на территории полигона и на границе санитарно-защитной зоны показал, что воздействие предприятия на окружающую среду в пределах допустимых норм. Все исследованные параметры находятся в пределах ПДК, что свидетельствует о соблюдении экологических требований и отсутствии риска для здоровья населения.

Таблица 5 – Результаты контроля атмосферного воздуха на полигоне ГУ-88 НГДУ-1

Точки отбора проб	Наименование загрязняющих веществ	Фактическая концентрация, мг/м ³	Норма ПДК, мг/м ³
Полигон ГУ-88 НГДУ-1	Оксид углерода	3.15	5.0
	Оксид азота	0.0812	0.4
	Диоксид азота	0.0524	0.085
	C ₁ -C ₅	2.07	50.0
	SO ₂	0.0234	0.5
	Меркаптаны	0.0000042	0.00005
	Бенз/а/пирен	0.0141	0.1мкг/100м ³

Таблица 6 - Результаты контроля атмосферного воздуха на границе СЗЗ НГДУ-1

Точки отбора проб	Наименование загрязняющих веществ	Фактическая концентрация, мг/м ³	Норма ПДК, мг/м ³
НГДУ-1, ГраницаСЗЗ	Оксид углерода	0.25	5.0
	Оксид азота	0.001	0.4
	Диоксид азота	0.00985	0.085
	C ₁ -C ₅	1.88	50.0
	SO ₂	0.0123	0.5
	Меркаптаны	0.0000020	0.00005
	Бенз/а/пирен	0.0070	0.1мкг/100м ³

Мониторинг состояния подземных вод был проведён на полигоне ГУ-88 НГДУ-1 АО «Озенмунайгаз». Отбор проб осуществлялся в контрольной скважине, по результатам которого выполнен анализ содержания загрязняющих веществ. Результаты приведены в таблице 7. Проведённые исследования подземных вод позволили оценить экологическое состояние водоносного горизонта. Результаты анализа показали, что общее состояние

водоносного горизонта в целом можно охарактеризовать как удовлетворительное. Однако зафиксированы превышения ПДК по фенолам и аммонийному азоту [12]. Прочие контролируемые показатели, такие как нефтепродукты, тяжёлые металлы (медь, свинец, никель, цинк), СПАВ, нитраты и нитриты, находятся в пределах нормативных значений, что указывает на отсутствие широкомасштабного загрязнения в исследуемой зоне. Общая минерализация составляет 865 мг/л при допустимом уровне до 1000 мг/л, что также подтверждает стабильное общее состояние подземных вод. Таким образом, можно сделать вывод, что наблюдаемые изменения химического состава вод обусловлены локальными техногенными воздействиями.

Таблица 7 – Мониторинговые скважины на полигоне ГУ-88 НГДУ-1 АО «Озенмунайгаз»

Точки отбора проб	Наименование загрязняющих веществ	Фактическая концентрация, мг/л	Норма ПДК, мг/л
1	2	3	4
Полигон ГУ-88 НГДУ-1	pH	7.3	6-9
	Общая мин.	865	не более 1000
	Нефтепродукты	0.055	0.1
	Фенолы	0.0631	0.25
	СПАВ	0.038	0.5
	ХПК	12.3	15
	Азот аммонийный	0.84	1.5
	Нитриты	1.35	3.3
	Нитраты	29	45
	Железо	0.17	0.3
	Медь	0.13	1.0
	Никель	0.068	0.1
	Свинец	0.0012	0.003
	Цинк	2.2	5.0

4. Заключение

В рамках проведённого исследования выполнен комплексный физико-химический анализ компонентов окружающей среды (почвы, атмосферный воздух, подземные воды) на территории АО «Озенмунайгаз» с использованием рентгенофазового анализа, атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой, газовой хромато–масс-спектрометрии и других аналитических методов.

Анализ образцов чистого грунта, отобранных на полигонах ГУ-85 и ГУ-88, показал, что их компонентный и количественный составы практически идентичны, различия находятся в пределах допустимых погрешностей полуколичественного РФА.

Таким образом, по результатам физико-химических исследований почв, подземных вод, атмосферного воздуха на полигоне ГУ-88 НГДУ-1 АО

«Озенмунайгаз» выявлено, что превышение загрязняющих веществ не наблюдается, и находятся на уровне предельно допустимой концентрации.

Финансирование: Работа выполнена по программе целевого финансирования научных исследований на 2024-2026 гг., осуществляемого Комитетом науки МНВО РК, ИРН BR27101179 «Фундаментальные основы получения инновационных экологически безопасных многофункциональных химических продуктов и материалов».

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов между авторами, требующего раскрытия в данной статье.

МАҢҒЫСТАУ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ӨЗЕН КЕН ОРНЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТА КОМПОНЕНТТЕРІН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ

Ж.Н. Кайнарбаева¹, Е.А. Тусупқалиев¹, Ұ.Б.Исаева^{1*}, Ә.Ж. Байзақ¹, М.Т.Ошақбаев¹, А.А. Еспенбетов¹, М.Н. Баимбетов¹, Г.А. Усков¹, Д.А. Турғалиев¹, К.А. Манапов¹, Н.А. Шадин²

¹«А.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*E-mail: ulyajan_1603@mail.ru

Түйіндеме. *Кіріспе.* Қоршаған ортаның жай-күйін бағалау экологиялық қауіпсіздікті және аумақтардың тұрақты дамуын қамтамасыз ету үшін маңызды міндет болып табылады. Осы жұмыс шеңберінде "Өзенмұнайгаз" АҚ аумағында — Өзен кен орны, ГУ-85 және ГУ-88 полигондарында зерттеулер жүргізілді. *Бұл зерттеудің мақсаты* заманауи аналитикалық әдістерді қолдана отырып, атмосфералық ауаның, топырақтың және жер асты суларының ластану деңгейін кешенді бағалау болды. *Әдістері.* Сынамалардың минералды, органикалық және элементтік құрамын анықтау, сондай-ақ мұнай өнімдерін, фенолдарды және синтетикалық беттік-белсенді заттарды талдау үшін рентгендік фазалық талдау, инфрақызыл спектроскопия, атомдық-эмиссиялық және газдық хромато — масс-спектрометрия қолданылды. Сынамаларды іріктеу және талдау экологиялық мониторинг саласындағы мемлекеттік стандарттар мен әдістемелік нұсқауларға сәйкес жүргізілді. *Нәтижелер және талқылау.* Алынған деректер бойынша ластанушы заттардың концентрациясы шекті рұқсат етілген мөлшерден аспайды. Таза топырақты талдау нәтижелері әр түрлі полигондардағы компоненттік құрамның сәйкестігін көрсетті. Мұнай өнімдері мен ауыр металдарды қоса алғанда, негізгі ластанушы заттар бойынша ауада және топырақта шекті рұқсат етілген мөлшерден асып кету анықталған жоқ. Жер асты суларында ғана жекелеген көрсеткіштер бойынша шамалы артық мөлшер тіркелді, бұл жергілікті техногендік әсердің бар екенін көрсетеді. Жалпы, зерттелген учаскелердегі экологиялық жағдай тұрақты әрі қауіпсіз деп бағаланады.

Түйінді сөздер: экологиялық мониторинг, рентгенфазалық талдау, мұнай өнімдері, жер асты сулары, атмосфералық ауа, топырақ, ластану

Қайнарбаева Жания Нұрбекқызы	<i>магистр</i>
Түсіпқалиев Еркін Әдиетұлы	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
Исаева Ұлжалғас Бақытжанқызы	<i>PhD</i>
Байзақ Әсел Жеңісқызы	<i>магистр</i>
Ошақбаев Мәліс Тлеубердіұлы	<i>Техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
Еспенбетов Асылбек Әлімбекұлы	<i>Химия ғылымдарының докторы</i>
Баимбетов Мизамбек Нұрбайұлы	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
Усков Григорий Александрович	<i>инженер</i>
Тұрғалиев Дархан Абайұлы	<i>инженер</i>
Манапов Қайрат Ағзамұлы	<i>инженер</i>
Шадин Нұрғұль Адырбекқызы	<i>PhD</i>

Список литературы

1. Экологический кодекс Республики Казахстан от 2 января 2021 года № 400-VI (с изм. и доп. по состоянию на **2024** г.). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
2. Земельный кодекс Республики Казахстан от 20 июня 2003 года № 442-II. (с изм. и доп. по состоянию на **2025** г.). https://adilet.zan.kz/rus/docs/K0300000442_
3. Петрунин В.А., Шаталова Т.Б. Инфракрасная спектроскопия органических соединений. М.: Наука, **2010**, 289.
4. Poole C.F., Poole S.K. Chromatography Today. Elsevier Science, **2012**, 2, 936. <https://shop.elsevier.com/books/chromatography-today/poole/978-0-444-88492-3>
5. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum. Processes, **2020**, 953. DOI: 10.1201/b16559
6. ГОСТ 17.2.3.01-86. Охрана природы. Атмосфера. Правила установления предельно допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями. М.: Стандартинформ, **1986**. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294851/4294851978.pdf>
7. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа. М.: Стандартинформ, **1984**. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294847/4294847763.htm>
8. ГОСТ 31957-2012. Вода. Общие требования к отбору проб. М.: Стандартинформ, **2014**. <https://files.stroyinf.ru/Data/564/56411.pdf>
9. Методические указания по проведению производственного экологического контроля и мониторинга. Астана: МООС РК, **2016**.
10. Приказ Министра национальной экономики Республики Казахстан от 25 июня **2015** года № 452. Об утверждении Гигиенических нормативов к безопасности окружающей среды (почве). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011755>
11. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 2 августа **2022** года № КР ДСМ-70. Об утверждении Гигиенических нормативов к атмосферному воздуху в городских и сельских населенных пунктах, на территориях промышленных организаций. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029011/history>
12. Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 24 ноября **2022** года № КР ДСМ-138. Об утверждении Гигиенических нормативов показателей безопасности хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200030713>

References

1. Environmental Code of the Republic of Kazakhstan of January 2, 2021 No. 400-VI (as amended and supplemented as of **2024**). <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400>
2. Land Code of the Republic of Kazakhstan of June 20, 2003 No. 442-II (as amended and supplemented as of **2025**). https://adilet.zan.kz/rus/docs/K0300000442_
3. Petrunin, V.A., Shatalova, T.B. *Infrared spectroscopy of organic compounds*. Moscow: Nauka, **2010**, 289.
4. Poole C.F., Poole S.K. Chromatography Today. Elsevier Science, **2012**, 2, 936. <https://shop.elsevier.com/books/chromatography-today/poole/978-0-444-88492-3>
5. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum. Processes, **2020**, 953. DOI: 10.1201/b16559
6. GOST 17.2.3.01-86. *Nature Protection. Atmosphere. Rules for Establishing Maximum Permissible Emissions of Harmful Substances by Industrial Enterprises*. Moscow: Standartinform, **1986**. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294851/4294851978.pdf>
7. GOST 17.4.4.02-84. *Nature Protection. Soils. Methods for Sampling and Preparation of Samples for Chemical, Bacteriological, and Helminthological Analysis*. Moscow: Standartinform, **1984**. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294847/4294847763.htm>
8. GOST 31957-2012. *Water. General Requirements for Sampling*. Moscow: Standartinform, **2014**. <https://files.stroyinf.ru/Data/564/56411.pdf>
9. Methodological Guidelines for Conducting Industrial Environmental Control and Monitoring. Astana: MOOS RK, **2016**.

10. Order of the Minister of National Economy of the Republic of Kazakhstan dated June 25, **2015**, № 452. *On the approval of Hygienic standards for environmental safety (soil)*. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V1500011755>

11. Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated August 2, **2022**, №KR DSM-70. *On the approval of Hygienic standards for atmospheric air in urban and rural settlements, on the territories of industrial organizations*. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200029011/history>

12. Order of the Minister of Health of the Republic of Kazakhstan dated November 24, **2022**, №KR DSM-138. *On the approval of Hygienic standards for the safety of household, drinking, cultural and domestic water use*. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/V2200030713>

SYNTHESIS OF NON-IONIC SURFACTANS FROM SUNFLOWER OIL PRODUCTION RESIDUES

N.Seitkaliyeva¹, G. Kussainova¹, B. Sadykov¹, Z.Kambarova¹,
Chang Chien-Hsiang², K. Abdiyev¹*

¹ Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Department of Chemical Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan

*E-mail: g.kussainova@satbayev.university

Abstract: According to literature data, currently more than 80% of surfactants (SAS) are produced from raw materials of the petrochemical industry. Industrial processes involving petroleum, natural gas, and coal generate significant amounts of carbon dioxide (a greenhouse gas). The accumulation of greenhouse gases in the atmosphere contributes to global warming. Another major concern associated with surfactants synthesized from hydrocarbon-based feedstocks is their low biodegradability in aquatic environments under the influence of microorganisms and sunlight. Therefore, the development of surfactants based on renewable, environmentally friendly sources such as vegetable oils is an important area of research.

This work focuses on the synthesis of nonionic surfactants from technical-grade vegetable oil, specifically from sunflower oil production waste, and the investigation of their properties. A mixture of fatty carboxylic acids obtained from technical vegetable oil was esterified with ethylene glycol (EG), diethylene glycol (DEG), and triethylene glycol (TEG) to produce nonionic surfactants. The chemical composition of the synthesized surfactants was confirmed by IR and NMR spectroscopy. The results demonstrated that the compounds possess surface-active properties and can be used as environmentally safer detergents.

Keywords: surfactant, fatty carboxylic acids, technical vegetable oil, inexhaustible source of raw materials, biodegradable compound

Seitkaliyeva Nurgul -	<i>Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; E-mail: n.seitkaliyeva@satbayev.university</i>
Kussainova Gulsara	<i>Master of technical science, tutor, researcher; E-mail: g.kussainova@satbayev.university</i>
Sadykov Baltabay	<i>Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; E-mail: bl.sadykov@satbayev.university</i>
Kambarova Zarina	<i>Doctoral student; E-mail: z.kambarova@stud.satbayev.university</i>
Chang Chien-Hsiang	<i>PhD, Professor; E-mail: changch@mail.ncku.edu.tw</i>
Abdiyev Kaldibek	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: k.abdiyev@satbayev.university</i>

Citation: Seitkaliyeva N., Kussainova G., Sadykov B., Kambarova Z., Chang Chien-Hsiang, Abdiyev K. Synthesis of non-ionic surfactans from sunflower oil production residues. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 3(91), 95-104. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.38>

КҮНБАҒЫС МАЙЫ ӨНДІРІСІ ҚАЛДЫҒЫНАН НЕИОНОГЕНДІК БЕТТІК-АКТИВТІ ЗАТТАР СИНТЕЗДЕУ

**Н.Ж.Сейтқалиева¹, Г.Қ.*Құсайынова¹, Б.Б.Садықов¹, З.Н.Қамбарова¹,
Chang Chien-Hsiang², Қ.Ж.Әбдиев¹**

¹ Сәтбаев университеті, Алматы, Қазақстан

² Department of Chemical Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan

*E-mail: g.kussainova@satbayev.university

Түйіндемe: Әдеби деректерге сәйкес, қазіргі таңда беттік-активті заттардың (БАЗ) 80%-дан астамы мұнай-химия өнеркәсібінің шикізаттарынан өндіріледі. Мұнай, табиғи газ және көмірді пайдаланатын өндіріс процестері барысында көп мөлшерде көміртек диоксиді (парник газы) бөлінеді. Ал парниктік қабаттың жұқаруы жаһандық жылынуға әкелуі мүмкін. Көмірсутектік шикізаттан БАЗ синтездеуден туындайтын тағы да бір күрделі мәселе – ол су айдындарындағы мұндай БАЗ молекулаларының микроорганизмдер мен күн сәулесінің әсерінен табиғи ыдырау жылдамдығының төмендігі. Сондықтан экология тұрғысынан алғанда қауіпсіз, қоры сарқылмайтын өсімдік майлары негізінен БАЗ синтездеу маңызды мәселелердің бірі болып саналады.

Бұл жұмыста техникалық өсімдік майы - күнбағыс майын өндіру қалдықтары негізінде неионогендік БАЗ синтездеу және олардың қасиеттерін зерттеу нәтижелері қарастырылған. Техникалық өсімдік майынан алынған майлы карбон қышқылдарының коспасын этиленгликольмен (ЭГ), диэтиленгликольмен (ДЭГ) және үшэтиленгликольмен (ҮЭГ) этерификациялау арқылы неионогендік БАЗ (НИБАЗ) синтезделді. Алынған НИБАЗ-ң құрамы ИҚ-және ЯМР-спектроскопия әдістері арқылы анықталды. Аталмыш НИБАЗ беттік-активтік көрсететіндігі және оларды экология тұрғысынан қарағанда қауіпсіз жуғыш заттар ретінде пайдалануға болатындығы анықталды.

Түйінді сөздер: беттік-активті зат, майлы карбон қышқылдары, техникалық өсімдік майы, қоры сарқылмайтын шикізат көзі, биологиялық жолмен ыдырайтын қосылыс

Сейтқалиева Нұрғұл Жарылқағанқызы	химия ғылымдарының кандидаты, ассоциативтік профессор.
Құсайынова Гүлсара Қасымханқызы	техника ғылымдарының магистрі, оқытушы, ғылыми қызметкер
Садықов Балтабай Балтабекұлы	химия ғылымдарының кандидаты, доцент
Қамбарова Зарина Нұрланқызы	докторант
Chang Chien-Hsiang	PhD, профессор.
Әбдиев Қалдыбек Жамшайұлы	химия ғылымдарының докторы, профессор

1. Кіріспе

Қазіргі заманғы химия өнеркәсібіндегі үрдістер экологиялық тұрғыдан қауіпсіз, биологиялық жолмен ыдырайтын және ресурс үнемдейтін өнімдерді, соның ішінде беттік-активті заттарды (БАЗ) жасауға бағытталған. Ерекше назар НИБАЗ-ға аударылып отыр, себебі олар төмен уыттылыққа, жоғары биологиялық үйлесімділікке ие және тамақ, фармацевтика, косметика және тоқыма өнеркәсібінде кеңінен қолданылады [1, 2]. НИБАЗ синтездеудің тиімді жолы - қоры жаңартылып отыратын өсімдік тектес шикізатты пайдалану. Күнбағыс майын рафинадтау кезінде түзілетін техникалық май қышқылдары мен сабындар арзан, әрі қолжетімді шикізат

болып табылады, бұл оларды экономикалық жағынан тиімді әрі экологиялық жағынан ұтымды етеді [3]. Неионогендік БАЗ синтездеудің кең тараған әдісі ол майлы карбон қышқылдарын этоксилдеу немесе гликольдермен түрлендіру [4].

Бұл жұмыстың мақсаты – күнбағыс майы өндірісінің қалдығынан алынған майлы карбон қышқылдары қоспасы мен әртүрлі гликольдер (ЭГ, ДЭГ және ҮЭГ) негізінде неионогендік БАЗ-дар синтездеу және олардың физика-химиялық және беттік-активтік қасиеттерін зерттеу.

2. Тәжірибелік бөлім

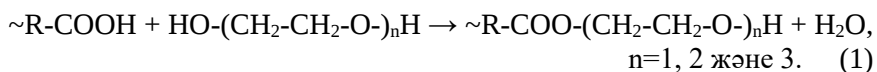
Майлы карбон қышқылдары (МКҚ) мен этиленгликоль (ЭГ) қоспасынан неионогендік беттік-активті зат синтездеу

НИБАЗ-дар синтездеу үшін қажетті гидрофобтық фрагмент – майлы карбон қышқылдарының қоспасы (МКҚ) күнбағыс майы өндірісінің қалдығын сілтілік гидролиздеу және экстракциялау арқылы алынды [5].

МКҚ қоспасынан НИБАЗ синтездеу үшін этерификация және поликонденсация әдістері таңдап алынды. МКҚ қоспасынан НИБАЗ синтездеу үшін магнит араластырғышпен, термометрмен және реакциялық ортадан суды бөлу алу үшін қажетті Дин-Старк жинағышымен жабдықталған үшмойынды колба таңдап алынды. Колбаға 0.45 моль ЭГ және катализатор (H_2SO_4 ерітіндісі, жалпы массаның 1 мас. %) құйылды. Ары қарай, катализатор ЭГ-мен араласқан соң, реакциялық ортаға МКҚ қоспасының қажетті мөлшері қосылды. Реакциялық ортадағы МКҚ:ЭГ реагенттерінің мольдік қатынасы 1:1.2 тең болды. Конденсациялану реакциясы ауа моншасында 155-165°C температурада, үздіксіз араластыру жағдайында 2 сағат бойы жүргізілді.

Реакция барысында түзілген күрделі эфирдің мөлшері (реакция шығымы) бөлінген су көлемі және қоспаның қышқылдық саны арқылы есептелінді. Реакцияның шығымы 90-95 %. Алынған өнім – қоңыр түсті тұтқыр сұйық зат.

Жоғарыдағы әдіс бойынша МКҚ негізінде ДЭГ және ҮЭГ қосу арқылы НИБАЗ-дар синтезделді. Реакция барысында МКҚ-ның гликольдермен күрделі эфирлері түзілді:



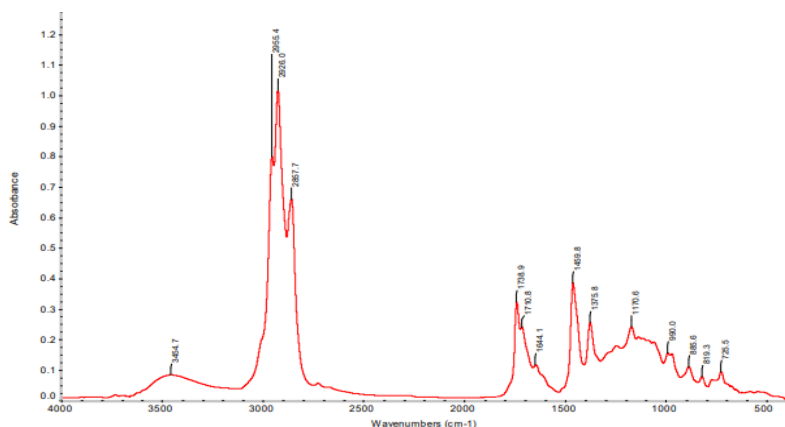
НИБАЗ-дардың ИҚ-спектрлері Nicolet 5700, Termo Corporation, USA спектрометрінде 4000-500 cm^{-1} жиіліктер аралығында түсірілді. ^1H және ^{13}C ЯМР- спектрлері CDCl_3 еріткішін пайдалана отырып JNM-ECA Jeol 400 спектрометрінде (тиісінше 399.78 және 100.53 МГц жиілігі) жазылды. Химиялық ығысулар дейтерленген хлороформның қалдық протондарынан немесе көміртек атомдарынан келетін сигналдарға қатысты өлшенді.

НИБАЗ-дар ерітінділерінің беттік керілуі Вильгельми әдісі арқылы платина пластинкасын қолдана отырып өлшенді. Беттік керілуді өлшеу әдісі [5] мақалада толығымен қарастырылған.

3. Нәтижелер және талқылау

3.1 Синтезделген неионогендік БАЗ-дардың элементтік және функциональдық құрамдарын заманауи әдістер арқылы анықтау

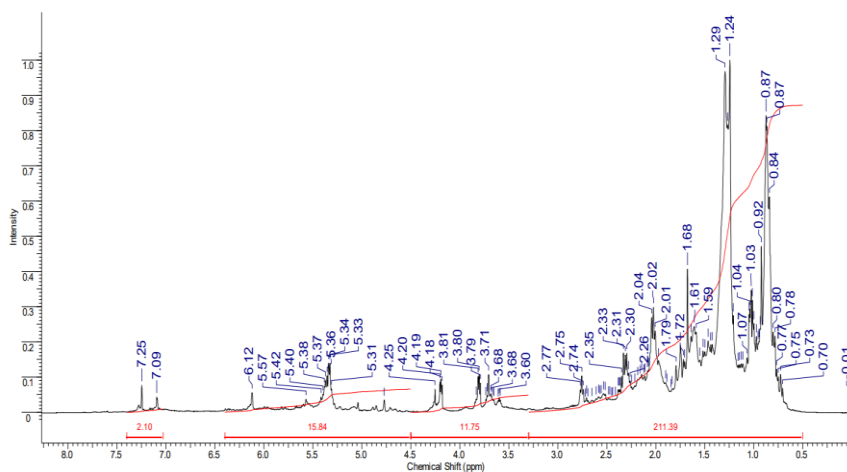
Синтезделген НИБАЗ-ң ИҚ-спектрінде (1-сурет) 1738 см^{-1} жиілікте қаныққан карбон қышқылының карбоксил $-\text{CH}_2-\text{COOH}$ тобына тиісті, 1644 см^{-1} жиілікте қанықпаған карбон қышқылының карбоксил $-\text{CH}=\text{CH}-\text{COOH}$ тобына тиісті жолақтар, 3454 см^{-1} жиілікте этиленгликольдің бос гидроксил тобына тиісті жолақ, ал $2857\div 2926\text{ см}^{-1}$ жиіліктерде өзара байланысқан гидроксил топтарына тиісті жолақтар көрінеді [6]. Ал қаныққан және қанықпаған карбон қышқылдарының күрделі эфирлеріндегі $-\text{C}-\text{O}-\text{C}-$ байланыстарына тиісті жолақ 1170 см^{-1} жиілікте байқалады. Демек, ИҚ-спектрге сүйене отырып, қоспадағы майлы карбон қышқылдары мен этиленгликоль арасында реакция жүріп, күрделі эфир түзілді деп тұжырым жасауға болады.



Сурет 1 – МКҚ қоспасы мен ЭГ негізіндегі НИБАЗ-дың ИҚ-спектрі

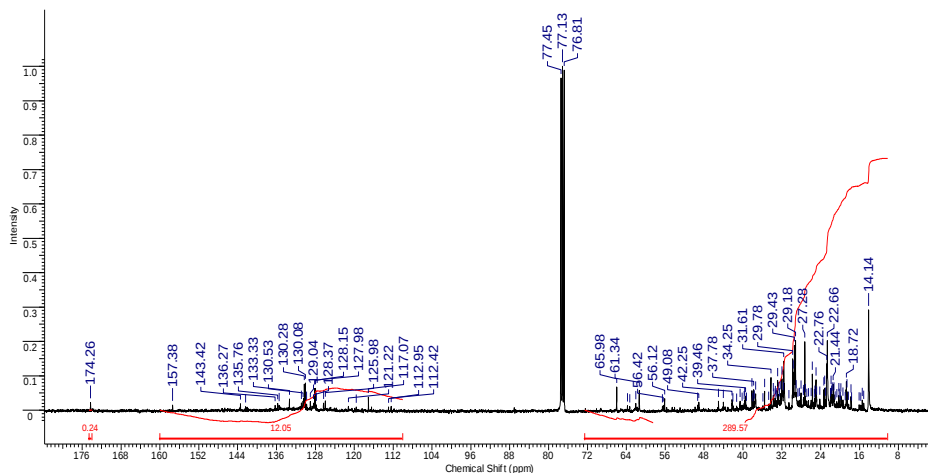
МКҚ қоспасының ЭГ-мен күрделі эфирінің ^1H ЯМР спектрі барлық диа-пазонда әртүрлі фрагменттік құрылымдардың протондарынан сигналдардың болуымен сипатталады (2-сурет). $0.50\text{--}3.30\text{ ppm}$ аймағында МКҚ қалдықтары мен ЭГ фрагменттерінің метил және метилен топтарынна тиісті протондар сигналдары байқалады. Бұл МКҚ-ЭГ эфирлері қоспасындағы фрагменттердің ең көп тобы, олардың интегралдық протондық қарқындылығы 211.39H . Ал $3.30\text{--}4.50\text{ ppm}$ аймағындағы сигналдар көршілес жатқан оттегі атомдары немесе басқа электртеріс функциональдық топтары бар протондарға тиісті жолақтар. Олардың

интегралдық протондық қарқындылығы 11,75Н. Ал 4.50-6.40 ppm аймағында байқалатын май қышқылдары қалдықтарының протондық сигналдары карбон қышқылдарының қанықпаған фрагменттеріне тиісті. Олардың интегралдық протондық қарқындылығы 15.84Н. 6.70-7.40 ppm аймағындағы қалған сигналдар ЭГ мен МКҚ-ның күрделі эфирлерінің құрамында ароматтық протондардың бар екендігін көрсетеді, олардың протондық интегралдық қарқындылығы 2.10Н. Жоғарыда келтірілген нәтижелерден МКҚ-ЭГ эфирлерінің қоспасында 6.5% қанықпаған сутек атомдары бар деп болжауға болады. МКҚ қоспасының ЭК-мен этерификациялануы барысында күрделі эфирлердің жалпы қанықпағандығы аздап төмендейді және этерификациялану реакциясы жүретіндігін растайды. Сонымен бірге, МКҚ-ның ЭГ-мен әрекеттесуі барысында қоспадағы ароматтық күрделі эфирлердің үлесі бастапқы май қышқылдары құрамындағы (2.54 %) мөлшерінен 0.87%-ға дейін азаятындығы анықталды.



Сурет 2 - МКҚ қоспасы мен этиленгликоль (ЭГ) негізіндегі НИБАЗ-дың ^1H ЯМР моделі

Майлы карбон қышқылдарының этиленгликольмен эфирлері қоспасының ^{13}C ЯМР спектрінде метил және метилен топтарындағы көміртегі атомдарының сигналдары 10.00-49.32 ppm аймағында көрінеді (3-сурет).



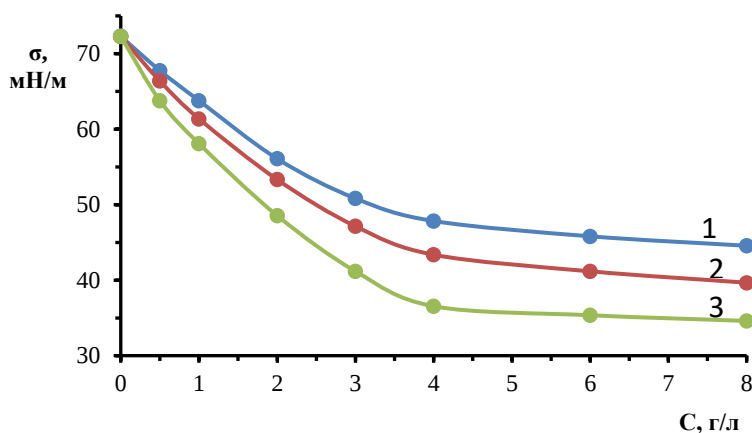
Сурет 3 - МКҚ қоспасы мен этиленгликоль (ЭГ) негізіндегі
НИБАЗ-дың ^{13}C ЯМР моделі

Оттегі атомдарымен және басқа электртеріс атомдармен іргелес жатқан көміртегі атомдарының сигналдары 49.32-73.00 ppm аймағында, яғни метил және метилен топтарынан әрірек орналасқан. Бұл ядролардың көміртектік интегралдық қарқындылығы 289.57. Ал 110.00-160.00 ppm аймағында пайда болған сигналдардың шағын тобы қанықпаған топтардың көміртек атомдарына тиісті жолақтар. Олардың интегралдық қарқындылығы 12.06. ^{13}C ЯМР спектрінде 174.26 ppm сигналының болуы майлы карбон қышқылдарының этиленгликольмен қоспасында күрделі эфир топтарының және карбоксил топтары қалдықтарының бар екендігін көрсетеді, оның интегралдық қарқындылығы 0.24. ДЭГ, ҮЭГ және МКҚ қоспасы негізінде түзілген НИБАЗ-дардың құрамдары да жоғарыдағыдай ИҚ- және ЯМР-спектроскопия әдістерімен дәлелденді.

3.2 Синтезделген НИБАЗ-дардың беттік-активтік қасиеттері

Неионогендік беттік-активті заттардың беттік қасиеттеріне - беттік керілу мен адсорбциялық мәндері және ерітіндіде мицелла түзілуінің критикалық концентрациясы (ККМ) жатады. Бұл көрсеткіштер «сұйық/газ» және «сұйық/сұйық» жүйелеріндегі БАЗ-ң адсорбцияға қабілеттілігін анықтайтын негізгі параметрлер болып саналады. Бұл қасиеттерді кешенді зерттеу молекулалардың құрылымдық ерекшеліктері мен олардың фазалар арасындағы активтігі арасындағы байланысты анықтауға мүмкіндік береді.

Беттік керілу мәндерінің тепе-теңдік нәтижелері бойынша БАЗ ерітінділерінің беттік керілу изотермасы тұрғызылды. 4-суретте этиленгликоль негізіндегі (МКҚ-ЭГ), диэтиленгликоль негізіндегі (МКҚ-ДЭГ) және үшэтиленгликоль негізіндегі (МКҚ-ҮЭГ) НИБАЗ-дардың беттік керілу изотермалары көрсетілген.

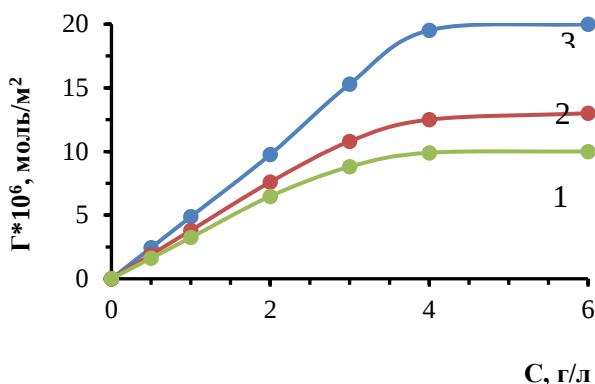


Сурет 4 – МКҚ-ЭГ (1), МКҚ-ДЭГ (2) және МКҚ-ҮЭГ (3) НИБАЗ ерітінділерінің беттік керілу изотермалары. $T=298$ К.

Суреттен БАЗ-ң ерітіндідегі концентрациясы артқан сайын судың беттік керілуі төмендейтіндігін аңғаруға болады. Бұның өзі БАЗ молекулаларының су/ауа фазааралық бөлу бетіне адсорбцияланатындығын көрсетеді. Беттік керілудің ең жоғары төмендеуі МКҚ-ҮЭГ ерітіндісінде байқалады. Бұл басқалармен салыстырғанда, оның беттік-активтігінің жоғары екендігін көрсетеді. МКҚ-ЭГ, МКҚ-ДЭГ және МКҚ-ҮЭГ қатарында солдан оңға қарай беттік-активтіліктің артуын БАЗ молекуласы құрамындағы этиленоксид ($-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$) тобының саны артқан сайын молекуланың гидрофильдігі өсетіндігімен түсіндіруге болады. БАЗ-ң ерігіштігі жақсара түседі. Бұл тұжырымды ККМ мәндері де растай түседі: МКҚ-ЭГ-ден МКҚ-ҮЭГ-ке ауысқанда НИБАЗ-ң критикалық мицеллатүзу концентрациясы өсіп отырады. Мұның бәрі, сайып келгенде, БАЗ молекулаларының су/ауа фазааралық бөлу бетіне адсорбциялануын жақсартта түседі. Ары қарай, беттік керілу изотермаларынан Гиббс теңдеуін (4) пайдалана отырып, адсорбция мәндері есептелді:

$$\Gamma = -\frac{c}{RT} \frac{d\sigma}{dc} = -\frac{1}{RT} \frac{d\sigma}{d \ln c} \quad (2)$$

5 - суреттен көріп тұрғанымыздай, МКҚ-этиленоксид негізіндегі НИБАЗ-дың құрамындағы этиленоксид тобының саны артқан сайын адсорбция шамасы өсіп отырады және критикалық мицеллатүзу концентрациясы (ККМ) маңайында адсорбция өзінің тұрақты мәніне жетеді [8].



Сурет 5 – МКҚ-ЭГ (1), МКҚ-ДЭГ (2) және МКҚ-ҮЭГ (3) НИБАЗ-дардың адсорбция изотермалары.

Жалпы адсорбция изотермаларын шартты түрде екі аймаққа бөліп қарастыруға болады. Бастапқы аймақта (концентрацияның аз аймағында) ерітіндінің концентрациясы артқан сайын адсорбция шамасы күрт өсіп отырады. Екінші аймақта (концентрацияның үлкен аймағында) адсорбцияның мәні біршама баяу өседі де, ары қарай өзінің тұрақты мәніне шығады. Адсорбция изотермаларын салыстыратын болсақ, МКҚ-ҮЭГ негізіндегі БАЗ-дың су/ауа бөлу қабатына адсорбциялану қабілеті басқаларына қарағанда жоғары екендігін аңғаруға болады. Бұны МКҚ-ҮЭГ молекуласы гидрофиль-дігінің басқалармен салыстырғанда, біршама жоғары екендігімен түсіндіруге болады.

Демек, НИБАЗ құрамындағы этиленоксид тобының саны артқан сайын, оның адсорбциялық қабілеті өсіп отырады. Бұл құбылыс әдебиет деректерімен сәйкес келеді, яғни, НИБАЗ молекулаларының гидрофильдігі артқан сайын адсорбция күшейіп, беттік керілудің төмендеуі байқалады [9].

Сонымен бірге, беттік керілу изотермаларынан НИБАЗ-ң критикалық мицеллатүзу концентрацияларын (КМТК) анықтауға болады. Олар мынаған тең болды: КМТК(МКҚ-ЭГ) = 8 г/л; КМТК(МКҚ-ДЭГ) = 6 г/л және КМТК(МКҚ-ҮЭГ) = 4 г/л.

4. Қорытынды

Техникалық өсімдік майын - күнбағыс майы өндірісінің қалдығын сілтілік гидролиздеу және экстракциялау арқылы алынған майлы карбон қыш-қылдарының қоспасын гликольдермен (ЭГ, ДЭГ және ҮЭГ) этерификациялау реакциясы арқылы жаңа неионогендік БАЗ-дар синтезделді. БАЗ-дардың шығымы 90-95 % құрады.

Алынған НИБАЗ-ң функциональдық құрамы ИҚ-спектроскопия, ^1H ЯМР және ^{13}C ЯМР-спектроскопия әдістері арқылы дәлелденді.

Алынған НИБАЗ-дардың беттік керілу изотермалары тұрғызылып, одан су/ауа фазааралық бөлу бетіндегі адсорбция шамалары есептелді.

Сонда, НИБАЗ-дың құрамында этиленоксид тобының саны артқан сайын оның судың беттік керілуін төмендету қабілеті және адсорбция шамасы арта түсетіндігі анықталды.

МКҚ-этиленгликоль беттік-активті заттарын экология тұрғысынан қарағанда біршама қауіпсіз (биологиялық жолмен ыдырайтын) жуғыш заттар ретінде қолдануға болады.

Қаржыландыру: Бұл зерттеуді ҚР Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті (грант № AP19678114) қаржыландырды.

Мүдделер қақтығысы: авторлар арасында мүдделер қақтығысы жоқ.

СИНТЕЗ НЕИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

*Сейткалиева¹ Н.Ж., Кусаинова¹ Г.К. *, Садыков¹ Б.Б., Камбарова¹ З.Н., Chang Chien-Hsiang², Абдиев¹ К.Ж.*

¹ Satbayev University, Алматы, Казахстан

² Department of Chemical Engineering, National Cheng Kung University, Taiwan

*E-mail: g.kussainova@satbayev.university

Резюме: Согласно литературным данным, в настоящее время более 80% поверхностно-активных веществ (ПАВ) производятся из сырья нефтехимической промышленности. В ходе промышленных процессов с использованием нефти, природного газа и угля выделяется большое количество диоксида углерода (парникового газа). Разрушение парникового слоя может привести к глобальному потеплению. Ещё одной серьёзной проблемой, связанной с синтезом ПАВ из углеводородного сырья, является низкая скорость естественного разложения таких молекул ПАВ под воздействием микроорганизмов и солнечного света в водоёмах. Поэтому с экологической точки зрения важным направлением является синтез ПАВ на основе возобновляемого и безопасного растительного сырья, такого как растительные масла.

В данной работе представлены результаты синтеза неионогенных ПАВ (НИПАВ) на основе технического растительного масла – отходов производства подсолнечного масла, а также изучены их свойства. Неионогенные ПАВ синтезированы путём этерификации смеси жирных карбоновых кислот, полученных из технического растительного масла, этиленгликолем (ЭГ), диэтиленгликолем (ДЭГ) и триэтиленгликолем (ТЭГ). Состав полученных НИПАВ был определён методами ИК- и ЯМР-спектроскопии. Установлено, что они обладают поверхностно-активными свойствами и могут быть использованы в качестве экологически безопасных моющих веществ.

Ключевые слова: ПАВ, жирные карбоновые кислоты, техническое растительное масло, неисчерпаемый источник сырья, биоразлагаемое соединение.

<i>Сейткалиева Нұрғұл Жарылқағанқызы</i>	<i>кандидат химических наук, ассоциированный профессор</i>
<i>Құсайынова Гүлсара Касымханқызы</i>	<i>Магистр технических наук, преподаватель, научный сотрудник</i>
<i>Садықов Балтабай Балтабекұлы</i>	<i>кандидат химических наук, доцент</i>
<i>Қамбарова Зарина Нұрланқызы</i>	<i>докторант</i>
<i>Chang Chien-Hsiang</i>	<i>PhD, профессор</i>
<i>Әбдиев Қалдыбек Жамшайұлы</i>	<i>доктор химических наук, профессор</i>

Әдебиеттер тізімі

1. Rane, S. R., et al. Synthesis, Characterization, and Physicochemical Performance of Non-ionic Surfactants via PEG Modification of Epoxides of Alkyl Oleate Esters. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **2022**, DOI:10.1021/acssuschemeng.2c06298
2. Physicochemical Characterization of Ethoxylation Products of Fatty Acid Esters. *Frontiers in Chemical Engineering*, **2021**, V3. DOI:10.3389/fceng.2021.617701
3. Mohamed WaselAbdallah El sawyWagdy EL dougdougShow all 5 authorsMohamed El-Attar. Synthesis and evaluation of the surface and thermodynamic properties of nonionic surfactants obtained from vegetable oil waste. *Bulletin of Faculty of Science Zagazig University*, **2024** (1):102-110 DOI:10.21608/bfszu.2023.230401.1299
4. Nashy, E.-S.H.A., Abo-ELwafa, G.A., Aly, S.M., Masoud, R.A., and Elsayed, H. Non-ionic Fatliquoring and Lubricating Agents Based on Ethoxylated Jojoba Fatty Acids. *Waste and Biomass Valorization*, **2023**, V15, Issue 2, p.637. DOI:10.1007/s12649-023-02227-z
5. Abdiyev K.Zh., Sadykov B.B., Zhurumbayeva M.B., Seitkaliyeva N.Zh., Chien-Hsiang Chang, Kussainova G.K., Toktarbay Zh., Kambarova Z.N. New Nonionic Surfactants from Renewable raw materials - Sunflower oil Production Waste. *ES Materials & Manufacturing*, **2025** (30). DOI:10.30919/mm1679
6. Zargar AN, Mishra S, Kumar M, Srivastava P. Isolation and chemical characterization of the biosurfactant produced by *Gordonia* sp. IITR100. *PLoS One*, **2022**, Apr 14;17(4):e0264202. DOI:10.1371/journal.pone.0264202 . PMID: 35421133; PMCID: PMC9009618.
7. Faramarzi, B.; Portaccio, M.; Delfino, I.; Lepore, M. Characterization of Lipid Components in Human Cells by Means of ATR FT-IR Spectroscopy. In *European Conference on Biomedical Optics Optica Publishing Group. Technical Digest Series*, paper 126272Q, **2023**. DOI:10.1117/12.2670762
8. Divya Bajpai Tripathy, Anjali Gupta, Arvind Kumar Jain, Anuradha Mishra. *Surfactants from Renewable Raw Materials*, 1st Ed., CRC Press, **2022**. DOI:10.1201/9781003144878
9. Veeramanoharan, Ashokkumar, Seok-Chan Kim. A comprehensive review on sustainable surfactants from CNSL: chemistry, key applications and research perspectives. *RSC Adv.*, **2024**, 14, 25429–25471 DOI: 10.1039/D4RA04684F/

References

1. Rane, S. R., et al. Synthesis, Characterization, and Physicochemical Performance of Nonionic Surfactants via PEG Modification of Epoxides of Alkyl Oleate Esters. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, **2022**, DOI:10.1021/acssuschemeng.2c06298
2. Physicochemical Characterization of Ethoxylation Products of Fatty Acid Esters. *Frontiers in Chemical Engineering*, **2021**, V3. DOI:10.3389/fceng.2021.617701
3. Mohamed WaselAbdallah El sawyWagdy EL dougdougShow all 5 authorsMohamed El-Attar. Synthesis and evaluation of the surface and thermodynamic properties of nonionic surfactants obtained from vegetable oil waste. *Bulletin of Faculty of Science Zagazig University*, **2024** (1):102-110 DOI:10.21608/bfszu.2023.230401.1299
4. Nashy, E.-S.H.A., Abo-ELwafa, G.A., Aly, S.M., Masoud, R.A., and Elsayed, H. Nonionic Fatliquoring and Lubricating Agents Based on Ethoxylated Jojoba Fatty Acids. *Waste and Biomass Valorization*, **2023**, V15, Issue 2, p.637. DOI:10.1007/s12649-023-02227-z
5. Abdiyev K.Zh., Sadykov B.B., Zhurumbayeva M.B., Seitkaliyeva N.Zh., Chien-Hsiang Chang, Kussainova G.K., Toktarbay Zh., Kambarova Z.N. New Nonionic Surfactants from Renewable raw materials - Sunflower oil Production Waste. *ES Materials & Manufacturing*, **2025**, (30). DOI:10.30919/mm1679
6. Zargar AN, Mishra S, Kumar M, Srivastava P. Isolation and chemical characterization of the biosurfactant produced by *Gordonia* sp. IITR100. *PLoS One*, **2022**, Apr 14;17(4):e0264202. DOI:10.1371/journal.pone.0264202 . PMID: 35421133; PMCID: PMC9009618.
7. Faramarzi, B.; Portaccio, M.; Delfino, I.; Lepore, M. Characterization of Lipid Components in Human Cells by Means of ATR FT-IR Spectroscopy. In *European Conference on Biomedical Optics Optica Publishing Group. Technical Digest Series*, paper 126272Q, **2023**. DOI:10.1117/12.2670762
8. Divya Bajpai Tripathy, Anjali Gupta, Arvind Kumar Jain, Anuradha Mishra. *Surfactants from Renewable Raw Materials*, 1st Ed., CRC Press, **2022**. DOI:10.1201/9781003144878
9. Veeramanoharan, Ashokkumar, Seok-Chan Kim. A comprehensive review on sustainable surfactants from CNSL: chemistry, key applications and research perspectives. *RSC Adv.*, **2024**, 14, 25429–25471 DOI: 10.1039/D4RA04684F/

OBTAINING THE ACTIVE INGREDIENT FOR SEED TREATMENT AND ITS EFFECT ON THE GERMINATION OF SPRING WHEAT SEEDS IN CASE OF SOIL MOISTURE DEFICIENCY

H.S. Tasybekov,¹ S. Usmanov¹, G.T. Omarova¹, U.M. Toipasova¹, E.N. Ramazanova¹,
Sh. Baibashchaeva¹, N.N. Yesserkeyeva¹, R.U. Makhmudov², H.S. Usmanov²

¹JSC "Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov", Almaty, Kazakhstan

²"Scientific and Production Association "Ana-zher", Almaty, Kazakhstan

*E-mail: toipasova@mail.ru

Abstract. The seed protectants currently used in grain crops have a second class of toxicity, which negatively affects soil fertility, plant growth and the quality of the products produced. It is of practical importance to create a low-toxic complex drug with a multifunctional effect, which has a pickling and stimulating effect on plant growth and development, positively affecting the soil microflora, yield and quality of grain products. This article sets the task of obtaining a multifunctional active substance based on monomethyl urea (MMU) and monoethanolamine phosphate (MEAPh), studying its physico-chemical characteristics, as well as its effect on germination and germination energy of spring wheat seeds with a soil moisture deficiency of 30% and 50%. The dependence of the equilibrium humidity on the relative humidity of the atmosphere for the initial MMU, MEAPh and the double compound MMU•MEAPh is determined. For all isotherms, an increase in adsorbent absorption is observed, provided that the relative pressure of the adsorbent approaches a certain value of ϕ_0 , which increases sequentially with the transition from MMU•MEAPh to MEAPh and MMU. It follows from the data obtained that the studied MMU, MEAPh and MMU•MEAPh have low equilibrium humidity up to a relative humidity of 80%, which is the basis for the preparation and storage of drugs in autumn, spring and winter conditions with good physico-chemical and marketable characteristics. A high degree of influence of the MMU•MEAPh double compound and germination energy of seeds with a deficiency of soil moisture by 30% and 50% has been established.

Key words: Active ingredient, monomethylolure, phosphate monoethanolamine, physico-chemical characteristics.

Tasybekov Khaidar Suleimenovich	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: kh.tassibekov@ihn.kz
Usmanov Sultan	Doctor of Engineering, Professor; E-mail: usmanov_su@mail.ru
Omarova Gaukhar Tungushpaevna	Candidate of Technical Sciences; E-mail: gtomarova@gmail.com
Toipasova Ulzhan Masimzhanovna	Candidate of Technical Sciences; E-mail: toipasova@mail.ru

Citation: Kh.S. Tasybekov, S. Usmanov, G.T. Omarova, U.M. Toipasova, E.N. Ramazanova, Sh. Baibashchaeva, N.N. Yesserkeyeva, R.U. Makhmudov, Kh.S. Usmanov. Obtaining an active ingredient for cotton seed treatment based on methylendiurea and para-aminobenzoic acid and studying its physicochemical characteristics. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 105-113. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.39>

Ramazanova Elzira Nuradilovna	<i>Researcher</i>
Baibashchaeva Shynar	<i>Researcher</i>
Yesserkeyeva Nazgul Nurkasymovna	<i>Researcher</i>
Makhmudov Ravshan Umarovich	<i>Researcher</i>
Usmanov Khozret Sultanovich	<i>Candidate of Chemical Sciences</i>

ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ БИДАЙ ТҰҚЫМЫН ДӘРІЛЕУ ҮШІН БЕЛСЕНДІ ЗАТ АЛУ, ОНЫҢ ТОПЫРАҚ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫНЫҢ ТАПШЫЛЫҒЫНДА ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ БИДАЙ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ӨСІМДІЛІГІНЕ ӘСЕРІН АНЫҚТАУ

*Х.С. Тасыбеков¹, С.Усманов¹, Г.Т. Омарова¹, Ұ.М. Тойпасова¹,
Э.Н. Рамазанова¹, Ш. Байбацаева¹, Н.Н. Есеркеева¹, Р.У. Махмудов², Х.С. Усманов²*

¹ «Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

² «Ғылыми-өндірістік бірлестік «Ана-Жер», Алматы, Қазақстан

*E-mail: toypasova@mail.ru

Түйіндемесі. Қазіргі уақытта дәнді дақыл егістігінде қолданылатын тұқым дәрілеуіштер уыттылықтың екінші класына ие, яғни топырақтың құнарлылығына, өсімдіктердің өсуіне және алынған өнімнің сапасына теріс әсер етеді. Тәжірибелік маңыздылығы – топырақтың микрофлорасына, астық өнімдерінің өнімділігі мен сапасына оң әсер ететін, өсімдіктердің өсуін дамытудың және дәрілеуіштік көпфункционалды әсері бар уыттылығы аз кешенді препаратты жасау болып табылады. Бұл мақалада монометилолмочевина (МММ) және фосфат моноэтанолламин ФМЭА негізіндегі көпфункционалды әсері бар белсенді заттың – жаңа қос қосылыстың кристалдану аймағын анықтау, оның физика-химиялық сипаттамаларын, сондай-ақ топырақ ылғалдылығының 30% және 50% тапшылығында жаздық жұмсақ бидай тұқымдарының өнгіштігі мен өсу энергиясына әсерін зерттеу міндеті қойылған. Бастапқы МММ, ФМЭА және МММ-ФМЭА қос қосылысы үшін атмосфераның салыстырмалы ылғалдылығынан тепе-теңдік ылғалдылығының тәуелділігі анықталды. Барлық изотермалар үшін салыстырмалы адсорбтивті қысымы МММ-ФМЭА-дан ФМЭА және МММ-ге ауысқан кезде дәйекті түрде өсетін белгілі бір фазаның жақындаған жағдайда адсорбенттің сіңіруінің жоғарылауы байқалады. Алынған мәліметтерден зерттеліп отырған МММ, ФМЭА және МММ-ФМЭА атмосфераның салыстырмалы ылғалдылығы 80%-ге дейін төмен тепе-теңдік ылғалдылыққа ие екендігі белгілі, бұл физика-химиялық және тауарлық қасиеттері жоғары препараттарды алу және күзгі-көктемгі, қысқы жағдайларда сақтаудың негізі болып табылады. Топырақ ылғалдылығы 30% және 50% тапшылығында тұқымның өнгіштігі мен өсу энергиясына МММ-ФМЭА қос қосылысының жоғары әсер ету дәрежесі анықталды.

Түйінді сөздер: Белсенді зат, монометилолмочевина, фосфат моноэтанолламин, физика-химиялық сипаттамалар

Тасыбеков Хайдар Сулейменович	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
Усманов Сұлтан	<i>Техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
Омарова Гаухар Тунгушпаевна	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
Тойпасова Ұлжан Мәсімжанқызы	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
Рамазанова Эльзира Нұрәділқызы	<i>Ғылыми қызметкер</i>
Байбацаева Шынар	<i>Кіші ғылыми қызметкер</i>
Есеркеева Назгул Нұрқасымқызы	<i>Ғылыми қызметкер</i>
Махмудов Равшан Умарович	<i>Бас директордың орынбасары</i>
Усманов Хазрет Сұлтанович	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>

1. Кіріспе

Тұқымдарды дәрілеу өсімдіктерді жұқпалы аурулардан қорғаудың негізгі әдісі болып табылады [1]. Алайда, қазіргі уақытта дәнді дақылдарды егу кезінде уыттылығы екінші класты тұқым дәрілеуіштер қолданылады, ол топырақ микрофлорасына өте зиянды әсер етеді [2-4]. Оларды қолдану өмірлік маңызды микроорганизмдердің 20-25% жойылуына әкеледі, бұл топырақтың құнарлылығына, өсімдіктердің өсуіне және алынған өнімнің сапасына теріс әсер етеді.

Авторлар [4] коммерциялық атауы бар «Сұңқар-1» астық тұқымын дәрілеуіш жасады, ол метилолмочевинадан тұратын 10% сулы суспензия. «Сұңқар-1» препараты – уыттылықтың төртінші класына ие, тамыр жүйесінің ерте дамуын ынталандырады және микрофлораға оң әсер етеді. Астық өнімдерінің сапасын арттыруға ықпал етеді. Бұл ретте Қазақстанның Солтүстік өңірлеріндегі топырақ ылғалдылығының 25-30% тапшылығында жаздық жұмсақ бидайдың өнімі 8,1-8,5 ц/га құрайды. [4] жұмыста «Нұр-1» коммерциялық атауы бар өсімдіктердің өсуін реттеуші келтірілген, оның белсенді заты фосфат моноэтаноламин (ФМЭА) болып табылады, ол зат алмасуға, фотосинтезге қолайлы жағдай жасайды және өсімдіктің суармалы су мен топырақ ылғалының тапшылығына төзімділігін арттырады.

Өсімдіктердің өсуін ынталандырғыш және дәрілеуіш әсері бар, топырақтың микрофлорасына, астық өнімділігі мен сапасына оң әсер ететін уыттылығы аз кешенді көпфункционалды препаратты жасаудың практикалық маңызы зор.

Бұл мақалада жаңа қос қосылыстың – монометилолмочевина (МММ) және фосфат моноэтаноламин (ФМЭА) негізіндегі көпфункционалды әсер ететін белсенді заттың кристалдану аймағын анықтау, оның физика-химиялық қасиеттерін, сондай-ақ топырақ ылғалдылығы 30% және 50% тапшылығында жаздық жұмсақ бидай тұқымдарының өнгіштігі мен өсу энергиясына әсерін зерттеу міндеттері қойылған.

2. Тәжірибелік бөлім

Зерттеу нысаны монометилолмочевина (МММ) және фосфат моноэтаноламин (ФМЭА) болып табылады.

Жаңа қос қосылыстың кристалдану аймағын анықтау үшін физика-химиялық талдаудың визуалды политермиялық әдісі таңдалды [5].

Химиялық талдау белгілі әдістермен жүргізілді: жалпы азот Кьельдаль әдісімен [6]; жалпы формальдегидті МММ гидролиздеу жолымен және бос формальдегидті йодометриялық титрлеу арқылы [7]; карбоксил топтары [8]; тепе-теңдік ылғалдылығы Пестов әдісімен [9] анықталды.

3. Нәтижелер және оларды талқылау

$\text{H}_2\text{NCONHCH}_2\text{OH}-\text{C}_2\text{H}_8\text{NO}_4\text{P}-\text{H}_2\text{O}$ үштік жүйесі алты ішкі кесіндімен: оның ішінде I-II тарапынан жүргізілген фосфат моноэтаноламин (ФМЭА) -

су монометилолмочевина (МММ) шыңына, ал III – VI тарапынан МММ-су-ФМЭА шыңына дейін зерттелген (1-кесте).

1-кесте – МММ-ФМЭА-су жүйесінің полиметриялық кесінділер компоненттерінің ерігіштігі туралы деректер

Полиметриялық кесінділердің нөмері	Ерітіндідегі компоненттердің құрамы, %			Кристалдану температурасы, °C	Қатты фаза
	МММ	ФМЭА	H ₂ O		
I	-	6.0	94.0	2.1	ФМЭА
	3.2	8.5	88.3	-2.2	Мүз + ФМЭА
	6.1	11.4	82.5	-7.0	- // -
	7.5	12.9	79.6	-6.2	МММ+мүз
	8.0	13.6	78.4	16.7	- // -
	9.9	15.3	74.8	27.7	- // -
	10.8	16.6	72.6	39.1	- // -
II	-	10.4	89.6	33.2	ФМЭА
	3.4	13.8	82.8	18.1	- // -
	5.3	15.9	78.8	10.4	- // -
	9.2	19.8	71.0	-2.1	ФМЭА + МММ•ФМЭА
	11.2	21.9	66.9	16.2	МММ• ФМЭА
	14.8	25.6	60.0	41.9	- // -
III	9.8	-	90.0	4.5	МММ
	16.7	7.5	76.0	0.4	МММ+ МММ• ФМЭА
	19.8	10.4	80.0	12.1	МММ• ФМЭА
	25.2	15.8	59.0	26.9	- // -
	29.4	19.2	51.4	42.8	- // -
IV	20.2	-	79.8	21.7	МММ
	23.3	3.1	73.6	17.1	- // -
	27.2	7.8	65.0	15.3	МММ+ МММ• ФМЭА
	30.1	10.5	59.4	20.6	МММ• ФМЭА
	35.2	15.2	49.6	35.1	- // -
	36.7	16.7	46.6	40.5	- // -
V	30.3	-	69.7	30.3	МММ
	35.2	5.7	59.1	26.2	- // -
	37.9	8.3	53.8	24.3	МММ+МММ•ФМЭА
	40.1	10.5	49.4	28.2	МММ•ФМЭА
	42.2	12.2	45.6	37.3	- // -
	45.1	15.3	39.6	43.2	- // -
VI	40.2	-	59.8	43.4	МММ
	45.3	5.2	49.5	34.6	- // -
	47.4	7.7	44.9	28.1	- // -
	50.2	10.4	39.4	32.3	МММ+ МММ•ФМЭА
	52.3	12.3	35.4	45.2	МММ•ФМЭА

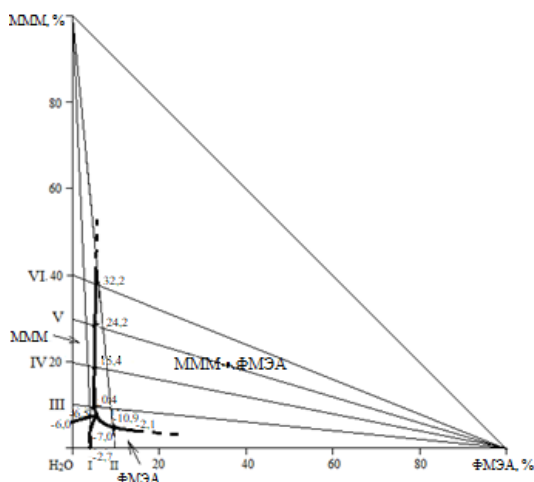
Бүйірлік жүйелер мен ішкі кесіндінің ерігіштігі негізінде (-11.0°C) – дан 40°C – қа дейінгі температурада МММ-ФМЭА-су жүйесінің полиметриялық ерігіштік диаграммасы салынды (2-кесте, 1-сурет). Полиметриялық ерігіштік диаграммасында изотермалар -10–40°C температура аралығындағы әрбір 10°C қолданылады.

Фазалық диаграммада жүйе жағдайлары мұздың кристалдану өрістеріне, МММ, ФМЭА және жаңа қосылыс МММ·ФМЭА құрамына бөлінген. Жүйенің екі үштік нона вариантты нүктелері (2-кесте) белгіленді, олар үшін кристалдану температуралары мен тепе-теңдік ерітіндісінің құрамдары анықталды.

Ерігіштік диаграммасының талдауы алынған МММ·ФМЭА қосылысының суда үйлесімді түрде еритінін көрсетті, өйткені қосылыс полюсін негізгі координатамен байланыстыратын қосылыс сәулелері кең ауқымды температура интервалында кристалдану өрістерін кесіп өтеді.

2-кесте – МММ-ФМЭА-су жүйесінің екі және үштік нүктелері

Сұйық фазаның құрамы, %			Кристалдану температурасы, °C	Қатты фаза
МММ	ФМЭА	H ₂ O		
-	4.1	95.9	-2.7	мұз + ФМЭА
7.0	4.5	88.5	-7.0	мұз + ФМЭА
6.1	5.9	88.0	-10.9	МММ+МММ·ФМЭА+ФМЭА
19.7	9.6	70.7	-2.1	ФМЭА+МММ·ФМЭА
6.4	9.8	83.8	0.4	МММ+МММ·ФМЭА
7.1	19.1	73.8	15.4	МММ+МММ·ФМЭА
8.1	28.2	63.7	24.2	МММ+МММ·ФМЭА
9.1	38.1	52.8	32.2	МММ+МММ·ФМЭА
7.8	-	92.2	-6.0	мұз+МММ
4.1	4.5	91.4	-6.5	мұз+МММ е

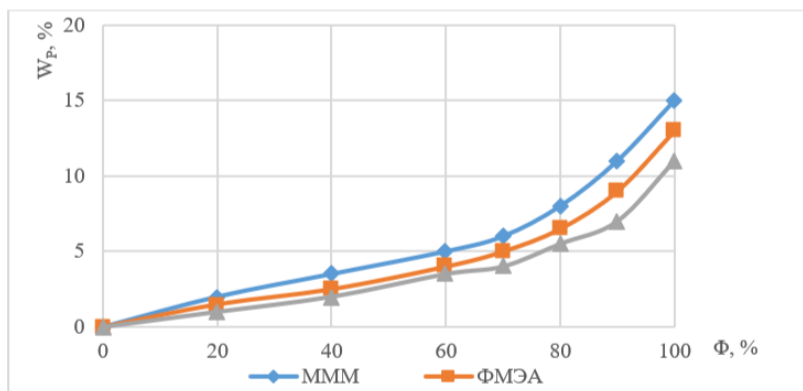


1-сурет – МММ-ФМЭА-су жүйесінің политемиялық ерігіштік диаграммасы

Қосылыс кристалды түрде оқшауланған. Болжамды $H_2NCONHCH_2 \cdot C_2H_7NPO_4$, кристалдану аймағынан оқшауланған фазаны химиялық талдау келесі нәтижелерді берді: С – 47.56%; Н – 11.94%; N – 41.8%; О – 79.52%; Р – 30.2%. $H_2NCONHCH_2 \cdot C_2H_7NO_4P$ үшін де есептелді: С

– 48.01%; Н – 12.12%; N – 42.03%; О – 79.95%; Р – 30.97%. Заттың атмосфералық ылғалды сіңіру қабілеті өнімнің технологиясы мен сапасына әсер етеді. Химиялық өнімдердің гигроскопиялықтығы $\phi_{кр}$ критикалық гигроскопиялық нүктесімен және $W_{p,кр}$ тепе-теңдік критикалық ылғалдылығымен бағаланады, бұл тыңайтқыштардың тауарлық сипаттамаларына жазғы, күзгі-көктемгі және қысқы жағдайларда препараттарды алуға, тасымалдауға және сақтауға әсер етеді.

2-суретте тепе-теңдік ылғалдылығының (W_p) МММ, ФМЭА және МММ•ФМЭА қос қосылысы үшін атмосфераның салыстырмалы ылғалдылығына графикалық тәуелділігі көрсетілген. Барлық изотермалар үшін адсорбтивтің салыстырмалы қысымы МММ•ФМЭА-дан ФМЭА және МММ-ге ауысқан кезде дәйекті түрде өсетіні белгілі, ол ϕ_0 мәніне жақындаған жағдайда адсорбенттің сіңуінің жоғарылауы байқалады.



2-сурет – Тепе-теңдік ылғалдылығының атмосфераның салыстырмалы ылғалдылығына тәуелділігі

Алынған мәліметтерден зерттелетін МММ, ФМЭА және МММ•ФМЭА атмосфераның салыстырмалы ылғалдылығы 80% болған кезде төменгі тепе-теңдік ылғалдылыққа ие, бұл физика-химиялық және тауарлық қасиеттері бар күзгі-көктемгі және қысқы жағдайларда препараттарды алу мен сақтаудың негізі болып табылады.

3-кестеде МММ•ФМЭА препаратын «Сұңқар-1» препаратымен салыстырғандағы ылғал тапшылығы 30% және 50% болған кездегі жаздық жұмсақ бидайдың өнгіштігі мен өсу энергиясына әсері туралы мәліметтер келтірілген. Топырақ ылғалының толық нормасы кезінде МММ•ФМЭА препаратымен тұқымды дәрілегенде, тұқымның өнгіштігі мен өсу энергиясының жоғары дәрежесін қамтамасыз ететіні анықталды. Бақылау сынамасымен салыстырғанда 8.9% жоғары болды.

Топырақ ылғалының 30%-ға тапшылығы кезінде МММ•ФМЭА препаратымен дәрілеген тұқымды бақылау сынамасымен салыстырғанда

тұқымның өнгіштігі мен өсу энергиясының 13.2% - ға, ал суармалы судың 50% - ға тапшылығында 39.1% - ға артуын қамтамасыз етеді.

3-кесте – МММ•ФМЭА препаратымен дәрілеген жаздық жұмсақ бидай тұқымын бақылау сынамаcымен салыстырғанда топырақтың әртүрлі ылғалдылығында тұқымның өнгіштігі мен өсу энергиясына әсері

Топырақтың ылғалдылығы	Нұсқалар	Тұқымның өнуі, дана/тәулік			Өсу энергиясы, %		
		6	10	13	6	10	13
Жалпы нормасы	Сұңқар-1	22	30	45	44	60	90
	МММ•ФМЭА	26	34	49	52	68	98
Топырақ ылғалының 30% тапшылығында	Сұңқар-1	17	26	38	34	52	76
	МММ•ФМЭА	22	34	48	44	68	96
Топырақ ылғалының 50% тапшылығында	Сұңқар-1	12	17	23	24	34	46
	МММ•ФМЭА	18	25	32	36	50	64

1-кестеде МММ•ФМЭА препаратымен дәріленген тұқымды толық мөлшерде суарғанда тұқымның өнуі 98%, ал бақылау сынамаcында 90% қамтамасыз ететіндігі көрсетілген. Топырақ ылғалының 30%-ға тапшылығы кезінде тұқымның өну энергиясының мәні 96%, бақылау сынамада – 76% екені анықталды. Топырақ ылғалының 30%-ға тапшылығы кезінде тұқымның өну айырмашылығының ең үлкен мәні бақылау сынамаcында 46%, ал МММ•ФМЭА препараты 64% қамтамасыз етеді. Осылайша, топырақ ылғалының 30% және 50% тапшылығы кезінде МММ•ФМЭА препаратын бақылау сынамаcымен салыстырғанда 26.3% және 39.1% құрайтын тұқымның өнгіштігінің жоғары дәрежесін алуға мүмкіндік береді.

4. Қорытынды

1. Химиялық талдаудың классикалық визуалды-политермиялық әдісімен МММ-ФМЭА-су үш компонентті су-тұз жүйесінде түзілген белсенді зат – жаңа қос қосылыстың кристалдану аймағының химиялық өзара әрекеттесуі зерттелді. Белсенді зат МММ•ФМЭА жаңа қос қосылысының кристалдану аймағы анықталды.

2. Бастапқы МММ, ФМЭА және МММ•ФМЭА қос қосылысы үшін атмосфералық салыстырмалы ылғалдылығына тепе-теңдік ылғалдылығының тәуелділігі анықталды. Барлық изотермалар үшін адсорбтивті салыстырмалы қысымы МММ•ФМЭА-дан ФМЭА және МММ-ге ауысқан кезде дәйекті түрде өсетін белгілі бір φ_0 мәніне жақындаған жағдайда адсорбенттің сіңуінің жоғарылауы байқалады.

Алынған мәліметтерден зерттелетін МММ, ФМЭА және МММ•ФМЭА препараттардың атмосфераның салыстырмалы ылғалдылығы 80% болған кезде төменгі тепе-теңдік ылғалдылыққа ие, бұл физика-химиялық және тауарлық қасиеттері, күзгі-көктемгі және қысқы жағдайларда препараттарды алу мен сақтаудың негізі болып табылады.

3. Топырақ ылғалдылығы 30% және 50% тапшылығында тұқымның өнгіштігі мен өсу энергиясына МММ•ФМЭА қос қосылысының жоғары әсер ету дәрежесі анықталды.

Қаржыландыру: Жұмыс "А.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты" АҚ-да ҚР ҰҚМ Ғылым комитеті іске асыратын 2025-2026 жылдарға арналған ғылыми зерттеулерді нысаналы қаржыландыру бағдарламасы шеңберінде BR27101179 бағдарламасы бойынша орындалды.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар арасындағы мүдделер қақтығысы жоқ.

ПОЛУЧЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ПРОТРАВЛИВАНИЯ СЕМЯН И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ

Х.С.Тасибеков, С.Усманов¹, Г.Т. Омарова¹, У.М. Тойпасова¹, Э.Н. Рамазанова¹, Ш. Байбацаева¹, Н.Н. Есеркеева¹, Р.У. Махмудов², Х.С. Усманов²

¹ АО "Институт химических наук имени А.Б. Бектұрова", Алматы, Казахстан

² ТОО "Научно-производственное объединение "Ана-Жер"" , Алматы, Казахстан

E-mail: toypasova@mail.ru

Резюме. Используемые в настоящее время на посевах зерновых культур протравители семян имеют второй класс токсичности, что негативно влияет на почвенное плодородие, рост развития растений и качество получаемой продукции. Практические значения имеют создания малотоксичного комплексного препарата полифункционального действия, обладающий протравливающим и стимулирующим эффектом роста развития растений, положительно влияющие на микрофлору почвы, урожайность и качество зерновой продукции. В данной статье ставится задача получения действующего вещества полифункционального действия на основе монометилломочевина (МММ) и фосфат моноэтаноламина (ФМЭА), исследования его физико-химических характеристик, а также влияния на всхожесть и энергию прорастания семян яровой мягкой пшеницы при дефиците почвенной влаги на 30% и 50%. Определена зависимость равновесной влажности от относительной влажности атмосферы для исходных МММ, ФМЭА и двойного соединения МММ•ФМЭА. Для всех изотерм наблюдается увеличение поглощения адсорбента при условии приближения относительного давления адсорбтива к определенному значению p_0 , последовательно возрастающему при переходе от МММ•ФМЭА к ФМЭА и МММ. Из полученных данных следует, что исследуемые МММ, ФМЭА и МММ•ФМЭА имеют малую равновесную влажность до относительной влажности атмосферы 80%, что является основой получения и хранения препаратов в осенне-весенних и зимних условиях с хорошими физико-химическими и товарными характеристиками. Установлена высокая степень влияния двойного соединения МММ•ФМЭА на всхожесть и энергии прорастания семян при дефиците почвенной влаги на 30% и 50%.

Ключевые слова: Действующее вещество, монометилломочевина, фосфат моноэтаноламин, физико-химические характеристики.

<i>Тасибеков Хайдар Сулейменович</i>	<i>Кандидат химических наук, ассоциированный профессор</i>
<i>Усманов Султан</i>	<i>Доктор технических наук, профессор</i>
<i>Омарова Гаухар Тунгушпаевна</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Тойпасова Улжан Масимжановна</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Рамазанова Эльзира Нурадиловна</i>	<i>Научный сотрудник</i>
<i>Байбацаева Шынар</i>	<i>Младший научный сотрудник</i>
<i>Есеркеева Назгуль Нуркасымовна</i>	<i>Научный сотрудник</i>
<i>Махмудов Равшан Умарович</i>	<i>Заместитель генерального директора</i>
<i>Усманов Хазрет Султанович</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

Әдебиеттер

1. Белицкая М.Н., Грибуст И.Р., Байбакова Е.В., Нефедьева Е.Э., Шайхиев И.Г. Исследование и сравнительный анализ действующих веществ современных протравителей зерновых культур. Вестник технологического университета. **2015**. Т.18. №9. 32-36. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-sravnitelnyy-analiz-deystvuyuschih-veschestv-sovremennyh-protraviteley-zernovyh-kultur>.
2. Усманов С., Омарова Г.Т., Ибрагимов А.Б. и др. Получение действующего вещества для протравливания семян хлопчатника на основе метилендимочевины и парааминобензойной кислоты и изучение его физико-химических характеристик. Химический журнал Казахстана. **2024**. №3. 45-55.
3. Науанова А., Жеделбаева А., Алгожина А. Жакипова А. Характер воздействия пестицидов на рост и развитие актиномицетов. Izdenister Natigeler. **2024**. №3(103), 205–213. DOI:10.37884/3-2024/23
4. Усманов С., Идрисов. Д.А., Елешев Р.Е., Махмудов Р.У., Калкабаева А.М. Восстановление плодородия почв, защита и питание растений. Стратегическая политика ТОО Агропромышленный концерн “Сункар” в решении проблем. – Алматы: Даур. – **2003**. – 404 с.
5. Михеева В.И. Метод физико-химического анализа в неорганическом синтезе. М.: Наука, **1977**. 272 с.
6. ГОСТ 20851.1-75. Удобрения минеральные. Методы определения содержания азота. 212 с.
7. Цфасман А.Б. Аналитический контроль в производстве карбамидных смол. Москва: Лесная промышленность, **1975**. 134 с.
8. Кононова М.М. Органические вещества почвы. М.: Наука, **1979**. 314 с.
9. Пестов Н.Е. Некоторые частные случаи методики определения гигроскопичности // Хим. пром. **1954**. №1. С. 43-45.

References

1. Belitskaya M.N., Gribust I.R., Baybakova E.V., Nefed'eva E.E., Shaikhiev I.G. *Research and comparative analysis of active substances of modern seed treatment agents for grain crops. [Bull. of the Technological University]* **2015**, 9 (18), 32-36. (In Russ). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-sravnitelnyy-analiz-deystvuyuschih-veschestv-sovremennyh-protraviteley-zernovyh-kultur>.
2. Usmanov S., Omarova G.T., Ibragimov A.B. and others. Preparation of the active substance for pickling cotton seeds based on methylene urea and paraaminobenzoic acid and the study of its physico-chemical characteristics. Chemical Journal of Kazakhstan. **2024**. No.3. 45-55.
3. Nauanova A., Zhedelbaeva A., Algozhina A. Zhakipova A. The nature of the impact of pesticides on the growth and development of actinomycetes. Izdenister Natigeler. **2024**. №3(103), 205–213. DOI:10.37884/3-2024/23
4. Usmanov S., Idrisov D.A., Eleshev R.E., Makhmudov R.U., Kalkabayeva A.M. Restoration of soil fertility, protection and nutrition of plants. The strategic policy of Agroindustrial Concern Sunkar LLP in solving problems. Almaty: Daur, **2003**, 404 p.
5. Mikheeva V.I. Method of physico-chemical analysis in inorganic synthesis. Moscow: Nauka, **1977**. 272 p.
6. State Standard 20851.1-75. Mineral fertilizers. [Methods for determining nitrogen content]. 212 p. (In Russ).
7. Tsfasman A.B. Analytical control in the production of urea resins. [Moscow: Lesnaya Promyshlennost]. **1975**, 134 p. (In Russ).
8. Kononova M.M. Organic substances of the soil. [Moscow: Nauka]. **1979**, 314 p. (In Russ).
9. Pestov N.E. Some special cases of methods for determining hygroscopicity //Chemical Industry **1954**. No. 1. pp. 43-45. (In Russ).

RESEARCH INTO COMPOSITIONS FOR REMOVING ASPHALT-PARAFFIN DEPOSITS

Z.A.Tleugaliyeva¹, A.Sh.Akkenzheyeva¹, M.B.Turkmenbayeva¹,
Y.O.Ayapbergenov^{2*}, A.K.Shakirova³

¹NJSC “Caspian University of Technology and Engineering named after Sh. Esenov”, Aktau, Kazakhstan

²Branch of “KMG Engineering” LLP “KazNIPImunaigas”, Aktau, Kazakhstan

³JSC “A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences”, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: e.ayapbergenov@kmge.kz

Abstract: This article presents the results of laboratory studies on the effectiveness of compositions developed to remove asphalt-resin-paraffin deposits (ARPD), which form during oil production and transportation. ARPDs are solid organomineral deposits consisting mainly of paraffins, asphaltenes, resins, and mechanical impurities. They are deposited on the internal surfaces of oilfield equipment, reducing productivity and causing operational complications. This issue is particularly pertinent in fields in the Mangystau region, where the oil has a high paraffin content. As part of the study, the composition of paraffin-type ASPOs selected from different parts of the field was investigated. Based on the obtained data, hydrocarbon-based compositions (pentane-hexane fraction) were developed, incorporating non-ionic and anionic surfactants (OP-10 and Sulfonol) to provide a synergistic dissolution and dispersion effect. Laboratory studies conducted at temperatures of 25 °C and 60 °C revealed that temperature significantly impacts the rate and depth of ARPD dissolution. Compositions containing more than 6 % surfactants are up to 100 % effective at removing and dissolving ARPDs. At lower temperatures (25 °C), the efficiency of ARPD removal exceeds 98 %, making the compositions suitable for use in conditions of limited or no thermal exposure. The proposed compositions are highly efficient at destroying and removing solid deposits in a short time and contribute to reducing operating costs and increasing the reliability of oilfield equipment.

Key words: asphalt-resin-paraffin deposits, solvents, surfactants, composition, formulations, solubility, removal capacity, cleaning capacity, pentane-hexane fraction.

<i>Tleugaliyeva Zhanetta Askhatovna</i>	<i>First-year Master's student; E-mail: zh.tleugaliyeva@kmge.kz</i>
<i>Akkenzheyeva Anar Shynabayevna</i>	<i>Candidate of Sciences in Technology; E-mail: anar.akkenzheyeva@yu.edu.kz</i>
<i>Turkmenbayeva Maira Bekbolatovna</i>	<i>Candidate of Sciences in Chemistry; E-mail: maira.turkmenbayeva@yu.edu.kz</i>
<i>Ayapbergenov Yerbolat Ozarbayevich</i>	<i>Candidate of Sciences in Technology; E-mail: E.Ayapbergenov@kmge.kz</i>
<i>Shakirova Ainur Kyzyrbekovna</i>	<i>Candidate of Sciences in Chemistry; E-mail: sh_ainura1029@mail.ru</i>

Citation: Tleugaliyeva Z.A., Akkenzheyeva A.Sh., Turkmenbayeva M.B., Ayapbergenov Y.O., Shakirova A.K. Research into compositions for removing asphalt-paraffin deposits. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 114-122. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.40>

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ

**Ж.А.Тлеугалиева¹, А.Ш.Аккенжеева¹, М.Б.Туркменбаева¹,
Е.О.Аяпбергенов^{2*}, А.К.Шакирова³**

¹НАО «Каспийский университет технологии и инжиниринга имени Ш. Есенова», Актау, Казахстан

²Филиал ТОО «КМГ Инжиниринг» «КазНИПИмунайгаз», Актау, Казахстан

³АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

*E-mail: e.ayapbergenov@kmgc.kz

Резюме. В статье представлены результаты лабораторных исследований разработанных эффективных композиций, предназначенных для удаления асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), образующихся в процессе добычи и транспортировки нефти. АСПО представляют собой твёрдые органоминеральные осадки, состоящие преимущественно из парафинов, асфальтенов, смол и механических примесей, которые откладываются на внутренних поверхностях нефтепромыслового оборудования, снижая его производительность и вызывая осложнения в эксплуатации. Особенно актуальна данная проблема для месторождений Мангистауского региона, где нефть характеризуется повышенным содержанием парафинов. В рамках работы изучен состав АСПО парафинового типа, отобранных с различных участков исследуемого месторождения. На основе полученных данных были разработаны композиции на углеводородной основе (пентан-гексановая фракция) с добавлением неионогенного и анионного поверхностно-активных веществ (ОП-10 и сульфонол), обеспечивающих синергетический эффект растворения и диспергирования. Результаты лабораторных исследований при температурах 25 °С и 60 °С показали, что температурный режим оказывает существенное влияние на скорость и глубину растворения АСПО. Композиции, содержащие более 6 % ПАВ, обеспечивают эффективность удаления и растворения АСПО до 100 %. При пониженных температурах (25 °С) эффективность удаления АСПО превышает 98 %, что делает составы пригодными для применения в условиях ограниченного или отсутствующего термического воздействия. Предложенные композиции демонстрируют высокую эффективность в разрушении и удалении твёрдых отложений за короткое время, способствуют снижению эксплуатационных затрат и повышению надёжности работы нефтепромыслового оборудования.

Ключевые слова: асфальтено-смоло-парафиновые отложения, растворители, поверхностно-активные вещества, композиция, составы, растворяющая способность, удаляющая способность, моющая способность, пентан-гексановая фракция.

<i>Тлеугалиева Жанетта Аскарровна</i>	<i>Магистрант первого года обучения</i>
<i>Аккенжеева Анар Шынабаевна</i>	<i>кандидат технических наук</i>
<i>Туркменбаева Майра Бекболатовна</i>	<i>кандидат химических наук</i>
<i>Аяпбергенов Ерболат Озарбаевич</i>	<i>кандидат технических наук</i>
<i>Шакирова Айнур Кызырбековна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

1. Введение

Образование асфальтено-смолисто-парафиновых отложений (АСПО) нефти является одной из наиболее актуальных проблем, влияющих на обеспечение бесперебойного процесса нефтедобычи. На протяжении всего срока эксплуатации нефтегазовых месторождений парафиноотложение остается одной из наиболее острых и технологически сложных задач, возникающих в процессе добычи, транспортировки и переработки нефти [1, 2]. АСПО формируются вследствие выпадения из нефти высокомолекулярных компонентов – парафинов, смол и асфальтенов – при

изменении термобарических условий и фазового состава в процессе её движения от продуктивного пласта к устью скважины, а также в ходе последующего транспорта по магистральным трубопроводам. Накопление АСПО в проточной части нефтепромыслового оборудования и на внутренней поверхности трубопроводов приводит к снижению общей производительности системы, сокращению межремонтного периода эксплуатации скважин, а также снижению эффективности работы насосных установок [3, 4]. Особую актуальность проблема АСПО приобретает в регионах, таких как Мангистауская область, где нефть характеризуется высоким содержанием парафинов.

Известно [4–7], что по своему составу АСПО представляют собой сложную многокомпонентную систему, включающую асфальтены, парафины, смолы и механические примеси, а также незначительное количество нефти и воды, удерживаемых в поровом пространстве отложений. Основными компонентами, принимающими непосредственное участие в формировании АСПО, являются асфальтены и парафины. Смолы не участвуют непосредственно в процессе образования отложений, однако сооткладываются вместе с асфальтенами, способствуя стабилизации структуры осадка. Парафины представляют собой неполярные и неароматические соединения, неспособные к самопроизвольной ассоциации. Они хорошо растворимы в легких алканах и склонны к кристаллизации при понижении температуры. Асфальтены, напротив, являются наиболее полярными и ароматическими компонентами нефти, склонными к самосооциации даже в сильно разбавленных растворах; они нерастворимы в алканах и не кристаллизуются при охлаждении. Удаление АСПО с применением органических растворителей представляет собой комплексный физико-химический процесс, включающий одновременно растворение и диспергирование компонентов отложений. Существенные различия в растворимости парафинов, асфальтенов и смол в различных классах углеводородов обуславливают необходимость тщательного подбора растворяющей и удаляющей композиции с учетом молекулярной природы каждого из компонентов АСПО.

В практике нефтедобычи борьба с отложениями АСПО осуществляется по двум основным направлениям: предотвращение их образования и удаление уже сформировавшихся отложений. Оба подхода реализуются с применением как физических, так и химических методов воздействия [8].

Использование растворителей для удаления уже сформировавшихся твердых отложений АСПО является одним из наиболее известных и широко применяемых методов интенсификации технологических процессов добычи, транспортировки и переработки нефти [9].

В патентных работах, представленный в [10, 11] рассмотрены составы композиций для удаления АСПО. Однако их применение сопровождается рядом недостатков, таких как недостаточная эффективность (менее 95 % по отношению к АСПО), высокая продолжительность и энергоёмкость

процесса, а также значительная стоимость, обусловленная дефицитом химических реагентов, входящих в состав композиции. Последние, как правило, представляют собой продукты или полупродукты нефтепереработки с высокой стоимостью. Дополнительным ограничением является использование токсичных ароматических углеводородов в качестве растворителя.

Таким образом, нами проведены научные исследования, направленные на разработку эффективной композиции для растворения и удаления твердых отложений АСПО, обладающей доступностью и не токсичностью.

2. Экспериментальная часть

Поставленная задача для растворения и удаления АСПО решается тем, что был разработан состав на основе пентан-гексановой фракций, неионогенного поверхностно-активного вещества и анионоактивного поверхностно-активного вещества (сульфонол). Для повышения эффективности растворения и удаления АСПО в состав композиции введена смесь неионогенного и анионоактивного ПАВ – ОП-7 и сульфонол (синергетический эффект) [10].

Для определения эффективности растворения АСПО из твёрдых отложений АСПО формируют образцы в виде шарика диаметром 10–15 мм. Взвешивают на аналитических весах без сетки и вместе с сеткой. Для определения эффективности удаления АСПО поверхность формы отшлифовывается шлифовальной бумагой №0, обезжиривается ацетоном, высушивается и определяется ее масса. После навеску АСПО расплавляют на водяной бане с температурой $(80 \pm 0,5)^\circ\text{C}$, гомогенизируют перемешиванием, далее содержимое стакана заливают в форму. Лишняя часть отложения снимается с формы при помощи металлической пластины тогда, когда отложение не полностью застыло. Поверхность нанесённого слоя АСПО должна быть ровной, отложение должно заполнить весь объем формы. Форму с АСПО оставляют на сутки для высыхания до постоянной массы на открытом воздухе. Перед проведением испытаний определяют массу формы с АСПО, образцы АСПО без корзины и с корзиной.

Для оценки эффективности формы АСПО опускают в стакан с составом объёмом 50–100 см³. Время опыта для растворения АСПО не более 3 часов, для удаления АСПО – не более 1 часа. Температура эксперимента плюс 25 °C и не выше 60 °C. По истечению времени формы извлекают, высушивают в течение 24 часов и взвешивают. Для каждого образца проведено не менее двух параллельных определений.

Эффективность рассчитывают по формуле:

$$\Xi = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \% \text{ масс.}$$

За результат анализа принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2}{2}$$

3. Результаты и обсуждение

В процессе лабораторных исследований изучен состав АСПО, отобранных с различных участков исследуемого месторождения. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Состав отложений АСПО с различных участков исследуемого месторождения

Образец	Содержание, % масс.				П/(А+С)	Тип отложений
	парафины	асфальтены	смолы	мех. прим.		
№1	19.3	0.5	9.8	9.2	1.9	парафиновый
№2	12.4	1.9	7.0	11.03	1.4	парафиновый
№3	19.2	0.6	10.0	66.8	1.8	парафиновый
№4	20.6	0.1	7.7	0.2	2.6	парафиновый
№5	19.3	0.1	6.5	2.8	2.9	парафиновый
№6	19.2	0.2	7.5	2.8	2.5	парафиновый
№7	18.0	0.5	6.7	7.1	2.5	парафиновый
№8	17.2	0.2	6.0	0.1	2.8	парафиновый
<i>среднее</i>	<i>18.2</i>	<i>0.5</i>	<i>7.7</i>	<i>12.5</i>	<i>2.3</i>	<i>парафиновый</i>

Лабораторные исследований показали, что образцы АСПО относятся к парафиновому типу с температурой плавления 74 °С, и количественно содержат (% масс.): механические примеси – 0,1...66,8; асфальтены – 0,1...1,9; парафины – 12,4...20,6 и смолы – 6,0...10,0.

В таблице 2 представлен состав исследуемых композиций, условия проведения экспериментов и полученные результаты.

Таблица 2 – Состав композиций для удаления АСПО

Параметры	Результаты					
	№1	№2	№3	№4	№5	№6
Составы, %						
ОП-10	–	1.75	3.5	10.5	21,0	33.25
сульфанол	–	0.5	1.0	3.0	6.0	9.5
ПГФ	100.00	97.75	95.5	86.5	73.0	57.25
Эффективность, %						
Растворения АСПО в течение 3 ч. при 25 °С	64.33	96.4	95.21	95.77	94.2	97.05
Растворения АСПО в течение 3 ч. при 60 °С	71.65	98.82	100	99.44	99.26	99.4
Удаления АСПО в течение 1 ч. при 25 °С	69.1	95.92	96.85	96.09	96.87	97.69
Удаления АСПО в течение 1 ч. при 60 °С	75.77	99.87	100	99.9	100	100
Моющая способность при 25 °С	64.3	96.4	95.2	95.8	94.2	97.1
Моющая способность при 60 °С	71.7	98.8	100	99.5	99.3	99.4

Проведенные исследования показали, что температурный режим оказывает существенное влияние на эффективность композиций, предназначенных для удаления отложений АСПО. Во всех случаях повышение температуры от 25 °С до 60 °С способствовало увеличению степени растворения, удаления и отмыва АСПО.

В первую очередь была оценена эффективность применения индивидуального растворителя (состав №1). Согласно результатам проведенных исследований, эффективность контрольного состава №1 в отношении разрушения и растворения АСПО не превышает 76 %. Это указывает на недостаточную способность индивидуального растворителя к удалению твердых АСПО. Для повышения эффективности композиции необходимо формирование поликомпонентного состава, обладающего универсальными свойствами по отношению к различным типам АСПО. Для решения данной задачи были разработаны композиции, содержащие смесь неионогенного и анионного ПАВ, способствующих улучшению удаляющей и растворяющей способности компонентов АСПО.

Составы №№2...6 обеспечили высокую эффективность (более 99 %) как при растворении, так и при удалении сформированных твердых отложений АСПО, что также подтверждается их выраженной моющей способностью. Высокая эффективность данных составов обусловлена синергетическим действием растворителя (ПГФ) и ПАВ, а также оптимальным соотношением полярных и неполярных компонентов. Такие

составы обеспечивают не только растворение твердой фазы АСПО, но и эффективную десорбцию с поверхностей трубопроводов и оборудования (удаление АСПО).

Визуальное наблюдение за процессом взаимодействия показало, что при применении исследуемых композиции в первые же часы наблюдается набухание и частичное растворение образцов АСПО, а полное растворение достигается в течение трех часов. Установлено, что с увеличением содержания ПАВ в композициях по отношению к растворению, удалению и отмыванию АСПО возрастает пропорционально, достигая 100 %, в отличие от контрольного индивидуального углеводородного растворителя (состав №1).

Следует отметить, что исследуемые композиции сохраняют высокую эффективность и при 25 °С, что представляет собой важное практическое преимущество для их применения в условиях пониженных температур и при невозможности предварительного подогрева системы.

Результаты испытаний разработанных композиций показали, что заявленный состав обеспечивает эффективность удаления АСПО с поверхности, достигающую 98 % при температуре 25 °С и 100 % при 60 °С в течение 1 часа. При прочих равных условиях эффективность растворения твердых отложений АСПО при 25 °С составляет до 99 %, а при 60 °С достигает полное растворение в течение трех часов.

Таким образом, применение разработанной композиции позволит эффективно растворять и удалять твердые органические отложения с поверхности нефтепромысловых оборудования как при пониженных, так и при повышенных температурах за короткий промежуток времени. Применение данных композиции позволят снизить эксплуатационные затраты нефтедобычи, а также решить процессы осложнения нефтедобычи, вызванных высоким содержанием высокомолекулярных компонентов нефти.

4. Заключение

На основании представленных в работе результатов можно сделать вывод, что разработанные композиций обладают высокой эффективностью в отношении растворения и удаления твердых АСПО, а также характеризуются выраженными моющими свойствами.

Испытанные составы на основе пентан-гексановой фракции с добавлением неионогенных и анионных ПАВ показали выраженный синергетический эффект, обеспечивающий универсальность и адаптируемость к различным условиям эксплуатации, включая низкотемпературные режимы. Разработанные композиции могут быть успешно применимы в системах добычи и транспортировки нефти, обеспечивая эффективное решение задачи борьбы с твердыми АСПО. Представленные разработки обладают высоким потенциалом для внедрения

в нефтегазовой отрасли Казахстана, что открывает перспективы дальнейшей оптимизации рецептур и интеграции данного подхода.

Конфликт интересов: в работе отсутствует конфликт интересов между авторами.

АСФАЛЬТ-ШАЙЫР-ПАРАФИН ШӨГІНДІЛЕРІН КЕТІРУГЕ АРНАЛҒАН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚҰРАМДАРДЫ ЗЕРТТЕУ

Ж.А. Тлеугалиева¹, А.Ш. Аккенжеева¹, М.Б. Туркменбаева¹, Е.О. Аяпбергенов², А.К. Шакирова³

¹*«Ш. Есенов атындағы Каспий мемлекеттік технологиялар және инжиниринг университеті» КЕАҚ, Ақтау, Қазақстан*

²*«КМГ Инжиниринг» ЖШС филиалы «ҚазақмұнайгазГЗЖИ», Ақтау, Қазақстан*

³*«А.Б. Бектуров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Уалиханов көшесі, Алматы, Қазақстан*

**E-mail: e.ayapbergenov@kmg.kz*

Түйіндемe. Мақалада мұнай өндіру және тасымалдау барысында пайда болатын асфальт-шайыр-парафин (АШП) шөгінділерін кетіруге арналған тиімді композициялардың зертханалық зерттеу нәтижелері келтірілген. АШП шөгінділері – негізінен парафиндерден, асфальтендерден, шайырлардан және механикалық қоспалардан тұратын қатты органоминаралдық тұнбалар болып табылады, олар мұнай кен орындарындағы жабдықтардың ішкі беттеріне шөгіп, жүйенің өнімділігін төмендетіп, пайдалану үдерісінде түрлі қиындықтар туындатады. Бұл мәселе әсіресе парафин мөлшері жоғары болатын Маңғыстау өңіріндегі кен орындары үшін өзекті. Зерттеу аясында кен орнының әртүрлі учаскелерінен алынған парафиндік типтегі АШП шөгінділерінің құрамы зерттелді. Алынған мәліметтер негізінде көмірсутек негізіндегі (пентан-гексан фракциясы) және беттік-белсенді заттардың (ББЗ) – бейионды (ОП-10) және аниондық (сульфонол) қоспалары бар композициялар әзірленді. Бұл компоненттер АШП құрылымын ерітіп, диспергирлеу процесінде синергетикалық әсер береді. 25 °C және 60 °C температурада жүргізілген зертханалық тәжірибелердің нәтижелері температуралық режимнің АШП еріту жылдамдығы мен тереңдігіне айтарлықтай әсер ететінін көрсетті. Құрамында 6 %-дан астам ББЗ бар композициялар АШП-ны еріту мен кетірудің 100 % тиімділігін қамтамасыз етеді. Төмен температура жағдайында (25 °C) АШП-ны кетіру тиімділігі 98 %-дан асады, бұл әзірленген құрамдарды жылулық әсер шектеулі немесе мүлде жоқ жағдайда қолдануға мүмкіндік береді. Ұсынылған композициялар қысқа уақыт ішінде қатты шөгінділерді тиімді ерітіп, кетіру арқылы мұнай өндірісіндегі жабдықтардың сенімділігін арттырып, пайдалану шығындарын азайтуға ықпал етеді.

Түйін сөздер: асфальт-шайыр-парафин шөгінділері, еріткіштер, беттік-белсенді заттар, композиция, құрам, еріткіштік қабілеті, кетіру қабілеті, жуу қабілеті, пентан-гексан фракциясы.

<i>Тлеугалиева Жанетта Аскарровна</i>	<i>бірінші курс магистранты</i>
<i>Аккенжеева Анар Шынабаевна</i>	<i>техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Туркменбаева Майра Бекболатовна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Аяпбергенов Ерболат Озарбеович</i>	<i>техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Шакирова Айнура Кызырбековна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты,</i>

References

1. Mätiyev K.I., Samedov A.M., Alsafarova M.E., Hasanov Kh.I., Nurullaev V.Kh. Prevention of asphaltene-resin-paraffin deposits in the process of oil transportation. *SOCAR Proceedings*. **2024**, 2, 101–104. DOI: 10.5510/OGP20240200973
2. Javdani M., Shakouri S., Mohammadzadeh-Shirazi M. Experimental assessment of chemical solvents for asphaltic sludge removal to mitigate formation damage in oil reservoirs. *Sci Rep*. **2025**, 15(1), 1–12. DOI: 10.1038/s41598-025-06062-1

3. Mitroshin A.V. Determination of the minimum measures in the well to prevent the formation of asphalt-resin-paraffin deposits. *Perm Journal of Petroleum and Mining Engineering*. **2021**, 21(2), 94–100. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.2.7
4. Saadon S., Rahman R.N.Z.R.A., Kamarudin N.H.A., Shahrudin S., Shafian S.R.M., Wazir N.A., Ali M.S.M. Novel approach of tackling wax deposition problems in pipeline using enzymatic degradation process: challenges and potential solutions. *Processes*. **2024**, 12, 2074. DOI: 10.3390/pr12102074
5. Stratiev D., Nikolova R., Veli A., Shishkova I., Toteva V., Georgiev G. Mitigation of asphaltene deposit formation via chemical additives: a review. *Processes*, **2025**, 13, 141. DOI: 10.3390/pr13010141
6. Rogel E., Lezcano M., Yee N., Witt M. Effect of aging on deposit characteristics obtained by crude oil blending. *Energy Fuels*. **2023**, 37, 1848–1856. DOI: 10.3390/resources13060086
7. Ghamartale A.; Rezaei N.; Zendehboudi S. Alternation of asphaltene binding arrangement in the presence of chemical inhibitors: molecular dynamics simulation strategy. *Fuel*. **2023**, 336, 127001. DOI: 10.1016/j.fuel.2022.127001
8. Mitroshin A.V. Determination of minimum well interventions to prevent asphalt-resin-paraffin deposits formation. *Nedropolzovanie*. **2021**, 21(2), 94–100. DOI: 10.15593/2712-8008/2021.2.7
9. Shram V.G., Orlovskaya N.F., Ivanova S.I., Kramarenko V.A. Problems and methods of combating asphalt-paraffin deposits. *News of Tula State University. Technical Sciences*. **2022**, 5, 186–191. DOI: 10.24412/2071-6168-2022-5-186-191
10. Patent No. 36845 Republic of Kazakhstan. IPC C09K 8/524. E21B 37/06. Composition for removing asphaltene-resin-paraffin. Ayapbergenov E.O., Tazhenbaeva U.Zh., Uginisov M.A.; applicant and patent holder Ayapbergenov E.O. **2023.0238.1**, filed 04.04.2023, published 12.07.2024 Bulletin No. 28'2024.
11. Sanati A., Malayeri M.R., Busse O., Weigand J.J. Inhibition of asphaltene precipitation using hydrophobic deep eutectic solvents and ionic liquid. *J. Mol. Liq.* **2021**, 334, 116100. DOI: 10.1016/j.molliq.2021.116100

NEW ANION EXCHANGERS AND THEIR SORPTION PROPERTIES TOWARD CHROMIUM (VI) AND VANADIUM (V) IONS

***K.A. Sadykov^{1,2}, N.A. Bektenov^{1,2}, T.K. Chalov¹, K.T. Serikbayeva¹
F.Ye.Yerbolova¹, Ye.A. Kuznetsova¹,**

¹JSC Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan

²NJSC “Abai Kazakh National Pedagogical University”, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: kanat.sadykov.80@bk.ru

Abstract: *Introduction.* This study focuses on the synthesis of a novel anion-exchange material based on glycidyl methacrylate (GMA), methyl methacrylate (MMA), and acrylonitrile (AN), as well as on its ability to sorb heavy metal ions. The dependence of ion-exchanger properties on solution concentration, pH value, and contact time was investigated. *The purpose of the work:* To determine the structure, chemical stability, and optimal conditions for the efficient sorption of chromium (VI) and vanadium (V) ions by the new anion exchanger. *Results and discussions:* The optimal synthesis conditions were found to be 24 hours, a molar ratio of 1:6, and a temperature of 80 °C. The maximum sorption capacity was 509.2 mg/g for vanadium ions at pH 2.8 and 561.6 mg/g for chromium ions at pH 4.5. Kinetic studies showed that equilibrium was reached within 1 hour for vanadium and 2 hours for chromium. *Conclusion:* The new anion exchanger can be effectively applied in non-ferrous and ferrous metallurgy, as well as for the treatment of industrial wastewater from heavy metal ions.

Keywords: anion exchanger, sorption, chromium(VI), vanadium(V), copolymer, ion-exchange resin.

Kanat Amirkulovich Sadykov	Master of Chemistry; E-mail: kanat.sadykov.80@bk.ru
Nesiphan Abzhaparovich Bektenov	Doctor of Chemical Sciences; Professor; E-mail: bektenbna@gmail.com
Chalov Tolegen Kamenovich	Doctor of Chemical Sciences; Professor, E-mail: chalov.45@mail.ru
Serikbayeva Katira Turlykhanovna	Senior Researcher, PhD; E-mail: katira_87@mail.ru
Kuznetsova Yekaterina Alekseevna	Engineer; E-mail: katrinka-2000@mail.ru
Yerbolova Fatima Yerbolkyzy	Engineer; E-mail: yerbolovafatima@gmail.ru

Citation: Sadykov K.A., Bektenov N.A., Chalov T.K., Serikbayeva K.T., Erbolova F.Ye., Kuznetsova Ye.A. New anion exchangers and their sorption properties toward chromium (vi) and vanadium (v) ions. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 3(91), 123-133. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.41>

ЖАҢА АНИОНИТТЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ХРОМ (VI) ЖӘНЕ ВАНАДИЙ (V) ИОНДАРЫНА ҚАТЫСТЫ СОРБЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

К.А. Садықов^{1,2}, Н.А. Бектенов^{1,2}, Т.К. Чалов¹, К.Т. Серикбаева¹, Е.А. Кузнецова¹, Ф.Е. Ерболова¹

¹«Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*E-mail: kanat.sadykov.80@bk.ru

Түйіндемесі. *Кіріспе.* Бұл зерттеу глицидилметакрилат (ГМА), метилметакрилат (ММА) және акрилонитрил (АКН) негізіндегі жаңа анион алмасушы материалдың синтезіне және оның ауыр метал иондарын сорбциялау қабілетіне арналған. Ионалмастырғыштардың қасиеттері ерітінді концентрациясына, рН мәніне және байланыс уақытына тәуелділігі зерттелді. *Жұмыстың мақсаты.* Жаңа аниониттің құрылымын, химиялық тұрақтылығын және хром (VI) мен ванадий (V) иондарын тиімді сорбциялау шарттарын анықтау. *Нәтижелер мен талқылаулар.* Зерттеу барысында синтездің оңтайлы шарттары анықталды: 24 сағат, 1:6 мольдік қатынас, 80 °С. Сорбциялық қасиеттері зерттеліп, ванадий иондары үшін рН 2.8 кезінде 509.2 мг/г және хром үшін рН 4.5 кезінде 561.6 мг/г тең максималды сорбциялық сыйымдылықты көрсетті. Кинетикалық зерттеулер ванадий иондары үшін тепе-теңдікке 1 сағатта, хром иондары үшін 2 сағатта жететіндігі анықталды. *Қорытынды.* Жаңа анионит түсті және қара металлургияда, сондай-ақ өндірістік ағын суларды ауыр металл иондарынан тазартуда тиімді қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: анионит, сорбция, хром(VI), ванадий(V), сополимер, ионалмастырғыш.

<i>Садықов Қанат Амиркулович</i>	<i>химия ғылымдарының магистрі, ғылыми қызметкер</i>
<i>Несіпхан Әбжапарұлы Бектенов</i>	<i>химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Чалов Тулеген Каменович</i>	<i>химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Серикбаева Катира Турлыхановна</i>	<i>PhD</i>
<i>Ерболова Фатима Ерболқызы</i>	<i>инженер</i>
<i>Кузнецова Екатерина Алексеевна</i>	<i>инженер</i>

1. Кіріспе

Ауыр металл иондарымен өнеркәсіптік ағынды сулардың ластануы қазіргі экологиялық қауіптердің алдыңғы қатарында тұр. Тау-кен өндірісі, металл өңдеу, химия, былғары және бояғыш өнеркәсібі сияқты салалар су көздеріне уытты элементтерді шығарып, олардың экожүйелерге және адам денсаулығына әсерін арттыруда [1].

Судағы ауыр металдарды жоюдың тиімді әдістерін әзірлеу – қоршаған ортаны қорғаудың негізгі міндеттерінің бірі. Соңғы жылдары модификацияланған глицидилметакрилат (ГМА) негізіндегі екілік немесе үштік сополимерлерді селективті сорбент ретінде пайдалану қарқынды зерттелуде. Бұл сополимерлер ауыр металл иондарын тиімді байланыстыратын және оларды сулы ерітінділерден шығаруға ықпал ететін хелаттаушы агенттер рөлін атқарады, осылайша қоршаған ортадағы улы заттардың деңгейін реттейді [2].

Хром қосылыстары ең уытты элементтердің қатарына жатады. Техногендік процестер кезінде қоршаған ортаға канцерогенді заттардың, соның ішінде хромның, негізгі көздері қара және түсті металлургия, машина жасау және энергетика кәсіпорындарының көпкомпонентті газ-тозаңды шығарындылары мен ағын сулары болып табылады. Алты валентті хром қосылыстары аса улы болып саналады және жалпы уытты әсерімен қатар адамға мутагендік ықпал жасап, мысалы, мұрын қуысы қатерлі ісігінің пайда болуына әкелуі мүмкін. Cr (VI) типтік метал-сенсбилизатор ретінде ұзақ жазылмайтын жаралар мен дерматоздарды туындатуға қабілетті [3].

Табиғи және техногендік суларда хром көбіне екі тотығу дәрежесінде кездеседі: Cr(III) және Cr(VI). Cr(III) аз мөлшерде биологиялық тұрғыдан маңызды элемент болса, Cr(VI) — жоғары ерігіштігі, қозғалғыштығы және канцерогендігімен ерекшеленеді [4].

Cr (VI) иондары жасуша мембранасынан HCrO_4^- , CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ түрінде өтіп, жасуша ішінде Cr(III)-ке дейін тотықсызданады. Бұл процесс кезінде ДНҚ-ға аддукт түзетін реактивті аралық өнімдер пайда болып, генетикалық зақым келтіреді және қатерлі ісік тудыруы мүмкін [5].

Қазақстанда санитарлық-тұрмыстық судағы ШРК Cr(III) үшін — 0.5 мг/л, Cr(VI) үшін — 0.1 мг/л. Ақтөбе облысындағы зерттеулерде кейбір су айдындарында Cr мөлшерінің бұл шектен бірнеше есе асып түсуі анықталған [6].

Хромның негізгі антропогендік көздері: гальваникалық және металл өңдеу өндірісі; былғары және тоқыма өнеркәсібі; бояғыштар мен пигменттер өндіру; от басуға қарсы құрамдар және ағаш консерванттары [7].

Ванадий (V) қосылыстары экономиканың дамуы мен өнеркәсіптік өндірістің өсуіне байланысты ағынды суларды ластаушы негізгі факторлардың бірі болып отыр. Металлдың кең қолданылуы, соның ішінде кен өндіру, балқыту және қайта өңдеу процестері қоршаған ортаға ванадийдің түсуіне себепші.

Ванадий табиғи суларда көбіне тетра- (V(IV)) және пентавалентті (V(V)) күйінде кездеседі. V (V) су ортасында ванадат аниондары (H_2VO_4^- , HVO_4^{2-}) түрінде болады, олардың тұрақтылығы рН және иондық күшке тәуелді [8].

Қазақстандағы ауыз судағы ванадийдің ШРК — 0.1 мг/л [ГН 2.1.5.689-98]. Металлургия, энергетика, катализатор және пигмент өндірісі, кен-байыту қалдықтары оның негізгі көздеріне жатады [9].

Ванадий қосылыстарының уытты әсері: бауыр және бүйрек зақымдануы; жүйке жүйесіне кері ықпал; ұзақ әсер ету кезінде созылмалы интоксикация.

Су тазартуда қолданылып жүрген иониттердің қасиеттерінің біртіндеп нашарлауы, олардың табиғи органикалық және бейорганикалық қосылыстармен улануының салдары болып табылады және бұл құбылыс суды деминералдандыру үдерісінде ионалмастырғыш шайырларды пайдаланудағы негізгі технологиялық мәселелердің бірі саналады. Мұндай

аниониттер судың жоғары дәрежеде де минералдануын қамтамасыз ете алмайды және нәтижесінде өнеркәсіптік қалдықтарға айналады.

Cr (VI) және V (V) иондарын жоюда анионалмастырғыш шайырлар жоғары тиімділік көрсетеді. Күшті қышқылды аниониттер хроматтар мен дихроматтарға жоғары селективтілік танытып, судағы концентрацияны ≤ 1 мкг/л деңгейіне дейін төмендетуге қабілетті [10].

Ванадий (V) қосылыстарын ионалмастырғыш шайырларда (Purolite A830, S984, Lewatit MonoPlus SR7, Purolite A400TL, Dowex PSR2, PSR3) және микрокеукеті сорбентте (Lewatit AF5) статикалық және колонналық әдістермен жойылуы зерттелді. Нәтижелер рН, адсорбент дозасы, жанасу уақыты мен элюирлеуші агенттердің концентрациясы сорбция тиімділігіне ықпал ететінін көрсетті, сондай-ақ күкірт қышқылы өндірісіндегі қалдық сулардан V (V) және Fe (III) иондарын жоюдың тиімділігі дәлелденді [11].

2.Тәжірибелік бөлім

ГМА, ММА және АКН негізіндегі үштік сополимерлер синтезі

Глицидилметакрилаттың (ГМА), метилметакрилаттың (ММА), акрилонитрилдің (АКН) сополимеризациясы ерітіндідегі радикалды полимеризация әдісімен жүргізіледі. Үш мойынды колбаға араластырғыш, жанаспа термометр және тамшылатып құюға арналған воронка орнатылып, массалық қатынасы 3.0 : 2.0 : 2.0 глицидилметакрилат (ГМА), метилметакрилат (ММА), акрилонитрил (АКН) мономерлерін салып, бензоил пероксидінің (мономер массасының 0.1%) диметилформаидтегі (ДМФА) ерітіндісі қосылады. Қоспа 90 °С температурада 1 сағат бойы қыздырылып, сұйық гель түзілгенше ұсталады да, этил спиртінде тұндырылады. Осыдан кейін полимер гел ДМФА еріткішінде реакцияға түспеген мономерлерден тазарту үшін қайта ерітіліп, этил спиртінде тұндырылады. ГМА–ММА–АКН сополимері вакуумдық кептіргіш шкафта бөлме температурасында тұрақты массаға дейін кептіріледі.

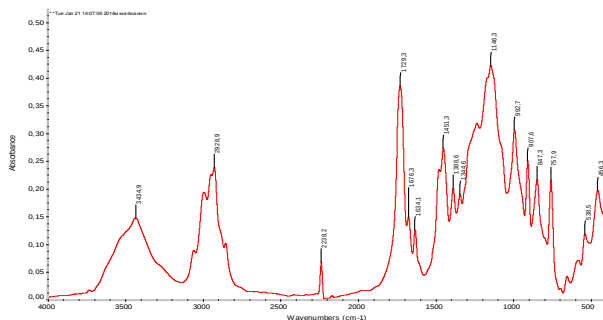
Үштік сополимерлер (ГМА–ММА–АКН) және ПЭИ негізіндегі аниониттер синтезі

Торланған үштік сополимерлердің (ГМА–ММА–АКН) полиэтиленминмен (ПЭИ) аминденуі органикалық еріткіште жүргізілді. Үшмойынды колбаға механикалық араластырғыш, термометр және тамшылатып құюға арналған воронка орнатылды. Колбаға аминнің өлшенді массасы салынып, оған біртіндеп органикалық еріткіштегі сополимер ерітіндісі тамшылатып қосылды. Қоспа қарқынды араластырыла отырып 80°С-қа дейін қыздырылды. Гель түзілгеннен кейін масса фарфор табақшаға түсіріліп, 120–130°С-та 10 сағат қатаюға қалдырылды. Содан соң ұнтақталып, еленіп, түйіршіктердің (0.25–1.00) мм фракциясы алынды. Анионит бірнеше рет еріткішпен жуылып, Соксет аппаратында этилспиртімен экстракцияланды (реакцияға түспеген заттарды жою үшін). 25–30 °С температурада вакуумда тұрақты массаға дейін кептірілді. Кейін

анионит 5 %-дық тұзқышқылы және натрий гидроксиді ерітінділерімен өңделіп, H^+ - формасынан OH^- -формасына ауыстырылды. Соңында сүзінді реакциясы бейтарап болғанша дистилденген сумен шайылды.

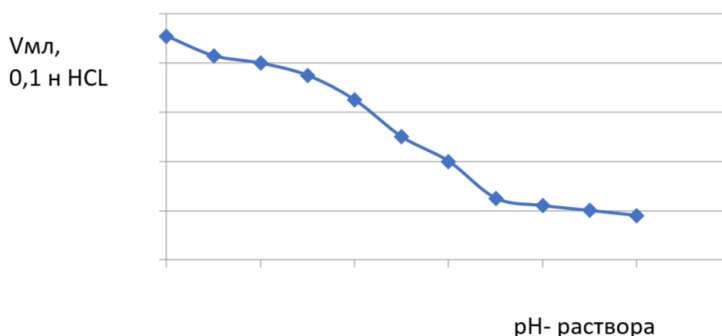
3. Нәтижелер және оларды талқылау

Анионит құрылымы ИК-спектроскопия әдісімен анықталды (сурет 1). Сополимерлердің спектрлеріндегі жұтылу жиіліктерін тағайындау бастапқы мономерлердің ИК-спектр деректеріне негізделді. ГМА спектрлерінде (сурет 1) эпоксициклдің $\text{C}-\text{O}$, $\text{C}-\text{C}$, $\text{C}-\text{H}$ байланыстарының асимметриялық және симметриялық валенттік тербеліс жолақтары ($760, 840, 910, 940, 1015, 1220, 3005$ және 3065) cm^{-1} -де байқалады. 1640 cm^{-1} -дегі жұтылу жиілігі қосбайланыстың валенттік тербелісіне сәйкес келеді. 2239 cm^{-1} аймағындағы жұтылу жолақтары $-\text{C}\equiv\text{N}$ цианид тобының валенттік тербелістеріне тән.



Сурет 1 –Үштік сополимердің (ГМА–ММА–АКН) ИҚ-спектрі.

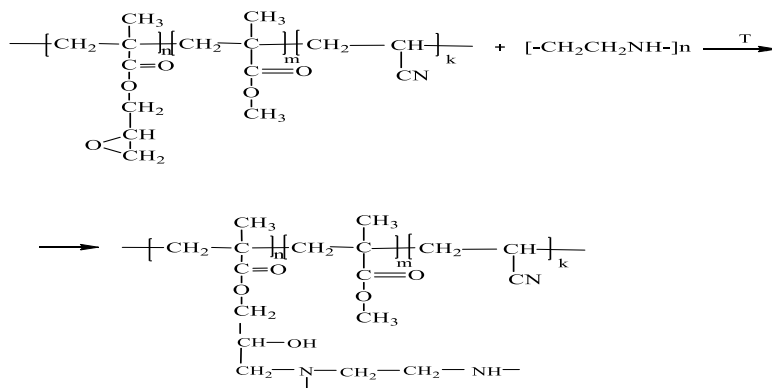
Белсенді топтардың функционалдылығы мен диссоциация дәрежесін анықтау үшін иониттердің потенциометриялық титрлеу қисықтары алынды (сурет 2).



Сурет 2 - (ГМА–ММА–АКН) –ПЭИ анионитінің потенциометриялық титрлеу қисықтары.

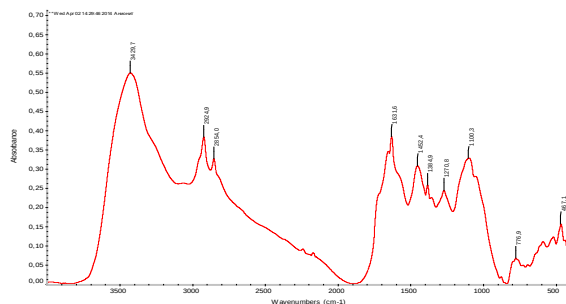
Потенциометриялық титрлеу деректері бойынша ионит орташа негізді полифункционалды ионалмастырғыштар қатарына жатады. Бұл қасиет иониттегі амин топтарының сапалық құрамымен түсіндіріледі.

Сұлба 1. Үштік сополимердің (ГМА–ММА–АКН) және олардың негізіндегі аниониттің (ГМА–ММА–АКН)–(ПЭИ) болжамды құрылымдық формуласы.



ГМА–ММА–АКН сополимерін аминдеуден кейін аниониттің ИК-спектрлерінде эпокситоптарға тән (750, 850, 912, 1000, 1250, 3012 және 3075) см^{-1} жолақтары жойылып, олардың орнына амино- және гидроксил топтарына тән (1500–1650, 3310–3350, 1310, 1420) см^{-1} жаңа жолақтар пайда болды (сурет 3).

ИК-спектр деректері ОН тобы мен үшіншілік амин тобының азот атомдары арасында молекулаішілік сутектік байланыстар бар екенін растады. Сонымен қатар, 1040–1060 см⁻¹ аймағында көміртек қаңқасына және үшіншілік амин топтарына байланысқан ОН топтарының деформациялық тербелістеріне сәйкес жолақтар байқалады. Эпоксидциклдің аминдермен ашылуы нәтижесінде түзілетін екіншілік спирттік ОН топтарының жазықтықтық деформациялық тербелістері 1310–1330 және 1410–1420 см⁻¹-де тіркелді.



Сурет 3 - (ГМА–ММА–АКН–ПЭИ) анионитінің ИҚ-спектрі.

Торланған полиэлектролиттер синтезінің оңтайлы шарттарын айқындау мақсатында реакциялаушы компоненттердің табиғаты мен концентрациясының, температура мен қатаю ұзақтығының аниалмастырғыш полимерлер қасиеттеріне әсері зерттелді.

ГМА–ММА–АКН сополимері негізіндегі аниониттерді алудың ең оңтайлы режимі – компоненттердің (1:6) қатынасы, 80 °С температура және 10 сағат қатаю уақыты болып табылады.

Таблица 1 – ГМА–ММА–АКН сополимері негізіндегі аниониттерді алудың ең оңтайлы режимі

Массалық қатынас (сополимер: ПЭИ)	t°, C	τ, сағат	Шығым η, %	CAC, 0.1 н NaOH ерітіндісі бойынша, мг-экв/г
1.0:6.0	80	10	80	6.90

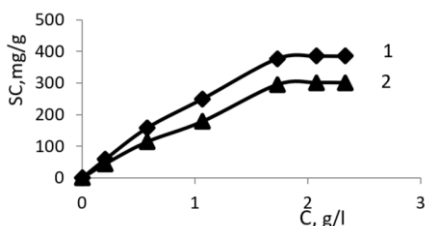
Ванадий (V) және хром (VI) иондарын ГМА–ММА–АКН : ПЭИ негізіндегі анионитпен сорбциялау

Сорбциялық қасиеттері статикалық жағдайда, мерзімді араластыру арқылы, сорбент : ерітінді қатынасы 1:400 болғанда, бөлме температурасында (20±2 °С) полярография әдісімен жүргізілді. Модельдік ерітінділерді дайындау үшін «х.ч.» маркалы NH₄VO₃ (pH 6.4) және K₂Cr₂O₇ (pH 4.5) тұздары қолданылды. Сорбент – ерітінді арасындағы жанасу уақыты 7 тәулікке тең болды.

Сорбциялық сыйымдылық (СС) бастапқы және тепе-теңдік концентрацияларының айырмасы бойынша есептелді. Концентрациялар классикалық полярография әдісімен анықталды:

$$CC = \frac{(c_0 - c_p) \cdot V}{m} \quad (3),$$
 мұнда c_0 және c_p ерітіндідегі металдың бастапқы және тепе-теңдік концентрациялары, г/л; V – ерітіндінің көлемі, л; m – құрғақ иониттің салмағы, г.

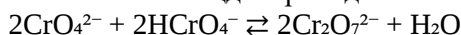
Ионалмастырғыштарды тәжірибелік мақсатта қолдану үшін металл иондарының сорбциясын үдеріс шарттарына байланысты зерттеу қажет. Хром (VI) және ванадий (V) иондарын бөліп алу көбіне ерітінділердің концентрациясына, қышқылдығына, сондай-ақ ионалмастырғыштардың кинетикалық белсенділігіне тәуелді.



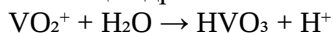
Сурет 4 – NH₄VO₃ (pH 6.4) және K₂Cr₂O₇ (pH 4.5) ерітінділерінен ГМА–ММА–АКН : ПЭИ анионитімен ванадий (V) (1) және хром (VI) (2) иондарын сорбциялау изотермалары. Байланысу уақыты – 7 тәулік.

Сурет 4-тен көрініп тұрғандай, NH_4VO_3 ерітінділеріндегі ванадий мөлшері 0.2 г/л -ден 2.0 г/л-ге артқанда, ГМА–ММА–АКН : ПЭИ анионитінің ванадий иондары бойынша сорбциялық сыйымдылығы (СС) 70.4-тен 385.2 мг/г-ға дейін өседі. Ал $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ерітінділеріндегі хром концентрациясы 0.2 г/л -ден 2.03 г/л-ге көбейгенде, хром (VI) иондары бойынша АС 38.4-тен 236.6 мг/г-ға дейін артады.

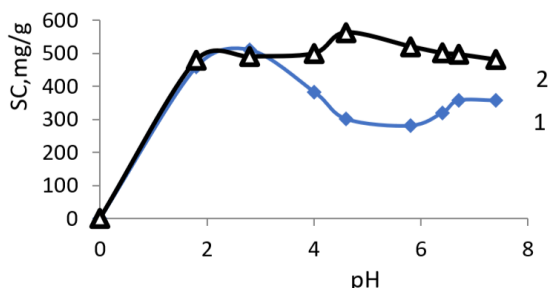
Көпвалентті металл иондарының сорбциясына олардың ерітіндідегі күйі айтарлықтай әсер етеді. Хром құрамды ерітінділерде хром (VI) иондарының концентрациясы мен ерітінді қышқылдығына қарай CrO_4^{2-} , HCrO_4^- , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ аниондары түзілуі мүмкін, олардың арасында мынадай жылжымалы тепе-теңдік орнайды:



Ерітіндінің рН мәніне және ванадийдің жалпы концентрациясына байланысты конденсация дәрежесі де өзгереді. Өте сілтілі және күшті қышқылды ортада мономерлі түрлері болады. $\text{V(V)}\text{--H}_2\text{SO}_4\text{--H}_2\text{O}$ жүйесінде әлсіз қышқылды ерітінділерде ванадий тепе-теңдіктегі моно- және полимерлі түрлері де кездеседі: VO_2^+ , $[\text{H}_2\text{V}_{10}\text{O}_{28}]^{4-}$ (рН 2.0–3.0) және $[\text{HV}_{10}\text{O}_{28}]^{5-}$ (рН 3.0–5.5). Нейтралды ванадий түрі HVO_3 ванадил-катионының гидролизі нәтижесінде түзіледі:



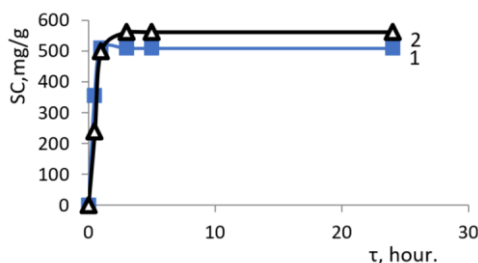
Концентрациясы $10^{-1}\text{--}10^{-4}$ г/л аралығында болғанда, моноядролы бөлшектер ванадийдің тек қышқылды (рН<2) және күшті сілтілі (рН>12) ерітінділерінде ғана кездеседі. Декаванадий қышқылы $\text{H}_6\text{V}_{10}\text{O}_{28}$ су ерітінділерінде оңай 4 протон бөледі және рН 2–6 аралығында болады. рН 5–7 кезінде декаванадат-иондары метаванадат-иондарымен бірге кездеседі. Сондықтан V (V) иондарының ерітіндідегі күйінің өзгеруі олардың аниониттегі сорбция сипатына ықпал етуі мүмкін.



Сурет 5 – NH_4VO_3 және $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ерітінділерінен ГМА–ММА–АКН: ПЭИ анионитімен ванадий (V) (1) және хром (VI) (2) иондарын сорбциялаудың орта қышқылдығына және байланысу уақытына (7 тәулік) тәуелділігі.

рН мәні 1.8-ден 5.1-ге дейін артқанда, хром иондары бойынша СС өсіп, рН 4.5 кезінде ең жоғары мәні 561.6 мг/г-ға жетеді (сурет 5, 2-ші қисық).

Метаванадат-иондарының ең жоғары сорбциясы рН 2.8 кезінде байқалады, бұл кезде АС 509.2 мг/г (сурет 5, 1-ші қисық). рН 5.8–6.4 аралығында ванадий (V) иондары бойынша СС 254.4 мг/г-ға дейін төмендейді. рН 6.4–7.4 аралығында ГМА–ММА–АКН : ПЭИ ионалмастырғышының сорбциялық белсенділігі тұрақты болып қалады (356.4 мг/г).



Сурет 6 – NH_4VO_3 ($C = 2.0$ г/л, рН 2.8) және $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($C = 2.1$ г/л, рН 4.5) ерітінділерінен ГМА–ММА–АКН : ПЭИ анионитімен ванадий (V) (1) және хром (VI) (2) иондарын сорбциялаудың кинетикалық қисықтары.

ГМА–ММА–АКН : ПЭИ анионитінің кинетикалық қасиеттерін зерттеу нәтижесінде ванадий (V) иондарын сорбциялауда тепе-теңдік күй 1 сағатта орнайтыны анықталды (сурет 6). Ал Cr (VI) иондары үшін, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ерітіндісінде ($C = 2.1$ г/л, рН 4.5), тепе-теңдік күйге жету уақыты 2 сағатты құрайды. Салыстырмалы түрде, тиомочевина, эпихлоргидрин және полиэтиленполиамин негізіндегі анионитте ванадий бар ерітіндімен тепе-теңдік орнау уақыты 7 сағаттан асады [12].

4. Қорытынды

Жүргізілген зерттеулер нәтижесінде ГМА–ММА–АКН : ПЭИ анионитінің хром (Cr^{6+}) және ванадий (V) иондарын модельдік ерітінділерден сорбциялау қабілеті мен кинетикалық сипаттамалары жүйелі түрде зерттелді. Сорбциялық процестердің изотермалары, рН-қа тәуелділігі және тепе-теңдік орнау уақыты анықталды. Оптималды сорбция шарттары – бастапқы концентрация, қышқылдық орта және байланысу уақыты – белгіленіп, Cr^{6+} үшін рН = 4.5 кезінде 561.6 мг/г, V(V) үшін рН = 2.8 кезінде 509.2 мг/г сорбциялық сыйымдылығы тіркелді. Алынған деректер жаңа анион алмастырғыштың сорбциялық және кинетикалық қасиеттері өнеркәсіптік жоғары негізді аниониттермен салыстырғанда анағұрлым жоғары екенін көрсетті. Бұл артықшылықтар оның түсті және қара металлургияда, сондай-ақ өндірістік ағын суларды ауыр металл иондарынан, соның ішінде хром (VI) және ванадий (V) иондарынан тиімді тазалау технологияларында қолданылу әлеуетін дәлелдейді.

Қаржыландыру және алғыс: Жұмыс Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті BR27101179 бағдарламасы бойынша іске асыратын 2025-2026 жылдарға арналған ғылыми зерттеулерді нысаналы қаржыландыру бағдарламасы шеңберінде

(келісім шарт №34/ПЦФ-25-26 05.02.2025 ж) орындалды. Бағдарламаның ғылыми жетекшісі Тасибеков Х. С., бағдарлама тақырыбы: (ИРН BR27101179) "Инновациялық экологиялық қауіпсіз көпфункционалды химиялық өнімдер мен материалдарды алудың іргелі негіздері"

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада келтірілген деректер бойынша авторлар арасында мүдделер қақтығысының жоқ екенін мәлімдейді.

НОВЫЕ АНИОНИТЫ И ИХ СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ХРОМА (VI) И ВАНАДИЯ (V)

К.А. Садыков^{1,2}, Т.К. Чалов¹, Н.А. Бектенов^{1,2}, К.Т. Серикбаева¹,
Е.А. Кузнецова¹, Ф.Е. Ерболова¹

¹АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*E-mail: kanat.sadykov.80@bk.ru

Резюме. Введение. Данное исследование посвящено синтезу нового анионообменного материала на основе глицидилметакрилата (ГМА), метилметакрилата (ММА) и акрилонитрила (АКН), а также изучению его способности к сорбции ионов тяжелых металлов. Изучена зависимость свойств ионообменников от концентрации раствора, значения pH и времени контакта. **Цель работы.** Определить структуру, химическую устойчивость нового анионита и оптимальные условия эффективной сорбции ионов хрома (VI) и ванадия (V). **Результаты и обсуждение.** Оптимальные условия синтеза составляют: 24 часа, мольное соотношение 1:6, температура 80 °С. Сорбционная емкость анионита достигала максимума для ионов ванадия — 509.2 мг/г при pH 2.8 и для ионов хрома — 561.6 мг/г при pH 4.5. Кинетические исследования показали, что равновесие устанавливается через 1 ч для ванадия и через 2 ч для хрома. **Вывод.** Новый анионит может эффективно применяться в цветной и черной металлургии, а также для очистки промышленных сточных вод от ионов тяжелых металлов.

Ключевые слова: анионит, сорбция, хром(VI), ванадий(V), сополимер, ионообменник.

Садыков Канат Амиркулович	магистр химических наук
Несіпхан Әбжанарұлы Бектенов	доктор химических наук, профессор
Чалов Тулеген Каменович	доктор химических наук, профессор
Серикбаева Катира Турлыхановна	PhD
Ерболова Фатима Ерболқызы	инженер
Кузнецова Екатерина Алексеевна	инженер

References

- 1.Prasad S. et al. Chromium contamination and effect on environmental health and its remediation: A sustainable approaches. *J. Environ. Manag.* **2021**, Vol. 285, 12174. DOI:10.1016/j.jenvman.2021.112174
- 2.Bektenov N.A., Baidullayeva A.K., Jumadilov T.K., Sadykov K.A. Modified adsorbents based on glycidyl methacrylate copolymers for the removal of copper and lead ions from wastewater. *Eng. sci.* **2024**. T. 31, 1237. DOI:10.30919/es1237
- 3.Kerur S. S. et al. Removal of hexavalent Chromium-Industry treated water and Wastewater: A review. *Mater. Today: Proc.* **2021**. Vol. 42, 1112–1121. DOI:10.1016/j.matpr.2020.12.492
- 4.Zhitkovich A. Chromium in drinking water: sources, metabolism, and cancer risks. *Chem Res Toxicol.* **2011**. Vol. 24(10), 1617–1629. DOI:10.1021/tx200251t
- 5.Sun H., Brocato J., Costa M. Oral chromium exposure and toxicity. *Curr. Environ. Health Rep.* **2015**. Vol. 2(3), 295–303. DOI:10.1007/s40572-015-0054-z
- 6.Салыбекова В.С. Гидрогеологические и гидрогеохимические аспекты очистки подземных вод от загрязнения шестивалентным хромом. Дис. ...д-ра философии : 6D075500 - Гидрогеология и

инженерная геология. Каз. нац. исследовательский техн. ун-т им. К. И. Сатпаева.– Алматы , **2017**. 134.

7. Georgaki M. N. et al. Chromium in water and carcinogenic human health risk. *Environments*. – 2023. – Vol. 10(2). – 33. DOI:10.3390/environments10020033

8. Krakowiak J., Lundberg D., Persson I. A coordination chemistry study of hydrated and solvated cationic vanadium ions. *Inorg. Chem.* **2012**. Vol. 51(18), 9598–9609. DOI: 10.1021/ic300202f

9. Gomes H. I. et al. Vanadium removal and recovery from bauxite residue leachates by ion exchange. *ESPR*. **2016**. Vol. 23(22), 23034–23042. DOI: 10.1007/s11356-016-7514-3

10. Flint L. C., Arias-Paíc M. S., Korak J. A. Removal of hexavalent chromium by anion exchange: non-target anion behavior and practical implications. *Environ. Sci.: Water Res. Technol.* **2021**. Vol. 7(12), 2397–2413. DOI: 10.1039/D1EW00382H

11. **Wolowicz, A.** *Vanadium (V) Removal from Aqueous Solutions and Real Waste waters Using Ion Exchange Resins. Molecules*, **2022**, Vol. 27, No. 17, DOI: 10.3390/molecules27175432.

12. Н.А., Ширинов Ш.Д., Джалилов А.Д., Эшкурбонов Ф.Б. Исследование скорости сорбции ванадия анионитами на основе тиомочевины и эпихлоргидрина. «Наука вчера, сегодня, завтра»: сб. статей по материалам VII Международной научно-практ конф. Новосибирск. **2013**. 4

STUDY OF OIL-CONTAINING WASTES AT THE SITES OF
JSC "OZENMUNAYGAS"

**E.A. Tusupkaliyev, M.T. Oshakbayev, Zh.N. Kaynarbayeva*, U.B. Issayeva., A.Zh. Bayzak,
A.A. Espenbetov, M.N. Baiymbetov, G.A. Uskov, D.A. Turgaliyev, K.A. Manapov**

A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan

**E-mail: zhaniya.kn@gmail.com*

Abstract. *Introduction.* Pollution of lands and water bodies with petroleum products is one of the main environmental problems in the territory of JSC Ozenmunaigas. *The purpose of this work* is to conduct a physico-chemical analysis of oil-containing wastes, such as oil sludge, dirty soil and asphalt-resin-paraffin deposits, using infrared (IR) spectroscopy and gas chromatography-mass spectrometry. Two *methods* were used to analyze the composition of the waste under study: infrared spectroscopy, which allows detecting the presence of various organic and inorganic components, and gas chromatography-mass spectrometry, which provides more accurate information about the chemical composition of hydrocarbon fractions. *The results* of IR spectroscopy showed the presence of water, clay minerals and organic substances, as well as absorption bands characteristic of methyl and methylene groups, aromatic compounds and oxygen-containing functional groups, which indicates the interaction of hydrocarbons with atmospheric oxygen. The data obtained make it possible to judge the composition of oil-containing waste and its possible impact on the environment. The use of such research methods is important for the development of environmental protection measures, including effective ways to clean up contaminated areas and prevent further contamination of reservoirs and soil.

Keywords: oil-containing wastes, FTIR spectroscopy, gas chromatography–mass spectrometry, hydrocarbons, petroleum contamination

Tusupkaliyev Ersin Adietovich	<i>Candidate of Chemical Sciences; E-mail: t_ersin@mail.ru</i>
Oshakbayev Mels Tleuberdiyevich	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor; E-mail: o_mels@mail.ru</i>
Kainarbayeva Zhaniya Nurbekovna	<i>Master; E-mail: zhaniya.kn@gmail.com</i>
Issayeva Ulzhalgas Bakytzhankyzy	<i>PhD; E-mail: ulyajan_1603@mail.ru</i>
Bayzak Assel Zheniskyzy	<i>Master; E-mail: asel6.03.78@mail.ru</i>
Yespenbetov Assylbek Alimbekovich	<i>Doctor of Chemical Sciences; E-mail: yespenbetov@mail.ru</i>
Baiymbetov Mizambek Nurbayevich	<i>Candidate of Chemical Sciences; E-mail: bmizam@mail.ru</i>

Citation: Tusupkaliyev E.A., Oshakbayev M.T., Kaynarbayeva Zh.N., Issayeva U.B., Bayzak A.Zh., Espenbetov A.A., Baiymbetov M.N., Uskov G.A., Turgaliyev D.A., Manapov K.A. Study of oil-containing wastes at the sites of JSC "OZENMUNAYGAS". *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 3(91), 134-143. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.42>

Uskov Grigoriy Alexandrovich	Engineer; E-mail: labfizhim@mail.ru
Turgaliyev Darkhan Abayevich	Engineer; E-mail: darkhanxah@mail.ru
Manapov Kairat Agzamovich	Engineer; E-mail: kairat2436037@gmail.com

ИССЛЕДОВАНИЕ НЕФТЕОТХОДОВ НА ПОЛИГОНАХ АО «ОЗЕНМУНАЙГАЗ»

**Е.А. Тусупкалиев, М.Т. Ошакбаев, Ж.Н. Кайнарбаева*, У.Б. Исаева,
А.Ж. Байзак, А.А. Еспенбетов, М.Н. Баимбетов, Г.А. Усков, Д.А. Турғалиев, К.А. Манапов**

АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

*E-mail: zhaniya.kn@gmail.com

Резюме. *Введение.* Загрязнение земель и водных объектов нефтепродуктами является одной из основных экологических проблем на территории АО «Озенмунайгаз». *Целью* данного исследования является проведение физико-химического анализа нефтесодержащих отходов, таких как нефтешлам, замазученный грунт и асфальтосмолопарафиновых отложений, с применением методов инфракрасной (ИК) спектроскопии и газовой хромато-масс-спектрометрии. Для анализа состава исследуемых отходов использованы два *метода*: инфракрасная спектроскопия, позволяющая выявить наличие различных органических и неорганических компонентов, и газовая хромато-масс-спектрометрия, дающая более точную информацию о химическом составе углеводородных фракций. *Результаты* ИК-спектроскопии показали наличие воды, глинистых минералов и органических веществ, а также полос поглощения, характерных для метильных и метиленовых групп, ароматических соединений и кислородсодержащих функциональных групп, что свидетельствует о взаимодействии углеводородов с кислородом воздуха. Полученные данные позволяют судить о составе нефтесодержащих отходов и их возможном воздействии на окружающую среду. Применение таких методов исследования имеет важное значение для разработки мер по охране экологии, включая эффективные способы очистки загрязненных территорий и предотвращение дальнейшего загрязнения водоемов и почвы.

Ключевые слова: нефтесодержащие отходы, ИК-спектроскопия, газовая хромато-масс-спектрометрия, углеводороды, загрязнение нефтепродуктами

Тусупкалиев Ерсин Адиевич	кандидат технических наук
Ошакбаев Мэлс Тлубердиевич	доктор технических наук, профессор
Кайнарбаева Жания Нурбековна	магистр
Исаева Улжалгас Бакытжанкызы	PhD
Байзак Асел Женискызы	магистр
Еспенбетов Асылбек Алимбекович	доктор химических наук
Баимбетов Мизамбек Нурбаевич	кандидат технических наук
Усков Григорий Александрович	инженер
Турғалиев Дархан Абаевич	инженер
Манапов Кайрат Агзамович	инженер

1. Введение

Нефтегазодобывающая отрасль является одной из ключевых сфер экономики Республики Казахстан, обеспечивая значительную часть доходов государства и промышленного развития. В то же время разработка месторождений нефти и газа сопровождается техногенным воздействием на окружающую среду [1-2].

Месторождение Узень, расположенное в Мангистауской области Западного Казахстана является одним из старейших и наиболее крупных месторождений региона. В процессе длительной эксплуатации здесь накоплено значительное количество нефтесодержащих отходов, а также зафиксированы процессы формирования асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО), что требует проведения углублённых экологических исследований [3-4].

Целью исследования является проведение комплексного анализа состояния окружающей среды на объектах АО «Озенмунайгаз» – групповых установках ГУ-85 и ГУ-88, расположенных на территории НГДУ-1 месторождения Узень. В рамках исследования применены методы инфракрасной спектроскопии (ИК) и газовой хромато-масс-спектрометрии (ГХ-МС), а также исследованы образцы асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО). Полученные результаты позволяют оценить состав грунтов, выявить характер загрязняющих компонентов и определить особенности их взаимодействия, что имеет практическое значение для выбора методов очистки, утилизации отходов и профилактики образования отложений в технологическом оборудовании.

2. Экспериментальная часть

Объектами исследования являются полигоны ГУ-88 и ГУ-85, расположенные на территории нефтегазодобывающего управления НГДУ-1 АО «Озенмунайгаз».

Отбор проб проводился в соответствии с методическими указаниями по исследованию загрязнённых нефтепродуктами почв и промышленных отходов [5-6]. Масса каждой пробы составляла не менее 500 г. Пробы помещались в герметичные контейнеры из инертного материала и транспортировались в лабораторию при температуре +4...+6 °С. В лаборатории образцы высушивались при комнатной температуре до постоянной массы, механически измельчались и просеивались через сито с размером ячеек 1 мм. Для выделения органической фракции использовалась экстракция хлороформом в соотношении навеска:растворитель = 1:10 (г/мл) при перемешивании в течение 1 ч [7].

Исследования проводились на ИК-Фурье-спектрометре (Nicolet 5700 “Thermo Electron Corporation”, США) по программе OMNIC в области волновых чисел 4000 - 400 см⁻¹. Исследуемые образцы снимались в виде тонких слоев (пленок) на подложке из бромида калия [8].

Компонентный состав хлороформных вытяжек определяли на газовом хроматографе с масс-селективным детектором (Agilent 7890 с масс-спектрометрическим детектором «Agilent 5975») с капиллярной колонкой HP-5MS (30 м×0,25 мм, толщина пленки 0,25 мкм). Температурная программа: 50 °С (удержание 2 мин), нагрев 10 °С/мин до 300 °С с удержанием 10 мин. Газ-носитель — гелий, поток 1,0 мл/мин. Ввод образца 1 мкл в режиме split 1:20 [9].

3. Результаты и их обсуждение

Анализировались интенсивности и положения полос поглощения, что позволило выявить метильные, метиленовые, ароматические, карбонильные, гидроксильные и аминокгруппы. Результаты ИК-спектроскопии приведены на рисунках 1–3.

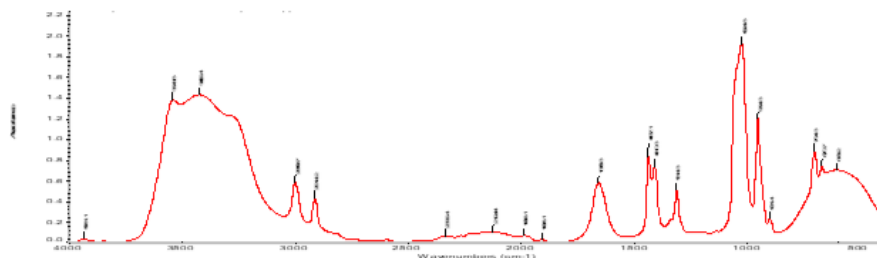


Рисунок 1 – ИК-спектр замазученного грунта полигона ГУ-85.



Рисунок 2 – ИК-спектр замазученного грунта полигона ГУ-88.

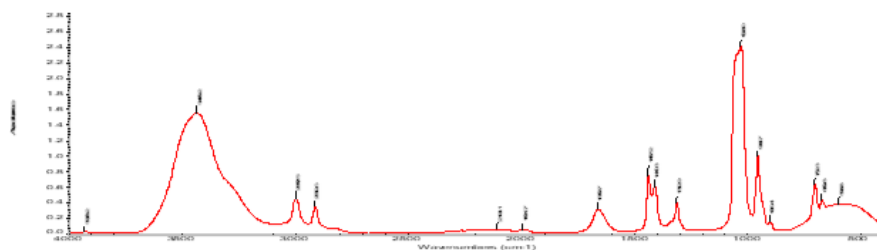


Рисунок 3 – ИК-спектр АСПО полигона ГУ-88.

На рисунках 1-3 приведены результаты ИК-спектроскопии нефтесодержащих отходов. Все образцы содержат признаки влаги, глинистых и органических компонентов. Из рисунков 1-3 видно, что ИК-спектры имеют характеристические частоты поглощения для углеводородов. Частоты полос поглощения в ИК – спектрах с волновыми числами 2920- 2950 см^{-1} и 2800-2910 см^{-1} относятся к метильной и метиленовой группировкам. Для ароматических структур $\text{C}=\text{C}_{\text{ар}}$ характерно полосы поглощения 1635 см^{-1} . Полосы поглощения 1700-1760 см^{-1} и 1680-1700 см^{-1} характерны для СО-групп как алифатических, так и ароматических

соединений. Наблюдаемые частоты полос поглощения в области 3350-3415 см^{-1} характерны для окси- и аминогрупп. Отнесение тех или иных полос поглощения к конкретным функциональным группам затруднено ввиду многокомпонентности исследуемых нефтесодержащих образцов. Наличие в образцах полос поглощения кислородсодержащих групп (1685-1690 см^{-1}) по сравнению с исходной нефтью, означает протекания взаимодействия углеводородов с кислородом воздуха. Полосы поглощения 3380-3540 см^{-1} характерны к ассоциированным группам аминогрупп усложненной с перекрыванием гидроксильных групп.

Хроматограммы и состав хлороформных вытяжек представлены в таблицах 1–3 и на рисунках 4–6.

Таблица 1 – Компоненты хлороформной вытяжки из замазученного грунта ГУ – 85 и относительная площадь их хроматографических пиков

Компонент	Площадь, %
Тритетраконтан	10,64
Тетрадекан	3,36
Ундекан	3,3
Тетратетраконтан	6,66
2,6,10,14-тетраметилпентадекан	5,2
Октадекан	11,48
Нонадекан	9,15
Эйкозан	9,53
Гексадекан	6,61
Тетратриаконтан	6,39
2-метилоктадекан	5,52
Тетракозан	5,42
Генейкозан	5,69
Октакозан	11,04

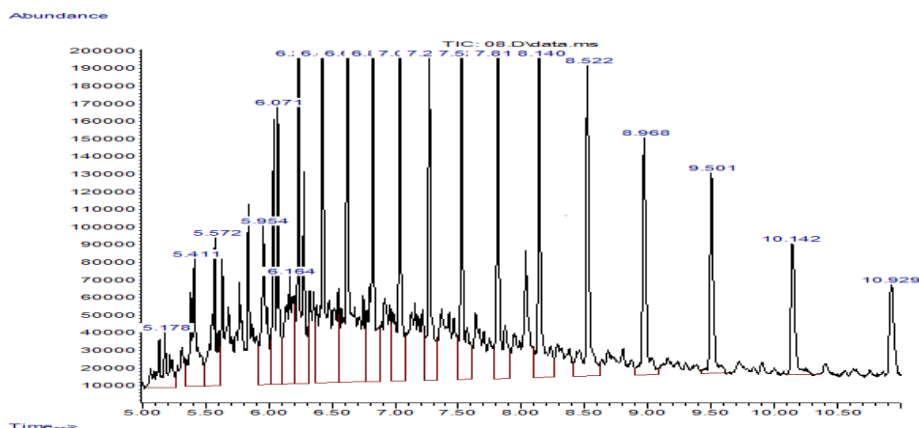


Рисунок 4 – Хроматограмма хлороформной вытяжки из замазученного грунта ГУ – 85.

Таблица 2 – Компоненты хлороформной вытяжки из замазученного грунта ГУ – 88 и относительная площадь их хроматографических пиков

Компонент	Площадь, %
Тетрадекан	2,94
Пентадекан	3,98
Гексадекан	3,98
Гептадекан	6,86
Тетратетраконтан	3,55
Октадекан	7,48
Нонадекан	9,25
Эйкозан	9,74
Гнейкозан	6,68
Докозан	6,19
Тетратриаконтан	8,27
Ттракозан	5,39
9-Октилгептадекан	4,84
Октакозан	8,33
Гептакозан	4,60
Тритетраконтан	5,94
3,3,7,11-Тетраметилтрицикло[5.4.0.0(4,11)] ундекан-1-ол	1,96

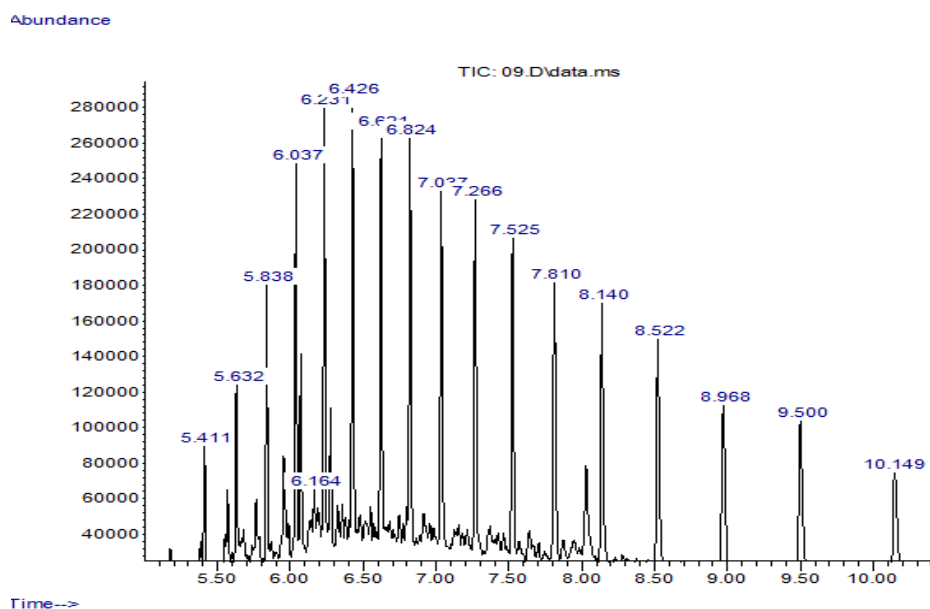
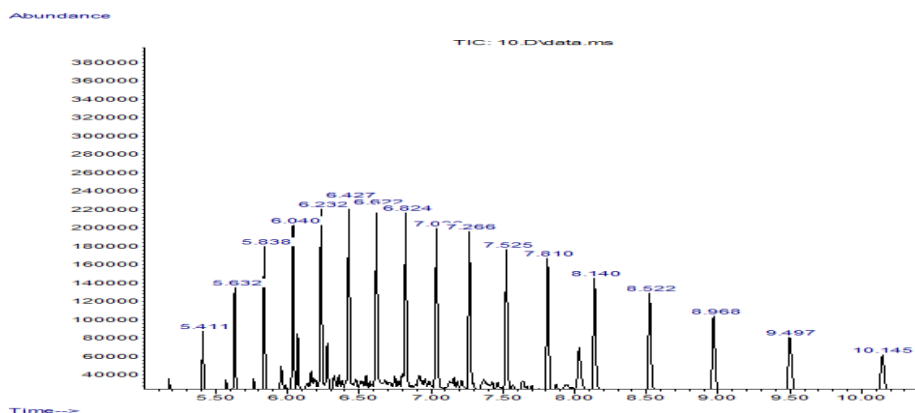
**Рисунок 5** – Хроматограмма хлороформной вытяжки из замазученного грунта ГУ – 88.

Таблица 3 – Компоненты хлороформной вытяжки АСПО ГУ-88 и относительная площадь их хроматографических пиков

Компонент	Площадь, %
Тетрадекан	3,03
Пентадекан	4,13
Гексадекан	4,47
Гептадекан	7,17
Гептакозан	7,59
Нонадекан	9,36
Эйкозан	10,21
Генейкозан	7,34
Докозан	6,91
Октакозан	12,23
Тетракозан	6,24
Октадекан	5,56
7-гексилэйкозан	5,56
Тритетраконтан	4,13
Тетратетраконтан	6,06

**Рисунок 6** – Хроматограмма хлороформной вытяжки АСПО ГУ-88.

На основании проведенного хроматографического анализа хлороформной вытяжки из загрязненного грунта ГУ-85 и ГУ-88 были выявлены и количественно оценены компоненты органических соединений. В таблицах 1-3 представлены идентифицированные соединения и их относительное содержание по площади хроматографических пиков. На рисунках 4-6 представлена хроматограмма, отражающая распределение компонентов в хлороформной вытяжке. Хроматограмма показывает высокую концентрацию насыщенных углеводородов с различной длиной углеродной цепи (в основном насыщенные алканы (н-алканы и разветвленные), такие как октакозан, триаконтан, тетракозан, гексакозан, нондекан, эннеазан и др.), что подтверждает наличие сложной смеси органических соединений. Присутствие специфических соединений, таких

как 2,6,10,14-тетраметилгексадекан и 2-метилгептадекан, может свидетельствовать о биогенном или техногенном происхождении загрязнения.

Физико-химические показатели АСПО приведены в таблице 4. Плотность определялась ареометром при 20 °С, температура застывания — по стандартной методике охлаждения до появления кристаллической фазы, вязкость — на вискозиметре при 50 °С, pH — потенциометрическим методом, общая минерализация — методом выпаривания с последующим взвешиванием остатка. Содержание парафинов определялось по ГОСТ 11851–85, смол и асфальтенов — по ГОСТ 11858–66. Фракционный состав углеводородов C₁₂–C₁₉ оценивался методом хроматографического анализа с использованием стандартизированных смесей n-алканов.

Таблица 4 – Результаты исследований асфальтосмолистопарафинового отложения АО «Озенмунгаз»

№ п/п	Показатели	Содержание
1	Плотность, г/см ³	0,875
2	Температура застывания, °С	35
3	Вязкость: при 50 °С	13,7
4	pH	8
5	Общая минерализация, г/л	56,3
6	Обводненность, %	7
7	Нефтепродукты, содержание, %:	
8	Сера	0,18
9	Смола	16,6
10	Асфальтены	1,4
11	Парафины	25,7
12	Углеводороды предельные C ₁₂ -C ₁₉	29,5

В результате анализа приведенные в таблице 4 асфальтосмолистопарафиновых отложений, отобранных на объектах АО «Озенмунгаз» указывают на высокое содержание парафинов и предельных углеводородов [10, 11].

4. Заключение

В статье рассмотрены физико-химические характеристики нефтесодержащих отходов (АСПО, замазученный грунт) АО «Озенмунгаз» с использованием ИК-спектроскопии и газовой хромато–масс-спектрометрии. Образцы замазученного грунта были отобраны на полигонах ГУ-85 и ГУ-88, АСПО — на полигоне ГУ-88. На основании данных ИК-спектроскопии и газовой хромато-масс-спектрометрии установлено, что исследованные соединения имеют углеводородный состав с присутствием СО- и ОН-групп. Физико-химический анализ асфальтосмолистопарафиновых отложений показал высокое содержание

парафинов и предельных углеводородов, что способствует образованию плотных отложений в технологическом оборудовании. Наличие смол и асфальтенов подтверждает сложную многокомпонентную природу отходов, что необходимо учитывать при выборе методов очистки и профилактики загрязнений.

Финансирование: Работа выполнена по программе целевого финансирования научных исследований на 2024-2026 гг., осуществляемого Комитетом науки МНВО РК, ИРН BR27101179 «Фундаментальные основы получения инновационных экологически безопасных многофункциональных химических продуктов и материалов».

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов между авторами, требующего раскрытия в данной статье.

АО «ӨЗЕНМҰНАЙГАЗ» ПОЛИГОНДАРЫДАҒЫ МҰНАЙ ҚАЛДЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ

**Е.А. Тусупқалиев, М.Т. Ошақбаев, Ж.Н. Қайнарбаева*, Ұ.Б. Исаева,
Ә.Ж. Байзақ, А.А. Еспенбетов, М.Н. Баимбетов, Г.А. Усков, Д.А. Турғалиев, К.А. Манапов**

«А.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

*E-mail: zhaniya.kn@gmail.com

Түйіндемe. *Кіріспе.* Жер мен су объектілерінің мұнай өнімдерімен ластануы "Өзенмұнайгаз" АҚ аумағындағы негізгі экологиялық проблемалардың бірі болып табылады. Бұл зерттеудің мақсаты инфрақызыл (ИК) спектроскопия және газды хромато-масс-спектрометрия әдістерін қолдана отырып, мұнай шламы, ластанған топырақ және асфальтосмолопарафин шөгінділері сияқты құрамында мұнай бар қалдықтарға физика-химиялық талдау жүргізу болып табылады. *Әдістері.* Зерттелетін қалдықтардың құрамын талдау үшін екі әдіс қолданылды: әртүрлі органикалық және бейорганикалық компоненттердің болуын анықтауға мүмкіндік беретін инфрақызыл спектроскопия және көмірсутек фракцияларының химиялық құрамы туралы дәлірек ақпарат беретін газды хромато-масс-спектрометрия. *Нәтижелер және талқылау.* ИҚ спектроскопиясының нәтижелері судың, сазды минералдардың және органикалық заттардың, сондай-ақ метил және метилен топтарына, хош иісті қосылыстарға және құрамында оттегі бар функционалды топтарға тән сіңіру жолақтарының болуын көрсетті, бұл көмірсутектердің ауа оттегімен әрекеттесуін көрсетеді. Алынған мәліметтер құрамында мұнай бар қалдықтардың құрамы мен олардың қоршаған ортаға тигізетін әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Мұндай зерттеу әдістерін қолдану ластанған аумақтарды тазартудың тиімді әдістерін және су объектілері мен топырақтың одан әрі ластануын болдырмауды қоса алғанда, экологияны қорғау шараларын әзірлеу үшін маңызды.

Түйінді сөздер: мұнай құрамды қалдықтар, ИК-спектроскопия, газ хромато-масс-спектрометрия, көмірсутектер, мұнай өнімдерімен ластану

Түсіпқалиев Еркін Әдиетұлы	Техника ғылымдарының кандидаты
Ошақбаев Мәліс Тлеубердіұлы	Техника ғылымдарының докторы, профессор
Қайнарбаева Жания Нұрбекқызы	магистр
Исаева Ұлжалғас Бақытжанқызы	PhD
Байзақ Әсел Жеңісқызы	магистр
Еспенбетов Асылбек Әлімбекұлы	Химия ғылымдарының докторы
Баимбетов Мизамбек Нұрбайұлы	Техника ғылымдарының кандидаты
Усков Григорий Александрович	инженер
Тұрғалиев Дархан Абайұлы	инженер
Манапов Қайрат Ағзамұлы	инженер

Список литературы

1. ОВОС к проекту разработки месторождения Узень. *Краткое нетехническое резюме*. Актау: АО «Озенмунайгаз», **2022**. <https://www.ecoport.kz>
2. Программа производственного экологического контроля (ПЭК) АО «Озенмунайгаз» для месторождений Западный Тенге, Карамандыбас, Южный Жетыбай, Актас, Тасболат. Актау, **2025**. <https://www.ecoport.kz>
3. Тусупкалиев Е.А., Джусипбеков У.Ж., Баимбетов М.Н., Кайнарбаева Ж.Н., Байзак А.Ж., Маймеков З.К. Научное обоснование предельно допустимой концентрации нефти в почве для территории промышленной зоны месторождения Узень Мангистауской области. *Хим. журн. Казахстана*, **2024**, 2, 25-35. DOI: 10.51580/2024-2.2710-1185.18
4. Мониторинг и обработка СБВ на месторождении Узень. *Вестник нефтегазовой отрасли Казахстана*, Алматы, **2024**. DOI: 10.54859/kjogi99709
5. ГОСТ 17.4.3.01–83. *Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб*. М.: Изд-во стандартов, **1983**, 6. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294849/4294849589.pdf>
6. ГОСТ 17.1.5.05–85. *Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к отбору проб поверхностных и морских вод*. М.: Изд-во стандартов, **1985**, 8. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=33684397
7. ISO 9377-2:2000. *Water quality — Determination of hydrocarbon oil index — Part 2: Method using solvent extraction and gas chromatography*. Geneva: ISO, **2000**, 23. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9377:-2:ed-1:v1:en>
8. Петрунин В.А., Шаталова Т.Б. Инфракрасная спектроскопия органических соединений. М.: Наука, **2010**, 289.
9. Poole C.F., Poole S.K. *Chromatography Today*. Elsevier Science, **2012**, 2, 936. <https://shop.elsevier.com/books/chromatography-today/poole/978-0-444-88492-3>
10. Speight J.G. *The Chemistry and Technology of Petroleum. Processes*, **2020**, 953. DOI: 10.1201/b16559
11. Fang Zh., Quan Shi, Germain S.V., Pierre G., Brice B. Fractionation and Characterization of Petroleum Asphaltene: Focus on Metalopetroleomics. *Processes*, **2020**, 8, 32. DOI: 10.3390/pr8111504

References

1. Environmental Impact Assessment (EIA) for the development project of the Uzen field. Non-technical summary. Aktau: Ozenmunaigas JSC, **2022**. <https://www.ecoport.kz>
2. Program of industrial environmental monitoring (PEM) of Ozenmunaigas JSC for the fields Zapadny Tenge, Karamandybas, Yuzhny Zhetybay, Aktas, Tasbolat. Aktau, **2025**. <https://www.ecoport.kz>
3. Tusupkaliev E.A., Dzhusipbekov U.Zh., Baimbetov M.N., Kaynarbayeva Zh.N., Baizak A.Zh., Maimekov Z.K. Scientific substantiation of the maximum permissible concentration of oil in the soil for the territory of the industrial zone of the Uzen deposit in the Mangistau region. *Chemical journal. Of Kazakhstan*, **2024**, 2, 25-35. DOI: 10.51580/2024-2.2710-1185.18
4. Monitoring and treatment of produced water at the Uzen field. *Bulletin of Kazakhstan's Oil and Gas Industry*. Almaty: KazNTU, **2024**. DOI: <https://doi.org/10.54859/kjogi99709>
5. GOST 17.4.3.01–83. Nature protection. Soils. General requirements for sampling. Moscow: Standards Publishing, **1983**, 6. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4294849/4294849589.pdf>
6. GOST 17.1.5.05–85. Nature protection. Hydrosphere. General requirements for sampling of surface and marine waters. Moscow: Standards Publishing, **1985**, 8. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=33684397
7. ISO 9377-2:2000. *Water quality — Determination of hydrocarbon oil index. Part 2: Method using solvent extraction and gas chromatography*. Geneva: ISO, **2000**, 23. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9377:-2:ed-1:v1:en>
8. Petrunin, V. A., Shatalova, T. B. (2010). *Infrared spectroscopy of organic compounds*. Moscow: Nauka, **2010**, 289.
9. Poole C.F., Poole S.K. *Chromatography Today*. Elsevier Science, **2012**, 2, 936. <https://shop.elsevier.com/books/chromatography-today/poole/978-0-444-88492-3>
10. Speight J.G. *The Chemistry and Technology of Petroleum. Processes*, **2020**, 953. DOI: 10.1201/b16559
11. Fang Zh., Quan Shi, Germain S.V., Pierre G., Brice B. Fractionation and Characterization of Petroleum Asphaltene: Focus on Metalopetroleomics. *Processes*, **2020**, 8, 32. DOI: 10.3390/pr8111504

STUDY OF SORPTION PROPERTIES OF NATURAL ZEOLITE IN RELATION TO CATIONS Co^{2+} , Ni^{2+} AND V^{4+} FROM AQUEOUS MEDIA BY SATURATION METHOD

G.Sh.Sultanbayeva, R.A.Kaiynbaeva*, R.M.Chernyakova, U.Zh.Dzhusipbekov

JSC "Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov", Almaty, Kazakhstan

*E-mail: raushan_1972@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The presence of heavy metals in aquatic environments creates environmental problems. Sorption treatment with zeolite from the Shankanai deposit is a promising method for removing heavy metal ions from aqueous solutions due to its high selectivity, cost-effectiveness and environmental sustainability. *The aim of the work* is to study the sorption properties of natural zeolite with respect to Co^{2+} , Ni^{2+} and V^{4+} cations from aqueous media using the saturation method. *Results and discussion.* Studies were carried out using the saturation method on the sorption of individual Co^{2+} , Ni^{2+} and V^{4+} cations by natural zeolite and in two metal-containing systems: " Ni^{2+} – Co^{2+} –NZ– H_2O "; " Ni^{2+} – V^{4+} –NZ– H_2O "; " Co^{2+} – V^{4+} –NZ– H_2O " from an aqueous environment. Increasing the concentration of both cobalt (II) and nickel (II) cations in solutions to 10 mg/L increases the degree of Ni^{2+} sorption by 2.5 times and Co^{2+} by 4.8 times compared to solutions containing 5.0 mg/L. Maxima are recorded on the sorption curves at $C(\text{Ni}/\text{Co}) = 10$ mg/l. The degree of cation sorption in the $\text{Ni}^{2+}/\text{Co}^{2+}/\text{V}^{4+}$ – H_2O systems with the working concentration of the studied cations does not exceed 55% on average. Zeolite in the Ni^{2+} – Co^{2+} –NZ– H_2O system exhibits preferential sorption capacity with respect to Ni^{2+} cations; at $C_{\text{Ni}} = 30$ mg/L it absorbs 0.72 mg/L of $\text{Co}(\text{II})$ cations and 28.3 mg/L of $\text{Ni}(\text{II})$ cations, i.e. $\text{RNi} > \text{RCo}$. In the Ni^{2+} – V^{4+} –PC– H_2O system, the amount of vanadium (IV) absorbed by NZ increases from 18 to 116 mg/L, which is significantly higher than that of sorbed divalent nickel (5 mg/L). This may be a potential evidence of a weak competing effect of Ni^{2+} in the system with an excess of V^{4+} cations. In the Co^{2+} – V^{4+} –NZ– H_2O system, which includes the vanadium (IV) cation, the cation with a constant content is first completely sorbed by NZ, and then it is additionally saturated with the second cation. At $C_{\text{Co}} = (0.5-1.0)$ and 10 mg/L, 97.0 and 95.8% of vanadium, as well as 86.3 and 88.4% of cobalt are simultaneously sorbed. *Conclusion.* In all the studied systems, an unstable nature of sorption is observed, caused by the effect of coordination interaction between different types of cations, due to the sorption $\leftrightarrow$ desorption process occurring in an aqueous solution.

Keywords: natural zeolite, saturation method, sorption, cobalt, nickel and vanadium cations

Gita Shamilyevna Sultanbayeva	Candidate of technical sciences; Associate Professor, Senior Researcher; E-mail: sultanbaeva@mail.ru
Raushan Alibekovna Kaiynbaeva	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Leading Researcher; E-mail: raushan_1972@mail.ru

Citation: Sultanbayeva G.Sh., Kaiynbaeva R.A., Chernyakova R.M., Dzhusipbekov U.Zh. Study Of Sorption Properties Of Natural Zeolite In Relation To Cations Co^{2+} , Ni^{2+} AND V^{4+} FROM Aqueous Media By Saturation Method. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 3(91), 144-154. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.43>

Raissa Michailovna Chernyakova	Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher; E-mail: chernyakova1947@mail.ru
Umirzak Zhumasilovich Jussipbekov	Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Chemistry of Fertilizers and Salts; E-mail: jussipbekov@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА ПО ОТНОШЕНИЮ К КАТИОНАМ Co^{2+} , Ni^{2+} И V^{4+} ИЗ ВОДНЫХ СРЕД МЕТОДОМ НАСЫЩЕНИЯ

Г.Ш.Султанбаева, Р.А.Кайынбаева, Р.М.Чернякова, У.Ж.Джусипбеков

АО «Институт химических наук имени А.Б.Бектурова», Алматы, Казахстан

**E-mail: raushan_1972@mail.ru*

Резюме. Введение. Присутствие тяжелых металлов в водных средах создает экологические проблемы. Сорбционная обработка цеолитом Шанканайского месторождения является перспективным методом удаления ионов тяжелых металлов из водных растворов благодаря своей высокой селективности, экономической эффективности и экологической устойчивости. Целью работы являются изучение сорбционных свойств природного цеолита по отношению к катионам Co^{2+} , Ni^{2+} и V^{4+} из водных сред методом насыщения. Результаты и обсуждение. Проведены исследования с использованием метода насыщения по сорбции индивидуальных катионов Co^{2+} , Ni^{2+} и V^{4+} природным цеолитом и в двух металлсодержащих системах: « Ni^{2+} – Co^{2+} –ПЦ– H_2O »; « Ni^{2+} – V^{4+} –ПЦ– H_2O »; « Co^{2+} – V^{4+} –ПЦ– H_2O » из водной среды. Повышение в растворах концентрации катионов как кобальта (II), так и никеля (II) до 10 мг/л увеличивает степень сорбции Ni^{2+} в 2.5 раза и Co^{2+} в 4.8 раза по сравнению с растворами, содержащими 5.0 мг/л. На кривых сорбции при $C(\text{Ni}/\text{Co}) = 10$ мг/л прописываются максимумы. Степень сорбции катионов в системах « $\text{Ni}^{2+}/\text{Co}^{2+}/\text{V}^{4+} - \text{H}_2\text{O}$ » с рабочей концентрацией исследуемых катионов в среднем не превышает 55 %. Цеолит в системе « Ni^{2+} – Co^{2+} –ПЦ– H_2O » оказывает предпочтительную сорбционную способность по отношению к катионам Ni^{2+} , при $C_{\text{Ni}} = 30$ мг/л поглощает 0.72 мг/л катионов $\text{Co}(\text{II})$ и 28.3 мг/л катионов $\text{Ni}(\text{II})$, то есть $R_{\text{Ni}} > R_{\text{Co}}$. В системе « Ni^{2+} – V^{4+} –ПЦ– H_2O » количество поглощенного ПЦ ванадия (IV) возрастает от 18 до 116 мг/л, что значительно больше по сравнению с сорбированным двухвалентным никелем (5 мг/л). Это может быть потенциальным свидетельством слабого конкурирующего эффекта Ni^{2+} в системе с избытком катионов V^{4+} . В системе « Co^{2+} – V^{4+} –ПЦ– H_2O », включающих катион ванадия (IV), ПЦ в первую очередь полностью сорбируется катион с постоянным содержанием, а затем протекает его донасыщение вторым катионом. При $C_{\text{Co}} = (0.5-1.0)$ и 10 мг/л одновременно сорбируется 97.0 и 95.8 % ванадия, а также 86.3 и 88.4 % кобальта. Заключение. Во всех исследуемых системах наблюдается нестабильный характер сорбции, вызванный воздействием координационного взаимодействия между разными видами катионов, обусловленный процессом сорбция $\leftrightarrow$ десорбция, протекающим в водном растворе.

Ключевые слова: природный цеолит, метода насыщения, сорбция, катионы кобальта, никеля и ванадия.

Султанбаева Гита Шамильевна	Кандидат технических наук, ассоциированный профессор
Кайынбаева Раушан Алибековна	Кандидат технических наук, ассоциированный профессор
Чернякова Раиса Михайловна	Доктор технических наук
Джусипбеков Умирзак Жумасилович	Доктор технических наук

1. Введение

С ростом мировой индустриализации усиливается интенсивность поступления в биосферу тяжелых металлов. Одними из основных источников тяжелых металлов являются жидкие отходы химической, металлургической, нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей, фармацевтической и других отраслей промышленности [1], [2]. Загрязненные производственные стоки содержат Co, Ni, V, Mn, Cr, Pb и др. канцерогенные металлы, негативно влияющие на здоровье человека [3]. Для извлечения ТМ из промышленных сточных вод широко применяются адсорбционные методы, что обусловлено их экономически выгодным характером. В последние годы используются сорбенты природного происхождения (алюмосиликаты, угли и др.). Уникальная совокупность свойств - устойчивость к действию высоких температур и агрессивных сред, селективность по отношению к крупным катионам щелочных, редкоземельных и тяжелых металлов, высокая поглощающая способность и молекулярно-ситовый эффект - обуславливают широкий диапазон использования природных цеолитов в сорбционных процессах очистки различных сред от тяжелых металлов [7]-[9].

Целью работы являются изучение сорбционных свойств природного цеолита по отношению к катионам Co^{2+} , Ni^{2+} и V^{4+} из водных сред методом насыщения.

2. Методы исследования

При выполнении экспериментов использовали: природный цеолит месторождения Шанканай (Алматинская обл., РК) с содержанием масс. %: 1,38 K_2O ; 0,95 Na_2O ; 0,16 Fe_2O_3 ; 10,81 Al_2O_3 ; 2,32 CaO ; 0,93 MgO ; 65,28 SiO_2 ; 18,5 п.п.п. Основные сорбционные свойства цеолита: COE по катиону – 0,997 мг-экв/г, COE по аниону – 0,4985 мг-экв/г, суммарный объем пор – 0,07 г/см³.

В работе использовали сульфаты двухвалентных металлов: $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ и $\text{VOSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ (марки «ч»).

Методом насыщения проведены исследования по сорбции индивидуальных катионов Co^{2+} , Ni^{2+} и V^{4+} и по катионам в двух металлсодержащих системах: « Ni^{2+} – Co^{2+} –природный цеолит– H_2O »; « Ni^{2+} – V^{4+} –природный цеолит– H_2O »; « Co^{2+} – V^{4+} –природный цеолит– H_2O » из водной среды.

3. Результаты и обсуждение

Полученные результаты, представленные на рисунке 1, показали, что сорбционные кривые для катионов Ni^{2+} и Co^{2+} идентичны друг другу. На начальном участке сорбционных кривых, где концентрация катионов низкая (0,1 мг/л), степень их сорбции высокая и для Ni^{2+} составляет 94,94 %, для

Co^{2+} – 87,50 %, что обусловлено низким их содержанием в растворе и быстрым поглощением природным цеолитом.

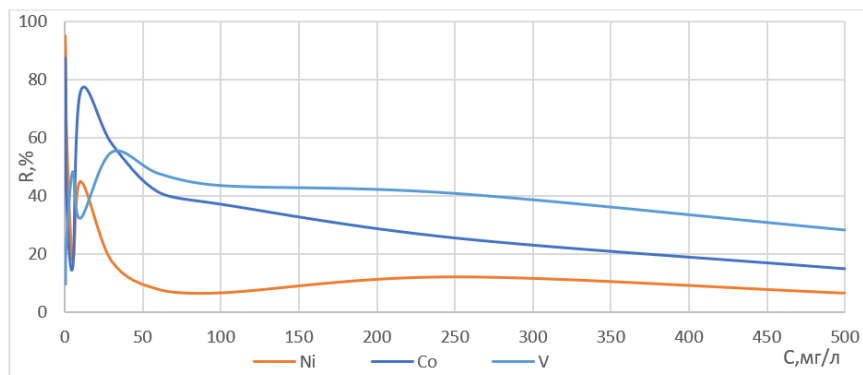
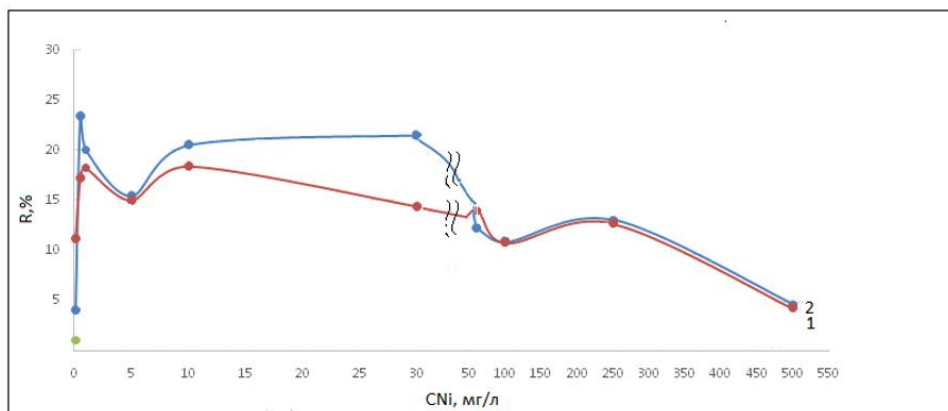


Рисунок 1 – Влияние концентрации катионов металлов на степень их извлечения в двухкомпонентных системах « $\text{Ni}^{2+}/\text{Co}^{2+}/\text{V}^{4+}-\text{H}_2\text{O}$ »

В растворах с содержанием Ni (II) и Co (II) более 10 мг/л, степень их сорбции (R) уменьшается, что отражается в прямолинейной зависимости R от C (Ni/Co) и прослеживается тенденция к снижению кривых сорбции по мере повышения концентрации катионов в растворах (рисунок 1). При C (Ni/Co) = (0.1-5.0) мг/л степень сорбции Ni (II) составляет (94.94 - 17.6) %, а степень сорбции Co (II) достигает (87.5-15.8) %. В области более высоких концентраций исследуемых катионов, в которых C(Ni/Co) возрастает от 10 до 500 мг/л, R (Ni) составляет (44.8 - 6.4) мг/л, в то время как R (Co) находится в области более высоких ее значений (76.0 - 15.0) % (рисунок 1).

Кривая насыщения природного цеолита катионом ванадия (IV) характеризуется низким значением степени сорбции (рисунок 1). При повышении содержания V^{2+} в растворах от 0.5 до 5 мг/л степень его сорбции возрастает в 5 раз. На кривых насыщения V (IV) фиксируется max, располагающийся на 37.67 и 3.0 % ниже аналогичной точки на кривых сорбции соответственно Ni (II) и Co(II). Степень сорбции катионов в системах « $\text{Ni}^{2+}/\text{Co}^{2+}/\text{V}^{4+}-\text{H}_2\text{O}$ » с рабочей концентрацией исследуемых катионов в среднем не превышает 55 %.

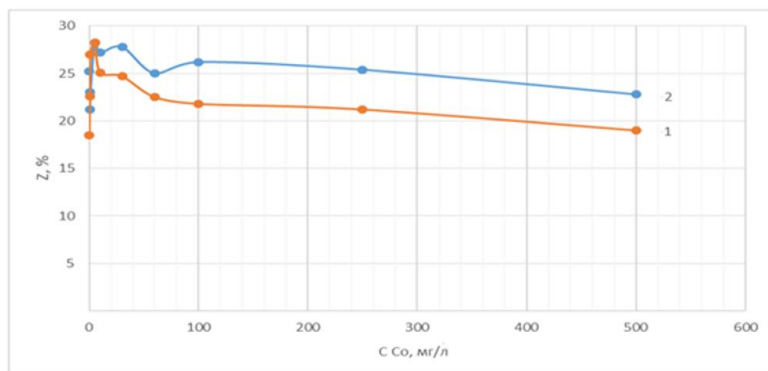
Зависимость степени извлечения сорбируемых катионов природным цеолитом (ПЦ) в системе « $\text{Ni}^{2+}-\text{Co}^{2+}-\text{ПЦ}-\text{H}_2\text{O}$ » при переменной концентрации Ni^{2+} и постоянной концентрации Co^{2+} приведена на рисунке 2. Согласно полученным результатам ПЦ одновременно поглощает оба катиона, а сорбционные кривые в зависимости от концентрации носят волнообразный и близкий друг другу характер.



$C(\text{Co}^{2+})=5\text{мг/л}$; кривые сорбции: 1 – Co (II), 2–Ni (II)

Рисунок 2 – Влияние концентрации никеля (II) на степень извлечения катионов в системе « Ni^{2+} – Co^{2+} –ПЦ– H_2O », $C(\text{Co}^{2+})=\text{const}$.

На кривой сорбции ионов Co^{2+} (рисунок 2, кривая 1) при $C(\text{Ni})$ равной 1.0, 10 и 250 мг/л наблюдаются максимумы, соответствующие степени поглощения 18.2, 18.4 и 13.2 %. В области высоких концентраций Ni (II) от 250 до 500 мг/л степень поглощения сорбируемых катионов уменьшается и, независимо от природы катиона, становится практически одинакова. В количественном отношении цеолит оказывает предпочтительную сорбционную способность по отношению к катионам Ni^{2+} во всем исследуемом интервале их концентраций.



$C(\text{Ni}^{2+})=5\text{ мг/л}$; кривые сорбции: 1 – Co(II), 2 – Ni(II)

Рисунок 3 – Влияние концентрации кобальта (II) на степень извлечения катионов в системе « Ni^{2+} – Co^{2+} –ПЦ– H_2O » при $C(\text{Ni}^{2+})=\text{const}$.

Кривые сорбции катионов Co и Ni в зависимости от концентрации ионов Co^{2+} при постоянном значении концентрации катионов Ni^{2+} (рисунок 3) имеют два менее выраженных макс. Первый максимум наблюдается при C_{Co} равной 5 мг/л и соответствует одинаковой степени сорбции ионов Co^{2+} и Ni^{2+} (28.2 %), а второй макс приходится на $C_{\text{Co}} = 100$ мг/л, но при этом $Z_{\text{Co}} = 24,8$ % и $Z_{\text{Ni}} = 27,2$ %. Причем на рисунке 3 видно, что повышенное содержание кобальта (II) в системе инициирует процесс сорбции ПЦ обоих катионов. Так, степень сорбции катионов Co^{2+} и Ni^{2+} даже при $C_{\text{Ni}} = 500$ мг/л равна соответственно 18.7 и 22.4 % (рисунок 3, кривая 1), а при этой же концентрации Co(II) степень его сорбции составляет 13.2 % и по Ni(II) – 13.6 % (рисунок 3, кривая 2). Результаты показали, что ПЦ в условиях фиксированного значения концентраций катионов Ni^{2+} оказывает незначительную предпочтительную сорбционную способность по отношению к катионам никеля (II), то есть в этом случае также $R_{\text{Ni}} \geq R_{\text{Co}}$.

Из полученных результатов системы « Ni^{2+} – V^{4+} – ПЦ – H_2O » следует, что природный цеолит одновременно сорбирует катионы ванадия (IV) и никеля (II) как видно на рисунках 4 (а, б). Расположение кривых насыщения ПЦ катионами Ni^{2+} и V^{4+} определяется условиями процесса.

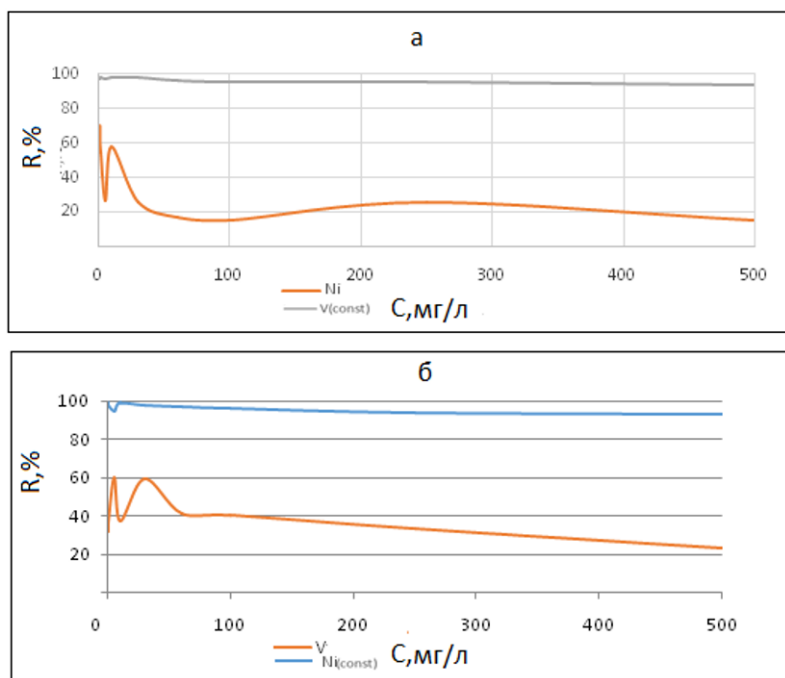


Рисунок 4 – Влияние концентрации никеля (а) и ванадия (б) на степень извлечения катионов в системе « Ni^{2+} – V^{4+} –ПЦ– H_2O ».

При постоянном значении $C(V^{4+})$ и переменной концентрации ионов Ni^{2+} кривая зависимости степени извлечения катионов V^{4+} носит прямолинейный характер и расположена выше кривой зависимости поглощения никеля (рисунок 4 а).

Степень извлечения ванадия (IV) колеблется в пределах от 94 до 98 %. В то время как наибольшая степень сорбции катионов Ni^{2+} (69.8 %) приходится на область его низких концентраций (0.5 мг/л). С повышением в системе содержания катионов Ni^{2+} до 100 мг/л его извлечение снижается до 15%, затем при $C(Ni^{2+}) = 250$ мг/л отмечается увеличение R_{Ni} на 11 %, а начиная с 300 мг/л Ni (II) имеет место тенденция к уменьшению сорбционной способности ПЦ по отношению к катионам Ni^{2+} и R_{Ni} падает до 15.2 %. Однако количество сорбированного ванадия (IV) составляет (4.7-4.9) мг/л, что соответствует практически полному его поглощению из раствора. Проявляется эффект конкурирующего влияния катионов. В низкоконцентрированных никель содержащих растворах сорбция ванадия (IV) ПЦ опережает сорбцию Ni^{2+} , так как V^{4+} сорбируется полностью (5 мг/л), а Ni^{2+} - от такого же содержания частично. В концентрированных по никелю (II) растворах ПЦ поглощает полностью катионы ванадия (5 мг/л) и насыщается еще катионами Ni^{2+} в значительно превышающих количество поглощенного ванадия.

На рисунке 4б приведены кривые насыщения ПЦ катионами Ni^{2+} и V^{4+} в зависимости от концентрации ионов V^{4+} при const значении $C(Ni^{2+})$. В этом случае зависимость степени сорбции катионов уже Ni^{2+} от $C(V^{4+})$ выражается практически прямой линией, расположенной параллельно оси абсцисс и значительно выше сорбционной кривой для ионов V^{4+} . Степень сорбции катионов Ni (II) всегда остается высокой (93–99 %).

На сорбционной кривой катионов V (IV) наблюдаются два равнозначных тах при его концентрации 5 мг/л ($R_V = 59.8$ %) и 30 мг/л ($R_V = 59.3$ %). Начиная с 30 и до 500 мг/л V^{4+} количество поглощенного ПЦ ванадия (IV) возрастает от 18 до 116 мг/л, что значительно больше по сравнению с сорбированным двухвалентным никелем (5 мг/л). Это может быть потенциальным свидетельством слабого конкурирующего эффекта Ni^{2+} в системе с избытком катионов V^{4+} .

Система « $Co^{2+}-V^{4+}$ -ПЦ- H_2O ». На рисунке 5 (а, б) представлены графические зависимости насыщения природного цеолита катионами Co^{2+} и V^{4+} в их совместном присутствии. Расположение и характер сорбционных кривых, полученных в исследуемой системе, близок кривым зависимости поглощения катионов в системе « $Ni^{2+}-V^{4+}$ -ПЦ- H_2O » (рисунки 4 а, б). В условиях const $C(V^{4+})$ и переменной концентрации катионов Co^{2+} степень сорбции ванадия (IV) колеблется в пределах от 93.7 до 98.2 %, а R_V в зависимости от C_{Co} – практически прямая линия, параллельная оси абсцисс (рисунок 5а). Наибольшая степень сорбции катионов Co (II) достигается в

области его низких концентраций (0.5-10 мг/л). При C_{Co} равной (0.5-1.0) мг/л R_{Co} = 86.3 % и при 10 мг/л R_{Co} = 88.4 %.

С повышением концентрации кобальта (II) степень его извлечения снижается, достигая min значения (21,8 %) при 500 мг/л $Co(II)$. В количественном отношении ПЦ сорбирует (4.68-4.86) мг/л катионов ванадия (IV) независимо от концентрации $Co(II)$. Количество поглощенных катионов Co^{2+} с увеличением их концентрации с 0.5 до 500мг/л в растворе также возрастает с 0.431 до 109 мг/л. В условиях избытка V^{2+} ПЦ оказывает предпочтительную сорбционную способность по отношению к этим катионам.

По мере повышения концентрации ионов Co^{2+} возрастает их конкурирующее влияние на сорбцию ПЦ. При условии $C_V < C_{Co}$ сорбция катионов кобальта (II) ПЦ в 1.8-21.8 раз выше по сравнению с катионами ванадия (IV), т.е. при полном поглощении ванадия природный цеолит в значительных количествах способен сорбировать еще катионы кобальта.

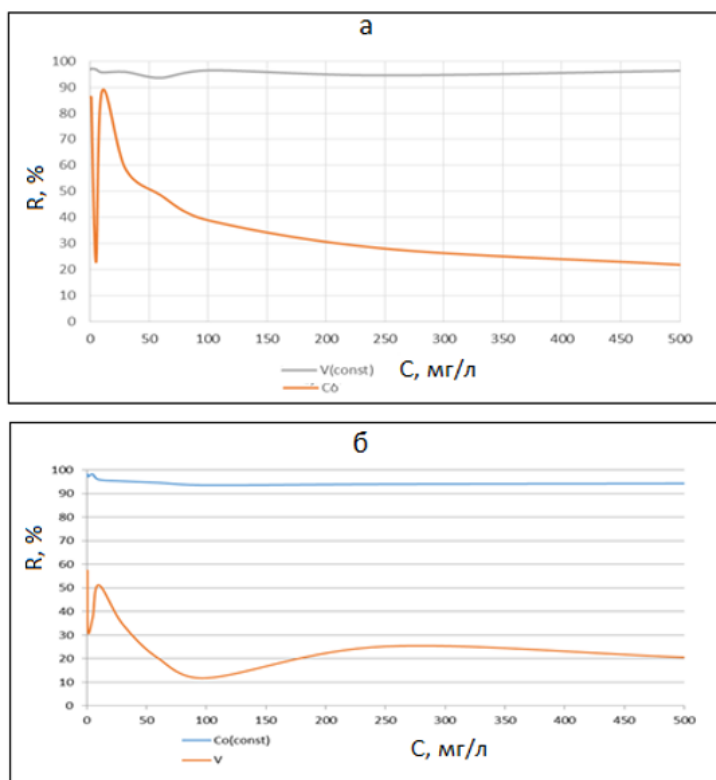


Рисунок 5 – Влияние концентрации кобальта (а) и ванадия (б) на степень извлечения катионов в системе « $Co^{2+}-V^{4+}$ – ПЦ – H_2O ».

В условиях const концентрации Co^{2+} и переменной концентрации V^{4+} (рисунок 5б) прямолинейную зависимость уже носит кривая степени сорбции кобальта (II) и R_{Co} достигает (93.6-98.3) %.

Увеличение $C(\text{V}^{4+})$ до 250 мг/л сопровождается повышением степени его сорбции до 25.2 %, а при еще более высоких концентрациях отмечается тенденция к снижению сорбционной способности природного цеолита и при 500 мг/л ванадия $R(\text{V}^{4+})$ уменьшается до 20.6 %. В исследуемых условиях катионы Co(II) поглощаются практически полностью в количестве от 4.92 до 4.70 мг/л. Количество сорбировавшегося ванадия с ростом его концентрации также увеличивается от 0.287 до 103 мг/л.

Анализ количественного поглощения сорбируемых катионов показал, что в двухметальных системах, включающих катион ванадия (IV), ПЦ в первую очередь полностью сорбирует катион с постоянным содержанием, а затем протекает его донасыщение вторым катионом. При этом степень сорбции второго катиона с переменным значением концентрации не выше 60-70 %. Исключение в системе « $\text{Co}^{2+}-\text{V}^{4+}$ – ПЦ – H_2O » при const $C(\text{V}^{4+})$, где при $C_{\text{Co}} = (0.5-1.0)$ и 10 мг/л одновременно сорбируется 97.0 и 95.8 % ванадия, а также 86.3 и 88.4 % кобальта. ПЦ практически полностью поглощает катионы V^{4+} и Co^{2+} при их низких концентрациях, так из присутствующих в растворе 5 мг/л V^{4+} и 0.5 мг/л Co^{2+} соответственно сорбируется 4.9 мг/л и 0,49 мг/л, а из 1.0 Co^{2+} и 10 мг/л V^{4+} - соответственно 0.9 мг/л и 8.9 мг/л

4. Выводы

Волнообразный характер сорбции катионов во всех исследуемых системах свидетельствует о нестабильном характере сорбции, вероятно, вызванном воздействием координационного взаимодействия между разными видами катионов. Характер кривых поглощения катионов (наличие тах на кривых) в рассмотренных системах обусловлен процессом сорбция $\leftrightarrow$ десорбция, протекающим в водном растворе.

Финансирование: работа выполнена в АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова» в рамках программы целевого финансирования научных исследований на 2023-2025 годы, реализуемой Комитетом науки МНВО РК, по программе BR 27101179 (ПЦФ 24-26).

Конфликт интересов: конфликт интересов между авторами отсутствует.

ТАБИҒИ ЦЕОЛИТТІҢ Co^{2+} , Ni^{2+} ЖӘНЕ V^{4+} КАТИОНДАРЫНА ҚАТЫСТЫ СУЛЫ ОРТАЛАРДАН ҚАНЫҒУ ӘДІСІ БОЙЫНША СОРБЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Сұлтанбаева Г.Ш., Қайыңбаева Р.А., Чернякова Р.М., Жүсіпбеков Ө.Ж.

Ә.Б.Бектұров атындағы химия ғылымдары институты, Алматы, Қазақстан

**E-mail: raushan_1972@mail.ru*

Түйіндеме. *Kipicne.* Су орталарында ауыр металдардың болуы экологиялық мәселелерді тудырады. Шаңқанай кен орнындағы цеолитпен сорбциялық өңдеу оның жоғары селективтілігіне, үнемділігіне және экологиялық тұрақтылығына байланысты сулы ерітінділерден ауыр металл иондарын жоюдың перспективасы әдісі болып табылады. *Жұмыстың мақсаты* қанықтыру әдісін қолдана отырып, сулы ортадан алынған Co^{2+} , Ni^{2+} және V^{4+} катиондарына қатысты табиғи цеолиттің сорбциялық қасиеттерін зерттеу. *Нәтижелер мен пікірталас.* Зерттеулер жеке Co^{2+} , Ni^{2+} және V^{4+} катиондарын табиғи цеолитпен сорбциялау бойынша қанықтыру әдісін қолдану арқылы және құрамында металлы бар екілік жүйелерде: « Ni^{2+} – Co^{2+} –ТЦ– H_2O »; « Ni^{2+} – V^{4+} –ТЦ– H_2O »; Сулы ортадан « Co^{2+} – V^{4+} –ТЦ– H_2O » жүргізілді. Ерітінділердегі кобальт (II), никель (II) катиондарының концентрацияларын 10 мг/л дейін арттыру құрамында 5,0 мг/л бар ерітінділермен салыстырғанда Ni^{2+} сорбция дәрежесін 2,5 есе және Co^{2+} 4,8 есе арттырады. Максимумдар сорбция қысықтарында $C(\text{Ni}/\text{Co}) = 10$ мг/л кезінде анықталды. Зерттелетін катиондардың жұмыс концентрациясы бар $\text{Ni}^{2+}/\text{Co}^{2+}/\text{V}^{4+}$ – H_2O жүйелеріндегі катиондардың сорбциялану дәрежесі орта есеппен 55%-дан аспайды. Ni^{2+} – Co^{2+} –ТЦ– H_2O жүйесінде цеолит Ni^{2+} катиондарына қатысты артық сіңіру қабілетін көрсетеді; $C_{\text{Ni}} = 30$ мг/л кезінде 0,72 мг/л Co (II) катиондарын және 28,3 мг/л Ni (II) катиондарын, яғни $R_{\text{Ni}} > R_{\text{Co}}$ сіңіреді. Ni^{2+} – V^{4+} –ТЦ– H_2O жүйесінде ТЦ сіңіретін ванадий (IV) мөлшері 18-ден 116 мг/л-ге дейін артады, бұл сорбцияланған екі валентті никельден (5 мг/л) айтарлықтай жоғары. Бұл V^{4+} катиондары артық жүйесіндегі Ni^{2+} әлсіз бәсекелес әсерінің ықтимал дәлелі болуы мүмкін. Ванадий (IV) катионын қамтитын Co^{2+} – V^{4+} –ТЦ– H_2O жүйесінде тұрақты құрамы бар катион алдымен ТЦ арқылы толық сорбцияланады, содан кейін екінші катионмен қосымша қанықтырылады. $C_{\text{Co}} = (0,5-1,0)$ және 10 мг/л кезінде бір мезгілде 97,0 және 95,8% ванадий, сонымен қатар 86,3 және 88,4% кобальт сорбцияланады. *Қорытынды.* Барлық зерттелген жүйелерде су ерітіндісінде болатын сорбция ↔ десорбция процесіне байланысты катиондардың әртүрлі типтері арасындағы координациялық әрекеттесу әсерінен туындаған сорбцияның тұрақсыз сипаты байқалады.

Түйін сөздер: табиғи цеолит, қанықтыру әдісі, сорбция, кобальт, никель және ванадий катиондары

Сұлтанбаева Гита Шамилқызы	Техника ғылымдары кандидаты, қауымдастырылған профессор
Қайыңбаева Раушан Әлібекқызы	Техника ғылымдары кандидаты, қауымдастырылған профессор
Чернякова Раиса Михайловна	Техника ғылымдары докторы
Жүсіпбеков Өмірзақ Жұмасылұлы	Техника ғылымдары докторы

Список литературы:

- Осовская, И. И., Васильева, А. П., Бородин, А. М. Дополнительные главы технологии полимерных материалов. Водорастворимые полимеры. Учебное пособие. СПб.: ВШТЭСПБГУПТД, 2022. 63 с. <https://obuchalka.org/20240329161440/dopolnitelnie-glavi-tehnologii-polimernih-materialov-vodorastvorimie-polimeri-uchebnoe-posobie-osovskaya-i-i-vasileva-a-p-borodina-a-m-2022.html>
- Баюров Л. И., Дмитриенко С. Н. Гуар и его использование в питании людей и животных. *Научный журнал КубГАУ*. 2023. № 192 (08). С. 1-18. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=55319535>
- WaheedKhalid,ShamailaYousaf.Elucidating structure–property relationships of guar gum biomolecules: insights from -polynomial and QSPR modeling. *FrontChem*. 2024.Vol.12. Электронный ресурс: www.frontiersin.org/journals/chemistry/articles/10.3389/fchem.2024.1410876/full
- Проблемы геологии и освоения недр. Электронный ресурс: earchive.tpu.ru/bitstream/11683/56306/1/...
- Чжан Ф.С., Ван Г.Й., Хуан Х.Й. и др. Характеристики поглощения терагерцового излучения гуаровой камедью, определенные с помощью микрофлюидной технологии. *J. Eur. Opt. Soc.-RapidPubl*. 17, 17 (2021). <https://doi.org/10.1186/s41476-021-00162-x>
- Накамото К. ИК-спектры и спектры КР неорганических и координационных соединений: Пер с англ. М.: Мир, 1991. 536 с. <https://djvu.online/file/xf54imCqciXl0>

7. Кульпина Ю.Н., Прокофьев В.Ю., Гордина Н.Е., Хмылова О.Е., Петухова Н.В., Газахова С.И. Использование ик-спектроскопии для изучения структуры низкомолекулярных цеолитов. - Известия вузов. *Химия и химическая технология*. **2017**. Т. 60, вып. 5. С. 44-49. DOI:10.6060/tcct.2017605.5405.
8. Кузнецова Г.А. Качественный рентгенофазовый анализ. Методические указания, Иркутск: ИГУ, **2005**. 28 с.
https://pd.isu.ru/obsh/method/rentgen/01_kachestven_rentgenophazn_analys.pdf
9. Фекличев В.Г. Диагностические константы минералов. М.: Недра, **1989**. 479 с.
<https://search.rsl.ru/ru/record/01001470710>

References:

1. Osovskaya, I. I., Vasilyeva, A. P., Borodina, A. M. Additional chapters of polymeric materials technology. Water-soluble polymers. Study guide. SPb.: VShTESPbGUPTD, 2022. 63 p. <https://obuchalka.org/20240329161440/dopolnitelnie-glavi-tehnologii-polimernih-materialov-vodorastvorimie-polimeri-uchebnoe-posobie-osovskaya-i-i-vasileva-a-p-borodina-a-m-2022.html>
2. Bayurov L. I., Dmitrienko S. N. Guar and its use in human and animal nutrition. *Scientific journal of KubSAU*. **2023**. No. 192 (08). P. 1-18. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=55319535>
3. Waheed Khalid, Shamaila Yousaf. Elucidating structure–property relationships of guar gum biomolecules: insights from -polynomial and QSPR modeling. *Front Chem*. **2024**. Vol.12. Electronic resource: www.frontiersin.org/journals/chemistry/articles/10.3389/fchem.2024.1410876/full (date of access 21.04.25).
4. Problems of Geology and Subsoil Development. Electronic resource: earchive.tpu.ru/bitstream/11683/56306/1/...
5. Zhang FS, Wang GU, Huang HJ, et al. Terahertz Radiation Absorption Characteristics of Guar Gum Determined by Microfluidic Technology. *J. Eur. Opt. Soc.-Rapid Publ*. 17, 17 (**2021**). <https://doi.org/10.1186/s41476-021-00162-x>
6. Nakamoto K. IR and Raman spectra of inorganic and coordination compounds: Transl. from English. Moscow: Mir, **1991**. 536 p. <https://djvu.online/file/xf54imCqciXl0>
7. Kulpina Yu.N., Prokofiev V.Yu., Gordina N.E., Khmylova O.E., Petukhova N.V., Gazakhova S.I. Use of IR spectroscopy to study the structure of low-modulus zeolites. - News of universities. *Chemistry and chemical technology*. **2017**. Vol. 60, issue. 5. P. 44-49. DOI: 10.6060/tcct.2017605.5405.
8. Kuznetsova G.A. Qualitative X-ray phase analysis. Methodical instructions, Irkutsk: Irkutsk State University, **2005**. 28 p.
https://pd.isu.ru/obsh/method/rentgen/01_kachestven_rentgenophazn_analys.pdf
9. Feklichev V.G. Diagnostic constants of minerals. Moscow: Nedra, **1989**. 479 p.
<https://search.rsl.ru/ru/record/01001470710>

**INTEGRATION OF COMPUTER CHEMISTRY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE:
PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY****N.T.Manapov, N.N. Kozhabekova***Abai Kazakh national pedagogical university, Almaty, Kazakhstan***E-mail: nurlanm66@mail.ru*

Abstract. This article discusses the integration of computational chemistry and artificial intelligence (AI), their role in science and technology, as well as the possibilities of their application in the fields of scientific research and education. An individual analysis of branches of related fields of computer chemistry and AI is carried out. Computer technologies are considered as an important tool in modern science and the educational process, as they provide new opportunities for researchers, students and teachers, and contribute to the development of professional and scientific tasks. Also, the information space and computer programs allow you to quickly find and process the necessary data, as well as carry out individual work. The interconnection of AI and computational chemistry is the basis of transformative solutions in scientific research and industrial innovation. Combining these areas makes it possible to model molecules and chemical processes, develop new drugs and materials, ensure environmental sustainability, and deeply interpret complex chemical, biological, and ecological systems. Therefore, the potential of computational chemistry and AI remains an important resource for scientific research and technological progress. In conclusion, the article notes that the combination of these two industries plays a major role in determining innovative breakthroughs and new solutions.

Keywords: artificial intelligence (AI), computer chemistry, quantum chemistry, materials science, innovative materials, medicines, modeling, molecular interactions, environmental sustainability.

Manapov Nurlan Tursymbekovich	<i>Senior lecturer; E-mail: nurlanm66@mail.ru</i>
Kozhabekova Nazym Nurkdyrovna	<i>Candidate of Chemical Sciences; E-mail: kojabekova@mail.ru</i>

**КОМПЬЮТЕРЛІК ХИМИЯ МЕН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІҢ ҮЙЛЕСІМІ: ҒЫЛЫМ
МЕН ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ БОЛАШАҒЫНА БАҒЫТ****Н.Т. Манапов, Н.Н. Қожабекова***Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан,***E-mail: nurlanm66@mail.ru*

Citation: Manapov N.T., Kozhabekova N.N. Integration Of Computer Chemistry And Artificial Intelligence: Prospects For The Development Of Science And Technology. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 3(91), 155-170. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-3.2710-1185.44>

Түйіндемe. Бұл мақалада компьютерлік химия мен жасанды интеллектінің (ЖИ) интеграциясы, олардың ғылым мен технологиядағы рөлі және ғылыми-зерттеу мен білім беру бағыттарындағы қолдану мүмкіндіктері талқыланады. Компьютерлік химия мен ЖИ-нің түйісу салаларының тармақтарына жеке-жеке талдау жасалынады. Компьютерлік технологиялар заманауи ғылым мен білім беру үрдісінде маңызды құрал ретінде қарастырылады, өйткені олар ғылыми-зерттеу қызметкерлерінің, білім алушылар мен оқытушылардың шығармашылығына жаңа мүмкіндіктер ұсынып, кәсіби және ғылыми міндеттерін дамытуға септігін тигізеді. Сондай-ақ, ақпараттық желілер мен компьютерлік бағдарламалар қажетті мәліметтерді жылдам табу мен өңдеуге, сонымен қатар жекелей жұмыс жүргізуіне мүмкіндік береді. ЖИ мен компьютерлік химияның өзара байланысы ғылыми зерттеулердегі және өнеркәсіптік инновацияларда трансформациялық шешімдердің негізі болып табылады. Бұл салалардың бірігуі молекулалар мен химиялық процестерді модельдеу, жаңа дәрілік препараттар мен материалдарды әзірлеу, экологиялық тұрақтылықты қамтамасыз ету, сондай-ақ күрделі химиялық, биологиялық және экологиялық жүйелерді терең түсіндіруге мүмкіндік береді. Сондықтан, компьютерлік химия мен ЖИ-нің әлеуеті ғылыми-зерттеу мен технологиялық прогресс үшін маңызды ресурс болып қала береді. Мақала қорытындысында, осы екі саланың бірігуі инновациялық серпілістер мен жаңа шешімдерді анықтауда үлкен рөл атқаратыны атап өтіледі.

Түйінді сөздер: жасанды интеллект (ЖИ), компьютерлік химия, кванттық химия, материалтану, инновациялық материалдар, дәрілік заттар, модельдеу, молекулалық өзара әрекеттесу, экологиялық тұрақтылық.

Манапов Нұрлан Тұрсымбекұлы

аға оқытушы

Қожабекова Назым Нұрқыдырқызы

химия ғылымдарының кандидаты

1. Кіріспе.

Қазіргі уақытта химия ғылымы мен технологияның даму қарқыны ақпараттық технологиялардың, соның ішінде компьютерлік химия мен жасанды интеллектінің (ЖИ) қолданысымен тығыз байланысты болып тұр. Компьютерлік химия химиялық қосылыстар мен процестерді зерттей отырып, оларды модельдеу үшін компьютерлік құралдар мен химияға арналған компьютерлік бағдарламаларды қолданады. Ал ЖИ – алгоритмдерді жетілдіру мен мәліметтерді өңдеу мүмкіндіктерін жақсартады. Бұл екі сала арасындағы интеграция ғылыми-зерттеу жұмыстарында, білім беру мен өнеркәсіптік жаңашылдықтарда ауқымды өзгерістер мен жаңа мүмкіндіктер туғызуда.

Білім беру процесінде компьютерлік технологиялар мен бағдарламаларды қолдану ғылыми-зерттеу қызметкерлерінің, оқытушылар мен білім алушылардың шығармашылығына кең жол ашады, сондай-ақ танымдық процестерді сапалы түрде өзгертеді. Заманауи зерттеулер ақпараттық технологиялардың мүмкіндігі арқылы зерттеу нысандарының және білім алудың тиімділігін арттыруда. Әлеуметтік желі ресурстары мен компьютерлік бағдарламалар ғылыми зерттеушілердің, білім алушылардың шығармашылық жұмыстарын дамытуда маңызды рөл атқарады.

Аталған мақалада компьютерлік химия мен ЖИ-нің біріктірілген әлеуеті, олардың ғылым мен практикалық салалардағы ықпалы және ғылыми-зерттеу нәтижелерінің қоғамға деген пайдасы қарастырылады. Бұл

ғылыми-зерттеулер инновациялық жобаларды жүзеге асыру мен тыңғылықты есептеу әдістерінің дамуына негіз болды, соның нәтижесінде ғылыми прогресс онтайландырылған процесс пен жаңа шешімдерді туғызды. Қарқынды дамып келе жатқан жасанды интеллекті (ЖИ) мен компьютерлік химияның өзара тоғысуы заманауи инновациялардың дамуына септігін тигізері сөзсіз. Бұл мақалада компьютерлік химия мен ЖИ-нің бір-бірімен байланысы, олардың біріктірілген әлеуеті мен түрлендіруші мүмкіншіліктері қарастырылады.

Мақаланың негізгі мақсаты – компьютерлік химия мен ЖИ-нің тиімді интеграциясы арқылы өрістейтін инновациялық шешімдердің маңыздылығын, артықшылықтарын және болашағын көрсету.

2. Әдістер.

Қазіргі уақытта ғылыми-зерттеу жұмыстарының едәуір бөлігі қоғам өмірінің, ғылымның, білімнің әртүрлі салаларын компьютерлендіру және ақпараттандыру мәселесіне арналған. Мысал ретінде, педагогикалық жоғары оқу орындарының студенттері мен оқытушыларының кәсіби қызметте компьютерлік технологияларды пайдалануға даярлау мәселесі А.А. Абдукадыров, В.Д. Алексеев, В.П. Беспалько, Ю.С. Брановский, Я.А. Ваграменко, В.М. Заварыкина, В.А. Извозчикова, Э.И. Кузнецова, М.П. Лапчика, И.А. Румянцева, Ю.К. Кузнецовтың және т. б. ғалымдардың еңбектерінде көрініс тапты [2].

Студенттің компьютер алдында жұмыс жасауы, базалық білімді меңгеруге кететін уақытын едәуір қысқартады. Білім алушы интернет байланыстары арқылы керекті ақпараттарды табу, алу және оларды өңдеуге машықтанады [3].

Компьютерлік ақпараттық технологияларды ғылыми-зерттеу мен білім беру саласында қолдану, бір жағынан, ғылыми-зерттеу қызметкерлерінің, оқытушылар мен білім алушылардың шығармашылығына кең мүмкіндіктер ашады, кәсіби және ғылыми-зерттеу міндеттерін шешу барысындағы мүмкіндіктерін кеңейтеді, ал екінші жағынан, педагогтарға кәсіби қызметінде компьютерлік технологияларды пайдалану дайындығы тұрғысынан оқытуға басқа да сапалы жоғары талаптар қояды [1].

Жаһандық білім беру жүйесіне енудің ең жылдам жолы – жаһандық ақпараттық қоғамдағы коммуникация үлгісі болып саналатын ғылыми-зерттеу мен білім беру мекемелерінің ғаламдық желіні пайдалануына жағдай жасау. Ғылыми-зерттеу жұмысын орындау барысында әлеуметтік желіні пайдалану көптеген мәселелерді шешуді жеңілдетеді [4].

Химияны оқыту тәжірибесінде ақпараттық технологияларды қолдаудың әртүрлі формаларын қолдануға болады. Ең қарапайым және тиімді әдіс - бұл үлкен әлеуетке ие және білім беру процесінің мазмұны мен ұйымдастырушылық ерекшеліктеріне сүйене отырып, оларды қолдану әдістерін өзгертуге мүмкіндік беретін дайын бағдарламалық өнімдерді пайдалану [6].

Қазіргі уақытта классикалық компьютерлік химия алгоритмдері де, терең оқыту тәсілдері де химияның барлық салаларына еніп кетті: органикалық және бейорганикалық химия, физикалық химия, зат құрылысы, катализ, дәрілік химия, аналитикалық химия, материалтану және т.б. [9].

Химияның «Компьютерлік химия» саласы химияға арналған компьютерлік бағдарламалардың көмегімен оқыту әдісінің бағыттарының бірі және компьютерлік модельдеуді қолданатын кванттық химияның бір тармағы.

Кванттық химия - молекулалық құрылымдар мен химиялық құбылыстарды түсіну үшін кванттық механиканы қолдануға бағытталған химияның ерекше бір саласы.

Компьютерлік химия молекулалардың қасиеттерін, олардың әрекетін анықтау, зерттеу және болжау үшін әртүрлі тәсілдер қолданады [7].

Дәлме-дәл есептеулер кластерлері мен суперкомпьютерлер компьютерлік химияның тиімділігі мен дәлдігін арттыруда маңызды рөл атқарады, оның трансформациялық жетістіктері үшін ЖИ құрылымдарымен интеграциясын қолдайды.

Компьютерлік химия мен жасанды интеллектінің түйісуі, инновациялық жаңашылдықтардың қарқынын үдете бастады. Атап айтсақ, бейорганикалық және органикалық полимерлер алу, дәрі-дәрмек жасау мен медицина саласында, материалтануда, молекулалық биологияда, гендік инженерияда, қоршаған ортаны талдау барысында кеңінен қолдануда.

Енді осы айтылған салалардың тармақтарына нақты мысалдармен, компьютерлік химияның есептеу әдістері жасанды интеллектімен бірлесе отырып зерттейтін бағыттарына толықтай тоқтала кетсек:

1. Компьютерлік химия мен ЖИ-нің түйіндесуі материалтану мен техниканың жаңа дәуіріне жол ашты, бұл бейімделген қасиеттері бар озық материалдарды жобалауға және оңтайландыруға мүмкіндік берді. Материалдардың сипаттамасын модельдеу және құрылымдық тұрақтылығын болжау арқылы зерттеушілер заманауи энергия көздеріне, аэроғарыштық қолданбаларға және тұрақты инфрақұрылымға арналған инновациялық материалдарды әзірлеуді жеделдете түсті. Компьютерлік химия мен ЖИ-нің құрылымдарының қиылысуы материалдардың келесі буынын жасауды жеделдетіп, осы салаларда бұрын-соңды болмаған жетістіктерге жол ашты. Атап айтсақ: озық материалдардың жобалануы, биоматериалдар, күрделі жүйелерді модельдеу, энергетикалық материалдар, металдар мен қорытпалар.

Бұл мысалдар компьютерлік химия мен жасанды интеллектінің интеграциясының материалтану мен техникадағы жаңашылдықтар мен тиімділікті арттыру үшін маңызды рөл атқаратынын көрсетеді;

2. Қоршаған ортаға әртүрлі факторлардың тигізетін әсерлерін анықтауға және оны зерттеуге жасанды интеллекті мен компьютерлік химия айтарлықтай қолданыс тапты. Жасанды интеллект негізіндегі модельдеу мен болжамды модельдеуді біріктіру қоршаған ортаны бағалауды түбегейлі

өзгертеді, экологиялық қауіптерді азайту және тұрақты тәжірибелерді ілгерілету үшін жаңа құралдарды ұсынады.

Жалпы алғанда, компьютерлік химия мен жасанды интеллектінің қоршаған ортаны зерттеудегі интеграциясы экологиялық зерттеулердің нәтижелілігін арттырып, қоршаған орта мәселелерін саралауға мүмкіндік береді. Бұл саладағы инновациялар экологиялық жүйелердің тұрақтылығын қамтамасыз етуге және адам денсаулығына, экожүйелерге және табиғатқа әсер ететін факторларды басқаруға бағытталған зерттеулердің негізін қалауда;

3. Хемоинформатика – компьютерлік химияның есептеу әдістері жасанды интелекстімен біріге отырып, есептеу бағытындағы заңдылықтары мен түзетулерді анықтауға көмектесетін химиялық ақпараттың үлкен деректер жиынын талдау үшін қолданылады. Хемоинформатика – компьютерлік химия мен жасанды интеллектінің (ЖИ) бірігуі арқылы химиялық мәліметтерді талдаудың арнайы бағыты.

Осы арқылы хемоинформатика зерттеушілерге химиялық шешімдерді қабылдау процесін тездетіп, молекулалық дизайны мен дәрі-дәрмектерді дамытуда жаңа мүмкіндіктер ұсынды;

4. Буып-түйетін тұтыну өнімдері – орау немесе қаптау материалдарын жобалау және оларды сынау кезінде қолдану. Бұл процесстің бірнеше негізгі кезеңдері бар: материалдардың таңдауын зерттеу, модельдеу және симуляция, дизайны және прототиптеу, сынау және талдау, экологиялық аспектілер.

Осылайша, буып-түйетін тұтыну өнімдері үшін орау немесе қаптау материалдарын жобалау мен сынау кезінде компьютерлік химияның есептеу әдістері тұтынушылардың қажеттіліктерін, өнімнің сапасын және экологияны ескеруді қамтамасыз етеді;

5. Қажетті дәрі-дәрмектерді айқындап және оның қасиеттерін анықтау бағытында, сонымен қатар фармацевтикалық зерттеулер мен дайындамалар саласында ЖИ-мен бірге компьютерлік химия дәрілік заттарды жасау үрдісінде төңкеріс жасады. Молекулалық өзара әрекеттесулерін талдау және байланыстыру ұқсастықтарын есептеуге байланысты болжамды модельдерді пайдалану арқылы, жасалатын дәрі-дәрмектің құрамына кіретін компоненттерді анықтау үшін жұмсалатын уақытты едәуір қысқартты. Компьютерлік химия мен ЖИ-нің бұл бірігуі жаман аурулар мен медициналық мәселелерді шешуге жаңа үміт ұсынып, өмірді сақтайтын дәрілердің дамуын жеделдетуге септігін тигізуде;

6. Протеин/антиденелер инженериясы - компьютерлік химияның есептеу әдістері ақуыз тізбегін жобалау және ақуыз құрылымдарын болжау үшін қолданылады.

Бұл инженерияның негізінде жиналған мәліметтер мен инновациялық алгоритмдер, ақуыздардың қасиеттерін дәл болжау мен олардың функционалдық мүмкіндіктерін оптимизациялауда қолданылатын тиімді құралдар ретінде қызмет етеді;

7. Ферменттік инженерия — әртүрлі қолданбаларға, соның ішінде өнеркәсіптік процестерге арналған ферменттерді жасауға көмектеседі. Компьютерлік химияның моделі мен симуляциясы арқылы ферменттердің құрылымдық және функционалдық қасиеттері терең зерттеледі, бұл ферменттердің «оптимизациясын» жүргізуге мүмкіндік береді;

8. Органикалық электроника - компьютерлік химияның есептеу әдістері жасанды интелектімен біріге отырып, органикалық электронды материалдарды жобалау мен талдауда қолданылады. Компьютерлік химияның есептеу әдістері мен жасанды интеллект (ЖИ) бұл салада органикалық электронды материалдарды жобалау мен талдау үшін маңызды рөл атқарады.

Сонымен қатар, компьютерлік химияның және ЖИ-нің бірігуі материалдарды дамытудың уақытын қысқартып, жаңа функционалдық қасиеттерді ашуға мүмкіндік береді. Ол жаңа зерттеулердің бағытын анықтау, өндірістік процестерді жетілдіру және энергетикалық тиімді құрылғыларды әзірлеу үшін пайдалы құрал болып табылады. Органикалық электроникадағы компьютерлік химия мен ЖИ-нің үйлесуі бұл салада жаңа инновациялық шешімдер мен технологияларды дамытуға ықпал етуде;

9. Катализ дизайны - каталитикалық жүйелерді талдау және жаңа катализаторларды әзірлеу үшін қолданылады. Катализ дизайны компьютерлік химия мен ЖИ-нің көмегімен каталитикалық жүйелердің зерттелуін және жаңа катализаторлардың әзірленуін тиімді түрде жүзеге асыруға мүмкіндік береді;

10. Полимер дизайны – өзіне тән қасиеттері бар полимерлерді жобалауға көмектеседі. Полимер дизайны - бұл компьютерлік химияның есептеу әдістері мен жасанды интеллекттің көмегімен полимерлерді жобалау процесі.

Осы әдістер мен механизмдердің интеграциясы полимер дизайнынан күтілетін жаңа инновацияларды дамытуға мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде жаңа материалдардың жасауына және олардың қолдану салаларының кеңеюіне әкеп соғады;

11. Беттік химия - компьютерлік химияның есептеу әдістері жасанды интелектімен біріге отырып, беттердегі молекулалардың әрекетін зерттеу және болжау үшін қолданылады.

Беттік химия, компьютерлік химия мен жасанды интеллектті біріктіре отырып, молекулалардың әрекеттерін тереңірек зерттеуге және болжауға мүмкіндік береді, бұл материалдардың жаңа функциялары мен өнімдерін инновациялық түрде дамытуға ықпал етеді;

12. Энергияны алу және сақтау - энергияны сақтау сияқты құбылыстардың негізінде жатқан негізгі физикалық процестерді зерттеу үшін қолданылады. Энергияның алынуы мен сақталуының ғылыми негіздері мен практикалық қолданулары туралы келесі мәліметтерді айтып өтсек болады: физикалық-химиялық процестер, энергияның сақталуы, жалпы энергия жүйелері, энергияның алмасуы, қолдану салалары.

13. Жартылай өткізгіштер - компьютерлік химияның есептеу әдістері жартылай өткізгіштерді жобалау мен талдауда қолданылады. Жартылай өткізгіштерді жобалау мен талдауда компьютерлік химияның есептеу әдістері мен ЖИ маңызды рөл атқарады. Бұл әдістер арқылы материалдардың электронды қасиеттері мен құрылымдары нақтыланып, олардың жартылай өткізгіштік қасиеттері болжау арқылы оңтайландырылуы мүмкін. Мысалы, компьютерлік модельдер әдетте атомдар арасындағы байланыстарды, электрондық күй-жүйелерді және олардың өзара әрекеттесуін зерттеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, есептеу әдістері мен ЖИ әртүрлі қосылыстардың ықтимал қасиеттерін салыстырып, ең тиімді нұсқаны таңдау үшін қолданылады, бұл жаңа заттарды алуға және өндіріс процесін оңтайландыруға септігін тигізеді;

14. Металдар, қорытпалар және керамика дизайны - металдарды, қорытпаларды және керамикаларды жобалауға және талдауға көмектеседі. Металдар, қорытпалар және керамика дизайны саласында компьютерлік химияның есептеу әдістері мен ЖИ металдар мен материалдардың құрылымын, қасиеттерін және тұрақтылығын болжау үшін кеңінен пайдаланылады. Сонымен қатар, қорытпалар мен керамикалардағы атомдық орналасуларды оңтайландыру арқылы олардың механикалық және физикалық қасиеттерін жақсартуға бағытталған дизайн жүргізіледі;

15. Масс-спектрометрия - компьютерлік химия молекулалық спектрлер мен энергетиканың тәжірибелік анықтамаларын бағалау үшін және химиялық реакциялардың реакция жолдары мен өнімдерін түсіндіру үшін қолданылады. Масс-спектрометрияда компьютерлік химия молекулалық спектрлердің аналитикалық талдауын жүргізу үшін кеңінен қолданылады. Бұл әдіс арқылы алынған эксперименттік спектрлердің деректерін модельдеу және болжау жүзеге асырылады, ол молекулалардың құрылымын және олардың энергия деңгейлерін анықтауға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, компьютерлік химия реакция жолдарын моделдеу арқылы реакцияның әртүрлі мүмкін болатын механизмдерін және өнімдерін түсінуге көмектеседі. Бұл тәсіл химиялық реакциялардың барысын зерттеу кезінде, реакцияға қатысатын молекулалардың электронды құрылымдары мен энергия деңгейлерін болжау және салыстыру арқылы, нақты реакция жолдарын анықтауда маңызды рөл атқарады. Нәтижесінде, масс-спектрометрия деректерін интерпретациялау дәлдігі артып, химиялық қосылыстар мен реакциялар туралы толық әрі нақты ақпарат алынады.

Бұл қолданбалар компьютерлік химияның есептеу әдістері жасанды интелектімен біріге отырып, кең ауқымындағы күрделі есептерді шешудегі әмбебаптығын көрсетеді. Бұл сала технологияның жетістіктерімен және жаңа теориялармен дамуын жалғастыруда, болашақта қолдану аясы кеңейе түседі.

Компьютерлік химияның жасанды интелектімен бірігуіндегі артықшылықтары мен кемшіліктеріне жеке-жеке тоқталсақ.

Компьютерлік химияның артықшылықтары:

- Молекуланың қасиетін дәл болжау мүмкіншіліктері;

• Дәрі-дәрмектік заттарды әзірлеуді және материалдарды оңтайландыруды жеделдетуі;

• Күрделі химиялық және биологиялық, экологиялық жүйелерді тереңірек түсіндіруі.

Кемшіліктері мен шектеулері:

- Жетілдірілген модельдеудің есептеу қарқындылығы;
- ЖИ көмегімен шешім қабылдаудың этикалық аспектілері;
- Күрделі болжамды модельдердің интерпретациялануы;
- Бастапқы деректерді дайындаумен байланысты мәселелер;
- Деректерге қате аңдатпа;
- Химиялық реакциялар туралы ақпаратты дұрыс емес автоматты өңдеу.

Компьютерлік химия мен ЖИ-нің түйіндесуі этикалық тұрғыдан, әсіресе болжамды модельдер негізінде шешім қабылдау контекстінде мұқият қарастыруды талап етеді. Ашықтықты, есептеудің дәлдігін және этикалық қадағалауды қамтамасыз ету ЖИ-ге қолдайтын компьютерлік химияның мүмкіншілігін пайдалану, біржақтылыққа жол бермеу және осы салаларда жауапты түрде қолдануды қамтамасыз ету үшін өте маңызды.

Химиктер компьютерлік химияны молекулалардың сипаттамаларын зерттеу және жаңа заттардың қасиеттерін болжау үшін компьютерлік модельдеу мен жасанды интеллектінің мүмкіншіліктерін пайдаланады. Заттарды компьютерлік химияның есептеу тәсілдерімен зерттеу барысында, компьютерлік химияның есептеу тәсілдері күрделі химиялық теңдеулерді шешу және реакция модельдеріндегі дәлсіздіктермен күресу сияқты маңызды қиындықтарға тап болады. Сонымен қатар, дәл модельдеу үшін қажетті деректердің үлкен көлемі айтарлықтай кедергі жасайды.

Осы кедергілерге қарамастан, компьютерлік химияның есептеу тәсілдері мен жасанды интеллектінің мүмкіншіліктері инновациялық препараттарды, материалдарды және өнеркәсіптік процестерді дамыту үшін маңызды ресурс болып қала береді. Ол ғылыми прогресс үшін маңызды және есептеу тәсілдерінсіз қол жетімсіз болатын молекулалық өзара әрекеттесулерді тереңірек түсінуге және болжауға мүмкіндік береді.

3. Қорытынды.

Қорытындылай келе, компьютерлік химия мен ЖИ-нің үйлесуі немесе тоғысуы ғылыми-зерттеу жұмыстарында, өнеркәсіптік инновацияларда және тұрақты технологиялық жетістіктерде өзінің нәтижелерін бере бастады. Жетілдірілген немесе нақты есептеу әдістері мен болжамды алгоритмдер арасындағы байланысты пайдалана отырып, есептеу химиясы фармацевтикада, материалтануда, экологиялық тұрақтылықта, биологияда және басқа да ғылымның салаларында трансформациялық шешімдердің негізгі мүмкіндігіне айналды. Компьютерлік химия жасанды интеллектімен бірге осы бірлескен байланыстың шексіз әлеуетін зерттеуді жалғастыра отырып, болашақ инновациялық серпілістер мен дәстүрлі шектеулерден асып түсетін шешімдерді анықтауға ықпал ете бастады.

Жасанды интеллекті мен компьютерлік химияның үздіксіз дамып келе жатқан әлемінде, олардың болжамдық модельдеулері мен алгоритмдік дәлдіктерінің бірігуі, ғылыми жаңашылдықтары мен технологиялық инновациялары үйлесімді түрде революциялық жетістіктерге алып келуде.

Компьютерлік химияның болашағы молекулалардың, химиялық процестердің қасиеттері мен сипаттамаларын дәлірек болжау үшін компьютерлік есептеу мен жасанды интеллект интеграциясы арқылы елеулі жетістіктерге жетуге дайын. Неғұрлым күрделі алгоритмдер мен есептеу әдістерінің дамуы модельдеу жылдамдығы мен дәлдігін арттырады деп күтілуде. Сонымен қатар, бұл бірін-бірі толықтыратын сала, есептеу қуатын арттырудан және кванттық-химиялық есептеулерді пайдаланудың тиімділігі мен химиялық мәселелерді шешу тәсілін түбегейлі өзгертуі мүмкін. Биоинформатика, фармацевтика, экология және материалтану сияқты салалармен пәнаралық байланыс компьютерлік химия мен жасанды интеллектінің қолдану аясын одан әрі кеңейтіп, оны ғылыми-зерттеулер мен әзірлемелердің одан да ажырамас бөлігіне айналдырады деген сенімдеміз.

ИНТЕГРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ХИМИИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Н.Т. Манапов, Н.Н. Кожобекова

Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

**E-mail: nurlanm66@mail.ru*

Резюме. В этой статье обсуждается интеграция компьютерной химии и искусственного интеллекта (ИИ), их роль в науке и технологиях, а также возможности их применения в областях научных исследований и образования. Проводится индивидуальный анализ ветвей смежных областей компьютерной химии и ИИ. Компьютерные технологии рассматриваются как важный инструмент в современной науке и образовательном процессе, поскольку они предоставляют новые возможности для научных исследователей, обучающихся и преподавателей, способствует развитию профессиональных и научных задач. Также информационное пространство и компьютерные программы позволяют быстро находить и обрабатывать необходимые данные, а также проводить индивидуальную работу. Взаимосвязь ИИ и компьютерной химии является основой преобразующих решений в научных исследованиях и промышленных инновациях. Объединение этих областей позволяет моделировать молекулы и химические процессы, разрабатывать новые лекарственные препараты и материалы, обеспечивать экологическую устойчивость, а также глубоко интерпретировать сложные химические, биологические и экологические системы. Поэтому потенциал компьютерной химии и ИИ остается важным ресурсом для научных исследований и технологического прогресса. В заключении статьи отмечается, что объединение этих двух отраслей играет большую роль в определении инновационных прорывов и новых решений.

Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), компьютерная химия, квантовая химия, материаловедение, инновационные материалы, лекарства, моделирование, молекулярные взаимодействия, экологическая устойчивость.

Манапов Нурлан Турсымбекович

Старший преподаватель,

Кожобекова Назым Нуркыдыровна

Кандидат химических наук,

Әдебиеттер тізімі:

1. Антошкина Е.Г., Григорьева Е.А. Организация внеаудиторной самостоятельной работы студентов при изучении дисциплин химического цикла. Современная высшая школа: инновационный аспект. **2011.** № 4. С. 31–33.
2. Кит Дж.А. и др. Объединение машинного обучения и компьютерной химии для предсказательного анализа химических систем. *Химические обзоры.* **2021.** Т. 121. №. 16. С. 9816–9872.
3. Дорофеев М.В., Стунесева Ю.Б. Использование сервисов всемирной паутины в процессе обучения Химия в школе. **2010.** № 8. С. 31.
4. Манапов Н.Т. Химия біліміндегі жаңа ақпараттық технологиялардың рөлі. Вестник КазНПУ им.Абая, сер. «Естественно-географические науки» **2010.** №3(25). С.121-124.
5. А.А. Агишева, Ж.Б. Чилдебаев, Н.Т. Манапов Значение навыков работы в сети интернет в решении задач НИРС Вестник КазНПУ им.Абая, сер. «Естественно-географические науки» **2011.** №1(27). С.85-85.
6. Искусственный интеллект: применение в химии: Пер. с англ. Д. Смит, Ч. Риз, Дж. Стюарт и др. Под ред. Т. Пирса, Б. Хони. М.: Мир, **1988.** 430 с, ил. ISBN 5-03-001213-3
7. Құрманәлиев М.Қ., Рыскалиева А.Қ. Химияны оқытудың қазіргі технологиялары. Алматы, **2013.** Б. 216-220.
8. Соловьев М.Е., Соловьев М.М. Компьютерная хими М.: СОЛОН-Пресс, 2005. 536 с.
9. Бутырская Е.В. Компьютерная химия: основы теории и работа с программами Gaussian и GaussView. - М.: СОЛОН-ПРЕСС, 2011. 224 с.: ил. (Серия «Библиотека студентов»).
10. Как используют искусственный интеллект в химии 10.11.2022. [Электрон-ный ресурс]. Режим доступа: <https://dzen.ru/a/Y2ymTcdU2G3jfWFW> (дата обращения 03.03.2025).
11. Галкина, Е. Н. Применение нейросетей в процессе обучения химии Е. Н. Галкина Мир науки. Педагогика и психология. **2024.** Т. 12. № 2. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/51PDMN224.pdf>
12. Беттік және коллоидтық химия. Ұстанымдары мен қолданылуы [Текст]: оқулық К. С. Бирди ; Ауд. Қ. Ж. Әбдиев. - Алматы : Дәуір, **2013.** 388 б. (ҚР Білім және ғылым министрлігі). ISBN 9786012174410
13. Валиева М. Е. Лаборатория компьютерного дизайна материалов: что может дать USPEX? Биомолекула от 03.07.2016. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://biomolecula.ru/articles/laboratoriia-kompiuternogo-dizaina-materialov-chto-mozhet-dat-uspex> (дата обращения 20.05.2025).
14. Митрофанов А.А. и др. Искусственный интеллект в химии и материаловедении. Химический факультет МГУ имени М.В. Ломоносова [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://teach-in.ru/file/synopsis/pdf/ai-in-chemistry-and-materials-science-M-3.pdf> (дата обращения 20.05.2025).
15. Рупали Дабас Двадцать способов, которыми ИИ развивает химию. Chemistry ORLD от 17.10.2024. [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.chemistryworld.com/news/twenty-ways-ai-is-advancing hemistry/4020269.article](https://www.chemistryworld.com/news/twenty-ways-ai-is-advancing-hemistry/4020269.article) (дата обращения 21.05.2025).
16. Бэк С. и др. Ускоренное развитие химической науки с помощью ИИ Digital Discovery. **2024.** Т. 3. №. 1. С. 23-33.
17. Чжэн Чжэн и др. ChatGPT помощник по химии для анализа текста и прогнозирования синтеза MOF Журнал Американского химического общества. **2023.** Т. 145. № 32. С. 18048-18062.
18. Маңубара С. Цифровизация органического синтеза как химики-органики используют технологию ИИ Письма в журнале «Химия». **2021.** Т. 50. № 3. С. 475-481.
19. Как устроен искусственный интеллект. Дзен [сайт]. [Электронный ресурс]. Режим доступа: 05.03.2021. URL: <https://dzen.ru/a/YEI98J6aVzXBa5zW> (дата обращения 14.05.2025).
20. Нейн Ю. И., Иванцова М. Н. Компьютерное представление химической информации: учебное пособие: под общ. ред. М. Ф. Костериной. Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, **2020.** 142 с.
21. Роботы-лаборанты, разработка лекарств и не только: какие задачи искусственный интеллект уже помогает решать химикам. 03.03.2023. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://news.itmo.ru/science/life_science/news/13095/ (дата обращения 18.04.2025).
22. Сизов А. Что такое машинное обучение. Методы, типы, задачи и примеры машинного обучения. «Майнинг Криптовалюты» [сайт]. **2020.** [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://mining-cryptocurrency.ru/mashinnoe-obuchenie-metody-tipy/> (дата обращения 21.05.2025).
23. Яцевич М. Ю. Особенности и факторы взаимодействия феноменов науки и идеологии В сборнике: Социальные коммуникации: философские, политические, культурно-исторические

измерения. сборник статей I Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Кемеровский государственный университет. Кемерово, **2020**. С. 262–267.

24. Голосовые помощники: как они появились, распространенные заблуждения о них. – Текст: электронный БЛОГ Web Программиста. 25.02.2021. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://juice-health.ru/technology/962-golosovye-pomoshchniki> (дата обращения 21.04.2025).

25. Светличный Е.Г. Совершенствование образовательного процесса в школе с использованием цифровых платформ на основе искусственного интеллекта Е.Г. Светличный, М.М. Хамгоков, В.В. Шабаев Проблемы современного педагогического образования. **2022**. № 74-2. С. 207–210.

26. Амиров Р.А. Перспективы внедрения технологий искусственного интеллекта в сфере высшего образования Р.А. Амиров, У.М. Билалова. Управленческое консультирование. **2020**. № 3(135). С. 80–88.

27. Измайлова М.А. Возможности и угрозы искусственного интеллекта в образовании М.А. Измайлова Психология обучения. **2020**. № 3. С. 84–94.

28. Сибирякова Ю.В. Использование технологий искусственного интеллекта в сфере образования: риски и перспективные направления Ю.В. Сибирякова Экспертные институты в XXI веке: принципы, технологии, культура: Сборник научных трудов Научный редактор Т.И. Грабелных. Иркутск: Иркутский государственный университет, **2022**. С. 211–214.

29. Савенков А.И. Педагог как цифровой дизайнер образовательных программ: новые возможности и технологии А.И. Савенков Nomium. **2023**. № 2. С. 131–144.

30. Родионов О.В. Технологии искусственного интеллекта в образовании О.В. Родионов, Н.В. Тамп Воздушно-космические силы. Теория и практика. **2022**. № 22. С. 64–74.

31. Курбанова З.С. Нейросети в контексте цифровизации образования и науки З.С. Курбанова, Н.П. Исмаилов Мир науки, культуры, образования. **2023**. № 3(100). С. 309–311.

32. Филатова О.Н. Применение нейросетей в профессиональном образовании О.Н. Филатова, М.Н. Булаева, А.В. Гуцин Проблемы современного педагогического образования. **2022**. № 77-3. С. 243–245.

33. Петров В.В. Нейросети в образовании: шаг в будущее В.В. Петров Естественные, математические и технические науки. Образование. Технологии. Инновации: Материалы Межрегиональной научно-практической студенческой конференции, Липецк, 07–28 апреля 2023 года. Липецк: Липецкий государственный педагогический университет имени П.П. Семенова-Тян-Шанского, **2023**. С. 264–267.

34. Сивашов Д.В. Нейросети в образовании: примеры и перспективы использования Д.В. Сивашов, Т.С. Белоzerцева, А.Е. Осешнюк Основные вопросы педагогики, психологии, лингвистики и методики преподавания: материалы X Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Знаменск, 09 ноября 2023 года. Астрахань: Астраханский государственный университет имени В.Н. Татищева, **2023**. С. 119–122.

35. Корякова К.А. Нейросети как новые инструменты в образовании К.А. Корякова, О.В. Судакова Информационные технологии в образовании. **2023**. № 6. С. 180–186.

36. Корсакова Е.А. Использование нейросетей на уроках химии Е.А. Корсакова Актуальные проблемы химического и экологического образования. Верховский 150: материалы 68-й Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, Санкт-Петербург, 11–13 мая 2023 года. Санкт-Петербург: Российский государственный педагогический университет имени А.И. Герцена, **2023**. С. 66–69. EDN INSDOT.

37. Адилова А.М., Манапов Н.Т., Абдикаримов М.Н. Заманауи акпараттық-коммуникациялық технологияны химия пәнінде қолдану арқылы білім мазмұнын жетілдір «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференция материалдары Алматы, Қазақстан, 6-8 сәуір **2021** жыл -1786.

38. Егинбаева Ә.Б., Турғумбаева Р.Х., Манапов Н.Т. Жалпы білім беретін мектептер үшін химия пәнін оқытуда Gaussview бағдарламасын қолдану әдістері «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференция материалдары Алматы, Қазақстан, 6-8 сәуір **2021** жыл 1906.

39. Жолдасова З.А., Турғумбаева Р.Х., Манапов Н.Т. Мектеп химиясы бойынша виртуал зертханалық жұмыстарды қолдану мүмкіндіктері «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференция материалдары Алматы, Қазақстан, 6-8 сәуір **2021** жыл 1976.

40. Сарсекеева И.С., Тургумбаева Р.Х., Манапов Н.Т. Особенности дистанционного обучения неорганической химии «Фараби әлемі» атты студенттер мен жас ғалымдардың халықаралық ғылыми конференция материалдары Алматы, Қазақстан, 6-8 сәуір **2021** жыл 215б.

41. Тургумбаева Р.Х., Манапов Н.Т., Ажиханова О.Ж. Органикалық химияны оқытуда компьютерлік бағдарламаларды қолдану «Химия ғылымы мен химиялық білім берудің заманауи аспектілері: теориясы және практикасы» тақырыбындағы ҚРҰҒА академигі, х.ғ.д., профессор Е.А.Бектуровтың 90 жылдық және х.ғ.к., профессор Б.А.Мансуровтың 70 жылдық мерейтойына арналған Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдар жинағы 13-14 желтоқсан **2021ж.** 16б.

42. Камалова А.Қ., Манапов Н.Т. Химиялық виртуалды зертханаларды сабақ барысында қолданудың өзектілігі «Химия ғылымы мен химиялық білім берудің заманауи аспектілері: теориясы және практикасы» тақырыбындағы ҚРҰҒА академигі, х.ғ.д., профессор Е.А.Бектуровтың 90 жылдық және х.ғ.к., профессор Б.А.Мансуровтың 70 жылдық мерейтойына арналған Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдар жинағы 13-14 желтоқсан **2021ж.** 22б.

43. Қасымбекова Д.А., Манапов Н.Т., Атабекова Б.С. Бейорганикалық химия курсында компьютерлік ойын технологиясын қолданудың тиімді әдістері. «Химия ғылымы мен химиялық білім берудің заманауи аспектілері: теориясы және практикасы» тақырыбындағы ҚРҰҒА академигі, х.ғ.д., профессор Е.А.Бектуровтың 90 жылдық және х.ғ.к., профессор Б.А.Мансуровтың 70 жылдық мерейтойына арналған Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференцияның материалдар жинағы 13-14 желтоқсан **2021ж.** 24б.

44. Тургумбаева Р.Х., Манапов Н.Т., Егинбаева Ә.Б. Химияны оқытуда компьютерлік химияны пайдалану Вестник КазНПУ им. Абая, *сер.естест.-геогр.*, № 2(72), **2022ж.**-62-69 беттер.

45. Саяқбаева С.Н, Сандибекова А.А., Манапов Н.Т. Орта мектепте химия пәнін оқытуда кванттық-химиялық есептеулерге арналған бағдарламаларды қолданудың тиімділігі «Химия мектепте» Республикалық екі айда бір шығатын ғылыми-педагогикалық журнал, №2 (116), **2022ж.** 15-17б.

46. Сандибекова А.А., Жармағамбетова А.К., Манапов Н.Т. Білім алушылардың экологиялық білімін мультимедиялық технологиялар арқылы химияға қызығушылығын арттыру «Химия мектепте» Республикалық екі айда бір шығатын ғылыми-педагогикалық журнал, №2 (128), **2024ж.** -3-10б.

47. Жұмабек А.Ф., Манапов Н.Т. Мектеп оқушыларының үлгерімін арттыру үшін органикалық химияны үйренуге арналған Chemskech бағдарламасын пайдалану әдіс-тәсілі. «ХИМИЯ ҒЫЛЫМЫ МЕН ХИМИЯЛЫҚ БІЛІМ БЕРУДІҢ ЗАМАНАУИ АСПЕКТІЛЕРІ: ТЕОРИЯСЫ ЖӘНЕ ПРАКТИКАСЫ» тақырыбындағы х.ғ.д., профессор, МАИН және ҚЖМҰҒА академигі Н.А.Бектеновтың және х.ғ.д., профессор, РЖА корреспондент мүшесі Г.И.Мейірованың 70 – жылдық мерейтойларына арналған III ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ҒЫЛЫМИ-ТӘЖІРИБЕЛІК КОНФЕРЕНЦИЯ материалдары 15-16 мамыр **2024ж.** II бөлім 13б.

48. Сандибекова А.А., Қорғанбаева Ж.Қ., Манапов Н.Т. Білім алушылардың экологиялық білімін мультимедиялық технологияларды қолдану арқылы химияға қызығушылығын арттырудың маңыздылығы «XXI ғасырдағы педагогикалық білім интеграциясы – болашаққа қадам» тақырыбындағы I Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференция материалдар жинағы 28-29 наурыз **2024ж.** 1200б.

49. Борисова Ж.Б. Органикалық химияны оқытуда HyperChem бағдарламасын қолдану ерекшеліктері Вестник КазНПУ им. Абая, *серия «Естественно-географические науки»*, 3(81), **2024 г.**, 23-32 беттер.

50. Кәрім Г.А., Манапов Н.Т. Орта мектепте органикалық химияны оқытуда Gaussian және Gaussview бағдарламаларын қолданудың тиімділігі «Жаратылыстану ғылымдары: болашаққа бағытталған зерттеулер» атты дәстүрлі XI – республикалық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары бойынша мақалалар жинағы. Алматы: «АЕК Қазақ Ұлттық қыздар педагогикалық университеті». **2025.** №11. 188-193 беттер.

51. Сандибекова А.А., Манапов Н.Т. Әлемдегі елдердегі экологиялық білімнің жағдайы мен дамуы.Қазақстан Республикасы Ұлттық қауіпсіздік комитеті Шекара академиясы Республикалық мемлекеттік мекемесінің жоғары оқу орындары арасындағы ғылыми-практикалық конференцияның материалдары мамыр **2024ж.** -257б.

52. Капелла Дж. В. и др. Интернет вещей и экологическая аналитическая химия: на пути к прибыльному симбиозу Тенденции в экологической аналитической химии. **2020.** Т. 27. С. e00095.

53. Сеглер М.Х.С., Пройсс М., Уоллер М.П. Планирование химических синтезов с использованием глубоких нейронных сетей и символического ИИ Nature. **2018**. Т. 555. №. 7698. С. 604-610.
54. Бойко Д.А. и др. Полностью автоматизированный неограниченный анализ данных масс-спектрометрии высокого разрешения с использованием машинного обучения *Журнал Американского химического общества*. **2022**. Т. 144. №. 32. С. 14590-14606.
55. Бортц М., Дадхе К., Митсос А. ИИ в химической инженерии: мы только в начале *Chemie Ingenieur Technik*. **2021**. Т. 93. № 12. С. 1875-1875.
56. Мак К.К., Вонг Й.Х., Пичика М.Р. Искусственный интеллект в открытии и разработке лекарств Открытие и оценка лекарств: безопасность и фармакокинетические анализы. **2024**. С. 1461-1498.
57. Шлексер Ламуро П. и др. Компьютерное обучение для вычислительного гетерогенного катализа. *ChemCatChem*. **2019**. Т. 11. №. 16. С. 3581-3601.
58. Ю Б., Чжу В. Исследование применения технологии цифровых двойников в нефтехимической промышленности Химическая промышленность и ашиностроение. 2019. Т. 38. №. s1. С. 278.
59. Ривз С.М., Криппен К.Дж., МакКрей Э.Д. Разнообразный опыт студентов бакалавриата, изучающих химию в лабораториях виртуальной реальности Компьютеры и образование. 2021. Т. 175. С. 104320.
60. Ciallella HL, Zhu H. Развитие вычислительной токсикологии в эпоху больших данных с помощью искусственного интеллекта: моделирование химической токсичности на основе данных и механизмов Химические исследования в токсикологии. **2019**. Т. 32. №. 4. С. 536-547.

References:

1. Antoshkina E.G., Grigorieva E.A. Organization of extracurricular independent work of students in the study of chemical cycle disciplines Modern higher education: an innovative aspect. **2011**. No. 4. pp. 31-33.
2. Keith J. A. et al. Combining machine learning and computational chemistry for predictive insights into chemical systems Chemical reviews. **2021**. Т. 121. №. 16. С. 9816-9872.
3. Dorofeev M.V., Stouneseva Yu.B. The use of World Wide Web services in the learning process Chemistry at school. **2010**. No. 8. p. 31.
4. Manapov N.T. Khimiya bilimindegi zhana akparattyk technologiylardyn roli Bulletin of KazNPU named after Abai, ser. «Natural geography sciences» **2010**. №3(25). Pp.121-124.
5. A.A. Agisheva, Zh.B. Childebaev, N.T. Manapov The importance of Internet skills in solving research and development problems Bulletin of KazNPU named after Abai, ser. «Natural geography sciences» **2011**. №1(27). -Pp.85-85.
6. Artificial intelligence: application in chemistry: Translated from English D. Smith, C. Reese, J. Stewart et al. Edited by T. Pierce, B. Honey. M.: Mir, **1988**. 430 p., ill. ISBN 5-03-001213-3
7. Kurmanaliev M.K., Ryskalieva A.K. Khimiyany okytudyn kazirgi technologiylary. Almaty, **2013**, pp. 216-220.
8. Solovyov M.E., Solovyov M.M. Computer Chemistry, Moscow: SOLON Press, **2005**, 536 p.
9. Butyrskaya E.V. Computer chemistry: fundamentals of theory and work with Gaussian and GaussView programs. Moscow: SOLON-PRESS, **2011**. 224 p.: ill. (Series «Library of Students»).
10. How artificial intelligence is used in chemistry 11.10.2022. [Electronic resource]. Access mode: <https://zen.ru/a/Y2ymTcdU2G3jfWFW> (accessed 03.03.2025).
11. Galkina, E. N. The use of neural networks in the process of teaching chemistry E. N. Galkina The world of science. Pedagogy and psychology. 2024. vol. 12. No. 2. URL: <https://mir-nauki.com/PDF/51PDMN224.pdf>
12. Bettik zhane colloidtyk chemistry. Ustanymdary men koldanyly [Text]: okulyk . K. S. Birdi ; Aud. K. J. Abdiev. Almaty. Daur, 2013. 388 b. (Mr. Bilim zhane gylm Minister). ISBN 9786012174410
13. Valieva M. E. Laboratory of computer design of materials: what can the USPEX offer. Biomolecule from 03.07.2016. [Electronic resource]. Access mode: <https://biomolecula.ru/articles/laboratoriia-kompiuternogo-dizaina-materialov-chto-mozhet-dat-uspex> (accessed 05.2.2025).

14. Mitrofanov A.A. and others. Artificial intelligence in chemistry and materials science. Faculty of Chemistry, Lomonosov Moscow State University [Electronic resource]. Access mode: <https://teach-in.ru/file/synopsis/pdf/ai-in-chemistry-and-materials-science-M-3.pdf> (accessed 05/20/2025).
15. Rupali Dabas Twenty Ways AI Develops Chemistry. Chemistry ORLD dated 17.10.2024. [Electronic resource]. Access mode: <https://www.chemistryworld.com/new/twenty-ways-ai-is-advancing-chemistry/4020269.article> (accessed 05.21.2025).
16. Back S. et al. Accelerated development of chemical science using AI Digital Discovery. 2024. Vol. 3. No. 1. pp. 23-33.
17. Zheng Zheng et al. ChatGPT chemistry assistant for text analysis and prediction of MOF synthesis *Journal of the American Chemical Society*. 2023. Vol. 145. No. 32. pp. 18048-18062.
18. Matsubara S. Digitalization of organic synthesis how organic chemists use AI technology *Letters in the Journal Chemistry*. 2021. Vol. 50. No. 3. pp. 475-481.
19. How artificial intelligence works. Zen [website]. [electronic resource]. Access mode: 03.05.2021. - URL: <https://dzen.ru/a/YE198J6aVzXBa5zW> (accessed 05.14.2025).
20. Nein Yu. I., Ivantsova M. N. Computer representation of chemical information: textbook: under the general editorship of M. F. Kosterina. Yekaterinburg: Ural Publishing House. University, 2020. 142 p.
21. Laboratory robots, drug development and more: what tasks artificial intelligence is already helping chemists solve. 03.03.2023. [Electronic resource]. Access mode: https://news.itmo.ru/ru/science/life_science/news/13095 (accessed 04.18.2025).
22. Sizov A. What is machine learning? Methods, types, tasks, and examples of machine learning. "Cryptocurrency Mining" [website]. 2020. [electronic resource]. Access mode: <https://mining-cryptocurrency.ru/mashinnoe-obuchenie-metody-tipy> (accessed 05.21.2025).
23. Yatsevich M. Y. Features and factors of interaction between the phenomena of science and ideology In the collection: Social communications: philosophical, political, cultural and historical dimensions. collection of articles of the First All-Russian Scientific and Practical conference with international participation. Kemerovo State University. Kemerovo, 2020. pp. 262-267.
24. Voice assistants: how they appeared, common misconceptions about them. Text: electronic BLOG of a Web Programmer. 25.02.2021. [electronic resource]. Access mode: <http://juice-health.ru/technology/962-golosovye-pomoshchniki> (accessed 04.21.2025).
25. Svetlichny E.G. Improving the educational process at school using digital platforms based on artificial intelligence E.G. Svetlichny, M.M. Khamgov, V.V. Shabaev Problems of modern pedagogical education. 2022. No. 74-2. pp. 207-210.
26. Amirov R.A. Prospects for the introduction of artificial intelligence technologies in higher education R.A. Amirov, U.M. Bilalova. Management consulting. 2020. № 3(135). Pp. 80-88.
27. Izmailova M.A. The possibilities and threats of artificial intelligence in education M.A. Izmailova Psychology of learning. 2020. No. 3. pp. 84-94.
28. Sibiryakova Yu.V. The use of artificial intelligence technologies in education: risks and promising areas Yu.V. Sibiryakova Expert institutes in the 21st century: principles, technologies, culture: A Collection of scientific papers. Scientific editor T.I. Grabelnykh. Irkutsk: Irkutsk State University, 2022. pp. 211-214.
29. Savenkov A.I. Teacher as a digital designer of educational programs: new opportunities and technologies. A.I. Savenkov Hominum. 2023. No. 2. pp. 131-144.
30. Rodionov O.V. Artificial intelligence technologies in education O.V. Rodionov, N.V. Tump Aerospace forces. Theory and practice. 2022. No. 22. pp. 64-74.
31. Kurbanova Z.S. Neural networks in the context of digitalization of education and science Z.S. Kurbanova, N.P. Ismailova The world of science, culture, and education. 2023. № 3(100). Pp. 309-311.
32. Filatova O.N. Application of neural networks in professional education O.N. Filatova, M.N. Bulaeva, A.V. Gushchin Problems of modern pedagogical education. 2022. No. 77-3. pp. 243-245.
33. Petrov V.V. Neural networks in education: step into the future V.V. Petrov Natural, mathematical and technical sciences. Education. Technologies. Innovations: Proceedings of the Interregional Scientific and Practical Student Conference, Lipetsk, April 07-28, 2023. Lipetsk: Lipetsk State Pedagogical University named after P.P. Semenov-Tyan-Shansky, 2023, pp. 264-267.
34. Sivashov D.V. Neural networks in education: examples and prospects of use D.V. Sivashov, T.S. Belozertseva, A.E. Osheshnyuk Basic issues of pedagogy, psychology, linguistics and teaching methods: proceedings of the X All-Russian Scientific and Practical Conference with international

participation, Znamensk, November 09, **2023**. Astrakhan: Astrakhan State University named after V.N. Tatishchev, 2023. pp. 119-122.

35. Koryakova K.A. Neural networks as new tools in education K.A. Koryakova, O.V. Sudakova information technologies in education. **2023**. No. 6. pp. 180-186.

36. Korsakova E.A. The use of neural networks in chemistry lessons E.A. Korsakova Actual problems of chemical and environmental education. Verkhovsky 150: Proceedings of the 68th All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation, St. Petersburg, May 11-13, 2023. Saint Petersburg: A.I. Herzen Russian State Pedagogical University, **2023**, pp. 66-69. EDN INSDOT.

37. Adilova a.m., Manapov N. T., Abdikarimov M. N. improving the content of education through the use of modern information and communication technologies in chemistry materials of the International Scientific Conference of students and young scientists "Farabi Alemi" Almaty, Kazakhstan, April 6-8, **2021** . 178p.

38. Eginbaeva A. B., Turgumbaeva R. Kh., Manapov N. T. methods of using the gaussview program in teaching chemistry for general education schools. materials of the International Scientific Conference of students and young scientists "Farabi Alemi" Almaty, Kazakhstan, April 6-8, **2021**.190p.

39. Zholdasova Z. A., Turgumbaeva R. Kh., Manapov N. T. possibilities of using virtual laboratory work in school chemistry materials of the International Scientific Conference of students and young scientists "Farabi Alemi" Almaty, Kazakhstan, April 6-8, **2021**. 197p.

40. Sarsekeeva I. S., Turgumbaeva R. Kh., Manapov N. T. specificity of remote training in inorganic chemistry materials of the International Scientific Conference of students and young scientists «Farabi Alem» Almaty, Kazakhstan, April 6-8, **2021**. 215p.

41. Turgumbaeva R. Kh., Manapov N. T., Azhikhanova O. zh. the use of computer programs in teaching organic chemistry collection of materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, doctor of chemical sciences, professor Bekturov E. A. and the 70th anniversary of candidate of chemical sciences, professor Mansurov B. A. on the topic «modern aspects of Chemical Science and chemical education: theory and practice» December 13-14, **2021**. 16b.

42. Kamalova A. K., Manapov N. T. relevance of the use of Chemical virtual laboratories in the classroom collection of materials of the International Scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of Academician of the National Academy of Sciences, Doctor of chemical sciences, professor Bekturov E. A. and the 70th anniversary of candidate of chemical sciences, professor Mansurov B. A. on the topic «modern aspects of Chemical Science and chemical education: theory and practice» December 13-14, **2021**. 22p.

43. Kasymbekova D. A., Manapov N. T., Atabekova B. S. Effective methods of using computer game technology in the course of Inorganic Chemistry. collection of materials of the international scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of Academician of the National Academy of Sciences, Doctor of Chemical Sciences, Professor E. A. Bekturov on the topic «modern aspects of Chemical Science and chemical education: theory and practice» December 13-14 **2021**. 24p.

44. Turgumbaeva R. Kh., Manapov N. T., Eginbaeva A. B. The use of Computer Chemistry in teaching chemistry Vestnik kaznpu named after Abaya, series «historical and geographical sciences», № (72), **2022**. pp. 62-69.

45. Sayakbaeva S. N., Sandibekova A. A., Manapov N. T. the effectiveness of the use of programs for quantum-chemical calculations in teaching chemistry in high school Republican bi-monthly scientific and pedagogical journal «Chemistry in school», №2 (116), **2022**. 15-17p.

46. Sandibekova A. A., Zharmagambetova A. K., Manapov N. T. increasing the interest of students in chemistry through multimedia technologies of Environmental Education. Republican bi-monthly scientific and pedagogical journal «Chemistry at school», №2 (128), **2024**. 3-10p.

47. Zhumabek A. S., Manapov N. T. method and method of using the Chemscketch program for studying organic chemistry to improve the performance of schoolchildren materials of the III international scientific and practical conference dedicated to the 70th anniversary of the doctor of chemical sciences, professor, academician of the main and KSMU N. A. Bektenov and Doctor of chemical sciences, professor, corresponding member of the RSA G. I. Meirova on the topic «modern aspects of Chemical Science and chemical education: theory and practice» May 15-16, **2024**. Part II-13p.

48. Sandibekova A. A., Korganbaeva zh.K., Manapov N. T. the importance of increasing students ' interest in environmental education through the use of multimedia technologies collection of materials of the I International Scientific and practical conference on the topic «integration of pedagogical education in the XXI century – a step into the future» March 28-29, **2024**. 1200p.

49. Borisova zh.B. features of the use of the hyperchem program in teaching organic chemistry Vestnik kaznpu named after Abaya, series «historical and geographical sciences», 3(81), **2024**, p. 23-32.
50. Karim G. A., Manapov N. T. the effectiveness of the use of Gaussian and gaussview programs in teaching organic chemistry in secondary school collection of articles on the materials of the traditional XI Republican scientific and practical conference «Natural Sciences: future-oriented research». Almaty: "MCI Kazakh National Women's teacher training University". **2025**. №11. 188. 193 pages.
51. Sandibekova A. A., Manapov N. T. state and development of environmental education in the countries of the world materials of the scientific and practical conference between universities of the Republican state institution Border Academy of the National Security Committee of the Republic of Kazakhstan May **2024**-257p.
52. Chapel J. V. I. Dr. The Internet of things and ecological Analytical Chemistry: a way to a distant symbiosis. trends in ecological analytical chemistry. **2020**. Vol. 27. P. e00095.
53. Segler M. H. S., Proyss M., Waller M. P. planning of chemical synthesis with the use of deep neural networks and symbolic AI Nature. **2018**. Vol. 555. №. 7698. pp. 604-610.
54. Boyko D. A. and Dr. Full automatic mass spectrometry of mass spectrometry with the use of machine learning Journal of the American Chemical community. **2022**. Vol. 144. №. 32. P.14590-14606.
55. Bortz M., Dadhe K., Mitsos A. AI in chemical engineering: we are only at the beginning . *Chemie Ingenieur Technik*. **2021**. VOL. 93. NO. 12. P.1875-1875.
56. Mak K. K., Wong Y. H., Pichika M. R. Artificial intelligence in drug discovery and development Drug discovery and evaluation: safety and pharmacokinetic assays. **2024**. C. 1461-1498.
57. Schlexer Lamoureux P. et al. Machine learning for computational heterogeneous catalysis. *ChemCatChem*. **2019**. T. 11. №. 16. C. 3581-3601.
58. YU B., ZHU W. Application exploration of digital twin technology in petrochemical industry Chemical Industry and Engineering Progress. **2019**. T. 38. №. s1. C. 278.
59. Reeves S. M., Crippen K. J., McCray E. D. The varied experience of undergraduate students learning chemistry in virtual reality laboratories Computers & Education. **2021**. T. 175. C. 104320.
60. Ciallella HL, Zhu H. Development of Toxicology in the era of large numbers with assistance to research intelligence: modeling Chemical Toxicology at the core of these and mechanisms Chemical Research in toxicology. **2019**. Vol. 32. №. 4. pp. 536-547.

OLEFIN OLIGOMERIZATION CATALYSTS

S.R. Konuspayev*, K.A. Kadirbekov, O.K. Yugay

A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: srkonuspayev@mail.ru

Abstract: The article presents an analysis of literature and patent data concerning olefin oligomerization catalysts used for the production of long-chain linear α -olefins, which are of significant importance in the manufacture of consumer goods such as base lubricating oils, detergents, and various other products. Olefin oligomerization catalysts are typically coordination compounds of transition metals in combination with organoaluminum compounds. A key factor influencing catalytic performance is the nature of the central metal in the coordination complex: the greater the variety of oxidation states the metal can adopt, the more diverse the resulting complexes. In this context, chromium stands out, as evidenced by the large volume of patent literature dedicated to it. Olefin oligomerization catalytic systems generally comprise transition metal complexes and organoaluminum co-catalysts, and the reactions are typically carried out in solution under elevated temperatures and pressures. For each metal, the catalytic properties are determined by the nature of the ligands: their composition, structure, geometry, and acid-base characteristics. However, no clear patterns have been established for ligand selection, and the optimization remains largely empirical. Zeolites and ionic liquids may also serve as olefin oligomerization catalysts. Zeolite-based oligomerization is applied to butene-1 or butane-butylene fractions derived from petroleum refining to produce gasoline, with reactions conducted at temperatures above 300°C, where the zeolite acidic sites are activated. Of particular interest is using of ionic liquids as catalysts, on which oligomerization can be carried out at atmospheric pressure and below 100 °C, although there is little information on this.

Key words: oligomerization, α -olefin, catalyst, transition metals, zeolite, ionic liquid.

Konuspayev Saparkaly Retaevich

Doctor of Chemical Sciences, Professor;

E-mail: srkonuspayev@mail.ru

Kadirbekov Kairat Adyrbekovich

Doctor of Chemical Sciences, Professor;

E-mail: kkairati@mail.ru

Yugay Olga Konstantinovna

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor;

E-mail: yu.ok@mail.ru

1. Introduction

Reactions in the field of hydrocarbon conversion are well known, yet the demands of modern industry require that such processes be conducted in more selective and energy-efficient forms. To achieve these objectives, catalysts are needed that are capable of lowering temperature and pressure while simultaneously increasing the yield of target products.

One of the key reactions in the processing of hydrocarbon feedstocks is oligomerization. Oligomerization is a chemical process in which monomeric compounds combine to form dimers, trimers, tetramers, or longer-chain molecules (oligomers). Oligomers of simple olefins, such as ethylene and propylene, are referred to as long-chain or linear α -olefins (LAOs). The importance of LAOs in petrochemical synthesis is difficult to overestimate, as they serve as intermediates in virtually all petrochemical processes. The production of polyolefin base oils, in which the double bond of the oligomer is subjected to hydrogenation, is carried out on a large scale. Approximately one third of synthetic base oils consist of polyalphaolefin lubricants (PAOLs) [1, 2].

Review articles [3–6] provide information on ethylene tetramerization [3], technologies for the production of higher linear α -olefins [4], as well as oligomerization catalysts for alkenes known up to 2015 [5]. In addition, study [6] summarizes results on dimerization and oligomerization of alkenes using transition-metal complexes. Other authors have focused their reviews on more specific reactions: [7] discusses the formation of cyclic hydrocarbons, whereas [8] is devoted to selective ethylene tetramerization.

Ethylene is the simplest alkene for oligomerization, and articles [3, 4, 6] describe both the mechanism of ethylene oligomerization and its industrial-scale implementation. Based on the analysis and generalization of the literature, authors [1, 3] proposed the following mechanism for ethylene tetramerization on chromium complexes. In chromium complexes, the ligands are organic molecules similar to those used in Ziegler–Natta catalysts. Initially, two ethylene molecules are adsorbed on the chromium center, and through oxidative coupling (oxidation of chromium) a cycle involving chromium is formed. Subsequent insertion of an ethylene molecule produces a six-membered ring with chromium, which upon elimination may yield 1-hexene. Further insertion of another ethylene molecule into this six-membered cycle results in an eight-membered ring with chromium, the elimination of which produces 1-octene. Ethylene oligomerization requires redox cycling of the complex-forming agent $\text{Cr}^n \leftrightarrow \text{Cr}^{n+2}$. During adsorption and complex formation, chromium is oxidized, whereas during the reductive elimination of the formed cycle, chromium is reduced. Reference [3] also discusses the formation of 1-octene via a binuclear complex at the active site, as well as the possible formation of methylcyclopentane and methylenecyclopentane as byproducts. Review [6] further elaborates on the intricacies of the mechanism of metal–complex catalysts, which depend on the nature of the central metal and the structure of the resulting α -olefins.

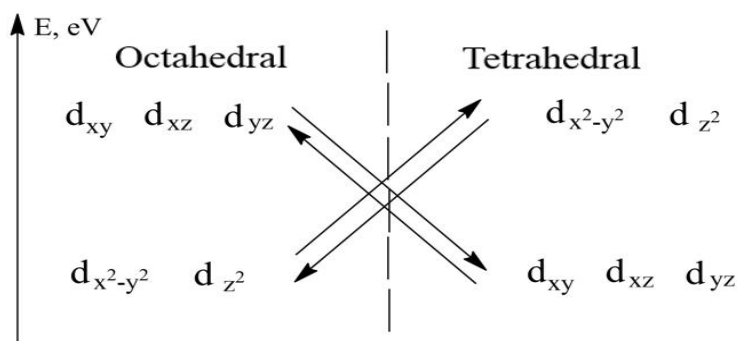
For a systematic analysis of the literature on alkene oligomerization, we have grouped the available data according to the nature of the central metal in complexes with various ligands. Ligands may include both organic and inorganic molecules, as well as ions. For oligomerization, organic ligands are generally preferred, in analogy with Ziegler–Natta catalysts.

2. Discussion

A series of studies [9–26] is devoted to oligomerization catalysts in which nickel acts as the central metal. Another sequence of works [27–63] examines chromium catalysts. References [64–67] provide data on oligomerization over iron complexes, whereas publications [68–76] report titanium-based catalysts. In addition, oligomerization on zeolites [77–82] and ionic liquids [83–87] has also been investigated.

A characteristic feature of metal–complex oligomerization catalysts is that all transition metals are multivalent, and catalytic activity is directly related to the redox state of the central metal, as demonstrated above for the mechanism of ethylene oligomerization. The development of ligand field theory, together with the interpretation of chemisorption of reactants as the formation of coordination bonds, and the combined consideration of coordination and catalysis, has expanded the understanding of catalytic mechanisms. Ligand field theory assumes interaction between ligands when their fields come into contact or overlap. Ligands located on opposite sides of the central atom cannot interact, as their fields do not overlap. Chemisorption on heterogeneous catalysts is interpreted as the formation of donor–acceptor (dative) bonds.

Catalysts are d-elements, which may have up to ten electrons in their d-orbitals or vacant orbitals available for donor–acceptor bonding with molecules or atoms possessing a free electron pair. The electronic states of transition d-metals in octahedral and tetrahedral coordination are presented in Scheme 1 below.



Scheme 1 – Energy state of the d-level of transition metals depending on the coordination factor.

Transition metals, depending on the charge of the ion, may exist in various coordination states. The scheme presents two configurations, tetrahedral and

octahedral, in which d-electrons are distributed differently. The presence of these energetic oscillations determines the catalytic properties of transition metals. The behavior of such metal-complex catalysts is defined by the nature of the central metal ion. Therefore, as demonstrated above, the primary criterion for analysis was the nature of the central metal ion.

Studies [9–26] report results on catalysts in which nickel acted as the central metal ion. For ethylene oligomerization in a homogeneous medium, Ni^{2+} was coordinated with 1,10-phenanthroline (phen) [9]. The selectivity toward linear α -olefins was 43%. Introduction of carbonyl groups into positions 5 and 6 of 1,10-phenanthroline increased catalytic activity, whereas hydroxyl groups at the same positions decreased activity but enhanced selectivity toward butenes to 80–96%. Use of the activated σ -complex $\{[\text{NiBr}(\text{Mes})(\text{phen})]\}$, where Mes = 2,4,6-methylphenyl, increased the activity of ethylene dimerization into butenes. At the same time, the σ -complex in combination with $\text{Et}_3\text{Al}_2\text{Cl}_3$ and EtAlCl_2 , serving as activators, exhibited higher oligomerization activity but lower selectivity toward butenes, at 58–61%. The choice of 1,10-phenanthroline as ligand was justified by the authors [9] on the basis of literature analysis. To enhance the selectivity of ethylene dimerization into butene-1 on heterogeneous catalysts, in a manner analogous to homogeneous metal-complex catalysts, the authors [10] proposed anchoring a metal-organic framework $\{\text{Zn}_5\text{Cl}_4(\text{BTDD})_3\}$, where BTDD = bis(1H-1,2,3-triazolo[4,5-b] or [4',5'-b]dibenzodioxane) that selectively catalyzes ethylene dimerization onto the surface of a heterogeneous catalyst. Ni^{2+} on the surface was further coordinated with tris-pyrazolylborate ligands. In the presence of ethylene and methylaluminoxane, ethylene dimerization proceeded at a rate of 41,500 mol per mol Ni per hour with selectivity toward butene-1 of up to 96.2%, which exceeds the selectivity of industrially used catalysts.

In their review, the authors [11], dedicated to the oligomerization and dimerization of ethylene on nickel metal-complex catalysts, divided the available data into two categories, homogeneous and heterogeneous, and attempted to identify correlations between ligand type and structural features. They concluded that the methodology remained largely empirical, based on trial and error. At the same time, they emphasized the potential of nickel-based metal-complex catalysts both for fundamental research and industrial applications. In [12], ethylene oligomerization was conducted over a heterogeneous Ni-H β catalyst in a flow regime, and optimal conditions of ethylene feed rate and reaction temperature were established with respect to conversion and yield of target products. For instance, at 120 °C, 25.6 bar, and an ethylene feed rate of 5.50 h⁻¹, conversion reached 44–47% with a selectivity toward butene-1 of 74.9%. After 8 h of operation, only minor coke deposition was observed, while conversion remained stable, suggesting that Ni-H β catalysts are suitable for ethylene oligomerization. In [13], nickel supported on $\text{SiO}_2\text{--Al}_2\text{O}_3$ with various Si/Al ratios, prepared by hydrolytic sol-gel and gel-sol methods, was tested for ethylene oligomerization at 150 °C, although product distributions were not reported. Catalysts prepared via

ether-based synthesis demonstrated higher activity compared with those synthesized in alcoholic media.

LAOs were obtained both on homogeneous and heterogeneous catalysts in [14]. It was shown that the decisive factor is the nature of the central metal ion. For heterogeneous catalysts, anchoring a metal–organic framework on the surface is required. Ni–MOF-5 heterogeneous catalysts [15], obtained by co-precipitation of Ni^{2+} on MOF-5 (a zeolitic structure), demonstrated ultrahigh activity in ethylene dimerization: at 35 °C and 50 bar, 1 g of catalyst produced 9.040 g of oligomers, substantially exceeding the activity of known catalysts in this reaction. A similar catalyst was proposed in [16].

Ethylene oligomerization on Ni–H- β (H- β , acidic form of zeolite) was studied in [17, 25], where the role of nickel and Brønsted acid sites was discussed. A mechanism for the formation of $[\text{Ni}^{2+}\text{--H}]^+$ centers was proposed, involving adsorption of ethylene on Ni^{2+} and the Brønsted site. This interaction was shown to surpass the performance of all known heterogeneous nickel catalysts. Ni–H-Beta catalysts were prepared by ion exchange of $\text{NH}_4\text{--}\beta$ and H- β zeolites with aqueous $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2$ solution and subsequently characterized by hydrogen and ammonia temperature-programmed desorption and FTIR spectroscopy [25]. A comparative study of Ni^{2+} ion exchange with $\text{NH}_4\text{--}\beta$ and H- β , followed by catalyst calcination at 500 °C in helium flow, revealed that the exchange capacity of Ni^{2+} with H-Beta was approximately 20% lower than with $\text{NH}_4\text{--}\beta$.

The authors [18] proposed a process for producing gasoline from renewable feedstocks: ethanol was dehydrated to ethylene, which was subsequently tetramerized to 1-octene (gasoline). A nickel catalyst supported on aluminosilicate was employed, demonstrating stable performance in a flow reactor at 120 °C, 50 bar ethylene pressure, and a feed rate of 8 h^{-1} over 170 h, with 99% ethylene conversion. Product composition was as follows: C_6 – 15%; C_8 – 25%; C_{10} – 18%; C_{12} – 10%. Alongside linear olefins, iso-olefins were also formed. To obtain gasoline, the $\text{C}_5\text{--C}_{12}$ fraction was subjected to hydrogenation, and the resulting properties were consistent with commercial gasoline [18].

Further, [19] reported propylene dimerization on in-situ generated nickel hydride complexes, formed via reaction of Ni complexes with phosphorus-containing ligands, e.g., $\text{Ni}[\text{P}(\text{OC}_6\text{H}_4\text{CH}_3\text{--o})_2]_2(\text{C}_2\text{H}_4)\text{--CF}_3\text{COOH}$. It was demonstrated that the reaction produced a nickel hydride complex in the cis-position relative to the phosphite ligands. The highest yield of n-hexene-1 87.5%, was obtained with the catalytic system $\text{Ni}[\text{P}(\text{OEt})_3]_4\text{--CF}_3\text{COOH}$ in chlorobenzene medium. The mechanism was described in terms of nickel complex structure and ligand effects, showing how catalytically active hydride complexes influenced selectivity in propylene dimerization.

Nickel catalysts with various ligands were investigated in [20–23]. In [21], ethylene oligomerization was studied on nickel complexes with 2,9-disubstituted-1,10-phenanthrolines, characterized by FTIR spectroscopy and confirmed by X-ray crystallography. In [20, 22], formasans (azohydrazones) were employed as ligands for nickel complexes. Sixteen formasan complexes were synthesized and

tested, yielding maximum values of $\Sigma C_4 = 88.4\%$, $\Sigma C_6 = 58.3\%$, and $\Sigma C_8 = 71.0\%$ [22]. In [23], nickel was supported on aluminosilicates with varying Si/Al ratios. Using temperature-programmed adsorption–desorption of nitrogen and ammonia, and XRF analysis, the authors evaluated catalyst aging, likely associated with particle agglomeration, oxidation, or carbon deposition. They noted that low Si/Al ratios, high temperatures, and balanced distribution of nickel and acid sites favored higher selectivity toward C10 oligomers. Octahedral coordination of Ni^{2+} reduced byproduct formation at elevated temperatures. Conditions such as temperature, ethylene feed rate, and nickel loading were optimized [23].

Reviews provide summaries of nickel complex catalyst applications in olefin oligomerization up to 2014 [26] and up to 2021 [24]. The article [24] provides a comprehensive mechanism of ethylene oligomerization on nickel catalysts, emphasizing bifunctional effects of nickel and acid sites. Based on experimental data, calculations, and kinetic modeling, it was shown that Ni^{2+} selectively oligomerizes ethylene into light linear alkenes via the Cossee–Arlman mechanism, whereas Brønsted acid sites catalyze subsequent alkylation, cracking, and isomerization reactions. The influence of reaction conditions on oligomerization selectivity and activity was also discussed. The Cossee–Arlman mechanism involves formation of an intermediate coordination complex containing both the growing polymer chain and the monomer (alkene). Within the coordination sphere of the metal, the ligands interact, elongating the polymer chain by two carbon atoms. Adjustment of the relative proportions of nickel, acid sites, and support framework enables rational catalyst design for targeted product yields. The authors [26] also highlighted not only the advantages of nickel catalysts but also their major limitation, namely sensitivity to poisoning by water, carbon monoxide, acetylene, butadiene, oxygen, and sulfur compounds, which restricts their industrial applicability.

The next series of studies [27–61] focused primarily on chromium as the central metal ion, along with other transition metals. A distinctive feature of chromium compared with other transition metals is its multivalency, with oxidation states ranging from +3 to +6.

In [27], ethylene oligomerization was conducted on a catalytic system comprising chromium ethylhexanoate, $Al(C_2H_5)_3$, and 2,5-dimethylpyrrole in the presence of CCl_4 . Preparation of the catalyst and experimental conditions for ethylene oligomerization were described. Optimal conditions for achieving a maximum 1-hexene yield of 96.8% were established: $CCl_4/Cr=2$, temperature 60 °C, ethylene pressure 2 MPa, and catalyst operation time of four hours. Kinetic aspects and the influence of component ratios on process activity were analyzed, although ligand effects were not separately addressed.

The authors [28] investigated the kinetics of ethylene trimerization on a homogeneous chromium–pyrrole catalyst under conditions similar to [27], varying temperature between 30 and 70 °C and ethylene pressure 0.4–1.6 MPa. Reaction orders with respect to ethylene were determined, and kinetic equations were derived, with calculations satisfactorily matching experimental results. In

[29], data were presented on the oligomerization of propylene, propane–propylene, and butane–butylene fractions over aluminum chloride in a carbon tetrachloride medium, modified with magnesium, nickel, and copper. At 30 °C, propylene conversion on Al+CCl₄ was 50%, on Al+CCl₄+Mg 72%, on Al+CCl₄+MgCl₂ 76%, on Al+CCl₄+NiCl₂ 54%, and on Al+CCl₄+CuCl₂ 58%.

To obtain synthetic lubricants, study [30] presented the results of PAO synthesis through ethylene oligomerization on Lewis acids, such as AlCl₃/BF₃ systems, transition metal complexes, and ionic liquids. It was noted that active and selective catalysts are required for PAO production, and pathways for the development of efficient catalysts were recommended.

Studies [31–38] are devoted to the investigation of ethylene oligomerization using chromium complex catalysts. In [31], the authors employed N-arylphosphinamine ligands forming Cr³⁺ complexes for ethylene tetramerization: C₆H₄(m-CF₃)N(PPh₂)₂ (1); C₆H₄(p-CF₃)N(PPh₂)₂ (2); C₆H₄(o-CF₃)N(PPh₂)₂ (3); C₆H₃(3,5-bis(CF₃))N(PPh₂)₂ (4). Upon activation with MMAO-3A (co-catalyst), the novel catalytic system with the m-functional PNP ligand (1) exhibited high selectivity (90%) toward 1-octene at a rate of 2000 kg/g Cr·h. In contrast, ligands with para- and ortho-substitutions demonstrated significantly lower activity and selectivity. In [32], a PNP ligand incorporating an N-triptycene scaffold was employed. After activation with MMAO-3A, the catalytic mixture containing the Cr³⁺/ligand complex effectively promoted ethylene tetramerization with high productivity (1733 kg/g Cr·h) and selectivity toward 1-octene (74.1%). PNP ligands bridging at the 1- or 1,4-positions of the triptycene moiety achieved high selectivity toward 1-hexene and 1-octene, exceeding 90% [32]. Comparative catalytic studies with various PNP ligands, with and without the N-triptycene framework, showed that rational design of PNP ligands with an optimal steric profile around the nitrogen center enables controlled and highly selective ethylene oligomerization involving C₆ cyclic intermediates.

Study [33] presented a review of chromium catalysts for selective ethylene oligomerization into 1-hexene and 1-octene, where catalytic systems were classified according to ligand type. Despite significant advances in the field, the range of catalysts capable of combining high activity, selectivity, and low polymer formation remains limited, which is particularly relevant for ethylene tetramerization to 1-octene. The work also addressed recent issues regarding oligomerization mechanisms.

In [34], a series of Cr³⁺ complexes was synthesized: [Cr{1-(3-phenoxypropyl)-1H-pyrrole}Cl₃]₂ (Cr1), [Cr{1-(3-phenoxypropyl)-3,5-dimethyl-1H-pyrrole}Cl₃]₂ (Cr2), and [Cr{1-(3-phenoxypropyl)-3-phenyl-1H-pyrrole}Cl₃]₂ (Cr3). These were characterized by elemental analysis, HRMS and IR spectroscopy. Upon activation with MAO, complexes Cr² and Cr³ demonstrated moderate activity in ethylene oligomerization. In contrast, Cr1/MAO catalyzed ethylene polymerization (63.7 wt.%). Catalytic activity and selectivity were found to be highly sensitive to the R-group at the 3- and 5-positions of the pyrazolyl ring. Based on electronic and steric effects of R-

substituents, the trend in ethylene oligomerization activity was established as $\text{Cr2(PzMe2)} > \text{Cr3(PzPh)} > \text{Cr1(Pz)}$.

Study [35] reported highly active chromium catalysts for ethylene tri- and tetramerization using iminophosphine ligands. The influence of electronic and steric modifications of these ligands on activity and selectivity was examined by varying P- and/or N-substituents. After activation with MMAO, the ligand bearing a P-cyclohexyl group showed high activity (307 kg/g Cr·h) with 92.6% selectivity toward trimerization. Reduction of steric hindrance at the N-aryl group decreased selectivity toward 1-hexene to 74.5% and resulted in the formation of 10.3% 1-octene. X-ray structural analysis confirmed that ligands coordinated to the chromium center in a $\kappa^2\text{-P,N}$ binding mode.

In [36], bidentate PN ligands were applied for ethylene tri- and tetramerization. Steric restoration principles were used in the design of N-phosphinoamidinate ligands for chromium catalysts. The most effective system, Cr/PN/MMAO, producing 1-octene, differed from the reference Cr/PNP/MMAO system in that 1-octene selectivity was proportional to the ligand bite angle within a narrow range. Acyclic phosphine catalysts yielded lower amounts of 1-octene due to smaller bite angles. The relationship between ligand bite angle and 1-octene selectivity was disrupted when the Cr/PN/MMAO structure was modified [36].

In [37], ligands L1–L3 of the type $\text{Ph}_2\text{PN}(\text{cyclopentyl})\text{P}(\text{NR}_2)_2$ were employed in chromium complexes, where R = methyl (L1), ethyl (L2), and isopropyl (L3), for selective ethylene tri-/tetramerization. It was established that the length of the radical affects both activity and oligomer selectivity. Maximum selectivity toward 1-octene was 67.98%, while catalysts with ethyl and isopropyl radicals demonstrated 97.76% selectivity toward 1-hexene. Aluminum complexes were used as precatalysts. Catalysts with higher Al/Cr ratios and under elevated ethylene pressure showed high activity and selectivity in ethylene oligomerization [37].

In [38], ethylene tetramerization was carried out using the complex $[2\text{-CrCl}_2] + [\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4]$ in combination with iBu_3Al , which achieved high tetramer yield at temperatures up to 90 °C with minimal polyethylene byproduct formation (0.03%). Screening of a series of $\text{iPrN}[\text{P}(\text{C}_6\text{H}_4\text{-p-SiR}_3)_2]_2$ ligands further confirmed that bulky R3Si substituents enhanced catalytic activity while reducing polyethylene formation. The authors of [39] proposed the chromium complex $[1\text{-CrCl}_2][\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4]$, where $1 = \text{iPrN}[\text{P}(\text{C}_6\text{H}_4\text{Si}(\text{Octyl})_3)_2]_2$, for ethylene tetramerization with minimal polyethylene byproduct. Experiments showed that polyethylene formation can be reduced by adjusting synthesis conditions for $[1\text{-CrCl}_2][\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4]$.

Many companies, such as Sasol, which produce polyolefin oils or long-chain α -olefins, use expensive MAO as a co-catalyst with transition metal complexes. In [40], the search for MAO-free ethylene oligomerization pathways was investigated. A chromium complex of the composition $[1\text{-CrAl}(\text{acac})\text{Cl}_3(\text{THF})]_2 + [\text{B}(\text{C}_6\text{F}_5)_4]_{-2}$ was synthesized, which, in combination with

iBu₃Al, showed four times higher activity than the original Sasol system composed of Cr(acac)₃, iPrN(PPh₂)₂, and MAO. This effect was achieved by introducing bulky trialkylsilyl substituents into the para-positions of phenyl groups, which reduced polyethylene formation even at elevated temperatures (<0.2%). The authors [40] discussed the intricacies of complex synthesis, paying particular attention to the steric effects of ligands, supported by NMR results and DFT calculations.

In [41], silicon-bridged N,P ligands (PNSiP) with Cr³⁺ were used for ethylene tri-/tetramerization, with various fluorinated hydrocarbons as modifiers. Modifiers such as perfluorohexane, hexafluorobenzene, and perfluorobiphenol significantly influenced ethylene oligomerization into 1-hexene and 1-octene. The best results were obtained with perfluorohexane at 90 °C. Detailed NMR, UV, and IR studies led the authors [41] to conclude that perfluorohexane can react with trimethylaluminum present in modified methylaluminoxane (MMAO). The solubility of Cr³⁺ in the solvent increased after the addition of perfluorohexane, and possible pathways of its interaction with trimethylaluminum and MMAO were proposed.

For ethylene tri-/tetramerization, the authors of [42] used the complex [CrCl₃(THF)₃ + MMAO]. Binuclear ligand frameworks were linked via alkyl spacers, the length of which affected catalyst activity and selectivity. Longer linkers inhibited catalytic activity, while the chromium complex with shorter linkers and stronger σ-donor P-isopropyl substituents exhibited high activity and selectivity of 93.1% for the sum of C₆ and C₈, with 53.0% attributed to 1-octene, along with a low yield of polyethylene byproduct.

In [43], Cr³⁺ complexes with ligands of the type Ph₂C(R)=CHPPh(alkyl) were synthesized and tested in ethylene tri-/tetramerization. It was established that not only steric properties of the main chain substituents and P-substituents, but also electronic properties of the main chain, influenced catalytic activity. At 100 °C and 40 atm ethylene pressure, selectivity of 84.8% for C₆+C₈ and 56.1% for 1-octene was achieved. The synthesized complex combined with MMAO in ethylene oligomerization yielded productivity up to 2213 g Cr⁻¹ h⁻¹ with minimal polyethylene formation. The influence of ligand structure on activity and selectivity was discussed, demonstrating that electron-withdrawing phenyl groups in the main chain decrease chromium activity in ethylene tri-/tetramerization [43].

In [44], Cr³⁺ complexes with phenylene-bridged diphosphine ligands bearing P-alkyl substituents were employed for ethylene tri-/tetramerization. Selectivity was shown to depend on the steric properties of ligands. Reduction of ligand steric bulk favored trimerization, yielding 82.5% 1-hexene, while the introduction of a bulky PPhCy group increased 1-octene content to 43.3%, with productivity of 1874 kg/g Cr·h at 40 °C and negligible polyethylene byproduct formation.

In [45], Cr³⁺ was coordinated with bidentate nitrogen-containing ligands. Catalytic systems Cr(III)/TEA/L, where Cr(III) represented chromium tris(2-ethylhexanoate) (Cr(EH)₃) and chromium tris(acetylacetonate) (Cr(acac)₃), TEA was triethylaluminum, and L corresponded to 2,2'-bipyridine (bipy), 1,10-

phenanthroline (Phen), N,N'-bis(cyclohexyl)diazabutadiene-1,3 (DCy-DABD), and N,N'-bis(2,6-diisopropylphenyl)diazabutadiene-1,3 (Dipp-DABD), were applied for ethylene polymerization and oligomerization at 60–80 °C and 2–3 MPa. Their catalytic properties were evaluated, showing that increasing ligand basicity in the studied series promoted the formation of higher oligomers (ΣC_{8+}) and polyethylene. Selectivity toward 1-butene or 1-hexene decreased in all cases, with maximum selectivity of 98% for 1-butene and 92% for 1-hexene achieved on the DCy-DABD/TEA system, while the Dipp-DABD complex proved suitable for polymerization.

The authors [46] employed chromium(III) complexes with ligands of the type $\text{Ph}_2\text{PC}(\text{R}')=\text{CHPRR}'$, containing a P-alkyl substituent, for the tri- and tetramerization of ethylene. These complexes exhibited high activity and a low polyethylene by-product yield of $\leq 0.1\%$. Dialkylphosphine ligands, being strong σ -donors, demonstrated higher activity than mixed alkyl/phenylphosphine analogues: the greater the electron-donor ability, the higher the catalytic activity. Reducing the steric volume of the ligand shifted the reaction pathway from trimerization toward tetramerization, yielding an octene-1 to hexene-1 ratio greater than 1, without compromising the high combined selectivity of hexene-1/octene-1 ($> 90\%$). Furthermore, ligands with dialkylphosphine groups displayed high activity with high selectivity for octene-1 and complete suppression of polyethylene formation. In all cases, MMAO served as a cocatalyst. In [47], the use of chromium complexes with PNP ligands containing a condensed aryl fragment was reported, demonstrating 74.6% selectivity toward octene-1 and an octene-1/hexene-1 ratio of 3.4 when the nitrogen atom bearing the aromatic group was located at position 2.

The exceptional importance of long-chain or LAO for the production of base lubricating oils, surfactants (detergents), and other petrochemical syntheses has led to a vast body of patent literature, where chromium, along with other transition metals, serves as the principal complex-forming center [48–63]. In [48], a catalyst based on Cr(III) salts and diphosphine ligands was patented, with the structural design of the ligands described in detail. The catalyst was combined with a mixture of organoaluminum activators, namely methylaluminumoxane–trimethylaluminum or a cocatalyst consisting of a pentafluorophenyl-substituted borate together with triisobutylaluminum.

In [49, 50], halogen-containing substituents in diphosphine ligands were employed for the tri-/tetramerization of ethylene. In [49], the invention described the structure of the halogen-substituted diphosphine ligand, including substituents on the phenyl rings of the phosphine complex and two ethylene substituents bridging the phosphorus atoms of the diphosphine framework. Similar results for diphosphine ligands in chromium(III) complexes were reported in [50].

Patent [51] disclosed a method of ethylene oligomerization to obtain hexene-1 and octene-1 in an organic solvent in the presence of a chromium catalyst and an organoaluminum compound. The ligand of the chromium complex was a derivative of 5,6-dihydrodibenzo[c,e]-1,2-azaphosphinine, whose structure

significantly influenced the oligomerization pathway. In [52], a method for ethylene oligomerization into higher olefins C₁₀–C₃₀ using triazole-based ligands was patented. The general formula included substituents R=H, (4,5-bis(diphenylphosphanyl)-2H-1,2,3-triazole)-P,P)-trichlorochromium(III) – K1; R=(CH₂)₅CH₃, (4,5-bis(diphenylphosphanyl)-1-hexyl-1H-1,2,3-triazole)-P,P)-trichlorochromium(III) – K2; R=(CH₂)₂S(CH₂)₇CH₃, (4,5-bis(diphenylphosphanyl)-1-(2-octylthio)ethyl-1H-1,2,3-triazole)-P,P)-trichlorochromium(III) – K3; R=CH₃, (4,5-bis(diphenylphosphanyl)-2-methyl-2H-1,2,3-triazole)-P,P)-trichlorochromium(III) – K4; R=n-Bu, (4,5-bis(diphenylphosphanyl)-2-butyl-2H-1,2,3-triazole)-P,P)-trichlorochromium(III) – K5, among others.

In [53], ethylene oligomerization to hexene-1 or octene-1 employed a catalytic composition comprising a chromium complex with a diphosphineamine ligand (NPNPN) of the formula (R1)(R2)N-P(R3)-N(R4)-P(R5)-N(R6)(R7), where R1–R7 each independently represent hydrogen, linear or branched C₁–C₁₀ alkyl, phenyl, C₆–C₂₀ aryl, or C₆–C₂₀ alkyl-substituted phenyl, along with an activator or cocatalyst. The chromium center could be in oxidation state +2 or +3. The patent described 23 variations of the ligand structure. The activators or cocatalysts included trimethylaluminum, triethylaluminum, triisopropylaluminum, triisobutylaluminum, diethylaluminum chloride, ethylaluminum sesquichloride, ethylaluminum dichloride, methylaluminoxane, MMAO, or combinations thereof. In [54], a chromium complex for olefin oligomerization employed a diphosphinoaminy ligand and an alkyl metal compound containing aluminoxane. The resulting mixture was prepared at metal-to-metal ratios of 100:1 to 3000:1, aged for 20 min at 10–130 °C in the substantial absence of olefin monomer, and then contacted with the monomer at 0–150 °C to afford an oligomeric product. The metal compound was chromium(III) chloride or chromium(III) acetylacetonate, with ligand structures and reaction conditions described across 15 claims.

The catalyst for ethylene oligomerization into higher olefins C₁₀–C₃₀ patented in [55] comprised a series of triazole-based ligands: R=H, (4,5-bis(diphenylphosphanyl)-2H-1,2,3-triazole)-P,P)-trichlorochromium(III) – K1; R=(CH₂)₅CH₃, (4,5-bis(diphenylphosphanyl)-1-hexyl-1H-1,2,3-triazole)-P,P)-trichlorochromium(III) – K2, among others.

References [55–58] reported ethylene dimerization to butene-1. In [55], the process involved feeding ethylene into a reactor containing solvent and a catalyst/cocatalyst mixture, conducting oligomerization, and discharging the reactor effluent containing linear α -olefins including butene-1, unreacted ethylene dissolved in the effluent, and the catalytic composition, followed by separation of ethylene and butene-1. Fourteen claims detailed the process, with solvents including aromatic hydrocarbons, cyclic aliphatic hydrocarbons, and ethers, preferably toluene, benzene, ethylbenzene, cumene, xylenes, hexane, octane, and others. In [56], a single-pass reactor with an internal partition, separation system, and external drive was used to induce instabilities in the liquid flow. The authors

of [58] noted that chromium, molybdenum, or tungsten could act as complex-forming centers, with ligand structures described in general terms.

Reference [59] reported ethylene oligomerization using treated solid oxides. Such catalytic systems could include a heteroatomic ligand complex of a transition metal, a chemically treated solid oxide, and an organoaluminum compound. The ligand complexes involved diphosphine derivatives, such as N₂-phosphinylamidinate, N₂-phosphinylformamidine, and N₂-phosphinylguanidine transition metal complexes, with synthesis methods provided. In [60], a catalytic system based on a heterocyclic transition metal complex with a [(phosphinyl)aminyl]imine ligand was proposed, with the structure and substituents detailed, combined with an organoaluminum compound. Ethylene oligomerization included contact of ethylene with the catalytic system and organoaluminum compound, optionally in the presence of hydrogen. A similar system with 2-[(phosphinyl)aminyl] cyclic imine ligands was described in [61]. In [62], a multistage activation method for ethylene oligomerization catalysts was introduced: formation of a first mixture of ethylene, chromium heteroatom ligand complex, and organoaluminum compound in an activation vessel, residence time control, subsequent introduction into the reaction zone with ethylene and a second organic medium, and product recovery. The process could be conducted under hydrogen or inert gas, with variations in stage sequencing and residence times considered.

Patent [63] disclosed a modified PNP ligand, its synthesis, and an ethylene oligomerization catalyst. The patent described seven variations of substituents in the diphosphine ligand and conditions for ligand formation. Cocatalysts included MAO, MMAO, alkyl lithium compounds (methyl-, ethyl-, propyl-, isopropyl-, n-butyl-, sec-butyl-, tert-butyl-, amyl-, hexyl-, cyclohexyl-, tert-octyl-lithium), and triethylaluminum, with specified ratios relative to chromium. The catalyst selectively oligomerized ethylene in the presence of hydrogen.

Analysis of the patent data [48–63] highlights their applied orientation: the production of long-chain linear α -olefins, which are in high demand across numerous petrochemical syntheses. The most large-scale applications include the manufacture of polyolefin base oils and synthetic detergents. No consistent patterns have been identified regarding the influence of ligand structure in the transition metal complexes on catalytic performance, with only isolated empirical observations reported [48–63].

In studies [64–66], iron was employed as the transition-metal complex-forming center. The authors of [64] reported data on the oligomerization of ethylene catalyzed by iron formazanates and organoaluminum compounds. Complex synthesis involved $\text{Fe}(\text{ClO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$, while substituents in the nitrogen-containing backbone and two substituents in the benzene ring of the formazanate ligand were varied. Using a range of modern physical techniques, the properties of the synthesized complexes were determined and subsequently tested in oligomerization. The maximum content of hexene-1 (99%) was observed with complex 1.7Fe + MAO, and 95% with complex 1.5Fe + MAO; the maximum

octene-1 content (60%) with complex 1.6Fe + MAO; and the maximum decene-1 content (64%) with complex 1.2Fe + Al(C₂H₅)₂Cl. These results indicate that iron complexes based on benzothiazolylformazan ligands combined with organoaluminum compounds exhibit selective catalytic activity in ethylene oligomerization to hexene-1, with lower efficiency for octene-1 and decene-1.

Patents [66, 67] provide data on ethylene oligomerization methods. In the invention described in [67], the catalytic system consists of a heteroatomic ligand–iron salt complex combined with an organoaluminum compound. Fourteen claims specify the composition and structure of the heteroatomic ligand. Reported outcomes include conversion to hexene-1 with 98.5% selectivity in the first catalytic system, octene-1 with 98% selectivity in the second, decene-1 with 97.5% selectivity in the third, and dodecene-1 with 96.5% selectivity in the fourth system, forming a C₁₂ oligomeric product. Study [65] describes a technological scheme for continuous ethylene oligomerization using a bis(imino)pyridine–iron salt complex. The ligand was 2,6-bis[(arylimino)hydrocarbyl]pyridine, where the substituted aryl groups could be identical or different, or [(arylimino)hydrocarbyl][(substituted arylimino)hydrocarbyl]pyridine. The iron salt complex had the formula FeX_n, where *n* = 2 and X represented a monoanionic species. The cocatalyst was an organoaluminum compound (alumoxane).

In the next series of studies [67–75], other transition metals were employed as complex-forming centers. The authors of [67] investigated selective ethylene trimerization using the system phenoxy–imine–ether(F1)TiCl₃/MAO. The results demonstrated that the system either trimerizes or polymerizes ethylene depending on the reaction temperature. At 30–40 °C, hexene-1 selectivity reached 85%. At temperatures above 60 °C, polyethylene was produced with 70–80% selectivity. The catalytic mechanism was discussed as being similar to that of Ziegler–Natta catalysts.

In [68], the authors described selective ethylene trimerization with titanium complexes containing phenoxy–imine ligands with side groups. Catalytic systems of the type (F1)TiCl₃/MAO, where F1 was a phenoxy–imine ligand with an additional aryl–O–CH₃ donor group, demonstrated high activity in selective trimerization. NMR and EPR spectroscopy were used to study titanium species formed in the catalytic systems (F1)TiCl₃/MAO, (F1)TiCl₃/MMAO, and (F1)TiCl₃/AlR₃/[Ph₃Cl]+[B(C₆F₅)₄][–], where R = Me, Et, or *i*Bu. It was shown that at the initial stage of the reaction, (F1)TiCl₃ with MAO, MMAO, or AlMe₃/[Ph₃Cl]+[B(C₆F₅)₄] formed outer-sphere ion pairs, which partially converted into Ti³⁺ and Ti²⁺ species. The system (F1)TiCl₃/MMAO exhibited lower hexene-1 activity compared to (F1)TiCl₃/MAO due to undesired polyethylene formation. It was suggested that Ti²⁺ and Ti⁴⁺ ionic species participate in ethylene trimerization.

In [69], zirconium was used as the complex-forming center. Ethylene oligomerization was conducted on zirconium carboxylates derived from individual carboxylic acids CH₃(CH₂)₂COOH and CH₃(CH₂)₈COOH. Catalyst

activity depended on the composition of the zirconium complex and the nature of the solvent. The oligomers consisted of C_4 – C_{10} fractions, and pathways to increase the C_{12} – C_{18} fraction were discussed. In [70], heterogeneous zirconium-containing catalytic systems activated with organoaluminum compounds in heptane, toluene, and chlorobenzene were employed. Activity was higher in the presence of diethylaluminum chloride compared to ethylaluminum dichloride. Oligomerization products consisted of C_4 – C_{18} oligomers, while in the presence of ethylaluminum dichloride an oil fraction with boiling point $> 350\text{ }^{\circ}\text{C}$ was obtained in $> 75\%$ yield. The products were easily separated from the catalysts by simple decantation, and zirconium complexes could be reused for subsequent ethylene oligomerization.

Study [71] reported butene oligomerization over boron-containing alumina. The highest activity was observed with a catalyst containing 4.5% boron oxide, achieving butene conversions of 77.8–86.8% with 90% selectivity to liquid products at $150\text{ }^{\circ}\text{C}$, 8.0 MPa, and feed rates of 0.5 – 1.0 h^{-1} . The catalyst was regenerable, with activity restored after regeneration.

Patent [73] disclosed a method and device for α -olefin production. The catalyst was based on alumina with a surface area of 450 – $460\text{ m}^2/\text{g}$, modified with χ - and γ -dialuminum trioxide. Various fractions containing low-molecular-weight olefins were oligomerized. The technology involved multiple parallel–sequential stages in continuous operation, resulting in PAOs. Reactions proceeded at 60 – $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ and 1.0 – 4.0 MPa , with feed rates specified for different stages. However, no data were provided on the yield or composition of PAOs.

The authors of [73] also synthesized nine complexes based on oxovanadium(IV) and cobalt(II) ions combined with organic ligands such as dipicolinic acid, 2,2'-bipyridine, iminodiacetic acid, diglycolic acid, thiodiacetic acid, and 1,10-phenanthroline. Compound $[\text{VO}(\text{tda})\cdot 0.5\text{H}_2\text{O}]$ was a novel complex, with its synthesis and structure described for the first time in [73]. These complexes were tested in ethylene oligomerization. The most effective catalyst was a cobalt(II) complex containing an iminodiacetate anion and 2,2'-bipyridine. Other polycarboxylate complexes also showed significant activity in ethylene oligomerization.

Study [74] described the preparation of a zirconium amide complex catalyst for ethylene oligomerization. The catalyst composition included a zirconium amide of general formula $\text{ZrX}_m\cdot n(\text{RCONR}'\text{R}'')$, where X is a halogen atom (preferably chlorine), $m = 4$, $n = 2$, and R, R', R'' are saturated or unsaturated aliphatic C_{1-10} hydrocarbons, combined with an organoaluminum compound and an additive. Eleven claims specified zirconium ligand structures and types of organoaluminum compounds.

Review [75] emphasized the importance of producing LAO using metal–organic framework (MOF) catalysts. Various MOF-based methods for selective ethylene oligomerization were discussed. The process proceeds through a metallacyclic mechanism, with linear chain growth recognized as the accepted

pathway for ethylene oligomerization and polymerization. The potential of MOFs for future studies in α -olefin oligomerization and polymerization was highlighted.

In the subsequent series of publications [76–81], zeolite catalysts were used for olefin oligomerization. Zeolites, being solid acids, exhibit their acidity at elevated temperatures, making them suitable for industrially important oligomerization processes such as gasoline production from butane–butylene fractions. Studies [76–79] focused on butene-1 oligomerization. In [76], synthetic zeolite ZSM-5 in its acidic H-ZSM-5 form was employed in a differential reactor under atmospheric pressure and varying temperatures. As the temperature increased from 150 to 200 °C, selectivity toward liquid hydrocarbons rose, but above 200 °C selectivity declined due to competing cracking reactions. The highest selectivity (86%) was obtained with H-ZSM-5 at 200 °C, 50 kPa partial pressure, and a feed rate of $12.5 \times 10^{-3} \text{ h}^{-1}$. In [77, 79], butene-1 oligomerization was carried out over H-ZSM-5 with $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ ratios of 30–280 in fixed-bed reactors at 175–325 °C, 1.5–40 bar, and feed rates of 2–6 h^{-1} . Catalyst regeneration was achieved by coke combustion in a steam–air mixture at 500 °C. In [78], olefin oligomerization was studied in a light gasoline FCC matrix in the presence of zeolites. Under optimal conditions (dual-layer bed, 270 °C, 40 bar, 1.0 h^{-1} feed rate), iso-olefin mixtures were obtained, which after hydrogenation could be converted into environmentally clean gasoline and diesel fuel components.

In [81], styrene oligomerization was performed over zeolites ZSM-12 both in solvent (chlorobenzene) and solvent-free systems, achieving high conversion (98–100%) and 82% selectivity toward linear dimers. The main oligomerization products on zeolite β were dimers (70–80%), predominantly the linear isomer trans-1,3-diphenylbutene-1. In contrast, the less active zeolite Y produced mixtures of oligomers, with dimers dominating (53–60% in chlorobenzene) or dimers and trimers (60–80% in bulk). Study [80] reported oligomerization of higher α -olefins using catalysts containing a perfluorinated copolymer F-4SF. Mesoporous catalysts demonstrated high activity in decene-1 oligomerization under both batch and continuous-flow conditions, achieving 95–99% conversion with 90–95% dimer yield in batch operation, and approximately 70% conversion in continuous mode.

Studies [82–86] present results on the oligomerization of olefins using ionic liquid catalysts. Ionic liquids are substances composed solely of ions, practically salts dissolved in water with melting points below 100 °C. The authors of [82] reported the oligomerization of olefins using novel and efficient catalytic systems based on Brønsted acidic ionic liquids. The main catalyst was a Brønsted ionic liquid, with tricaprylmethylammonium chloride employed as a cocatalyst. The synthesized ionic liquids with acid groups were characterized by Fourier-transform infrared spectroscopy, UV–visible spectroscopy, ^1H and ^{13}C NMR for structural and acidity analysis. The effects of different ionic liquids, catalyst loading, cocatalysts, molar ratios of ionic liquid to cocatalyst, reaction time, pressure, temperature, solvents, feedstock sources, and recycling of the catalytic

systems were studied. Among the synthesized ionic liquids, 1-(4-sulfoacid)butyl-3-hexylimidazolium hydrogensulfate ([HIMBs]HSO₄) exhibited the highest activity. Under optimal reaction conditions, the conversion of isobutane reached 83.21 % with a trimer selectivity of 35.80 %. The catalytic system was reusable, and a plausible reaction mechanism was proposed. Ethylene, propylene, and isobutene were tested on the optimized catalytic system. It was demonstrated that ethylene produced linear α -olefins up to C₁₅, whereas isobutene and propylene yielded various branched olefins, with schematic pathways of oligomer formation provided.

In [83], ionic liquids were employed as oligomerization modifiers of α -olefins with conventional AlCl₃ catalysts in the reaction of 1-decene oligomerization into polyolefin oils. Various ionic liquids with identical anionic moieties but different cationic fragments were used, based on triethanolamine (TEA), tributylamine (TBA), and pyridine (Py) precursors. The results showed that ionic liquids derived from Py and TBA suppressed the molecular weight of PAO compared with neat aluminum chloride, whereas TEA-based ionic liquids enhanced it. According to ¹³C NMR, oligomers obtained with TEA exhibited a higher degree of long-chain branching, which is favorable for improving viscosity indices. Schemes of 1-decene oligomerization on four catalytic systems with the percentage composition of the main oligomers were provided. Possible mechanisms of the reaction were discussed using ¹³C and ¹H NMR results.

Article [84] reported the production of lubricants based on PAOs using (poly)ionic liquid/AlCl₃ catalysts as environmentally friendly alternatives to the conventional AlCl₃ route. To reduce the dosage of corrosive AlCl₃ in PAO production, two new (poly)ionic liquid/AlCl₃ catalysts were synthesized: first, ionic liquid (IL) was obtained by reacting 1-vinylimidazole with benzyl chloride, and subsequently, the vinyl group was polymerized via radical polymerization to yield polyionic liquid (PIL). The cationic oligomerization of three α -olefin monomers (1-hexene, 1-octene, 1-decene) was conducted with IL/AlCl₃ and PIL/AlCl₃ at a 50:50 ratio to minimize AlCl₃ usage. A comparison of these catalysts with neat AlCl₃ showed that PIL/AlCl₃ is a promising alternative to corrosive AlCl₃, achieving similar molecular weights while exhibiting superior viscosity properties.

The authors of [85] reported the oligomerization of 1-octene and 1-decene on chloroaluminate ionic liquids, which were characterized by high selectivity, low consumption, and recyclability. Viscosity–temperature dependence, lubricity, oxidation resistance, and volatility of the resulting oils were studied. Work [86] described the oligomerization of 1-hexene on recyclable chloroaluminate ionic liquid catalysts in combination with titanium complexes containing “grafted ionic liquid” ligands. It was shown that selective production of oligomers with oligoalkylnaphthene structures and narrow molecular weight distributions, free from double bonds, was achievable. The possibility of regulating the molecular weight of oligomeric products by varying the molar ratio of catalytic system components was established.

3. Conclusion

The principal catalysts for olefin oligomerization are coordination compounds of transition d-metals, where the nature of the central metal plays a decisive role: the greater the number of oxidation states, the broader the range of complexes formed. Chromium is particularly notable in this respect, as evidenced by a substantial body of patent data.

A review of the literature indicates that the catalytic performance in olefin oligomerization depends on the composition, structure, and acidity of ligands. However, no systematic correlations have been identified, and outcomes are determined primarily by experiment, that is, trial-and-error and empirical approaches.

Zeolite catalysts constitute a distinct class employed in the oligomerization of 1-butene and the butane–butene fractions of petroleum refining. Their catalytic activity is associated with acidic sites of the zeolite framework, which require elevated temperatures for activation and may be accompanied by competing cracking reactions.

Particular interest lies in the use of ionic liquids as olefin oligomerization catalysts, although data on their catalytic properties remain scarce.

Catalysis with transition-metal complexes is carried out in the presence of organoaluminum compounds (MAO, MMAO), often referred to by authors as cocatalysts. Numerous unresolved issues remain, the most significant being which complexes determine selectivity and which are responsible for activity in the catalytic system.

Research into the development of novel olefin oligomerization catalysts must therefore be continued, since experimental validation remains the decisive factor.

Funding: This work was supported by the targeted research funding program implemented by the Science Committee of the Ministry of Health, Higher Education and Science of the Republic of Kazakhstan, under program BR27101179 (2025–2026).

Conflict of interest: The authors declare no conflicts of interest.

ОЛЕФИНДЕРДІ ОЛИГОМЕРЛЕУ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫ

С.Р.Қонысбаев, К.А. Кадирбеков, О.К. Юзай*

Ә.Б. Бектуров атындағы химия ғылымдары институты, Алматы, Қазақстан

**E-mail: srkonuspayev@mail.ru*

Түйіндеме. Бұл мақалада олефиндерді олигомерлеу катализаторларына әдеби және патентті мәліметтерге талдау жасалған. Олефиндерді олигомерлеу арқылы ұзынтізбек сызықты α -олефиндерді алады, олардан елге керек базалық жағар майлар, жуғыш заттар тағы басқа керек нәрселер алынады. Олигомерлеу катализаторлары ретінде өтпелі металдарының комплексті мен қосылған алюминийорганикалық қосылыстары қолданылады, шешуші зат ретінде комплекс құраушы металдың табиғаты саналады, оның зарядталған саны неғұрлым көп болса соғұрлым пайда болатын комплекстердің саны көп болады, олардың ішінде хромның орны бөлек, оған арналған патент саны да көп. Олефиндерді олигомерлеу каталитикалық жүйелер өтпелі металдар комплекстері мен қосылған алюминийорганикалық қосылыстардан тұрады, реакцияларын еріткіш ортада жоғары температура мен жоғары қысымда жүргізіледі. Ал әр металда каталитикалық

қасиеттерді анықтайтын лигандтардың табиғаты: құрамы, құрылысы, структурасы мен қышқыл-негіздік қасиеттері; бірақ оларды таңдау заңдылықтары анықталмаған, оның жақсы-жаманын эксперимент анықтайды. Олефиндерді олигомерлеу катализаторлары ретінде цеолиттер және ионды сұйықтар болуы мүмкін. Цеолитте бутен-1 және мұнайөндеудегі бутан-бутилен фракцияларын олигомерлеп бензин алады, процесте 300°C жоғары температурада цеолиттің қышқыл орталары белсенді болғанда жүргізеді. Ерекше қызықшылық танытатын катализатор ретінде қолданылатын иондық сұйықтар, оларда олигомерлеу реакциясы атмосфералық қысыммен 100°C төмен температурада өтеді, бірақ олар туралы мәлімет аздау.

Түйінді сөздер: олигомеризация, α -олефин, катализатор, ауысу металдары, цеолит, иондық сұйықтық.

Конуспаев Сапаркали Ретаевич	<i>химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
Кадирбеов Қайрат Адырбекович	<i>химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
Югай Ольга Константиновна	<i>химия ғылымдарының кандидаты, доцент</i>

КАТАЛИЗАТОРЫ ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ ОЛЕФИНОВ

С.Р. Конуспаев*, К.А. Кадирбеков, О.К. Югай

Институт химических наук имени А.Б. Бектурова, Алматы, Казахстан

**E-mail: srkonuspayev@mail.ru*

Резюме. В статье проведён анализ литературных и патентных данных по катализаторам олигомеризации олефинов для получения длинноцепных линейных α -олефинов, которые имеют важное значение для получения товаров народного потребления, как базовые смазочные масла, моющие средства и многое другое. Катализаторами олигомеризации олефинов являются комплексные соединения переходных металлов и их сочетание с алюминийорганическими соединениями, где решающим фактором является природа металла комплексообразователя, чем больше зарядовых состояний металла, тем разнообразнее образуемые ими комплексы и особо в этом отношении выделяется хром, которому посвящены большое количество патентных данных. Каталитические системы олигомеризации олефинов состоят из комплексов переходных металлов плюс алюминийорганические соединения, которых называют со катализаторами, реакции проводят в растворителе при повышенных температурах и давлениях. На каждом металле каталитические свойства определяются природой лиганда: состав, строение, структура, кислотно-основные характеристики, однако каких-то закономерностей по их подбору не обнаружено и все определяется экспериментом. В качестве катализаторов олигомеризации олефинов могут выступать цеолиты и ионные жидкости. На цеолитах олигомеризуют бутен-1 или бутан-бутиленовую фракцию нефтепереработки для получения бензина, процесс проводят при температурах выше 300°C, когда активируются его кислотные центры. Особый интерес вызывает использование в качестве катализаторов ионных жидкостей, на которых олигомеризацию можно проводить при атмосферном давлении и ниже 100°C, хотя информации по нему немного.

Ключевые слова: олигомеризация, α -олефин, катализатор, переходные металлы, цеолит, ионная жидкость.

Конуспаев Сапаркали Ретаевич	<i>доктор химических наук, профессор</i>
Кадирбеов Қайрат Адырбекович	<i>доктор химических наук, профессор</i>
Югай Ольга Константиновна	<i>кандидат химических наук, ассоциированный профессор</i>

References

1. Serebrjakov B.R., Plaskunov T.K., Ansheles V.R. i dr. *Vysshie olefiny. Proizvodstvo i primeneniye*. L., Himija, **1984**, 264. (In Russ.)
2. Cvetkov O.N. *Poli- α -olefinovye masla: himija, tehnologija i primeneniye*. M., Tehnika, **2006**, 197. (In Russ.)
3. Belov G.P. Tetramerizacija jetilena v okten-1 (obzor). *Neftehimija*, **2012**, 52, 163–178. (In Russ.)
4. Belov G.P., Matkovskij P.E. Tehnologii poluchenija vysshih linejnyh α -olefinov. *Neftehimija*, **2010**, 50, 296–302. (In Russ.)
5. Konuspaev S.R., Nurbaeva R.K., Zhurtbaeva A.A. Katalizatory i tehnologii oligomerizacii olefinov v poluchenii poliolefinovyh smazochnyh masel (obzor-1). *Vestnik NAN RK*, **2016**, 4, No 362, 54–66.
6. Parfenova L.V., Bikmeeva A.Kh., Kovyazin P.V., Khalilov L.M. The Dimerization and Oligomerization of Alkenes Catalyzed with Transition Metal Complexes: Catalytic Systems and Reaction Mechanisms. *Molecules*, **2024**, 29, No 2, 502–549.
7. Petit J., Magna L., Mézailles N. Alkene Oligomerization via metallocycles: Recent Advances and Mechanistic Insights. *Coordination Chemistry Reviews*, **2022**, 450, 214227. [ff10.1016/j.ccr.2021.214227](https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.214227). [ffhal-03405630f](https://doi.org/10.1016/j.ccr.2021.214227)
8. Hao B., Alam F., Jiang Y., Wang L., Fan H., Ma J., Chen Y., Wang Y., Jiang T. Selective ethylene tetramerization: an overview. *Inorg. Chem. Front.*, **2023**, 10, 2860–2902. DOI:10.1039/D3QI00321C
9. Bekmukhamedov G.E., Sukhov A.V., Kuchkaev A.M., Kuchkaev A.M., Khayarov Kh.R., Dobrynin A.B., Babaev V.M., Yakhvarov D.G. Catalytic performance of nickel(II) complexes bearing 1,10-phenanthroline based ligands in homogeneous ethylene oligomerization. *Polyhedron*, **2022**, 223, 115978. DOI:10.1016/j.poly.2022.115978
10. Metzger E.D., Brozek C.K., Comito R.J., Dincă M. Selective Dimerization of Ethylene to 1-Butene with a Porous Catalyst. *ACS Cent. Sci.*, **2016**, 2(3), 148–153. DOI:10.1021/acscentsci.6b00012
11. Olivier-Bourbigou H., Breuil P.-A., Magna L., Michel T., Espada Pastor M.F., Delcroix D. Nickel catalyzed olefin oligomerization and dimerization // *Chem. Rev.* 2020, 120, 15, 7919–7983. DOI:10.1021/acs.chemrev.0c00076
12. Jan O., Song K., Dichiaro A., Resende F.L.P. Ethylene Oligomerization over Heterogeneous Catalysts. *Industrial & Engineering Chemistry Research Ind. Eng. Chem. Res.*, **2018**, 57, No 31, 10241–10250. DOI:10.1021/acs.iecr.8b01902
13. Al Khudhair A., Bouchmella K., Andrei R.D., Hulea V., Mehdi A.A. Comparative Study of Ni-Based Catalysts Prepared by Various Sol–Gel Routes. *Molecules*, **2024**, 29, No17, 4172. DOI:10.3390/molecules29174172
14. Peng A., Huang Zh., Li G. Ethylene Oligomerization Catalyzed by Different Homogeneous or Heterogeneous Catalysts. *Catalysts*, **2024**, 14(4), 268. DOI:10.1021/acs.iecr.8b01902
15. Chen C., Meng L., Alalouni M.R., Dong X., Wu Zh.-P., Zuo Sh., Zhang H. Ultra-Highly Active Ni-Doped MOF-5 Heterogeneous Catalysts for Ethylene Dimerization // *Nano, micro, small*. **2023**, 19, No 25, 2301235. DOI:10.1002/smll.202301235
16. Forget S., Olivier-Bourbigou H., Delcroix D. Homogeneous and Heterogeneous Nickel-Catalyzed Olefin Oligomerization: Experimental Investigation for a Common Mechanistic Proposition and Catalyst Optimization. *ChemCatChem*, **2017**, No 12, p. 2408–2417. DOI:10.1002/cctc.201700348
17. Seufitelli G.V.S., Park J.J.W., Tran P.N., Dichiaro A., Resende F.L.P., Gustafson R. The Role of Nickel and Brønsted Sites on Ethylene Oligomerization with Ni-H-Beta Catalysts. *Catalysts*, **2022**, 12(5), No 5, 565. DOI:10.3390/catal12050565
18. Betz M., Fuchs C., Zevaco T.A., Arnold U., Sauer J. Production of hydrocarbon fuels by heterogeneously catalyzed oligomerization of ethylene: Tuning of the product distribution. *Biomass and Bioenergy*, **2022**, 166, 106595. DOI:10.1016/j.biombioe.2022.106595
19. Shmidt F.K., Titova Ju.Ju., Belyh L.B., Gomboogijn M. Dimerizacija propilena v prisutstvii gidridnyh kompleksov nikelja, formiruemyh insitu. *Neftehimija*, **2010**, 50, No 3, 217–225. (In Russ.)
20. Zajdman A.V., Kajumov R.R., Belov G.P., Pervova I.G., Lipunov I.N., Harlampidi H.Je. Oligomerizacija jetilena v prisutstvii kataliticheskikh sistem na osnove formazanatov nikelja (II). *Neftehimija*, **2010**, 50, 459–463. (In Russ.)

21. Song J., Zhang S., Dzhi S., Li L., Lu X., Sunn V.-H. 2,9-Dizameshennye-1,10-fenantrolinovyе комплексы никелja: poluchenie, svojstva i primenenie v reakcii oligomerizacii jetilena. *Kinetika i kataliz*, **2007**, 48, No5, 710–714. (In Russ.)
22. Zajdman A.V., Hasbiullin I.I., Belov G.P., Pervova I.G., Lipunov I.N. Kataliticheskaja aktivnost' novyh formazanatov nikelja (II) v reakcii oligomerizacii jetilena. *Neftehimija*, **2012**, 52, 31–38. (In Russ.)
23. Chen L., Li G., Wang Z., Li S., Zhang M., Li X. Ethylene Oligomerization over Nickel Supported Silica-Alumina Catalysts with High Selectivity for C₁₀₊ Products. *Catalysts*, **2020**, 10, 180. DOI:10.3390/catal10020180
24. Koninckx E., Mendes P.S.F., Thybaut J.W., Broadbelt L.J. Ethylene oligomerization on nickel catalysts on a solid acid support: From New mechanistic insights to tunable bifunctionality. *Applied Catalysis A: General*, **2021**, 624, 118296. DOI:10.1016/j.apcata.2021.118296
25. McCaig J., Lamb H.H. Ni-H-Beta Catalysts for Ethylene Oligomerization: Impact of Parent Cation on Ni Loading, Speciation, and Siting. *Catalysts*, **2022**, 12, 824. DOI:10.3390/catal12080824
26. Finiels A., Fajula F., Hulea V. Nickel-based solid catalysts for ethylene oligomerization – a review. *Catal. Sci. Technol.*, **2014**, 4, 2412–2426. DOI:10.1039/C4CY00305E
27. Hasbiullin I.I., Belov G.P., Harlampidi H.Je., Vil'me A.I. Oligomerizacija jetilena na kataliticheskoy sisteme jetilgeksanoat Cr–Al(C₂H₅)₃–2,5-dimetilpirrol v prisutstvii CCl₄. *Neftehimija*, **2011**, 51, No 6, 450–455. (In Russ.)
28. Zil'bershtejn T.M., Korlash V.A. Lipskih M.V., Suvorova V.V., Golovko A.V. Kinetika reakcii trimerizacii jetilena na gomogennom hrom-pirrol'nom katalizatore. *Neftehimija*, **2012**, 52, No 5, 371–376. (In Russ.)
29. Gusejnova G.A., Alieva N. Oligomerizacija olefinov na modificirovannyh aljumohloridnyh kataliticheskikh sistemah. *Sciences of Europe*, **2022**, 89, 53–58. (In Russ.)
30. Hanifpour A., Bahri-Laleh N., Mohebbi A. Oligomerization of higher α -olefins to poly(α -olefins). *Iran Polym J*, **2022**, 31, 107–126. DOI:10.1007/s13726-021-01011-x
31. Jaseer E. A., Garcia N., Barman S., Khawaji M., Xu W., Alasiri H., Peedikakkal A.M.P., Akhtar M.N., Theravalappi R. Highly Efficient Ethylene Tetramerization Using Cr Catalysts Constructed with Trifluoromethyl-Substituted N-Aryl PNP Ligands. *ACS Omega*, **2022**, 7, No19, 16333–16340. DOI:10.1021/acsomega.1c06657
32. Barman S., Jaseer E.A., Garcia N., Elanany M., Khawaji M., Xu W., Lin S., Alasiri H., Akhtar M.N., Theravalappi R. A rational approach towards selective ethylene oligomerization via PNP-ligand design with an N-triptycene functionality. *Chem. Commun.*, **2022**, 58, 10044–10047. DOI:10.1039/D2CC02456J
33. Alferov K.A., Belov G.P., Meng Y. Chromium catalysts for selective ethylene oligomerization to 1-hexene and 1-octene: Recent results. *Applied Catalysis A General*, **2017**, 542, 71–124. DOI:10.1016/j.apcata.2017.05.014
34. Milani J.L.S., Casagrande Jr O.L. Chromium Complexes Supported by Phenyl Ether-Pyrazolyl [N,O] Ligands as Catalysts for the Oligo- and Polymerization of Ethylene. *Applied Organometallic Chemistry*, **2020**, 34(12), e5984. DOI:10.1002/aoc.5984
35. Zhao X., Wang J., Liu D., Kong W., Zhang J. Chromium Ethylene Tri-/Tetramerization Catalysts Supported by Iminophosphine Ligands. *ACS Omega*, **2023**, 8(38), 34549–34556. DOI:10.1021/acsomega.3c03356
36. Ogawa T., Lindeperg F., Stradiotto M., Turculet L., Sydora O.L. Chromium N-phosphinoamidine ethylene tri-/tetramerization catalysts: Designing a step change in 1-octene selectivity. *Journal of Catalysis*, **2021**, 394, 444–450. DOI:10.1016/j.jcat.2020.10.021
37. Zhang J., Alam F., Fan H., Ma J., Jiang T. Chromium catalysts based on PNP(NR₂)₂ ligands for selective ethylene oligomerization. *Appl Organomet Chem.*, **2022**, 36(06), e6454. DOI:10.1002/aoc.6454
38. Park H.S., Kim T.H., Baek J.W., Lee H.J., Kim T.J., Ryu J.Y., Lee J., Lee B.Y. Extremely Active Ethylene Tetramerization Catalyst Avoiding the Use of Methylaluminoxane: [iPrN{P(C₆H₄-p-SiR₃)₂}₂CrCl₂]⁺[B(C₆F₅)₄][–]. *ChemCatChem.*, **2019**, 11(17), 4351–4359. DOI:10.1002/cctc.201900898
39. Park J.H., Park J.Y., Baek J.W., Seo Y.H., Lee M.R., Lee J., Lee B.Y. Preparation of chromium complexes for ethylene tetramerization catalyst. *BKCS*, **2024**, 45, No4, 331–340. DOI:10.1002/bkcs.12826

40. Kim T.H., Lee H.M., Park H.S., Kim S.D., Kwon S.J., Tahara A., Nagashima H., Lee B.Y. MAO-free and extremely active catalytic system for ethylene tetramerization. *Appl. Organomet. Chem.*, **2019**, 33(04), e64544829. DOI:10.1002/aoc.4829
41. Yang X., Shao H., Hao B., Fan H., Wang Y., Jiang T. 1H-Perfluorohexane. An efficient modifier for ethylene tri-/tetramerization. *Appl. Organomet. Chem.*, **2023**, 37(12), e67244. DOI:10.1002/aoc.7244
42. Fan H., Hao B., Jiang Y., Yang X., Wang Y., Jiang T. Selective ethylene tri-/tetramerization chromium catalysts based on binuclear PCCP ligands. *Molecular Catalysis*, **2023**, 549, 113545. DOI:10.1016/j.mcat.2023.113545
43. Wang J., Liu D., Zuo J., Zhao X., Zhang J. Use of PCCP Ligands with a *P*-Ph(alkyl) Group in Chromium-Catalyzed Ethylene Tri-/Tetramerization. *Organometallics*, **2024**, 43, No17, 1852–1860. DOI:10.1021/acs.organomet.4c00217
44. Kong W., Ma X., Zuo J., Zhao X., Zhang J. Ethylene Tri-/Tetramerization Catalysts Supported by Phenylene-Bridged Mixed Alkyl/Aryl Diphosphine Ligands. *Organometallics*, **2023**, 42, 8, 651–659. DOI:10.1021/acs.organomet.2c00644
45. Babenko I.A., Kondrashov E.V., Rozentsveig I.B. The Catalytic Transformation of Ethylene Using Chromium(III) Complexes with Bidentate Nitrogen-Containing Ligands. *Catal. Lett.*, **2020**, 150, 2873–2878. DOI:10.1007/s10562-019-03080-3
46. Zhao X., Ma X., Kong W., Zhang J. Switchable ethylene tri-/tetramerization with high catalytic performance: Subtle effect presented by *P*-alkyl substituent of PCCP ligands. *Journal of Catalysis*, **2022**, 415, 95–101. DOI:10.1016/j.jcat.2022.09.030
47. Barman S., Jaseer E.A., Garcia N., Elanany M., Khawaji M., Maity N., Musa A. Tuning a Cr-Catalyzed Ethylene Oligomerization Product Profile via a Rational Design of the *N*-aryl PNP Ligands. *Catalysts*, **2024**, 14, 441. DOI:10.3390/catal14070441
48. Nifant'ev I.Je., Ivchenko P.V., Vinogradov A.A. *Method of ethylene oligomerization*. Zayavka na izobretenie RF, No020130768A, **2022**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2020130768A_20220317 (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
49. U H., Chzhen M., Hu S., Li T., Lju C., Sjuj K., Van S., Pan' F. *Galogensoderzhashhee soedinenie i ego primenenie, sostav katalizatora i sposoby oligomerizacii, trimerizacii i tetramerizacii jetilena*. Zayavka na izobretenie RF, No 2021 122 810, **2023**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2021122810A_20230216 (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
50. U H., Chzhen M., Hu S., Li T., Lju C., Sjuj K., Van S., Pan' F. *Galogensoderzhashhee soedinenie i ego primenenie, sostav katalizatora i sposoby oligomerizacii, trimerizacii i tetramerizacii jetilena*. Zayavka na izobretenie RF, No2802019, **2023**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2802019C2_20230822 (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
51. Nifant'ev I.Je., Ivchenko P.V., Vinogradov A.A., Vinogradov A.A., Bagrov V.V. *Sposob oligomerizacii jetilena v srede organicheskogo rastvoritelja v prisutstvii hromovogo katalizatora i aljuminijorganicheskogo aktivatora*. Zayavka na izobretenie RF, No 2717241, **2020**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2717241C1_20200319 (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
52. Poljanskij K.B., Afanas'ev V.V., Bepalova N.N. *Sposob oligomerizacii jetilena v vysshie olefiny C10-C30*. Zayavka na izobretenie RF, No2610624 C1, **2017**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2610524C1_20170213 (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
53. Al'-Hazmi M.H., Al'kahtani A., Rozental' U., Mjuller B.H., Peuleke N.N., Harff M., Vol' A., Majsvinkl A., Bolt H., Mjuller V. *Kataliticheskaja kompozicija i sposob oligomerizacii jetilena s obrazovanijem 1-geksena i/ili 1-oktena*. Patent RU, No2665551C1, **2018**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2665551C1_20180831 (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
54. Sydora O.L. *Catalysts for oligomerisation of olefins and methods for production and use thereof*. Zayavka na izobretenie RF, No2593394C2, **2016**. <https://patents.google.com/patent/RU2593374C2/ru> (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
55. Poljanskij K.B., Afanas'ev V.V., Bepalova N.N. *Sposob oligomerizacii jetilena v vysshie olefiny C10-C30*. Zayavka na izobretenie RF, No2596197 C1, **2016**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2596197C1_20160827 (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
56. Vjol' A., Mjuller V., Bjolt H., Majsvinkl A., Harff M., Vjellenhofer A., Hofmann K.-H., Zander H.-J., Ilijas A., Hurram Sh., Azam Sh., Al-Kahtani A. *Method of ethylene oligomerization*. Zayavka na izobretenie RF, No2616602C2, **2017**. <https://patents.google.com/patent/RU2616602C2/ru> (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)

57. Shaik K.M., Xu W. *Ethylene oligomerization process*. Application US, No10022698B2, **2018**. <https://patents.google.com/patent/US10022698B2/en> (accessed on 15 July 2025)
58. De Boer E.J.M., van der Heijden H., An On Q., Smit J., Von Zon A. *Catalyst systems for the catalytic oligomerization of olefinic monomers*. Application US, No9073809B2, **2015**. <https://patents.google.com/patent/US9073809B2/en> (accessed on 15 July 2025)
59. Kilgore U.J., Hutchison S.R., Sydora O.L., Bishof S.M., Fern J.T., McDaniel M.P. *Ethylene oligomerization catalyst systems using chemically-treated solid oxides*. Application US, No9707549B1, **2017**. <https://patents.google.com/patent/US9707549B1/en> (accessed on 15 July 2025)
60. Kilgore U.J., Bishof S.M. *Catalyst systems and ethylene oligomerization method*. Application US, No10807921B2, **2020**. <https://patents.google.com/patent/US10807921B2/en> (accessed on 15 July 2025)
61. Kilgore U.J., Bishof S.M., Sydora O.L. *Catalyst systems and ethylene oligomerization method*. Application US, No11117845B2, **2021**. <https://patents.google.com/patent/US11117845B2/en> (accessed on 15 July 2025)
62. Bishof S.M., Hillier J.L., Kilgore U.J., Hutchison S.R., Kreischer B.E., Sydora O.L. *Oligomerization catalyst system activation and related ethylene oligomerization processes and reaction systems*. Application US, No11267909B2, **2022**. <https://patents.google.com/patent/US11267909B2/en> (accessed on 15 July 2025)
63. Qilong F., Yingbo X., MengZh., Peng L., Xilin L., Xuguang W., RuiyingY., HongyeY., Weijie Y. *Modified PNP catalyst ligand, preparation method thereof and ethylene selective oligomerization catalyst*. Application CN, No114989341B, **2024**. <https://patents.google.com/patent/CN114989341B/en> (accessed on 15 July 2025)
64. Pavlova I.S., Pervova I.G., Belov G.P., Hasbiullin I.I., Slepuhin P.A. Oligomerizacija jetilena pod dejstviem formazanatov zheleza i aljuminijorganicheskikh soedinenij. *Neftehimija*, **2013**, 53, No2, 144–150. DOI:10.7868/S002824211302007X (In Russ.)
65. Bishof S.M., Smoll B.L. *Methods of oligomerisation of ethylene*. Zajavka na izobrenie RF, No2741600 C1, **2021**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2741600C1_20210127 (доступ 5 июня 2025) (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
66. Bishof S.M., Smoll B.L. *Methods of oligomerisation of ethylene*. Zajavka na izobrenie RF, No2738392 C1, **2020**. https://yandex.ru/patents/doc/RU2738392C1_20201211 (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
67. Cordier A., Breuil P.-A., Michel T., Magna L., Olivier-Bourbigou H., Raynaud J., Boisson C., Monteil V. Titanium-based phenoxy-imine catalyst for selective ethylene trimerization: effect of temperature on the activity, selectivity and properties of polymeric side products. *Catal. Sci. Technol.*, **2020**, 10, 1602–1608. DOI:10.1039/C9CY02056J. <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/cy/c9cy02056j>
68. Jing Ma, Ke-Qing Zhao, Semikolenova N.V., Zakharov V.A., Soshnikov I.E., Bryliakov K.P., Redshaw C., Talsi E.P. Selective ethylene trimerization by titanium complexes bearing phenoxy-imine ligands with a pendant arm: NMR- and EPR-spectroscopic studies of the reaction intermediates. *Organometallics*, **2014**, 33, No 6, 1431–1439. DOI:10.1021/om500017r
69. Gadjieva-Etayi K.Sh., Khanmetov A.A., Khamiyev M.D., Bagirova Sh.R., Seidova Kh.G., Ibragimova M.D., Aliyeva R.V. Oligomerization of ethylene to linear α -olefins in the presence of complex catalytic systems based on zirconium carboxylates. *Kataliz v promyshlennosti*, **2021**, 21, No4, 238–246. (In Russ.) DOI:10.18412/1816-0387-2021-4-238-246
70. Azizov A.H., Khamiyev M.J., Khanmetov A.A., Alieva R.V., Aliyev B.M., Ahmedbekova S.F. Oligomerization of the ethylene in the presence of new heterogenized Zr-containing complex catalytic systems. *Eur. Chem. Bull.*, **2015**, 4(11), 503–511. http://epa.oszk.hu/02200/02286/00036/pdf/EPA02286_european_chemical_bulletin_2015_10-12_503-511.pdf
71. Lavrenov A.V., Dupljakin V.K. Oligomerizacija butenov na boratsoderzhashhem okside aljuminija. *Kinetika i kataliz*, **2009**, 50, No 2, 249–255. (In Russ.)
72. Winkler F., Schneider R., Mündl F. *Method and device for manufacturing alpha olefins*. Application EP, No3686177A1, **2020**. <https://patents.google.com/patent/EP3686177A1/en> (accessed on 15 July 2025)
73. Jacewicz D., Pawlak M., Drzeżdżon J., Gawdzik B., Gołabiewska A., Mielczarek P., Nowak A., Wzorek Z. A Comparison of the Catalytic Activities of Oxovanadium (IV) And Cobalt (II) Complex Compounds in the Oligomerization of Ethylene. *Polyhedron*, **2023**, 250, 116810. DOI:10.1016/j.poly.2023.116810

74. Singh G., Rani R., Kaur S., Singh D., Chopra A., Kapur G.C., Ramakumar Sh.Sh.V. *Sposob poluchenija katalizatora oligomerizacii jetilena i ego oligomerizacija*. Opisane izobretenija k patentu RF, No2759004 C1, **2021**. https://patents.s3.yandex.net/RU2759004C1_20211108.pdf (accessed on 15 July 2025) (In Russ.)
75. Alzamly A., Bakiro M., Hussein Ahmed S., Siddig L.A., Nguyen H.L. Linear α -olefin oligomerization and polymerization catalyzed by metal-organic frameworks. *Coordination Chemistry Reviews*, **2022**, 462, 214522. DOI:10.1016/j.ccr.2022.214522
76. Coelho A., Caeiro G., Lemos M., Lemos F., Ramôa Ribeiro F. 1-Butene oligomerization over ZSM-5 zeolite: Part 1 – Effect of reaction conditions. *Fuel*, **2013**, 111, 449–460. DOI:10.1016/j.fuel.2013.03.066
77. Díaz M., Epelde E., Valecillos J., Izaddoust S., Aguayo A.T., Bilbao J. Coke deactivation and regeneration of HZSM-5 zeolite catalysts in the oligomerization of 1-butene. *Applied Catalysis B: Environmental*, **2021**, 291, 120076. DOI:10.1016/j.apcatb.2021.120076
78. Kriván E., Tomasek S., Hancsók J. Application Possibilities of Zeolite Catalysts in Oligomerization of Light Olefins. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, **2014**, 58, No 2, 149–156. DOI:10.3311/PPCh.7204
79. Díaz M., Epelde E., Tabernilla Z., Ateka A., Aguayo A., Bilbao J. Operating conditions to maximize clean liquid fuels yield by oligomerization of 1-butene on HZSM-5 zeolite catalysts. *Energy*, **2020**, 207, 118317. DOI:10.1016/j.energy.2020.118317
80. Maksimov A.L., Kulikov A.B., Pugacheva A.A., Vilesov A.S., Smirnov M.B., Galkina E.V., Reshetnikov D.M., Zvinchuk A.A. Oligomerizacija vysshih α -olefinov na katalizatorah, soderzhashhih perforirovannyj sopolimer F-4SF. *Neftehimija*, **2014**, 54, No2, 122–130. DOI:10.7868/S0028242114020063 (In Russ.)
81. Grigor'eva N.G., Talipova R.R., Korzhova L.F., Bubennov S.V., Kutepov B.I., Dzhemilev U.M. Oligomerizacija stirola na ceolitah razlichnyh strukturnykh tipov. *Neftehimija*, **2010**, 50, No2, 141–145. (In Russ.)
82. Wang G., Song H., Li R., Li Zh., Chen J. Olefin oligomerization via new and efficient Brønsted acidic ionic liquid catalyst systems. *Chinese Journal of Catalysis*, **2018**, 39, No 6, 1110–1120. DOI:10.1016/S1872-2067(18)63071-2
83. Mashayekhi M., Moballegh L., Bahri-Laleh N., Sadjadi S., Poater A. Ionic liquids as modifier for the oligomerization of α -olefins to reactive poly (α -olefins) via traditional AlCl_3 catalyst. *Molecular Catalysis*, **2023**, 547, 113403. <https://doi.org/10.1016/j.mcat.2023.113403>
84. Mashayekhi M., Talebi S., Sadjadi S., Bahri-Laleh N. Production of poly(α -olefin)-based lubricants using new (poly)ionic liquid / AlCl_3 catalysts as environmentally friendly alternatives to commercial AlCl_3 route. *Applied Catalysis A: General*, **2021**, 623, 118274. DOI:10.1016/j.apcata.2021.118274
85. Ibragimova M.D., Samedova F.I., Gasanova R.Z., Azmamedov N.G., Jejevazov Je.Z. Sintez oligooktenovykh i oligodecenovykh masel v prisutstvii hloraljuminatnykh ionnykh zhidkostej. *Neftehimija*, **2007**, 47, No 1, 64–70. (In Russ.)
86. Azizov A.G., Kalbalieva Je.S., Alieva R.V., Bektashi N.R., Aliev B.M. Oligomerizacija geksen-1 v prisutstvii kataliticheskikh sistem na osnove ionnykh zhidkostej. *Neftehimija*, **2010**, 50, No 1, 57–65. (In Russ.)

МАЗМҰНЫ

М.С. Муканова, Е.С. Сычева, И.Н. Әнуарбекова, Д.Б. Маркина, М.Т. Ысқақ ДИТИОКАРБАМАТТАРМЕН ӨНДЕЛГЕН БИДАЙ ЖӘНЕ АРПА ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ФИТОЭКСПЕРТИЗАСЫ	5
Л.И. Алиева, Дж.Ш. Мамедов, И.Г. Аюбов, Дж.Ф. Султанова С2-С6 СЕРИЯЛЫҚ АЛИФАТТЫ ДИКАРБОН ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ АММОНИЙ ТУЗДАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН ЖҮГЕРІ ӨСУІНІҢ ЖАҢА БОЛАШАҚТЫ РЕТТЕУШІЛЕРІ	15
Р.А. Каржаубаева, С. Тұрғанбай, Е.Н. Сахитов, З.С. Аширханова, Г.К. Бағзаипова, А.Р. Құрманалиева КАПИЛЛЯРЛЫ ЭЛЕКТРОФОРЕЗ ӘДІСІМЕН ЕРІТІНДІЛЕРДЕГІ ИОДИД ИОНДАРЫН АНЫҚТАУ ӘДІСТЕМЕСІН ВАЛИДАЦИЯЛАУ	25
Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Х. Химэрсэн, Ю.В. Гразулявичюс ИЗМЕНЕНИЕ СТЕПЕНИ СВЯЗИ ПОЛИМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ С ИОНАМИ ЗОЛОТА И ЖЕЛЕЗА В ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЕ КУ-2-8-П4ВП	34
А.А. Тургунбаева, Э.Э. Шульц, О.И. Сальникова, В.А. Савельев, Г. Гемеджиева, Н.А. Султанова, Е.Е. Жатқанбаев, Ж.К. Жатқанбаева RHEUM TATARICUM L.f. ӨСІМДІГІНІҢ ЛИПОФИЛДІ ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ	44
Т.Қ. Джумадилов, М.К. Кабулова, Ю.В. Гразулявичюс ПРАЗЕОДИМ ИОНДАРЫНЫҢ AMBERLITE IR120 (H+):AV-17-8 (OH-) ИНТЕРПОЛИМЕРЛІК ЖҮЙЕ АРҚЫЛЫ ӨРТҮРЛІ ҚАТЫНАСТАРДАҒЫ СОРБЦИЯЛЫҚ ТИІМДІЛІГІН АНЫҚТАУ	53
А.С.Хайруллина, А.Б.Артықбаева, А.Е.Баққара, Б.С.Садықов, А.О. Жапекова, І.Б. Жусупова, В.С.Аксенов ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕЛЕРГЕ АРНАЛҒАН ТЕРМОРЕАКТИВТІЛІГІ ЖОҒАРЫ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ АЛЮМИНИЙ ҰНТАҚТАРЫН ӨЗІРЛЕУ	63
А.Б.Исаева, С.Б.Айдарова, К.Б.Мусабеков, Я.Катона, А.А.Бабаев, А.А.Шарипова, Р.А.Сарсембекова АЗЫҚ-ТҮЛІКТІ САҚТАУ ҮШІН АГРОАЗЫҚ-ТҮЛІК ҚАЛДЫҚТАРЫНАН КУТИН ИЗОЛЫТЫН АЛУ	74
Ж.Н.Кайнарбаева, Е.А.Тусупкалиев, Ұ.Б.Исаева, Ә.Ж.Байзақ, М.Т.Ошакбаев, А.А.Еспенбетов, М.Н. Баимбетов, Г.А. Усков, Д.А. Турғалиев, К.А.Мананов, Н.А.Шадин МАҢҒЫСТАУ ОБЛЫСЫНДАҒЫ ӨЗЕН КЕН ОРНЫНЫҢ ҚОРШАҒАН ОРТА КОМПОНЕНТТЕРІН ФИЗИКА-ХИМИЯЛЫҚ ЗЕРТТЕУ	84
Н.Ж.Сейтқалиева, Г.Қ.Құсайынова, Б.Б.Садықов, З.Н.Қамбарова, Chang Chien-Hsiang, Қ.Ж.Әбдиев КҮНБАҒЫС МАЙЫ ӨНДІРІСІ ҚАЛДЫҒЫНАН НЕИОНОГЕНДІК БЕТТІК-АКТИВТІ ЗАТТАР СИНТЕЗДЕУ	95
Х.С.Тасыбеков, С.Усманов, Г.Т.Омарова, Ұ.М.Тойпасова, Э.Н.Рамазанова, Ш.Байбацаева, Н.Н.Есеркеева, Р.У.Махмудов, Х.С.Усманов ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ БИДАЙ ТҰҚЫМЫН ДӘРІЛЕУ ҮШІН БЕЛСЕНДІ ЗАТ АЛУ, ОНЫҢ ТОПЫРАҚ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫНЫҢ ТАПШЫЛЫҒЫНДА ЖАЗДЫҚ ЖҰМСАҚ БИДАЙ ТҰҚЫМДАРЫНЫҢ ӨСІМДІЛІГІНЕ ӨСЕРІН АНЫҚТАУ	105
Ж.А.Тлеугалиева, А.Ш.Аккенжеева, М.Б.Туркменбаева, Е.О.Аяпбергенов, А.К.Шакирова АСФАЛЬТ-ШАЙЫР-ПАРАФИН ШӨГІНДІЛЕРІН КЕТПРҮГЕ АРНАЛҒАН КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚҰРАМДАРДЫ ЗЕРТТЕУ	114
К.А.Садықов, Н.А.Бектенов, Т.К.Чалов, К.Т.Серикбаева, Е.А.Кузнецова, Ф.Е. Ерболова ЖАҢА АНИОНИТТЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ХРОМ (VI) ЖӘНЕ ВАНАДИЙ (V) ИОНДАРЫНА ҚАТЫСТЫ СОРБЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ	123
Е.А.Тусупкалиев, М.Т.Ошакбаев, Ж.Н.Кайнарбаева, Ұ.Б.Исаева, Ә.Ж.Байзақ, А.А.Еспенбетов, М.Н.Баимбетов, Г.А.Усков, Д.А. Турғалиев, К.А.Мананов АО «ӨЗЕНМҰНАЙГАЗ» ПОЛИГОНДАРЫДАҒЫ МҰНАЙ ҚАЛДЫҚТАРЫН ЗЕРТТЕУ	134
Г.Ш.Сұлтанбаева, Р.А.Қайыңбаева, Р.М.Чернякова, Ә.Ж.Жүсіпбеков ТАБИҒИ ЦЕОЛИТТІҢ Co^{2+} , Ni^{2+} ЖӘНЕ V^{4+} КАТИОНДАРЫНА ҚАТЫСТЫ СУЛЫ ОРТАЛАРДАН ҚАНЫҒУ ӘДІСІ БОЙЫНША СОРБЦИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ	144
Н.Т. Мананов, Н.Н. Қожабекова КОМПЬЮТЕРЛІК ХИМИЯ МЕН ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІҢ ҮЙЛЕСІМІ: ҒЫЛЫМ МЕН ТЕХНОЛОГИЯНЫҢ БОЛАШАҒЫНА БАҒЫТ	155
С.Р.Қонысбаев, К.А. Кадирбеков, О.К. Юсгай ОЛЕФИНДЕРДІ ОЛИГОМЕРЛЕУ КАТАЛИЗАТОРЛАРЫ	171

СОДЕРЖАНИЕ

<i>М.С. Муканова, Е.С. Сычева, И.Н. Энуарбекова, Д.Б. Маркина, М.Т. Ыскак</i> ФИТОЭКСПЕРТИЗА СЕМЯН ПШЕНИЦЫ И ЯЧМЕНЯ, ОБРАБОТАННЫХ ДИТИОКАРБАМАТАМИ	5
<i>Л.И. Алиева, Дж.Ш. Мамедов, И.Г. Аюбов, Дж.Ф. Султанова</i> НОВЫЕ ПЕРСПЕКТИВНЫЕ РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА КУКУРУЗЫ НА ОСНОВЕ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ АЛИФАТИЧЕСКИХ ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ РЯДА C2-C6	15
<i>Р.А. Каржаубаева, С. Турганбай, Е.Н. Сахипов, З.С. Ашимханова, Г.К. Баигаипова, А.Р.</i> <i>Курманалиева</i> ВАЛИДАЦИЯ МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОДИД ИОНОВ В РАСТВОРАХ МЕТОДОМ КАПИЛЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОФОРЕЗА	25
<i>Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Х.Химэрсэн, Ю.В. Гразулявичюс</i> КУ-2- 8-П4ВП ИНТЕРПОЛИМЕРЛІ ЖҮЙЕСІНДЕ АЛТЫН ЖӘНЕ ТЕМІР ИОНДАРЫМЕН ПОЛИМЕР ТІЗБЕКТЕРІНІҢ БАЙЛАНЫСУ ДӘРЕЖЕСІНІҢ ӨЗГЕРІСТЕРІ	34
<i>А.А. Тургунбаева, Э.Э. Шульц, О.И. Сальникова, В.А. Савельев, Н.Г. Гемеджиева, Н.А.</i> <i>Султанова, Е.Е. Жатканбаев, Ж.К. Жатканбаева</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЛИПОФИЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ RHEUM TATARICUM L.f.	44
<i>Т.К. Джумадилов, М.К. Кабулова, Ю. В. Гразулявичюс</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ ПРАЗЕОДИМА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СООТНОШЕНИЯХ ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ AMBERLITE IR120 (H+):AB-17-8 (OH-)	53
<i>А.С.Хайруллина, А.Б. Артықбаева, А.Е. Баққара, Б.С. Садыков, А. О. Жапекова, І. Б.</i> <i>Жусупова, В.С.Аксенов</i> РАЗРАБОТКА КОМПОЗИЦИОННЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ ПОРОШКОВ С ПОВЫШЕННОЙ ТЕРМОРЕАКТИВНОСТЬЮ ДЛЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	63
<i>А.Б.Исаева, С.Б.Айдарова, К.Б.Мусабеков, Я.Катона, А.А.Бабаев, А.А.Шарипова,</i> <i>Р.А.Сарсембекова</i> ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОЛЯТА КУТИНА ИЗ АГРОПИЩЕВЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ КОНСЕРВАЦИИ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ	74
<i>Ж.Н.Кайнарбаева, Е.А.Тусупкалиев, У.Б.Исаева, А.Ж.Байзак, М.Т.Ошакбаев,</i> <i>А.А.Еспенбетов, М.Н. Баимбетов, Г.А.Усков, Д.А. Турғалиев, К.А.Манапов, Н.А.Шадин</i> ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОНЕНТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ УЗЕНЬ МАНГИСТАУСКОЙ ОБЛАСТИ.....	84
<i>Сейткалиева Н.Ж., Кусаинова Г.К., Садыков Б.Б., Камбарова З.Н., Chang Chien-Hsiang,</i> <i>Абдиев К.Ж.</i> СИНТЕЗ НЕИОНОГЕННЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА	95
<i>Х.С.Тасибеков, С.Усманов, Г.Т. Омарова, У.М. Тойпасова, Э.Н. Рамазанова, Ш. Байбацаева,</i> <i>Н.Н. Есеркеева, Р.У. Махмудов, Х.С. Усманов</i> ПОЛУЧЕНИЕ ДЕЙСТВУЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА ДЛЯ ПРОТРАВЛИВАНИЯ СЕМЯН И ЕГО ВЛИЯНИЯ НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН ЯРОВОЙ МЯГКОЙ ПШЕНИЦЫ ПРИ ДЕФИЦИТЕ ПОЧВЕННОЙ ВЛАГИ	105
<i>Ж.А.Тлеугалиева, А.Ш.Аккенжеева, М.Б.Туркменбаева, Е.О.Аяпбергенов, А.К.Шакирова</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПОЗИЦИОННЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ АСФАЛЬТОСМОЛОПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ	114
<i>К.А.Садыков, Т.К.Чалов, Н.А. Бектенов, К.Т.Серикбаева, Е.А.Кузнецова, Ф.Е.Ерболова</i> НОВЫЕ АНИОНИТЫ И ИХ СОРБЦИОННЫЕ СВОЙСТВА ПО ОТНОШЕНИЮ К ИОНАМ ХРОМА (VI) И ВАНАДИЯ (V)	123
<i>Е.А. Тусупкалиев, М.Т.Ошакбаев, Ж.Н. Кайнарбаева, У.Б.Исаева, А.Ж. Байзак, А.А.</i> <i>Еспенбетов, М.Н. Баимбетов, Г.А. Усков, Д.А. Турғалиев, К.А. Манапов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ НЕФТЕОТХОДОВ НА ПОЛИГОНАХ АО «ОЗЕНМУНАЙГАЗ»	134
<i>Г.Ш.Султанбаева, Р.А.Кайыпбаева, Р.М.Чернякова, У.Ж.Джусупбеков</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СОРБЦИОННЫХ СВОЙСТВ ПРИРОДНОГО ЦЕОЛИТА ПО ОТНОШЕНИЮ К КАТИОНАМ Co ²⁺ , Ni ²⁺ И V ⁴⁺ ИЗ ВОДНЫХ СРЕД МЕТОДОМ НАСЫЩЕНИЯ	144
<i>Н.Т. Манапов, Н.Н. Кожобекова</i> ИНТЕГРАЦИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ХИМИИ И ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА: ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ	155
<i>С.Р.Конуспаев, К.А.Кадирбеков, О.К.Югай</i> КАТАЛИЗАТОРЫ ОЛИГОМЕРИЗАЦИИ ОЛЕФИНОВ	171

CONTENTS

M.S. Mukanova, Ye.S. Sycheva, I.N. Anuarbekova, D.B. Markina, M.T. Yskak PHYTOSANITARY ASSESSMENT OF WHEAT AND BARLEY SEEDS TREATED WITH DITHIOCARBAMATES	5
L.I. Aliyeva, J.Sh. Mammadov, I.H. Ayyubov, J.F. Sultanova NEW PROMISING CORN GROWTH REGULATORS BASED ON AMMONIUM SALTS OF ALIPHATIC DICARBOXYLIC ACIDS OF THE C2-C6 SERIES	15
R.Karzhaubayeva, S.Turganbay, Y.Sakhipov, Z.Ashimkhanova, G. Baigaipova, A.Kurmanaliyeva VALIDATION OF THE METHOD FOR DETERMINING IODIDE IONS IN SOLUTIONS BY CAPILLARY ELECTROPHORESIS	25
T.K. Jumadilov, G.T. Dyussembayeva, Kh. Khimersen, Zh.S. Mukatayeva, J.V. Gražulevicius CHANGING THE DEGREE OF CONNECTION OF POLYMER CHAINS WITH GOLD AND IRON IONS IN THE INTERPOLYMER SYSTEM KU-2-8-P4VP	34
A. A.Turgunbaeva, E.E.Shults, O.I.Sal'nikova, V.A.Savelyev, G.N. Gemejiyeva, N.A. Sultanova, Ye.Ye. Zhatkanbayev, Zh. K. Zhatkanbayeva INVESTIGATION OF LIPOPHILIC COMPONENTS OF RHEUM TATARICUM L.f.	44
T.K. Jumadilov, M.K. Kabulova, J. V. Grazulevicius DETERMINATION OF THE EFFICIENCY OF PRASEODYMIUM ION SORPTION AT VARIOUS RATIO BY THE AMBERLITE IR120 (H+):AB-17-8 (OH-) INTERPOLYMER SYSTEM	53
A.S. Khairullina, A.B. Artykbayeva, A.E. Bakkara, B.S. Sadykov, A.O. Zhapekova, I.B. Zhussupova, V.S. Aksenov DEVELOPMENT OF COMPOSITE ALUMINUM POWDERS WITH ENHANCED THERMOREACTIVITY FOR ENERGETIC SYSTEMS	63
A.B. Issayeva, S. Aidarova, K. Musabekov, J. Katona, A.A. Babayev, A.A. Sharipova, R. Sarsembekova OBTAIN OF CUTIN ISOLATE FROM AGRO-FOOD WASTE FOR FOOD PRESERVATION	74
Zh.N. Kaynarbayeva, E.A. Tusupkaliyev, U.B. Issayeva, A.Zh. Bayzak, M.T. Oshakbayev, A.A. Espenbetov, M.N. Baiymbetov, G.A. Uskov, D.A. Turgaliyev, K.A. Manapov, N.A. Shadin PHYSICO-CHEMICAL STUDY OF ENVIRONMENTAL COMPONENTS AT THE UZEN OILFIELD, MANGYSTAU REGION	84
N.Seitkaliyeva, G. Kussainova, B. Sadykov, Z.Kambarova, Chang Chien-Hsiang, K. Abdiyev SYNTHESIS OF NON-IONIC SURFACTANS FROM SUNFLOWER OIL PRODUCTION RESIDUES	95
H.S. Tasybekov, S. Usmanov, G.T. Omarova, U.M. Toipasova, E.N. Ramazanov, Sh. Baibashchaeva, N.N. Yesserkeyeva, R.U. Makhmudov, H.S. Usmanov OBTAINING THE ACTIVE INGREDIENT FOR SEED TREATMENT AND ITS EFFECT ON THE GERMINATION OF SPRING WHEAT SEEDS IN CASE OF SOIL MOISTURE DEFICIENCY	105
Z.A.Tleugaliyeva, A.Sh.Akkenzheyeva, M.B.Turkmenbayeva, Y.O.Ayapbergenov, A.K.Shakirova RESEARCH INTO COMPOSITIONS FOR REMOVING ASPHALT-PARAFFIN DEPOSITS ..	114
K.A. Sadykov, N.A. Bektenov, T.K. Chalov, K.T. Serikbayeva, F.Ye.Yerbolova, Ye.A. Kuznetsova NEW ANION EXCHANGERS AND THEIR SORPTION PROPERTIES TOWARD CHROMIUM (VI) AND VANADIUM (V) IONS	123
E.A. Tusupkaliyev, M.T. Oshakbayev, Zh.N. Kaynarbayeva, U.B. Issayeva., A.Zh. Bayzak, A.A. Espenbetov, M.N. Baiymbetov, G.A. Uskov, D.A. Turgaliyev, K.A. Manapov STUDY OF OIL- CONTAINING WASTES AT THE SITES OF JSC "OZENMUNAYGAS"	134
G.Sh.Sultanbayeva, R.A.Kaiynbaeva, R.M.Chernyakova, U.Zh.Dzhusipbekov STUDY OF SORPTION PROPERTIES OF NATURAL ZEOLITE IN RELATION TO CATIONS Co ²⁺ , Ni ²⁺ AND V ⁴⁺ FROM AQUEOUS MEDIA BY SATURATION METHOD	144
N.T.Manapov, N.N. Kozhabekova INTEGRATION OF COMPUTER CHEMISTRY AND ARTIFICIAL INTELLIGENCE: PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF SCIENCE AND TECHNOLOGY	155
S.R. Konuspayev, K.A. Kadirbekov, O.K. Yugay OLEFIN OLIGOMERIZATION CATALYSTS	171

Правила оформления статей в журнале
«ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА»

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Журнал «Химический журнал Казахстана» (ISSN 1813-1107, eISSN 2710-1185) выпускается ордена Трудового Красного Знамени АО «Институтом химических наук им. А.Б. Бектурова» 4 раза в год и публикует работы по широкому кругу фундаментальных, прикладных и инновационных исследований в области химии и химической технологии.

Языки публикации: казахский, русский, английский. Журнал индексируется Казахстанской библиометрической системой и включен в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности.

Издание имеет следующие рубрики:

1. Обзорные статьи до 20 печатных страниц
2. Оригинальные статьи (до 8–10 печатных страниц)
3. Краткие сообщения (до 4–5 печатных страниц)

2. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СТАТЕЙ

Редакция принимает статьи от казахстанских и зарубежных авторов. В целях популяризации Журнала, редакционной коллегией приветствуется прием статей на английском языке.

Для регистрации и публикации статьи материал статьи представляется в редакцию через систему электронной подачи статьи на сайте Журнала (<https://www.chemjournal.kz/>) в комплекте со следующими документами:

1. Электронная версия статьи в форматах Word и PDF со встроенными в текст таблицами, схемами, рисунками (файл должен быть назван по фамилии первого автора на английском языке).

2. Сопроводительное письмо, адресованное в Редакцию Химического журнала Казахстана от организации, в которой данное исследование выполнено, с утверждением, что материал рукописи нигде не публиковался, не находится на рассмотрении для опубликования в других журналах и в материалах статьи отсутствуют секретные данные. В сопроводительном письме указываются сведения об авторе для корреспонденции: Фамилия, имя и отчество автора, служебный адрес с указанием почтового индекса, адрес электронной почты, телефон и ORCID.

3. Все статьи, опубликованные в Химическом журнале Казахстана (ISSN 1813-1107, eISSN 2710-1185) публикуются в открытом доступе. Чтобы обеспечить свободный доступ читателям и покрыть расходы на экспертную оценку, редактирование, поддержание сайта журнала, долгосрочное архивирование и ведение журнала, взимается плата за обработку статьи. Правила оплаты за опубликование принятой к печати статьи находятся в отдельном документе на сайте Журнала «Оплата за опубликование».

4. Статье присваивается регистрационный номер, который сообщается авторам в течение недели после получения указанного перечня документов; на этот номер необходимо ссылаться при переписке.

5. Принятым к печати статьям присваивается цифровой идентификатор (DigitalObjectIdentifier – DOI).

6. Учитывая невозможность проводить статьи на казахском языке через систему антиплагиат, будут учитываться формулировки рецензентов и решение издательской коллегии.

7. Статьи должны быть оформлены согласно шаблону, который можно скачать в разделе «Отправка материалов» на сайте Химического Журнала Казахстана.

3. СТРУКТУРА ПУБЛИКАЦИЙ

3.1. В начале **обзоров, оригинальных статей и кратких сообщений** на первой строке указывается номер по Универсальной десятичной классификации (УДК или UDC), соответствующий заявленной теме. Дается прописными буквами в верхнем левом углу. Также на первой строке справа прописными буквами полужирным шрифтом № 14 указывается название журнала **ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА (ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ, CHEMICAL JOURNAL OF KAZAKHSTAN)**, год, номер.

3.2. Далее через строку приводится международный стандартный сериальный номер журнала (ISSN 1813-1107, eISSN 2710-1185) и на следующей строке слева приводится DOI: который будет иметь значение после принятия статьи к печати.

3.3. Далее, после отступа строки указывается **заглавие статьи** прописными буквами, шрифт № 14 – полужирный, выравнивание текста по центру. Название должно максимально полно и точно описывать содержание статьи, включать ключевые слова, отражающие направление и/или основной результат исследования, но в то же время быть коротким и ясным и не содержать сокращений.

3.4. Далее, после отступа строки, указываются **инициалы и фамилии автора(-ов)** строчными буквами, шрифт № 12 полужирный, курсив, выравнивание текста по центру. Фамилия автора, с которым следует вести переписку, должна быть отмечена звездочкой (*): *С.С. Сатаева**, *А.М. Джубаналиева*.

3.5. Через строку шрифтом № 12, строчными буквами, курсивом с выравниванием текста по центру следуют **наименование(я) организации(й)** с указанием части названия организации, которая относится к понятию юридического лица (в английском тексте необходимо указывать официально принятый перевод названия), город, страна. В английском варианте адресные сведения должны быть представлены на английском языке, в т.ч. город и страна.

Строки с фамилиями авторов и названиями организаций содержат надстрочные индексы (после фамилии и перед названием организации), указывающие на место работы авторов.

На следующей строке курсивным начертанием, шрифт № 12, с выравниванием текста по центру указывается электронный адрес для переписки.

3.6. **Резюме (Abstract, Түйіндеме)** состоит из краткого текста (не менее 150–250 слов, шрифт № 12) на языке статьи. **Abstract** публикуется в международных базах, данных в отрыве от основного текста. Резюме должно быть автономным, все вводимые обозначения и сокращения необходимо расшифровать здесь же.

Приветствуется структурированное резюме, повторяющее структуру статьи и включающее: *введение, цели и задачи, методы, результаты и обсуждение, заключение (выводы)*. В то же время, цели и задачи описываются, если они не ясны из заглавия статьи, методы следует описывать, если они отличаются новизной. В резюме включаются новые результаты, имеющие долгосрочное значение, важные

открытия, опровергающие существующие теории, а также данные, имеющие практическое значение. Следует использовать техническую (специальную) терминологию вашей дисциплины.

Резюме дается без абзацного отступа строчными буквами; оно не должно содержать номера соединений, экспериментальные данные и ссылки на литературу.

Резюме только одно – в начале текста.

3.7. Далее на языке статьи без абзацного отступа строчными буквами шрифтом № 12, выравнивание текста по левому краю приводятся **ключевые слова** (от 5 до 10 шт.), обеспечивающие наиболее полное раскрытие содержания статьи.

3.8. В **кратких сообщениях** приводится резюме (150–200 слов), ключевые слова, но деления на разделы не требуется. Дается текст краткого сообщения на одном из трех языков с выполнением требований к УДК, названию статьи, перечню авторов, наименований организаций, в которых они работают, указанию автора для переписки. В тексте краткого сообщения приводятся конкретные **существенно новые результаты, требующие закрепления приоритета** с необходимыми экспериментальными подробностями. Затем следуют: информация о финансировании, благодарности, сведения о конфликте интересов, информация об авторах и список литературы.

3.9. Статья начинается с **введения**, в котором формулируется цель и необходимость проведения исследования, кратко освещается состояние вопроса со ссылками на наиболее значимые публикации с избеганием ссылок на устаревшие результаты. Излагаются открытия, сделанные в ходе данного исследования. Указывается структура статьи.

3.10. **Экспериментальная часть** содержит описание хода и результатов эксперимента, характеристику полученных соединений. В начале экспериментальной части приводятся названия приборов, на которых зарегистрированы физико-химические характеристики веществ и указываются условия измерения; также указываются либо источники использованных нетривиальных реагентов (например, «коммерческие препараты, название фирмы»), либо даются ссылки на методики их получения.

Каждый параграф экспериментальной части, описывающий получение конкретного соединения, должен содержать его полное наименование по номенклатуре ИЮПАК и его порядковый номер в статье. В методиках обязательно указывать количества реагентов в мольных и массовых единицах (для катализаторов – массу и мольные проценты), объемы растворителей. Методика эксперимента излагается в *прошедшем* времени.

Для известных веществ, синтезированных опубликованным ранее методом, необходимо привести ссылку на литературные данные. Для известных веществ, полученных новыми или модифицированными методами, должны быть представлены их физические и спектральные характеристики, использованные для подтверждения идентичности структуры, метод синтеза и ссылка на литературные данные.

Для всех впервые синтезированных соединений необходимо привести доказательства приписываемого им строения и данные, позволяющие судить об их индивидуальности и степени чистоты. В частности, должны быть представлены данные элементного анализа или масс-спектры высокого разрешения, ИК спектры и спектры ЯМР ^1H и ^{13}C .

Данные рентгеноструктурного анализа представляются в виде **рисунков и таблиц**. Все **новые соединения**, данные PCA которых приводятся в статье, должны быть **зарегистрированы в Кембриджской базе структурных данных** и иметь соответствующие **CCDC номера**.

Если, по мнению рецензента или редактора, новые соединения не были удовлетворительно охарактеризованы, статья не будет принята к печати.

Пример методики: 3-(2-Amino-6-methylpyridino)-3-carbonyl-3,4-dihydrocoumarin (**12**). To the alcoholic solution of 2.18 g (0.01 mol) of 3-carbethoxycoumarin, 1.08 g (0.01 mol) of 2-amino-6-methylpyridine was added with stirring. The mixture was boiled for 10 h. The solution was cooled, the precipitate was filtered. Then it was washed with cold EtOH. After the drying and recrystallization of the residue from i-PrOH yield of the product **12** was 2.05 g (63%), mp 226–228 °C, Rf 0.82 (1/2, EtOAc/hexane as eluent). Calculated, %: C 68.56; H 4.32; N 9.99 for C₁₆H₁₂N₂O₃. Found, %: C 68.41; H 4.22; N 9.83. *Spectral data*.

Внимание! В статьях, посвященных синтезу новых соединений, допускается размещение **экспериментальной части** за разделом **Результаты и обсуждение**.

3.11. В разделе **Результаты и обсуждение**, который является наиболее важным, следует обсудить и объяснить полученные в работе **результаты**, проанализировать особенности синтеза, продемонстрировать и указать возможные ограничения. Провести сравнение полученных результатов с опубликованными ранее. Все новые соединения должны быть полностью охарактеризованы соответствующими спектральными и другими физико-химическими данными. В тексте обобщаются и разъясняются только те спектральные данные, которые используются для подтверждения структуры полученных соединений. Перечисление одних и тех же данных в тексте, таблицах и на рисунках не допускается. Для новых методов синтеза желательно обсудить механизм реакции. Для обобщения данных необходимо использовать понятные рисунки и таблицы. Представленные данные должны подаваться интерпретации.

При обсуждении результатов следует придерживаться официальной терминологии IUPAC. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени.

Обсуждение не должно повторять описание результатов исследования. В тексте должны быть использованы общепринятые в научной литературе сокращения. Нестандартные сокращения должны быть расшифрованы после первого появления в тексте. Единицы измерений должны быть указаны в Международной системе СИ.

3.12. Затем рекомендуется сформулировать **закключение**, в котором указать основные достижения, представленные в статье, и основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный во вводной части статьи, а также возможность использования материала статьи в фундаментальных или прикладных исследованиях.

3.13. Приводится информация о **финансировании** исследований.

3.14. Выражается **благодарность** тем, кто помог вам в подготовке вашей работы.

3.15. В рукописи должно быть заявлено о том, имеется ли **конфликт интересов**

3.16. В **информации об авторах** указываются: ученая степень, звание, должность, e-mail, ORCID.

3.17. Стаття заканчивается **списком литературы** со ссылками на русском (или казахском) языке и ссылками на языке оригинала. Ссылки на литературные источники в тексте приводятся порядковыми арабскими цифрами в квадратных скобках по мере упоминания. Каждая ссылка должна содержать только одну литературную цитату. Список литературы должен быть представлен наиболее свежими и актуальными источниками без излишнего самоцитирования (не более 20 процентов). Для статей желателен список из не менее 10 ссылок со строками доступа в интернете.

3.18. Обязательна **информация об авторах**. В ней указываются: ученая степень, звание, должность, e-mail, ORCID, **фамилия, имя, отчество** полностью на трех языках.

Информация об авторах:

Джусипбеков Умирзак Жумасилович – АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», заведующий лабораторией химии солей и удобрений, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, профессор; e-mail: jussipbekov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2354-9878>.

Нургалиева Гульзипа Орынтаевна – доктор химических наук, АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Алматы, Республика Казахстан, e-mail: n_gulzipa@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2659-3361>.

Баяхметова Замира Кенесбековна – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Алматы, Республика Казахстан, e-mail: zamirabkz@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7261-2215>.

Information about authors:

Zhusipbekov Umerzak Zhumasilovich – JSC «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences», Head of the Laboratory of Chemistry of Salts and Fertilizers, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor; e-mail: jussipbekov@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2354-9878>.

Nurgaliyeva Gulzipa Oryntayevna – Doctor of chemical sciences, JSC «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences», Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: n_gulzipa@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2659-3361>.

Baiakhmetova Zamira Kenesbekovna – Candidate of chemical sciences, leading researcher, JSC «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences», Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: zamirabkz@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7261-2215>.

Авторлар туралы ақпарат:

Жүсіпбеков Өмірзақ Жұмасылұлы - "Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты" АҚ, тұздар және тыңайтқыштар химиясы зертханасының меңгерушісі, Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының корреспондент-мүшесі, профессор; e-mail: jussipbekov@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2354-9878>.

Нұрғалиева Гүлзипа Орынтайқызы - химия ғылымдарының докторы, "Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты" АҚ, Алматы, Қазақстан Республикасы, e-mail: n_gulzipa@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2659-3361>.

Баяхметова Замира Кеңесбекқызы - химия ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер, "Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты" АҚ,

Алматы, Қазақстан Республикасы, e-mail: zamirabkz@mail.ru . ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7261-2215>.

Список цитируемой литературы оформляется в соответствии с нижеприведенными образцами библиографических описаний (4.8.).

3.19. В конце статьи после списка литературы *дополнительно* приводится перевод **Резюме** на казахский (**Түйіндеме**) и на английский языки (**Abstract**). Слово **Резюме (Abstract, Түйіндеме)** дается по центру. На следующей строке с выравниванием по левому краю прописными буквами полужирным шрифтом № 12 приводится название статьи. Через строку без абзацного отступа курсивом, полужирным шрифтом № 11 даются инициалы и фамилии авторов.

На следующей строке без абзацного отступа курсивом, строчными буквами, шрифтом № 11 приводятся места работы авторов с надстрочными индексами (после фамилии и перед названием организации), указывающие на место работы авторов. Затем через строку с абзацного отступа с выравниванием текста по ширине идет текст резюме, набранный строчным шрифтом № 12.

Далее через строку с абзацным отступом строчными буквами шрифтом № 12, с выравниванием текста по ширине приводятся **ключевые слова** (от 5 до 10 шт.), обеспечивающие наиболее полное раскрытие содержания статьи.

3.20. Для статей, подаваемых на языке, отличном от английского (на казахском или русском языке), в конце статьи находится английский блок (**Abstract, Information about authors, References**).

3.21. Все страницы рукописи следует пронумеровать.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ

4.1. Объем статьи, включая аннотацию и список литературы: до 8–10 страниц. Обзорные статьи могут быть до 20 страниц. Статья должна быть напечатана на одной стороне листа А4 шрифтом Times New Roman, размер кегля 14 пт; межстрочный интервал – одинарный и полями: верхнее – 2.0 см, нижнее – 2.0 см, левое – 3.0 см, правое – 1.5 см; расстановка переносов не допускается; абзацный отступ – 1.0 см; форматирование – по ширине. Должен быть использован текстовый редактор *Microsoft Word for Windows*, в виде *doc*-файла, версия 7.0 и более поздние.

Для краткости и наглядности обсуждения соединения, упоминаемые более одного раза, следует нумеровать **арабскими** цифрами в сочетании со строчными **латинскими** буквами (для обозначения соединений с переменным заместителем). При упоминании полного названия соединения шифр дается в скобках.

Стереохимические символы и приставки, характеризующие структурные особенности или положение заместителя в молекуле, следует набирать курсивом (*italic*): (*R*)-энантиомер, *трет*-бутил, *пара*-ксилол. Вместо громоздких названий неорганических и часто употребляемых органических соединений следует давать их формулы: NaBr, TsOH вместо бромид натрия и толуолсульфоновая кислота. При использовании терминов и обозначений, не имеющих широкого применения в литературе, их значения поясняются в тексте при первом употреблении: например, полиэтилентерефталат (ПЭТФ).

Для изображения структурных формул химических соединений необходимо использовать редактор химических формул **ChemDrawUltra**. Все надписи на схемах приводятся на английском языке. В схеме необходимо указывать все условия реакций: над стрелкой – реагенты, катализаторы, растворители, под

стрелкой – температура, время, выход. Если условия реакций сильно загружают схему, их можно перенести в конец схемы, расшифровывая буквенными индексами, например, *i*: HCl, H₂O, 80 °C, 5h. Такой же буквенный индекс должен быть указан над стрелкой соответствующей реакции.

4.2. Уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются в порядке их упоминания в тексте и *должны быть вставлены в текст статьи* после первого упоминания. Таблицы и рисунки должны сопровождаться подписью; заголовки к схемам даются при необходимости.

4.3. По возможности следует готовить **рисунки** с помощью компьютера. Однотипные кривые должны быть выполнены в одинаковом масштабе на одном рисунке. Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами, которые расшифровываются в подписях к рисункам. Для всех **рисунков** необходимо представить графические файлы в формате *jpeg* с минимальным разрешением 300 dpi. Надписи на рисунках должны быть на английском языке и по возможности заменены цифрами, расшифровка которых дается в подписи к рисунку.

Одиночные прямые, как правило, не приводят, а заменяют уравнением линии регрессии. Пересечение осей координат следует располагать в левом углу рисунка, стрелки на концах осей не ставятся, линии, ограничивающие поле рисунка не приводятся, масштабная сетка не наносится. Малоинформативные рисунки, не обсуждаемые в статье спектры, вольтамперограммы и другие зависимости не публикуются. **Рисунки спектров не должны быть выполнены от руки**. Все рисунки должны иметь нумерацию арабскими цифрами (если рисунок не один). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 – Детали прибора.

4.4. Каждая **таблица** должна иметь тематический заголовок и порядковый арабский номер (без знака №), на который дается ссылка в тексте (таблица 1). Название таблицы располагается над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире без точки после названия. Графы в таблице должны иметь краткие заголовки, отражающие параметры, численные значения которых приведены в таблице; они пишутся в именительном падеже единственного числа с прописной буквы и через запятую сопровождаются соответствующими единицами измерения (в сокращенной форме). Рисунки или структурные формулы в графах таблиц не допускаются. Пропуски в графах при отсутствии данных обозначают тремя точками, при отсутствии явления – знаком «тире». Примечания к таблицам индексируются арабскими цифрами и помещаются в границах таблицы под материалом таблицы. Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без проставления точки и печатают с абзаца. В таблицах используют тот же шрифт, что и в тексте статьи; допускается уменьшенный (не менее № 10 шрифт TimesNewRoman).

4.5. При выборе единиц измерения рекомендуется придерживаться системы СИ: г, мг, м, см, мкм (микромметр, микрон); нм (наномметр, миллимикрон); пм (пикомметр); Э (ангстрем); с (секунда); мин, ч (час), Гц (герц); МГц (мегагерц); Э (эрстед); Гс (гаусс); В (вольт); эВ (электронвольт); А (ампер); Ом, Па (паскаль); МПа (мегапаскаль); гПа (гектопаскаль); Дж (джоуль); К (кельвин), °C (градус Цельсия); Д (Дебай).

В десятичных дробях целая часть отделяется от дробной не запятой, а точкой.

Используются следующие сокращения: т.кип. и т.пл. (точки кипения и плавления) – перед цифрами; конц. (концентрированный перед формулой соединения); М – молекулярная масса); моль, кал, ккал, н. (нормальный), М. (молярный); концентрация растворов обозначается (г/см³, г/л, моль/л).

Для всех впервые синтезированных соединений обязательны данные элементного анализа либо масс-спектры высокого разрешения.

В *брутто-формулах* элементы располагаются в следующем порядке: С, Н и далее согласно латинскому алфавиту. Формулы молекулярных соединений и ониевых солей даются через точку (например, C₅H₅N.HCl). Пример записи констант и данных элементного анализа: т.кип. 78°C (100 мм рт. ст.), т.пл. 50°C (EtOH), d₄²⁰0.9809, n_D²⁰1.5256; Найдено, %: С 59.06; Н 7.05; I 21.00; N 8.01. C_aH_bI_cN_dO_e. Вычислено, %: С 59.02; Н 7.01; I 21.20; N 8.22.

ИК и УФ спектры. В экспериментальной части для ИК и УФ спектров должны быть указаны характеристические частоты полос, длины волн максимумов поглощения, коэффициенты экстинкции (или их логарифмы) и условия, при которых записан спектр.

Примеры записи: ИК спектр (тонкий слой), ν , см⁻¹: 1650 (C=N), 3200–3440 (O–H). УФ спектр (EtOH), $\lambda_{\max}$, нм (lgε): 242 (4.55), 380 (4.22).

Спектры ЯМР ¹H и ¹³C. Должны быть указаны рабочая частота прибора, использованный стандарт и растворитель. Протоны в составе сложных групп, к которым относится сигнал, следует подчеркнуть снизу – 3.17–3.55 (4H, м, N(CH₂CH₃)₂); для положения заместителей использовать обозначения 3-CH₃; для обозначения положения атомов – C-3, N-4 и т.д. Если какой-нибудь сигнал в спектре описывается как дублет, триплет или дублет дублетов и т.п. (а не синглет или мультиплет), необходимо привести соответствующие КССВ. Если проведены дополнительные исследования для установления строения или пространственных взаимодействий атомов, должны быть указаны использованные двумерные методы. В описании спектров ЯМР ¹³C отнесение конкретного сигнала к конкретному атому углерода приводится только тогда, когда определение проведено на основе двумерных экспериментов.

Примеры записи:

Спектр ЯМР¹H (400 МГц, CDCl₃), δ, м. д. (J, Гц): 0.97 (3H, т, J= 7.0, CH₃); 3.91 (2H, к, J= 7.0, COOCH₂); 4.46 (2H, д, J= 6.1, NCH₂); 7.10–7.55 (6H, м, H-6,7,8, NHCH₂C₆H₅); 7.80 (1H, с, HAr); 7.97 (1H, с, H-5'); 8.13 (1H, д. д, J= 8.2, J= 2.3, H-5); 11.13 (1H, с, NH).

Спектр ЯМР¹³C (100 МГц, DMSO-d₆), δ, м. д. (J, Гц): 36.3 (CH₂CH₃); 48.5 (C-5); 62.3 (CH₂CH₃); 123.0(CAr); 125.8 (д, ²J_{CF} = 26.1, C-3',5' Ar); 128.9 (CPh); 134.4 (C-5a); 168.3 (C=O).

Масс-спектры приводятся в виде числовых значений *m/z* и относительных значений ионного тока. Необходимо указывать метод и энергию ионизации, массовые числа характеристических ионов, их интенсивность по отношению к основному иону и по возможности их генезис. В случае химической ионизации при описании прибора необходимо указать газ-реагент. В масс-спектрах высокого разрешения найденные и вычисленные значения *m/z* приводятся с четырьмя

десятичными знаками; если найденное значение m/z соответствует не молекулярному иону, брутто-формула и вычисленное значение m/z также приводится для того же иона.

Пример записи данных масс-спектра: Масс-спектр (ЭУ, 70 эВ), m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 386 $[M]^+$ (36), 368 $[M-H_2O]^+$ (100), 353 $[M-H_2O-CH_3]^+$ (23).

Масс-спектр (ХИ, 200 эВ), m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 387 $[M+H]^+$ (100), 369 $[M+H-H_2O]^+$ (23).

Пример записи данных масс-спектра высокого разрешения:

Найдено, m/z : 282.1819 $[M+Na]^+$. $C_{17}H_{25}NNaO$.

Вычислено, m/z : 282.1828.

4.6. Данные рентгеноструктурного исследования следует предоставлять в виде рисунка молекулы с пронумерованными атомами, например, C(1), N(3) (по возможности в представлении атомов эллипсо и дамипловых колебаний). Полные кристаллографические данные, таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов, температурные факторы в журнале не публикуются, а депонируются в Кембриджском банке структурных данных (в статье указывается регистрационный номер депонента).

4.7. По требованиям международных баз данных Scopus, Clarivate Analytics, Springer Nature при оценке публикаций на языках, отличных от английского, библиографические списки должны даваться не только на языке оригинала, но и на латинице (романским алфавитом). Поэтому авторы статей, подаваемых на русском и казахском языке, должны предоставлять список литературы в двух вариантах: один на языке оригинала (**Список литературы**), а другой — в романском алфавите (**References**). Последний список входит в английский блок, который расположен в конце статьи.

Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке **References**. При цитировании русскоязычного журнала, переводимого за рубежом, в русскоязычной версии Списка литературы необходимо привести полную ссылку на русскоязычную версию, а в **References** — на международную.

Список источников в **References** должен быть написан только на романском алфавите- латинице (при этом он должен оставаться полным аналогом Списка литературы, в котором источники были представлены на оригинальном языке опубликования).

Для написания ссылок на русскоязычные источники (и источники на иных, не использующих романский алфавит, языках) следует использовать ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПЕРЕВОД и ТРАНСЛИТЕРАЦИЮ (см. Требования к переводу и транслитерации).

В **References** требуется следующая структура библиографической ссылки из русскоязычных источников: авторы (транслитерация), перевод названия статьи или книги на английский язык, название источника (транслитерация – для тех изданий, которые не имеют установленного редакцией английского названия), выходные данные в цифровом формате, указание на язык статьи в скобках (in Russian или in Kazakh). Транслитерацию можно выполнить на сайте <http://www.translit.ru>.

Условные сокращения названий русскоязычных журналов и справочников приводятся в соответствии с сокращениями, принятыми в «Реферативном журнале Химия». англоязычных и других иностранных журналов – в соответствии с сокращениями, рекомендуемыми издательством «Springer and Business Media»:

<http://chemister.ru/Chemie/journal-abbreviations.htm>. Для статей на русском и казахском языках название журнала «Химический Журнал Казахстана» следует сокращать: «Хим. Журн. Каз.» и «Қаз. Хим. Журн.» соответственно, а для статей на английском языке: «Chem. J. Kaz.». Приводятся фамилии и инициалы **всех авторов** (сокращения и *др.* и *et al* не допускаются).

В Списке литературы и в **References** все работы перечисляются **В ПОРЯДКЕ ЦИТИРОВАНИЯ**, а **НЕ** в алфавитном порядке.

DOI. Во всех случаях, когда у цитируемого материала есть цифровой идентификатор, его необходимо указывать в самом конце описания источника. Проверять наличие doi у источника следует на сайте <http://search.crossref.org> или <https://www.citethisforme.com>.

Для формирования списка литературы (всех без исключения ссылок) в Журнале принят библиографический стандарт без использования разделителя «//»:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. Title of Journal, **2005**, 10, No. 2, 49–53.

Для казахско- или русскоязычного источника:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. Title of Journal, **2005**, 10, No. 2, 49–53. (In Kazakh or In Russian).

Ниже приведены образцы оформления различных видов документов, которых необходимо придерживаться авторам при оформлении романского списка **References**.

Описание статьи из журналов:

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timinov A.V., Kardymov D.V. Technical and economical optimization of hydrofracturing design. Neftyanoe khozyaistvo. Oil Industry, **2008**, No. 11, 54–57. (In Russian).

Описание статьи с DOI:

Zhang Z., Zhu D. Experimental Research on the localized electrochemical micromachining. *Rus. J. Electrochem.*, **2008**, 44, No. 8, 926–930. doi: 10.1134/S1023193508080077.

Описание Интернет-ресурса:

Kondrat'ev V.B. *Global'naya farmatsevticheskaya promyshlennost'* [The global pharmaceutical industry]. Available at: http://perspektivy.info/rus/ekob/globalnaja_farmacevticheskaja_promyshlennost_2011-07-18.html (Accessed 23.06.2013).

или

APA Style (2011). Available at: <http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx> (accessed 5 February 2011).

или

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (Accessed 7 February 2011).

Описание статьи из электронного журнала:

Swaminatan V., Lepkoswka-White E., Pao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of Computer-Mediated Communication*, **1999**, 5, No. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol.5/issue2/> (Accessed 24 April 2011).

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnost soedinenii «stal'- kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-

composite»]. Trudy MGTU

«*Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem*» [Proc. Of the Bauman MSTU

«Mathematic Modeling of the Complex Technical Systems»], **2006**, No. 593, 125–130.

Описание материалов конференций:

Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z., Muhametshina R.Ju., Chervyakova A.N., Sveshnikov A.V. Features of the design of the field development with the use of hydraulic fracturing. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma «Novye resurso sberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi*» [Proc. 6th Int. Symp. «New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact»]. Moscow, **2007**, 267–272. (In Russ.)

Нежелательно оставлять одно переводное название конференции (в случае если нет переведенного на английский язык названия конференции), так как оно при попытке кем-либо найти эти материалы, идентифицируется с большим трудом.

Описание книги (монографии, сборника):

Nenashev M.F. *Poslednee pravitel'stvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., **1993**, 221 p.

Описание переводной книги:

Timoshenko S.P., Young D.H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: Timoshenko S.P., Iang D.Kh., Uiver U. *Kolebaniia v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroenie Publ., **1985**. 472 p.).

Brooking A., Jones P., Cox F. *Expert systems. Principles and cases studies*. Chapman and Hall, 1984. 231 p. (Russ. ed.: Bruking A., Dzhons P., Koks F. *Ekspertnye sistemy. Printsipy raboty i primery*. Moscow, Radioisviaz' Publ., **1987**. 224 p.).

Описание диссертации или автореферата диссертации:

Grigor'ev Yu. A. *Razrabotka nauchnykh osnov proektirovaniia arkhitektury raspredelennykh sistem obrabotki dannykh*. Diss. Dokt. Tekhn. Nauk [Development of scientific bases of architectural design of distributed data processing systems. Dr. tech. sci. diss.]. Moscow, Bauman MSTU Publ., **1996**. 243 p.

Описание ГОСТа:

GOST 8.596.5–2005. *Metodika vpolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkosti i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroistv* [State Standard 8.586.5 – 2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., **2007**. 10 p.

или

State Standard 8.586.5 – 2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices. Moscow, Standartinform Publ., **2007**. 10 p. (In Russian).

Описание патента:

Patent RU 228590. *Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia* [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head], Palkin M.V., Ivanov N.M., Gusev B.B., Petrov R.H., **2006**.

4.9. Пример англоязычного блока для представления статьи, написанной на языке, отличном от английского:

Abstract

DETERMINATION OF THE HAZARD CLASS OF OIL-CONTAMINATED AND NEUTRALIZED SOIL

Zhusipbekov U.Zh.¹, Nurgaliyeva G.O.^{1*}, Baiakhmetova Z.K.¹, Aizvert L.G.²

¹JSC «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences», Almaty, Kazakhstan

²Scientific and practical center of sanitary-epidemiological examination and monitoring of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan Almaty, Kazakhstan

E-mail: n_gulzipa@mail.ru

Introduction. Pollution by oil has a negative effect on chemical, physical, agrophysical, agrochemical and biological properties of soils. Sorption methods of cleaning the soil with the help of humic preparations from oil pollution are of great importance. *The purpose* of this work is to study the composition and properties of the contaminated and neutralized soil, the determination of the toxicity indexes of all components of oil waste, the calculation of the hazard class of waste according to their toxic-ecological parameters. **Methodology.** Samples of the contaminated and neutralized soil were treated with the use of humate-based energy-accumulating substances. The metal content in the contaminated soil was determined by spectrometry using an AA 240 instrument using the method of decomposing the sample with a mixture of nitric, hydrofluoric and perchloric acids until the sample was completely opened. **Results and discussion.** Fractional composition of oil products of all samples is stable: the content of complex acetylene hydrocarbons is ~ 70.0% of the total mass of oil products, the content of resins and paraffin-naphthenic group of hydrocarbons is 27.3%, the content of bitumens is 2.6%. In the neutralized soil, paraffin-naphthenic fractions, resins, bitumens and asphaltenes were mainly found; complex acetylene hydrocarbons are not present. **Conclusion.** It has been established that the contaminated soil belongs to the substances of the 3rd hazard class. Neutralized soil became less toxic and according to the total toxicity index, it was classified as hazard class 4 (low hazard). Neutralized soil can be used as construction and road materials, at the improvement of boreholes and at land reclamation.

Keywords: oil, contaminated soil, neutralized soil, humate-based energy storage substance, toxicity, radioactivity, hazard class.

References

1. Evdokimova G.A., Gershenkop A.Sh., Mozgova N.P., Myazin V.A., Fokina N.V. Soils and waste water purification from oil products using combined methods under the North conditions. *J. Environ. Sci.*, **2012**, 47, No. 12, 1733–1738, <https://doi.org/10.1080/10934529.2012.689188>
2. Badrul I. Petroleum sludge, its treatment and disposal: a review. *Int. J. Chem. Sci.*, **2015**, 13, No. 4, 1584–1602. <https://www.tsijournals.com/articles/petroleum-sludge-its-treatment-and-disposal-a-review.pdf> (accessed on 2 April 2021).
3. Krzhizh L., Reznik D. Technology of cleaning the geological environment from oil pollution. *Jekologija proizvodstva*, **2007**, No. 10, 54. (in Russ.). https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n7_44.pdf (accessed on 2 April 2021).
4. Nocentini M., Pinelli D., Fava F. Bioremediation of soil contaminated by hydrocarbon mixtures: the residual concentration problem. *Chemosphere*, **2000**, No. 41, 1115–1123, [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00057-6](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00057-6)

5. Cerqueira V.S., Peralba M.C.R., Camargo F.A.O., Bento F.M. Comparison of bioremediation strategies for soil impacted with petrochemical oily sludge. *International Biodeterioration & Biodegradation*, **2014**, 95, 338–345, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.08.015>

54. Zemnuhova L.A., Shkorina E.D., Filippova I.A. The study of the sorption properties of rice husk and buckwheat in relation to petroleum products. *Himija rastitel'nogo syr'ja*, **2005**, No. 2, 51–(in Russ.). <http://journal.asu.ru/cw/article/view/1659> (accessed on 2 April 2021).

8. Mokrousova M.A., Glushankova I.S. Remediation of drill cuttings and oil-contaminated soils using humic preparations. *Transport. Transportnye Sooruzhenija. Jekologija*, **2015**, No. 2, 57–72. (in Russ.). <https://www.dissercat.com/content/razrabotka-nauchnykh-osnov-primeneniya-guminovykh-veschestv-dlya-likvidatsii-posledstviy> (accessed on 2 April 2021).

9. Teas Ch., Kalligeros S., Zaniokos F., Stournas S. Investigation of the effectiveness of absorbent materials in oil spill clean up. *Desalination*, **2001**, No. 140, 259–264. <http://www.desline.com/proceedings/140.shtml> (accessed on 2 April 2021).

10. Ivanov A.A., Judina N.V., Mal'ceva E. V., Matis E.Ja. Investigation of the biostimulating and detoxifying properties of humic acids of different origin under conditions of oil-contaminated soil. *Himija rastitel'nogo syr'ja*, **2007**, No. 1, 99–103. (in Russ.). <http://journal.asu.ru/cw/issue/view/6> (accessed on 2 April 2021).

11. Dzhusipbekov U.Zh., Nurgalieva G.O., Kuttumbetov M.A., Zhumasil E., Dujsenbaj D., Sulejmenova O.Ja. Pilot-industrial tests of the processing of oil-contaminated soil. *Chem. J. Kazakhstan*, **2015**, No. 3, 234–240. <http://www.chemjournal.kz/images/pdf/2019/01/2019-1-2.pdf> (accessed on 2 April 2021).

12. Patent RU 2486166. *Sposob obezvrezhivaniya neftezagrjaznennykh gruntov, sposob obezvrezhivaniya otrabotannykh burovykh shlamov* [The method of disposal of oil-contaminated soils, the method of disposal of waste drill cuttings]. Kumi V.V., **2013**. <http://www.freepatent.ru/patents/2491266> (accessed on 2 April 2021).

13. Kozlova, E.N., Stepanov, A.L. & Lysak, L.V. The influence of bacterial-humus preparations on the biological activity of soils polluted with oil products and heavy metals. *Eurasian Soil Sc.*, **2015**, 48, 400–409. <https://doi.org/10.1134/S1064229315020052>.

Ғылыми жарияланымның этикасы

«Қазақстанның химиялық журналы» (бұдан әрі – Журнал) баспасының алқасы мен бас редакторы «Жариялану этикасы жөніндегі комитет – (Committee on Publication Ethics – COPE)» (<http://publicationethics.org/about>), «Еуропалық ғылыми редакторлардың қауымдастығы» (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) және Ғылыми жарияланым этикасының комитетінде (<http://publicet.org/code/>) қабылданылған халықаралық талаптарды ұстанады.

Баспа қызметіндегі әдепке сай емес іс - әрекеттерді (плагиат, жалған ақпарат және т.б.) болдырмауға және ғылыми жарияланымдардың жоғары сапасын қамтамасыз ету үшін, қол жеткізген ғылыми нәтижелерді жұртшылыққа жариялау мақсатында редакция алқасы, авторлар, рецензенттер, сондай-ақ баспа үдерісіне қатысатын мекемелер этикалық нормалар мен ережелерді сақтауға міндетті және олардың бұзылмауына барлық шараларды пайдалануы тиіс. Осы үдеріске қатысушылардың барлығының ғылыми жарияланымдар этикасының ережелерін сақтауы, авторлардың зияткерлік меншік объектілеріне құқықтарын қамтамасыз етуге, жарияланымдар сапасын арттыруға және авторлық құқықпен қорғалған материалдарды жеке тұлғалардың мүддесі үшін пайдалану мүмкіндігін жоюға көмектеседі.

Редакцияға жіберілген барлық ғылыми мақалалар міндетті түрде екі жақты құпия сараптамаға жіберіледі. Журналдың редакциялық алқасы мақаланың журнал тақырыбына және талаптарына сәйкестігін анықтайды, журналға тіркеу үшін оны алдын ала саралауға журналдың жауапты хатшысына жібереді. Ол қолжазбаның ғылыми құндылығын анықтап, мақала тақырыбына жақын ғылыми мамандықтары бар екі тәуелсіз сарапшыны анықтайды. Мақалаларды редакциялық алқа және редакциялық алқа мүшелері, сондай-ақ басқа елдерден шақырылған рецензенттер сараптайды. Мақаланы сараптау үшін рецензенттерді таңдау туралы шешімді бас редактор қабылдайды. Сараптау мерзімі 2-4 апта және рецензент өтініші бойынша оны 2 аптаға ұзартуға болады.

Редакция мен рецензент қарауға жіберілген жарияланбаған материалдардың құпиялылығына кепілдік береді. Жариялау туралы шешім журналдың редакциялық алқасы тексергеннен кейін қабылданады. Қажет болған жағдайда (редактор(лар) және/немесе рецензент(лер) тарапынан ескертулердің болуы) қолжазба авторларға қосымша түзетулерге жіберіледі, содан кейін ол қайта қаралады. Этика нормалары бұзылған жағдайда, мақаланы жариялаудан бас тарту құқығын Редакция өзіне қалдырады. Жауапты редактор мақалада плагиат деп есептеуге жеткілікті ақпарат болған жағдайда оны жариялауға рұқсат бермейді.

Авторлар редакцияға жіберілген материалдардың жаңа, бұрын жарияланбаған және түпнұсқа екендігіне кепілдік береді. Авторлар ғылыми нәтижелердің сенімділігі мен маңыздылығына, сондай-ақ ғылыми этика қағидаттарының сақталуына, атап айтқанда, ғылыми этиканы бұзылмауына (ғылыми деректерді қолдан жасау, зерттеу деректерін бұрмалауға әкелетін бұрмалау, плагиат және жалған бірлескен авторлық, қайталау, басқа адамдардың нәтижелерін иемдену және т.б.) тікелей жауапты.

Мақаланы редакцияға беру авторлардың мақаланы (түпнұсқада немесе басқа тілдерге немесе тілден аудармада) басқа журналға(ларға) жібермегенін және бұл материалдың бұрын жарияланбағанын білдіреді. Олай болмаған жағдайда мақала

авторларға «Авторлық құқықты бұзғаны үшін мақаланы жарияламау» деген шешіммен қайтарылады. Басқа автордың туындысының 10 пайыздан астамын, оның авторлығын және дереккөзге сілтемелерді көрсетпей сөзбе-сөз көшіруге жол берілмейді. Алынған үзінділер немесе мәлімдемелер автор мен дереккөзді міндетті түрде көрсете отырып ресімделуі керек. Шамадан тыс өзге материалдарды пайдалану, сондай-ақ кез келген нысандағы плагиат, соның ішінде дәйексіз дәйексөздер, басқа адамдардың зерттеулерінің нәтижелерін иемдену этикаға жатпайды және қабылданбайды. Зерттеу барысына қатынасқан барлық тұлғалардың үлесін мойындау қажет және мақалада зерттеуді жүргізуде маңызды болған жұмыстарға сілтемелер берілуі керек. Бірлескен авторлар арасында зерттеуге қатыспаған адамдарды көрсетуге жол берілмейді.

Автор(лар) жұмыстарында қателіктер байқалса, бұл туралы дереу редакторға хабарлап, түзету туралы ұсыныс беруі тиіс.

Қолжазбаны басып шығарудан бас тарту туралы шешім рецензенттердің ұсыныстарын ескере отырып, редакция алқасының отырысында қабылданады. Редакциялық алқаның шешімімен жариялауға ұсынылмаған мақала қайта қарауға қабылданбайды. Жариялаудан бас тарту туралы хабарлама авторға электрондық пошта арқылы жіберіледі.

Журналдың редакциялық алқасы мақаланы жариялауға рұқсат беру туралы шешім қабылдағаннан кейін редакциялық алқа бұл туралы авторға хабарлайды және жариялау шарттарын көрсетеді. Мақалаға берілген пікірлердің түпнұсқасы Журнал редакциясында 3 жыл сақталынады.

Этика научных публикаций

Редакционная коллегия и главный редактор научного журнала «Химический журнал Казахстана» (далее – Журнал) придерживаются принятых международных стандартов «Комитета этики по публикациям» (Committee on Publication Ethics – COPE) (<http://publicationethics.org/about>), «Европейской ассоциации научных редакторов» (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) и «Комитета по этике научных публикаций» (<http://publicet.org/code/>).

Во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (плагиат, изложение недостоверных сведений и др.) и в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, признания общественностью, полученных автором научных результатов, члены редакционного совета, авторы, рецензенты, а также учреждения, участвующие в издательском процессе, обязаны соблюдать этические стандарты, нормы и правила и принимать все меры для предотвращения их нарушений. Соблюдение правил этики научных публикаций всеми участниками этого процесса способствует обеспечению прав авторов на интеллектуальную собственность, повышению качества издания и исключению возможности неправомерного использования авторских материалов в интересах отдельных лиц.

Все научные статьи, поступившие в редакцию, подлежат обязательному двойному слепому рецензированию. Редакция Журнала устанавливает соответствие статьи профилю Журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на первое рассмотрение ответственному секретарю Журнала, который определяет научную ценность рукописи и назначает двух независимых рецензентов – специалистов, имеющих наиболее близкие к теме статьи научные специализации. Рецензирование статей осуществляется членами редакционного совета и редакционной коллегии, а также приглашенными рецензентами других стран. Решение о выборе того или иного рецензента для проведения экспертизы статьи принимает главный редактор. Срок рецензирования составляет 2-4 недели, но по просьбе рецензента он может быть продлен, но не более чем на 2 недели.

Редакция и рецензент гарантируют сохранение конфиденциальности неопубликованных материалов присланных на рассмотрение работ. Решение о публикации принимается редакционной коллегией Журнала после рецензирования. В случае необходимости (наличие замечаний редактора(-ов) и /или рецензента(-ов)) рукопись направляется авторам на доработку, после чего она повторно рецензируется. Редакция оставляет за собой право отклонить публикацию статьи в случае нарушения правил этики. Ответственный редактор не должен допускать к публикации информацию, если имеется достаточно оснований полагать, что она является плагиатом.

Авторы гарантируют, что представленные в редакцию материалы являются новыми, ранее неопубликованными и оригинальными. Авторы несут ответственность за достоверность и значимость научных результатов, а также соблюдение принципов научной этики, в частности, недопущение фактов нарушения научной этики (фабрикация научных данных, фальсификация, ведущая к искажению исследовательских данных, плагиат и ложное соавторство, дублирование, присвоение чужих результатов и др.)

Направление статьи в редакцию означает, что авторы не передавали статью (в оригинале или в переводе на другие языки или с других языков) в другой(-ие) журнал(ы) и что этот материал не был ранее опубликован. В противном случае статья немедленно возвращается авторам с формулировкой «Отклонить статью за нарушение авторских прав». Не допускается дословное копирование более 10 процентов работы другого автора без указания его авторства и ссылок на источник. Заимствованные фрагменты или утверждения должны быть оформлены с обязательным указанием автора и первоисточника. Чрезмерные заимствования, а также плагиат в любой форме, включая неоформленные цитаты, перефразирование или присвоение прав на результаты чужих исследований, неэтичны и неприемлемы. Необходимо признавать вклад всех лиц, так или иначе повлиявших на ход исследования, в частности, в статье должны быть представлены ссылки на работы, которые имели значение при проведении исследования. Среди соавторов недопустимо указывать лиц, не участвовавших в исследовании.

Если автором(-ами) обнаружена ошибка в работе, необходимо срочно уведомить редактора и вместе принять решение об исправлении.

Решение об отказе в публикации рукописи принимается на заседании редакционной коллегии с учетом рекомендаций рецензентов. Статья, не рекомендованная решением редакционной коллегии к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Сообщение об отказе в публикации направляется автору по электронной почте.

После принятия редколлегией Журнала решения о допуске статьи к публикации редакция информирует об этом автора и указывает сроки публикации. Оригиналы рецензий хранятся в редакции Журнала в течение 3 лет.

Scientific Publication Ethics

The Editorial Board and Editor-in-Chief of the scientific journal the “Chemical Journal of Kazakhstan” (hereinafter referred to as the Journal) adhere to the accepted international standards of the “Committee on Publication Ethics” (Committee on Publication Ethics – COPE) (<http://publicationethics.org/about>), the “European Association of Science Editors” (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) and the “Committee on Scientific Publication Ethics” (<http://publicet.org/code/>).

To avoid unfair practices in the publishing activities (plagiarism, false information, etc.) and in order to ensure the high quality of the scientific publications and public recognition of the scientific results, obtained by the author, the members of the Editorial Board, authors, reviewers, as well as institutions, involved in the publishing process, are obliged to comply with ethical standards, rules and regulations, and take all measures to prevent their violation. The compliance with the rules of the scientific publication ethics by all process participants contributes to ensuring the rights of authors to intellectual property, improving the quality of the publication and excluding the possibility of misuse of the copyrighted materials in the interests of the individuals.

All scientific articles submitted to the editors are subject to mandatory double-blind peer reviewing. The Editorial Board of the Journal determines the compliance of the article with the specificity of the Journal, the registration requirements and sends it for the first reviewing to the Executive Secretary of the Journal, who determines the scientific value of the manuscript and appoints two independent reviewers – the specialists with the scientific specializations closest to the topic of the article. The articles are reviewed by the members of the Editorial Board and the Editorial Staff, as well as the invited reviewers from the other countries. The decision to choose one or another reviewer for reviewing the article is made by the Editor-in-Chief. The reviewing period is 2-4 weeks, though at the request of the reviewer, it can be extended, but no more than for 2 weeks.

The editors and the reviewer guarantee the confidentiality of the unpublished materials submitted for reviewing. The decision to publish is made by the Editorial Board of the Journal after reviewing. If necessary (the presence of comments by the editor(s) and/or reviewer(s)) the manuscript is sent to the authors for revision, after which it is re-reviewed. The editors reserve the right to reject from the publication of the article in case of violation of the rules of ethics. The Executive Editor should not allow the information to be published if there is sufficient reason to believe that it is plagiarism.

The authors guarantee that the materials, submitted to the editors are new, previously unpublished and original. The authors are responsible for the reliability and significance of the scientific results, as well as compliance with the principles of scientific ethics, in particular, the prevention of violations of scientific ethics (fabrication of the scientific data, falsification leading to distortion of the research data, plagiarism and false co-authorship, duplication, appropriation of other people's results, etc.).

The submission of an article to the editor means that the authors did not submit the article (in the original or translated into or from the other languages) to the other Journal(s), and that this material was not previously published. Otherwise, the article is immediately returned to the authors with the wording “Reject the article for the copyright infringement.” The word-for-word copying of more than 10 percent of the work of another author is not allowed without indicating his authorship and references to the source. The borrowed fragments or statements should be drawn-up with the obligatory

indication of the author and source. Excessive borrowing, as well as plagiarism in any form, including inaccurate quotations, paraphrasing, or appropriation of the rights to the results of the other people's research, is unethical and unacceptable. It is necessary to recognize the contribution of all persons, who in one way or another influenced the course of the research, in particular, the article should provide links to the works, which were important in the research conduction. Among the co-authors, it is unacceptable to indicate persons, who did not participate in the research.

If the author(s) finds an error in the work, it is necessary to immediately notify the editor thereof, and together decide on the correction.

The decision to refuse from the publication of the manuscript is made at a Meeting of the Editorial Board, taking into account the recommendations of the reviewers. An article, which is not recommended by the decision of the Editorial Board for the publication, is not accepted for re-consideration. A notice of the refusal to publish is sent to the author by e-mail.

After the Editorial Board of the Journal makes a decision on the admission of the article for the publication, the Editorial Board informs the author thereof, and specifies the terms of the publication. The original reviews are kept in the Editorial Office of the Journal for 3 years.

Технический редактор: Ж.Б.Узакова

Подписано в печать 30.09.2025г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. 13.5 п.л. Бумага офсетная. Тираж 300.

Типография ИП «Тойходжаев Н.О.»
г.Алматы, Алмалинский район, ул. Нурмакова, 26/195 кв. 49
e-mail: iparuna@yandex.ru