

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»

1(85)

ЯНВАРЬ – МАРТ 2024 г.

ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА

ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2024

Журналдың бас редакторы

Директор

Тасибеков Х.С. - х.ғ.к., асоц. 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 корр.-мүшесі, 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.**, PhD (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); **Узакова Ж.Б.** (Техникалық хатшы).

«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,
Нұрмаков, көш. 26/195-49; iparuna@yandex.ru

© АҚ «Ө.Б. Бектұров атындағы
Химия ғылымдары институты», 2024

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

Главный редактор

Директор

Тасибеков Х.С. - к.х.н., ассоц. 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.**, член-корр. 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.**, PhD (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); **Узакова Ж.Б.** (Технический секретарь).

«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», 2024

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.

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.**, Corr. Member 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); **Kadirbekov K.A.**, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Kayukova L.A.**, Doctor of Chemical Sciences, Prof. (Kazakhstan); **Malmakova A.E.**, PhD (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); **Uzakova Zh.B.** (Executive Secretary).

«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

INVESTIGATION OF ELECTROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF INTERGEL SYSTEMS BASED ON POLYACRYLIC ACID

T.K. Jumadilov^{1,2}, M.T. Suleimenova^{1,2*}, Kh. Khimersen¹,
B. Totkhuskyzy¹, G.T. Dyusseмбаeva^{1,2}, J.V. Gražulevičius³

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

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

³Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania

*E-mail: suleimenova.me@gmail.com

Abstract. *Introduction.* Currently, hydrogels are polymer materials in high demand due to their physicochemical properties, and recent years have seen significant attention given to the study of their physicochemical properties [1,2]. *The purpose* of this research is to investigate the effect of remote interaction on the electrochemical properties of intergel systems containing hydrogels of polyacrylic acid, poly-4-vinylpyridine, poly-2-methyl-5-vinylpyridine, and polyethyleneimine hydrogels with various initial states. The dependency of conductivity and pH levels in aqueous solutions of intergel systems was examined. *The obtained results* have shown that in the 5:1 ratio of the PAA_{swollen}:P4VP_{dry} intergel system, the conductivity of the aqueous medium reaches its maximum value after 24 hours, with a corresponding decrease in pH level. For the PAA_{dry}:P2M5VP_{dry} hydrogels at ratios of 5:1, 1:5, and 2:4, the high electroconductivity was observed at the sixth hour. The maximum pH value was achieved at a ratio of 4:2, indicating a low presence of nitrogen heteroatoms in the aqueous solution. The maximum conductivity in the PAA_{swollen}:PEI_{swollen} system at a 3:3 ratio was reached after 8.5 hours, while the pH showed its minimum value. In the study of the PAA_{dry}:PEI_{dry} intergel system, the pH of the aqueous medium decreased over time in all hydrogel ratios. An exception was noted at a 4:2 ratio, where pH slightly increased after 0.5 hours, then fell again, showing a deviation from the general pH trend. *Conclusion.* The conducted research has shown that specific conductivity varies across all molar ratios of hydrogels. It was established that changes in pairs and states of hydrogels in the intergel system affect specific conductivity, indicating the ratio of ionized and dissociated groups in the chain changes normally. These results demonstrate that these intergel systems can be used to get high-selectivity sorbents.

Keywords: intergel system, hydrogels, specific conductivity, remote effect, ion exchange resins, pH value.

<i>Jumadilov Talkybek Kozhatayevich</i>	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor, e-mail: jumadilov@mail.ru</i>
<i>Suleimenova Meruyert Turekhanovna</i>	<i>PhD student, e-mail: suleimenova.me@gmail.com</i>
<i>Khimersen Khuangul</i>	<i>Junior researcher, e-mail: huan88@mail.ru</i>
<i>Totkhuskyzy Bakhytgul</i>	<i>PhD, e-mail: bakytgul.sakenova@mail.ru</i>
<i>Dyusseмбаeva Gulnur Toktargazinovna</i>	<i>PhD student, e-mail: g_gazinovna@mail.ru</i>
<i>Gražulevičius Juozas Vidas</i>	<i>Full professor, e-mail: juozas.grazulevicius@ktu.lt</i>

Citation: Jumadilov T.K., Suleimenova M.T., Khimersen Kh., Totkhuskyzy B., Dyusseмбаeva G.T., Gražulevičius J.V. Investigation of electrochemical characteristics of intergel systems based on polyacrylic acid. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 5-16. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.01>

ПОЛИАКРИЛ ҚЫШҚЫЛЫ НЕГІЗІНДЕ ҚҰРЫЛҒАН ИНТЕРГЕЛЬДІ ЖҮЙЕЛЕРДІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

**Т.К. Джумадиллов^{1,2}, М.Т. Сулейменова^{1,2*}, Х. Химэрсэн¹,
Б. Тотхусқызы¹, Г.Т. Дюсембаева², Ю.В. Гражулявичюс³**

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

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

³Каунас технологиялық университеті, Каунас, Литва

*E-mail: suleimenova.me@gmail.com

Түйіндеме. Кіріспе. Қазіргі таңда гидрогельдер өздерінің физика-химиялық қасиеттеріне орай жоғары сұранысқа ие полимерлі материалдар және соңғы жылдары гидрогельдердің физикалық және химиялық қасиеттерін зерттеуге аса көңіл бөлінуде [1,2]. Жұмыстың мақсаты бастапқы күйлері бір-бірінен ерекшеленетін полиакрил қышқылы, поли-4-винилпиридин, поли-2-метил-5-винилпиридин және полиэтиленмин гидрогельдері қамтылған интергельді жүйелерінің электрохимиялық қасиеттеріне қашықтан әсер ету эффектісін зерттеу. Гидрогельдердің негізінде құрылған интергельдік жүйелердің су ерітінділерінің электрөткізгіштігінің және рН көрсеткіші уақытқа тәуелділігі қарастырылды. Алынған нәтижелер. гПАК_{ис}:гП4ВП_{құрғ.} жүйесінде 5:1 қатынасында ортаның электрөткізгіштігі бір тәуліктен соң максималды мәнге жеткен. Ортаның рН көрсеткіші аталған қатынаста төмендеген. гПАК_{құрғ.}:гП2М5ВП_{құрғ.} гидрогельдері 5:1, 1:5 және 2:4 қатынастарында, тәжірибенің 6-шы сағатында ортаның электрөткізгіштігі ең жоғарғы нүктесін көрсетті. Сулы ортаның рН мәні 4:2 қатынасында максимум мәнді көрсетті. Бұл ерітіндідегі азот гетероатомының концентрациясының төмен екендігін көрсетеді. гПАК_{ис}:гПЭИ_{ис} интергельді жүйесінің 3:3 қатынасында 8.5 сағаттан кейін анықталған электрөткізгіштіктің максималды мәні рН минималды мәніне дерлік сәйкес келеді. ПАК_{құрғ.}:ПЭИ_{құрғ.} интергельді жүйесінде уақыт өте гидрогельдердің барлық қатынасында дерлік рН мәні төмендеген. Алайда, 4:2 қатынасында сутектік көрсеткіш 0.5 сағатта біршама жоғарылап, қайта төмендеген, мұнда рН жалпы тенденциядан ауытқу байқалды. Қорытынды. Жасалған зерттеулердің нәтижесіне сүйенсек, гидрогельдердің барлық мольдік қатынастарында меншікті электрөткізгіштіктің өзгеретіні байқалды. Зерттеу нәтижесінде интергельді жүйедегі гидрогельдердің жұптарын және күйін өзгерту, меншікті электрөткізгіштікке әсер ететіндігі анықталды. Бұл мәліметтер буынаралық тізбек бойындағы ионданған және диссоциацияланған топтардың ара қатынасының қалыпты өзгеретінін көрсетті. Бұл көрсеткіштер осы жүйелер арқылы сұрыптылығы жоғары жақсы сорбенттерді алуға болатынын дәлелдейді.

Түйін сөздер: интергельді жүйе, гидрогельдер, меншікті электрөткізгіштік, қашықтан әсер ету, иониттер, рН көрсеткіші.

<i>Джумадиллов Талқыбек Қожатаевич</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Сулейменова Меруерт Турехановна</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Химэрсэн Хуангул</i>	<i>Кіші ғылыми қызметкер</i>
<i>Тотхусқызы Бахыткул</i>	<i>PhD</i>
<i>Дюсембаева Гульнур Токтаргазиновна</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Гражулявичюс Юозас Видас</i>	<i>Профессор</i>

1. Кіріспе

Интергельді жүйелердің электрохимиялық қасиеттерін зерттеуге арналған алдыңғы жұмыстарда, қашықтан әсер ету нәтижесінде гидрогельдердегі пиридин сақинасындағы азот атомы мен түйінаралық байланыстардағы -COOH тобының қосымша диссоциациялануы байқалған. Зерттеу нәтижелері қашықтан әсер ету нәтижесінде гидрогельдердің өзара белсендірілуі жүретінін, нәтижесінде гидрогельдер жоғары иондану

жағдайына өтіп, ерітінділердің электр өткізгіштігі мен рН сияқты электрохимиялық қасиеттері айтарлықтай өзгеріске ұшырайтынын көрсеткен. Соңғы зерттеулер интерполимерлі жүйелердің сорбция технологиясында құнды нысандар екені анықталған [3-7]. Бірақ, олардың сіңіру процесіндегі ролі толық зерттелмеген. Осыған байланысты бірқатар интерполимерлі жүйелердің электрохимиялық әрекеттесу заңдылықтары зерттеу жұмысының мақсаты болып табылады.

Тігілген полимерлер немесе ионалмастырғыш шайырлар – молекулалары химиялық жолмен торланған гидрогельдер. Олар әртүрлі әдістермен алынады. Мысалы торланған полимерлерге иондайтын топтарды енгізу арқылы жасалады. Макротізбектер бойындағы зарядталған топтардың жоғары тығыздығы оларға белгілі бір электрохимиялық, гидродинамикалық және конформациялық қасиеттер береді [8,9].

2. Эксперименттік бөлім

Зерттеу нысандары: Полиакрил, поли-4-винилпиридин, полиэтиленимин, поли-2-метил-5-винилпиридин гидрогельдері. Аталған гидрогельдер негізінде мольдік қатынастары әртүрлі интергельді жүйелер құрылды: гПАК_{іс.}:П4ВП_{құрғ.}, гПАК_{құрғ.}:гП2М5ВП_{құрғ.}, гПАК_{құрғ.}:гПЭИ_{құрғ.} және гПАК_{іс.}:гПЭИ_{іс.}. Интергельді жүйені зерттеу келесідей түрде жүзеге асырылды:

1) Массасы өлшеніп алынған әрбір гидрогель жеке полипропиленді сүзгіштерге салынды. Сүзгіштердің кеуектері төмен молекулалық иондар мен молекулалар үшін өтімді, ал гидрогелдердің дисперсиясы үшін өтімсіз.

2) Гидрогель салынған полипропиленді сүзгілер дистилденген су құйылған стақандарға салынды. Иониттер салынған полипропилен сүзгілер ерітіндіге бір-бірінен 2 см ара қашықтықта орналастырылды.

3) Сулы ерітіндінің электрохимиялық өзгерістері әр түрлі уақыт интервалында (меншікті электрөткізгіштік, рН) өлшенді. Гель орналасқан сұйықтықтың электрөткізгіштігі мен рН-көрсеткіші гидрогель салынған полипропиленді сүзгілерді стақаннан алғаннан кейін анықталды.

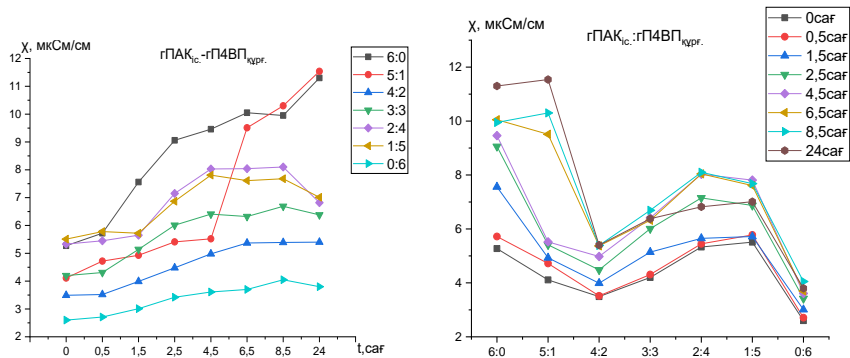
Пайдаланылған құрал-жабдықтар: Сулы ортаның электрөткізгіштіктігі мен рН көрсеткіштерін өлшеу үшін «МАРК 603» (Ресей) кондуктометрі және рН-метр Metrohm 827 рН-Lab (Швейцария) қолданылды. Зерттеу дистилденген су ортасында және бөлме температурасында жүргізілді.

3. Нәтижелер және оларды талқылау.

Полиакрил қышқылы акрил қышқылы (метакрилат, этилметакрилат) және оның эфирлерінің полимерленуінің нәтижесінде түзілетін әлсіз полиқышқыл. Полиакрил қышқылы суда ерімейді [8]. Полианиондарға поли-4-винилпиридин, поли-2-метил-5-винилпиридин полиэтиленимин жатады. Поли-4-винилпиридин-құрылымында (C=C) винил тобы және пиридин сақинасы бар, 4-винилпиридин мономерінің полимерленуі нәтижесінде түзілетін полимер, қолдану аясы кең және жиі

полиэлектролиттер қызметін атқарады. Құрылымына қосымша химиялық топтарды енгізу арқылы, химиялық қасиетін өзгертуге болады. П2М5ВП - негізгі тізбегінде пиридин сақиналары бар синтетикалық полимер. Поли-2-метил-5-винилпиридин пиридин сақинасының болуына байланысты әртүрлі заттармен әрекеттесу қабілетіне ие. Полиэтиленимин – металдармен тұрақтылығы жоғары хелатты қосылыстар түзе алады. ПЭИ жоғары реакциялық қабілеттілігі құрылымындағы азот атомында бөлінбеген электрон жұптарының болуы мен және азот атомымен біріккен сутек атомының жоғары қозғалыштығымен түсіндіріледі [11]. Бұрынғы жүргізілген зерттеулер барысында диссоциациялану константасының мәні ерітіндідегі полиэлектролиттің концентрациясына емес, тек табиғатына және температураға тәуелді деп қабылданған.

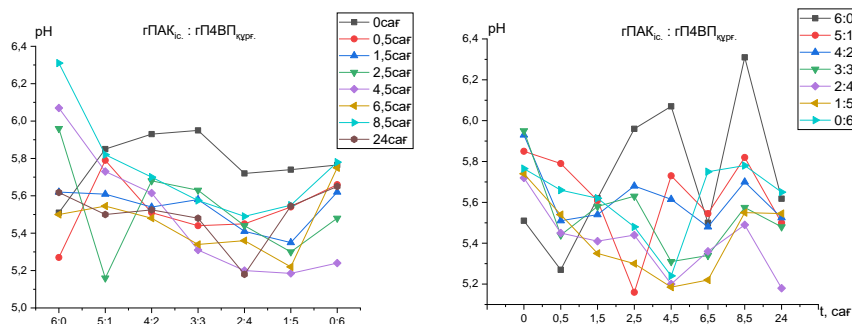
гПАК:гП4ВП интергельді жүйесінің электрөткізгіштігінің уақытқа тәуелділігі 1-ші суретте көрсетілген. Интергельді жүйенің 5:1 қатынасында ортаның электрөткізгіштігі бір тәуліктен соң максималды мәнге жеткен. Бұл полиакрил қышқылы гидрогелі мен поли-4-винилпиридин арасындағы атомға тән ұзақ мерзімді әрекеттесудің нәтижесі болуы мүмкін және бұл көрсеткіш ерітіндідегі зарядталған бөлшектердің жоғары концентрациясын көрсетеді. 5:1 қатынасында өзара әрекеттесу үшін карбоксил және амин топтарының оңтайлы мөлшері болуы мүмкін, бұл иондық байланыстың максималды түзілуіне және сәйкесінше электр өткізгіштігінің жоғарылауына және рН мәнінің өзгеруіне алып келеді. Суреттен 2:4 қатынасында 8.5 сағаттан соң, электрөткізгіштіктің төмендегенін байқалады. Мұндай өзгерісті, карбоксил топтарының диссоциациялануын тежейтін және гидрогель иондарының еркін қозғалуына бөгет жасайтын комплекстердің түзілуімен түсіндіруге болады.



Сурет 1 - гПАК_с:гП4ВП_{күрг.} интергельді жүйесінің сулы ортасының меншікті электрөткізгіштігінің уақытқа және гидрогельдердің мольдік қатынастарына тәуелділігі.

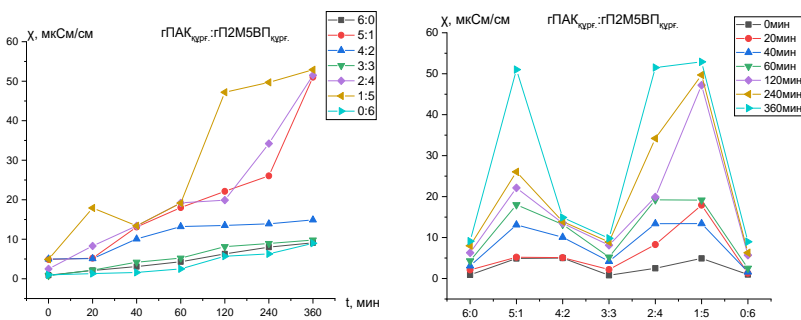
гПАК:гП4ВП интергельді жүйесіндегі сутегі ионы концентрациясының уақытқа қатысты өзгеруі 2-суретте келтірілген. 5:1 қатынасында сулы ортаның рН мәнінің 2.5 сағатта минималды мәнге төмендеуі сутегі иондарының концентрациясының жоғарылауын көрсетеді. Бұл поли-4-

винилпиридиннің полимер тізбегіндегі азотты құрайтын топтар сулы ортадан протондарды қабылдап, оң зарядталған иондарға айналуының нәтижесінде гП4ВП негізгі топтарының протондануын және протондау процесі кезінде ерітіндіге сутегі иондары бөлінетіндіктен рН мәні төмендеген. Демек, бір мезгілде рН көрсеткішінің төмендеуі және электр өткізгіштіктің жоғарылауы екі параллельді процесті ПАҚ қышқылдық топтарының диссоциациялануы және П4ВП негізгі топтарының протондануын көрсетеді, бұл жүйедегі зарядталған бөлшектердің санының көбеюіне және сутегі иондарының түзілуіне байланысты рН көрсеткішінің азаюына алып келеді.



Сурет 2 - гПАК_{ic}:гП4ВП_{кypf}. интергельді жүйесінің сулы ортасының рН көрсеткішінің уақытқа және гидрогельдердің мольдік қатынастарына тәуелділігі.

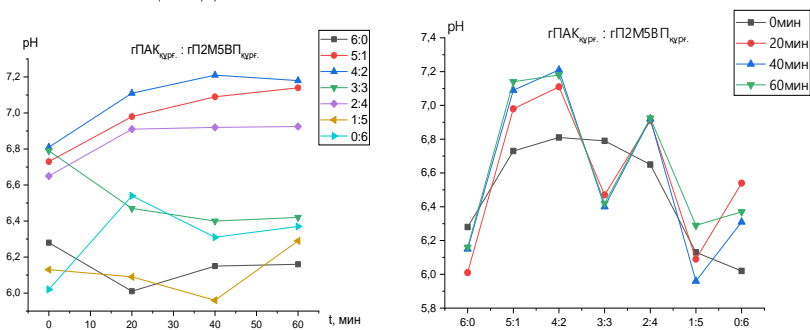
3-суретте гПАК_{кypf}:гП2М5ВП_{кypf}. интергельді жүйенің сулы ортасының меншікті электрөткізгіштігінің уақытқа және гидрогельдердің мольдік қатынастарына тәуелділігі көрсетілген. Интергельді жүйенің электрөткізгіштігінің жоғары мәндері, сулы ортадағы Н⁺ иондарының бар болуын көрсетеді. Н⁺ иондарының концентрациясы карбоксил топтарының диссоциациялану дәрежелеріне тәуелді. Сонымен қатар, жүйедегі П2М5ВП полинегізді гидрогель Н⁺ ионын өзіне қосып алып, оңай зарядталған күйге көше алады. Оның зарядталған күйге көшуі, ерітіндідегі иондалған бөлшектердің концентрациясының төмендеуіне себеп болады.



Сурет 3 - гПАК_{кypf}:гП2М5ВП_{кypf}. интергельді жүйесінің сулы ортасының меншікті электрөткізгіштігінің уақытқа және гидрогельдердің мольдік қатынастарына тәуелділігі.

Зерттеудің 4-ші сағатынан кейін, гидрогельдердің 5:1 қатынасында электрөткізгіштіктің мәнінің лезде өсуін, гидрогельдердің қашықтан бір – біріне әсер етуі нәтижесінде, қосымша OH^- иондарының пайда болуы нәтижесінде деп түсіндіруге болады.

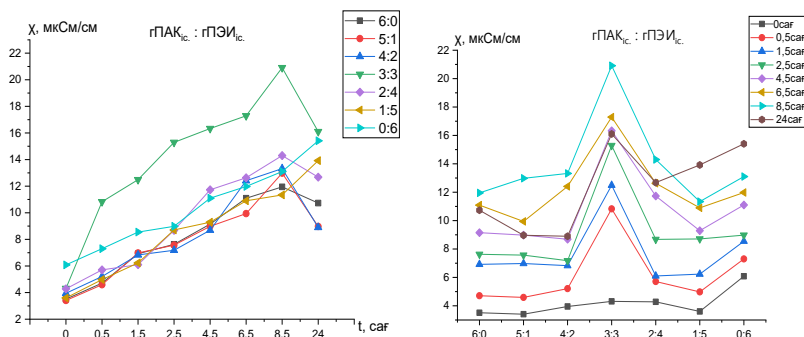
4-суретте гПАК:гП2М5ВП интергельді жүйесі ерітінділерінің рН шамасының уақытқа тәуелділігі көрсетілген. Гидрогельдердің 5:1 қатынасында рН мәні баяу өскен. 2:4 қатынасында сулы ортаның рН шамасы өсіп, ары қарай сутек концентрациясы бірқалыпты қалған, ал электрөткізгіштік мәні жоғарылағаны байқалады, демек ерітіндідегі негіздің су молекулаларымен әрекеттесуі нәтижесінде гидроксил иондары пайда болған. 1:5 қатынасында OH^- иондарының концентрациясының 2 сағаттың ішінде артуы нәтижесінде, жүйедегі электрөткізгіштік максималды мәнге жеткен. 3:3 және 1:5 қатынастарында H^+ иондарының концентрациясының жоғары екені байқалады.



Сурет 4 -гПАК_{күрг.}:гП2М5ВП_{күрг.} интергельді жүйесінің сулы ортасының рН көрсеткішінің уақытқа және гидрогельдердің мольдік қатынастарына тәуелділігі.

Оны, гидроксил иондары протондармен бейтараптанып, карбоксил топтарының диссоциациялану дәрежесінің орташа болуынан, ерітіндіде катиондардың жоғары концентрациясы сақталуымен түсіндіруге болады.

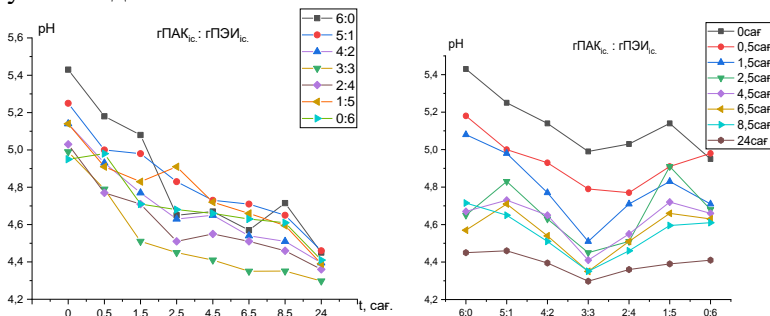
гПАК:гПЭИ интергельді жүйесінің гидрогельдері ісінген және құрғақ күйінде бір тәулік бойында зерттелді. гПАК_{іс.}:гПЭИ_{іс.} ісінген күйдегі интергель жүйесінде әлсіз полинегіз гидрогель полиэтиленимин бар. Полиэтиленимин H^+ ионын оңай қосып алып, зарядталған күйге көшеді. Процесс негізінде ерітіндідегі иондалған бөлшектердің концентрациясының төмендеуіне алып келеді.



Сурет 5 - гПАК_{ic}:гПЭИ_{ic}. интергельді жүйесінің сулы ортасының меншікті электрөткізгіштігінің уақытқа және гидрогельдердің мольдік қатынастарына тәуелділігі.

Гидрогельдердің 3:3 қатынасында 8.5 сағаттан кейін анықталған электрөткізгіштіктің максималды мәні рН минималды мәніне дерлік сәйкес келеді. Бұл П4ВП гидрогелінің негізгі топтарының протондануы өзінің ең жоғары тиімділігіне жеткен кезде жүйедегі диссоциация мен ассоциация процестері арасындағы тепе-теңдіктің орнауына байланысты болуы мүмкін, бұл зарядталған иондардың санын және, сәйкесінше, электр өткізгіштігін арттырды. Зерттеудің 8.5 сағатында гПАК_{ic}:гПЭИ_{ic} гидрогельдерінің 1:5 қатынасында электрөткізгіштік ең төменгі мәнге ие болған, себебі протондардың бірігу процесі, карбоксил топтардың диссоциация процесіне қарағанда үстемірек жүрген. 8.5 сағаттан кейін гидрогельдердің 2:4 қатынасында ортаның электрөткізгіштігі төмендеген. Демек, ОН⁻ иондарының концентрациясының азайғандығын болжауға болады.

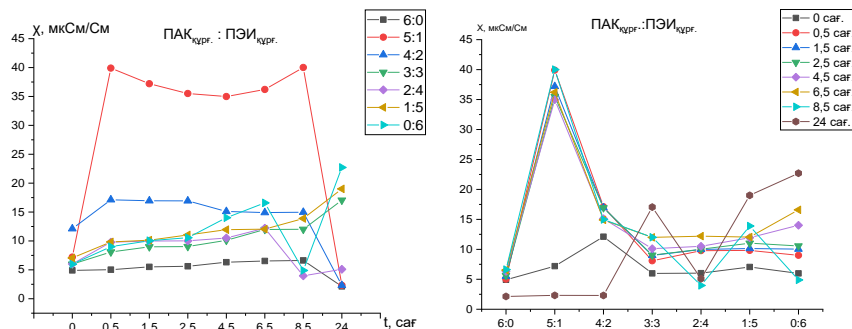
6-суретте гПАК_{ic}:гПЭИ_{ic}. интергельді жүйесінің рН шамасының гидрогельдердің әр түрлі мольдік қатынастарына тәуелділігі бейнеленген. Гидрогельдердің 1:5 және 5:1 қатынастарында сулы ортаның рН мәні ерітіндіде гидроксил иондарының мөлшері басым екенін тұжырымдауға мүмкіндік береді. Мұның себебін, азот атомының су молекуласымен әрекеттесуі нәтижесінде, сулы ерітіндіге гидроксил иондарының бөліне жүруімен және қатар тағы басқа реакцияның жүруі есебі салдарынан деп түсіндіруге болады.



Сурет 6 - гПАК_{ic}:гПЭИ_{ic}. интергельді жүйесінің сулы ортасының рН көрсеткішінің уақытқа және гидрогельдердің мольдік қатынастарына тәуелділігі.

Нәтижесінде, бос протон азотпен қосылыс түзіп, ерітіндідегі оң зарядталған иондар концентрациясы төмендейді.

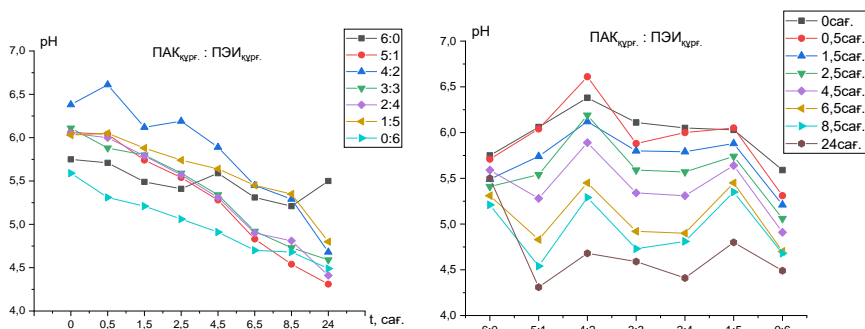
7-суретте $\text{гПАК}_{\text{күрг.}}$ - $\text{гПЭИ}_{\text{күрг.}}$ интергельді жүйенің меншікті электрөткізгіштігінің сулы ортадағы уақытқа тәуелділігі көрсетілген. Меншікті электрөткізгіштік уақыт өте максималды мәнге жетіп, ары қарай төмендей бастайды.



Сурет 7- $\text{гПАК}_{\text{күрг.}}$ - $\text{гПЭИ}_{\text{күрг.}}$ интергельді жүйесінің сулы ортасының меншікті электрөткізгіштігінің уақытқа және гидрогельдердің мольдік қатынастарына тәуелділігі.

Көрсетілген қисықта максимум нүктенің болуы, күшті электролиттердің сұйытылған ерітінділерінде иондардың қозғалу жылдамдығы концентрацияға аса қатты тәуелді емес екендігін көрсетеді.

8-суретте $\text{гПАК}_{\text{күрг.}}$ - $\text{гПЭИ}_{\text{күрг.}}$ интергельді жүйесі сулы ортасының рН мәні көрсеткіштері келтірілген. Уақыт өте гидрогельдердің барлық қатынасында дерлік рН мәнінің төмендегенін және бұл сутек иондарының концентрациясының жоғарылағанын көрсетеді. Бұл құбылыс ПЭИ гидрогелінің амин топтарының протондануына және сулы ортадағы бос протондар концентрациясының жоғарылауына байланысты. Уақыт өте келе рН мәнінің төмендеуі ерітіндінің қышқылдығының жоғарылауына әкелетін химиялық процестердің пайда болуын көрсетеді. Алайда, 4:2 қатынасында сутектік көрсеткіш 0.5 сағатта біршама жоғарылап, қайта төмендеген, мұнда рН жалпы тенденциядан ауытқу байқалды. Бұл тәжірибенің басында күрделірек химиялық процестің болуы мүмкін екенін көрсетеді. Бұл кезде полимер тізбектерінің диссоциациялануымен байланысты әсерлер ортаның рН-ына толық әсер етпеуі немесе ерітіндінің рН-ын уақытша тұрақтандыратын ион алмасу процесі орын алғандығын болжауға болады.



Сурет 8 - гПАК_{күрг.}:гПЭИ_{күрг.} интергельді жүйесінің сулы ортасының рН көрсеткішінің уақытқа және гидрогельдердің мольдік қатынастарына тәуелділігі.

Бұл ПЭИ гидрогелінің гидролизі немесе протондарды сіңіре алатын немесе шығара алатын және осылайша сулы ортаның рН деңгейіне әсер ететін аралық құрылымдардың қалыптасуы сияқты басқа процестердің болуын мүмкіндігін көрсетеді. Зерттеудің 24-сағатында, гидрогельдердің 5:1 қатынасында протондардың концентрациясы төмен болғаны байқалады, бұл молекулаішілік ассоциаттардың ыдырауымен түсіндіріледі.

4.Қорытынды

Полиакрил қышқылы негізінде П4ВП, П2М5ВП және ПЭИ гидрогельдерінен құрылған интергельді жүйелерінің электрохимиялық қасиеттері зерттелді. Ортаның электрөткізгіштігі мен рН мәні гидрогельдердің бір-бірімен қашықтан әсер етуі негізінде уақытқа байланысты өзгереді. Зерттелген сулы ортадағы интергельді жүйелердің электрохимиялық параметрлерінің өзгеруі және қарама-қарсы зарядталған иондар мен бейтарапталған иондар түзуі, гидрогельдер арасында қашықтан әрекеттесу эффектісінің бар болғанын көрсетеді. Күшті электролиттердің меншікті электрөткізгіштік мәні уақытқа қатысты жоғарылайды, белгілі бір максимум мәнге жеткенде қайта төмендей бастайтыны анықталды. Бұл әрекеттесулер барысында макромолекулалар тізбегінде орналасқан ионизацияға және диссоциацияға ұшыраған топтардың ара қатынасы үлкен өзгеріске ұшырайтыны көрсетеді. Бұл өзгерістерге сулы ортаға әр полиэлектролиттен бөлінген төменмолекулалық иондардың өзара әрекеттесуі үлес қосады деп болжам жасалды.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыру бойынша No.BR18574042 жобасымен қаржыландырылды.

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

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ИНТЕРГЕЛЕВЫХ СИСТЕМ, СОЗДАНЫХ НА ОСНОВЕ ПОЛИАКРИЛОВОЙ КИСЛОТЫ

Т.К. Джумадилов^{1,2}, М.Т. Сулейменова^{1,2*}, Х. Химэрсэн¹,
Б. Тотхусқызы¹, Г.Т. Дюсембаева^{1,2}, Ю.В. Гражужлявичюс³

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: suleimenova.me@gmail.com

Резюме. *Введение.* В настоящее время гидрогели представляют собой полимерные материалы, пользующиеся повышенным спросом благодаря своим физико-химическим свойствам, и в последние годы большое внимание уделяется изучению их физико-химических свойств [1,2]. *Цель работы* - изучение эффекта дистанционного взаимодействия на электрохимические свойства интергелевых систем содержащие гидрогели полиакриловой кислоты, поли-4-винилпиридин, поли-2-метил-5-винилпиридиновые и полиэтилениминовые гидрогели с различными исходными состояниями. Рассмотрена зависимость электропроводности и показателей pH водных растворов интергелевых систем. *Полученные результаты.* В соотношении 5:1 интергелевой системы гПАК_{наб.}:гП4ВП_{сух.} электропроводность водной среды достигает своего максимального значения через 24 часа. При этом уровень pH в данном соотношении снижается. В соотношениях 5:1, 1:5, и 2:4 гидрогелей ПАК:П2М5ВП максимальное значение электропроводности наблюдался на шестом часу. Максимальное значение pH было достигнуто при соотношении 4:2, что свидетельствует о низкой присутствии азотных гетероатомов в водном растворе. Максимальное значение электропроводности в системе гПАК_{наб.}:гПЭИ_{наб.} в соотношениях 3:3 было достигнута спустя 8,5 часа, в то время pH показал минимальное значение. В исследовании интергелевой системы гПАК_{сух.}:гПЭИ_{сух.} pH водной среды с течением времени уменьшается во всех соотношениях гидрогелей. Отмечено исключение при соотношении 4:2, где pH незначительно повышается через 0,5 часа, после чего снова падает, демонстрируя отклонение от общей тенденции изменения pH. *Вывод.* По результатам проведенных исследований замечено, что удельная электропроводность изменяется во всех мольных соотношениях гидрогелей. В результате исследования установлено, что изменение пар и состояния гидрогелей в межгелевой системе влияет на удельную электропроводность. Эти данные показали, что соотношение ионизированных и диссоциированных групп в цепочке меняется постепенно. Эти показатели доказывают, что по данным интергелевым системам можно получить хорошие сорбенты с высокой селективностью.

Ключевые слова: интергелевая система, гидрогели, удельная электропроводность, дальноедействие, иониты, показатель pH.

<i>Джумадилов Талқыбек Қожатаевич</i>	<i>Доктор химических наук, профессор</i>
<i>Сулейменова Меруерт Турехановна</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Химэрсэн Хуангул</i>	<i>Младший научный сотрудник</i>
<i>Тотхусқызы Бахыткул</i>	<i>PhD</i>
<i>Дюсембаева Гульнур Токтаргазиновна</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Гражужлявичюс Юозас Видас</i>	<i>Профессор</i>

Әдебиеттер тізімі

1. Cao H., Duan L., Zhang Y., Cao J., Zhang K. Current hydrogel advances in physicochemical and biological response-driven biomedical application diversity. *Sig Transduct Target Ther* **2021**, 6, 426. <https://doi.org/10.1038/s41392-021-00830-x>

2. Ramirez-Alba M.D., Molins-Martinez M., Garcia-Torres J., Romanini M., Macovez R., Perez Madrigal M.M., Aleman C. pH and electrically responsive hydrogels with adhesive property. *React.Funct.Polym.* **2024**, 196, 105841. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2024.105841>

3. Utesheva A.A., Jumadilov T.K., Grazulevicius J.V. Self-organization of interpolymer systems with high sorption activity to uranyl ions. *Engineering Journal of Satbayev University* **2022**, 144, No. 2, 22–27. <https://doi.org/10.51301/ejsu.2022.i2.04>
4. Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Haponiuk J.T. Influence of Initial States on the Electrochemical Behavior of Industrial Ionites in the Interpolymer System Lewatit CNPLF-AB-17-8. *Advanced Polymer Structures: Chemistry for Engineering Applications* **2023**, 83-95. <https://doi.org/10.1201/9781003352181-9>
5. Jumadilov T.K, Totkhuskyzy B., Malimbayeva Z., Kondaurov R., Imangazy A.M, Khimersen K., Grazulevicius J.V. Impact of Neodymium and Scandium Ionic Radii on Sorption Dynamics of Amberlite IR120 and AB-17-8 Remote Interaction. *Materials* **2021**, 14, 5402. <https://doi.org/10.3390/ma14185402>
6. Jumadilov T. K., ImangazyA.M., Khimersen Kh., Haponiuk J.T. Remote interaction effect of industrial ion exchangers on the electrochemical and sorption equilibrium in scandium sulfate solution. *Polym. Bull.* **2023**, 81. 1-19. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-04800-x>
7. Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Haponiuk, J.T., Totkhuskyzy B. Enhanced Lutetium Ion Sorption from Aqueous Solutions Using Activated Ion Exchangers. *Polymers* **2024**, 16, 220. <https://doi.org/10.3390/polym16020220>
8. Курбанбаева А.Э., Холмунинова Д.А., Зарипова Р.Ш. Гидрогели на основе акриловой кислоты и диаминасоединений. *Universum: химия и биология* **2023**, 9, No. 111, <https://doi.org/10.32743/UniChem.2023.111.9.15925>
9. Кижняев В.Н., Петрова Е.Л., Покатилов Ф.А., Житов Р.Г., Эдельштейн О.А. Синтез и сетчатого поли-5-винилтетразола и свойства гидрогелей на его основе. *Высокомолекулярные соединения* **2011**, 56, No. 5, 490–495. <https://doi.org/10.1134/S1560090414050078>
10. Liu T., DeSimone J.M., Roberts G.W. Cross-linking polymerization of acrylic acid in supercritical carbon dioxide. *Polymer* **2006**, 47, No. 12, 4276-4281. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2006.03.103>
11. Semenova A., Vidallon M.L., Follink B., Brown P.L., Tabor R.F. Synthesis and Characterization of Polyethylenimine-Silica Nanocomposite Microparticles. *Langmuir* **2022**, 38, No. 1, 191-202. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.1c02393>

References

1. Cao H., Duan L., Zhang Y., Cao J., Zhang K. Current hydrogel advances in physicochemical and biological response-driven biomedical application diversity. *Sig Transduct Target Ther* **2021**, 6, 426. <https://doi.org/10.1038/s41392-021-00830-x>
2. Ramirez-Alba M.D., Molins-Martinez M., Garcia-Torres J., Romanini M., Macovez R., Perez-Madrigal M.M., Aleman C. pH and electrically responsive hydrogels with adhesive property. *React.Funct.Polym.* **2024**, 196, 105841. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2024.105841>
3. Utesheva A.A., Jumadilov T.K., Grazulevicius J.V. Self-organization of interpolymer systems with high sorption activity to uranyl ions. *Engineering Journal of Satbayev University* **2022**, 144, No.2, 22–27. <https://doi.org/10.51301/ejsu.2022.i2.04>
4. Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Haponiuk J.T. Influence of Initial States on the Electrochemical Behavior of Industrial Ionites in the Interpolymer System Lewatit CNPLF-AB-17-8. *Advanced Polymer Structures: Chemistry for Engineering Applications* **2023**, 83-95. <https://doi.org/10.1201/9781003352181-9>
5. Jumadilov T.K, Totkhuskyzy B., Malimbayeva Z., Kondaurov R., Imangazy A.M, Khimersen K., Grazulevicius J.V. Impact of Neodymium and Scandium Ionic Radii on Sorption Dynamics of Amberlite IR120 and AB-17-8 Remote Interaction. *Materials* **2021**, 14, 5402. <https://doi.org/10.3390/ma14185402>
6. Jumadilov T. K., ImangazyA.M., Khimersen Kh., Haponiuk J.T. Remote interaction effect of industrial ion exchangers on the electrochemical and sorption equilibrium in scandium sulfate solution. *Polym. Bull.*, **2023**, 81. 1-19. <https://doi.org/10.1007/s00289-023-04800-x>

7. Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Haponiuk, J.T., Totkhuskyzy B. Enhanced Lutetium Ion Sorption from Aqueous Solutions Using Activated Ion Exchangers. *Polymers* **2024**, *16*, 220. <https://doi.org/10.3390/polym16020220>
8. Kurbanbaeva A.Je., Holmuminova D.A., Zaripova R.Sh. Gidrogeli na osnove akrilovoj kisloty i diaminasoedinenij. *Universum:himija i biologija* **2023**, *9*, No. 111, (In Russ.). <https://doi.org/10.32743/UniChem.2023.111.9.15925>
9. Kizhnjaev V.N., Petrova E.L., Pokatilov F.A., Zhitov R.G., Edel'shtein O.A. Sintez setchatogo poli-5-viniltetrazola i svojstva gidrogelej na ego osnove. *Vysokomolekuljarnye soedinenija* **2014**, *56*, No. 5, 490-495.(In Russ.). <https://doi.org/10.1134/S1560090414050078>
10. Liu T., DeSimone J.M., Roberts G.W. Cross-linking polymerization of acrylic acid in super critical carbon dioxide. *Polymer* **2006**, *47*, No. 12, 4276-4281. (In Russ.). <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2006.03.103>.
11. Semenova A., Vidallon M.L., Follink B., Brown P.L., Tabor R.F. Synthesis and Characterization of Polyethylenimine-Silica Nanocomposite Microparticles. *Langmuir* **2022**, *38*, No.1, 191-202. <https://doi.org/10.1021/acs.langmuir.1c02393>

INFLUENCE OF ADDITIVE ON THE PROCESS OF PRODUCING PHOSPHORUS-CONTAINING COMPOSITE MATERIALS

R.A. Kaiynbayeva*, G. Sh. Sultanbayeva, R.M. Chernyakova, U.Zh. Jussipbekov, N.N. Kozhabekova, A.K. Shakirova

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

*E-mail: raushan_1972@mail.ru

Abstract: *Introduction.* The phosphorus industry of the Republic of Kazakhstan produces mineral fertilizers, as well as phosphate salts and multifunctional materials. Phosphate salts, including orthophosphates, pyrophosphates, triphosphates, polyphosphates, are effective anti-corrosion materials. *The purpose of this work* is to study the effect of additives on the production of phosphate-containing composite materials. *Results and discussion.* Analysis of the obtained results showed that the anticorrosion properties of compositions based on potassium dihydrogen monophosphate with the addition of potassium sulfate and boric acid are influenced by the same factors as in the case of individual salts. In tap water, the composition “KH₂PO₄ – K₂SO₄” is characterized by lower values of V_{cor.} and V_{ex.} compared to the KH₂PO₄ – H₃BO₃ system. The degree of metal protection when adding potassium sulfate to tap water is 11.25% higher than when adding boric acid. However, in chloride-containing water, the nature of the additive does not affect the anti-corrosion properties of the composite system. The degree of protection in the studied compositions is almost the same (Z = 55.41-55.07%). It was revealed that in tap water in the “KH₂PO₄ – K₂SO₄/H₃BO₃ – H₂O” systems the degree of corrosion and deposits is noticeably lower compared to their values in a chloride-containing environment and, accordingly, the degree of protection in tap H₂O is (17.10-5.85)% higher compared to a chloride-containing environment. Conclusion. It has been shown that in tap water in the “KH₂PO₄ – K₂SO₄/H₃BO₃ – H₂O” systems the degree of corrosion and deposits is noticeably lower compared to their values in a chloride-containing environment, and accordingly, the degree of protection in tap H₂O is (17.10-5.85)% higher compared to a chloride-containing environment. When sulfate or borate ions are introduced into a solution, the rate of the iron ionization reaction in sulfuric acid can decrease, passivation of the metal occurs and the Z of the metal increases.

Key words: potassium dihydrogen monophosphate, potassium sulfate, boric acid, phosphate-containing materials, corrosion rate, degree of protective effect.

<i>Raushan Alibekovna Kaiynbayeva</i>	<i>Candidate of Technical Sciences, e-mail: raushan_1972@mail.ru</i>
<i>Gita Shamilyevna Sultanbayeva</i>	<i>Candidate of Technical Sciences, e-mail: sultanbaeva@mail.ru</i>
<i>Raissa Michailovna Chernyakova</i>	<i>Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: chernyakova1947@mail.ru</i>
<i>Umirzak Zhumasilovich Dzhusipbekov</i>	<i>Corresponding Member of the NAS RK, Professor, Doctor of Technical Sciences, e-mail: jussipbekov@mail.ru</i>
<i>Nazym Nurgudirovna Kozhabekova</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: kojabekova@mail.ru</i>
<i>Ainur Kyzymbekovna Shakirova</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: sh_ainura1029@mail.ru</i>

Citation: Kaiynbayeva R.A., Sultanbayeva G.Sh., Chernyakova R.M., Jussipbekov U.Zh., Kozhabekova N.N., Shakirova A.K. Influence of additive on the process of producing phosphorus-containing composite materials. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 17-27. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.02>

ПОЛУЧЕНИЕ ФОСФОРСОДЕРЖАЩИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

*Р.А. Кайынбаева**, *Г. Ш. Султанбаева*, *Р.М. Чернякова*, *У.Ж. Джусипбеков*,
Н.Н. Кожобекова, *А.К. Шакирова*

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

**E-mail: raushan_1972@mail.ru*

Резюме: *Введение.* Фосфорная промышленность Республики Казахстан выпускает минеральные удобрения, а также фосфатные соли и материалы полифункционального назначения. Фосфатные соли, в том числе ортофосфаты, пирофосфаты, трифосфаты, полифосфаты относятся к эффективным противокоррозионным материалам. *Целью данной работы* является исследование влияние добавок на получение фосфатсодержащих композиционных материалов. *Результаты и обсуждение.* Анализ полученных результатов показал, что на антикоррозионные свойства композиций на основе дигидромонофосфата калия с добавками сульфата калия и борной кислоты оказывают влияние те же факторы, что и в случае индивидуальных солей. В водопроводной воде композиция « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4$ » характеризуется более низкими значениями V корр. и $V_{\text{отл}}$ по сравнению с системой « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{H}_3\text{BO}_3$ ». Степень защиты металла при введении сульфата калия в водопроводной воде на 11.25 % выше, чем при добавке борной кислоты. Однако в хлоридсодержащей воде природа добавки не влияет на антикоррозионные свойства композиционной системы. Степень защиты в исследуемых композициях практически одинакова ($Z=55.41-55.07$ %). Выявлено, что в водопроводной воде в системах « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/ \text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » степень коррозии и отложения заметно ниже по сравнению с их значениями в хлоридсодержащей среде и соответственно степень защиты в $\text{H}_2\text{O}_{\text{водпр}}$ на (17.10-5.85) % больше по сравнению с хлоридсодержащей средой. *Заключение.* Показано, что в водопроводной воде в системах « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/ \text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » степень коррозии и отложения заметно ниже по сравнению с их значениями в хлоридсодержащей среде, и соответственно степень защиты в $\text{H}_2\text{O}_{\text{водпр}}$ на (17.10-5.85) % больше по сравнению с хлоридсодержащей средой. При введении в раствор сульфат- или борат- ионов скорость реакции ионизации железа в серной кислоте может снижаться, происходит пассивация металла и повышается Z металла.

Ключевые слова: дигидромонофосфат калия, сульфат калия, борная кислота, фосфатсодержащие материалы, скорость коррозии, степень защитного действия

<i>Кайынбаева Раушан Алибековна</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Султанбаева Гита Шамильевна</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Чернякова Раиса Михайловна</i>	<i>Доктор технических наук, профессор</i>
<i>Джусипбеков Умирзак Жумасиливич</i>	<i>Член-корр. НАН РК, профессор, доктор технических наук</i>
<i>Кожобекова Назым Нургудыровна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Шакирова Айнур Кызырбековна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

1. Введение

В настоящее время фосфорная промышленность Республики Казахстан выпускает минеральные удобрения, а также фосфатные соли и материалы полифункционального назначения. Неорганические фосфатные соли являются традиционными ингибиторами для защиты оборудования и систем тепловодоснабжения от внутренней коррозии. Их широкое применение обусловлено с их экономической и технологической доступностью, с другой – санитарно гигиеническими требованиями: они не токсичны. В частности, ортофосфаты, пирофосфаты, трифосфаты, полифосфаты [1] относятся к

эффективным противокоррозионным материалам, способны к образованию защитной пленки на металле [2].

Фосфаты калия $K_5P_3O_{10}$ в частности метафосфат калия, широко используются в производстве стекла и удобрений для сельскохозяйственных растений, а также в промышленности как ингибитор коррозии, средства против образования накипи [3]. Метафосфат калия получают из водного раствора хлорида калия и ортофосфорной кислоты и дегидратацией промежуточного продукта-дигидрофосфата калия при 350-450°C [4]. Растворимые в воде ортофосфаты, в том числе и монофосфат калия, получают добавлением необходимых количеств ортофосфорной кислоты H_3PO_4 к растворам гидроксидов или карбонатов.

Растворимость фосфатов можно повысить путем введения в их состав катионов или анионов, например цинка (II), борат-ионов [5],[6]. Известно, что соединения бора, такие как бораты, бороглюконаты и др. также являются ингибиторами коррозии металлов в водных средах [7-8], защитное действие которых обусловлено адсорбцией и образованием плохо растворимых комплексов на поверхности металла, зависящих от концентрации ингибиторов, pH среды и присутствия в растворе других ионов. Наиболее высокими противокоррозионными свойствами обладают пленки, образующиеся на металле в композиционных растворах, одновременно включающих несколько компонентов [9-12]. К перспективным ингибиторам коррозии относятся монофосфаты щелочных Me. Защитный эффект индивидуальных монофосфатов и композиций на их основе не зависит от содержания в воде хлоридов [13]. Известно, что борат- и сульфатсодержащие соли доступны, синтезируются в мягких условиях [14]. Однако в научной литературе недостаточно данных об их ингибирующих свойствах.

Таким образом, наиболее целесообразным как с экономической, так и технологической точек зрения является разработка фосфатсодержащих материалов на основе дигидромонофосфата калия с различными добавками. **Целью данной работы** является исследование неорганических добавок на получение фосфорсодержащих композиционных материалов в системах « $KH_2PO_4 - K_2SO_4$ » и « $KH_2PO_4 - H_3BO_3$ ».

2. Экспериментальная часть

В работе в качестве фосфатных солей использовали дигидромонофосфат калия марки «х.ч.». В качестве добавок для получения фосфатсодержащих материалов применяли сульфат калия марки «х.ч.», борную кислоту марки «х.ч.». с концентрацией реагентов от 2.0 до 10.0 мг/л. Коррозионной средой служили водопроводная вода и 1 М раствор хлорида натрия NaCl. В качестве образцов-свидетелей использовали стальные пластинки размерами 20x45x1мм. Изучение ингибирующих свойств фосфорсодержащих композиционных материалов проводили по стандартной методике в статических условиях, при комнатной температуре.

3. Результаты и обсуждение

Выявлено, что дигидромонофосфат калия в водной и хлоридсодержащей средах проявляет защитные свойства (рисунок 1, 1,2 кривые). Скорость коррозии с повышением концентрации KH_2PO_4 уменьшается по сравнению с контрольным опытом (рисунок 1, кривая 2). Однако при повышенной концентрации дигидромонофосфата калия $C_{\text{KH}_2\text{PO}_4}$ равной 10 мг/л наблюдается незначительное увеличение скорости коррозии металла. При этом, максимальная степень защиты металлов Z в водопроводной воде достигается при $C_{\text{KH}_2\text{PO}_4}$ равной 8 мг/л ($Z=32.61\%$). А в хлоридсодержащей среде в интервале концентраций дигидромонофосфата калия кривая (рисунок 1, кривая 3) имеет волнообразный характер.

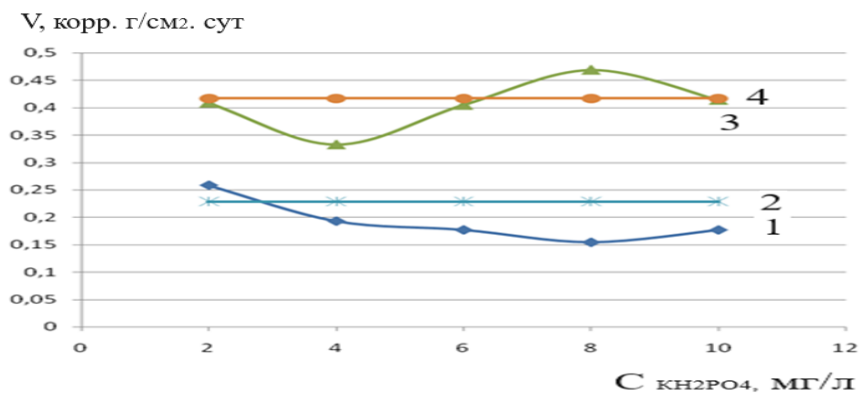


Рисунок 1- Влияние концентрации дигидромонофосфата калия в водной (1,3) и хлоридсодержащей средах (2,4).

При добавке низких концентраций реагента (до 4 мг/л) наблюдается снижение скорости коррозии, а с увеличением концентрации от 6 до 8 мг/л скорость коррозии повышается по сравнению с контрольным опытом (рисунок 1, кривая 4).

При этом максимальная степень защиты металлов Z в хлоридсодержащей среде при концентрации 4 мг/л KH_2PO_4 составляет 20.10 %. В водопроводной воде степень защиты выше на 12.52 %, чем в 0.1 М растворе NaCl . Однако в обоих типах вод значения Z невысокие. Для замедления процесса коррозии в качестве добавок к раствору KH_2PO_4 использовали K_2SO_4 и H_3BO_3 .

Как видно из результатов, представленных на рисунке 2, добавка K_2SO_4 и H_3BO_3 к раствору дигидромонофосфату калия (KH_2PO_4) повышает степень защиты металла в обоих типах вод по сравнению с отдельно взятыми компонентами (рисунок 2,3).

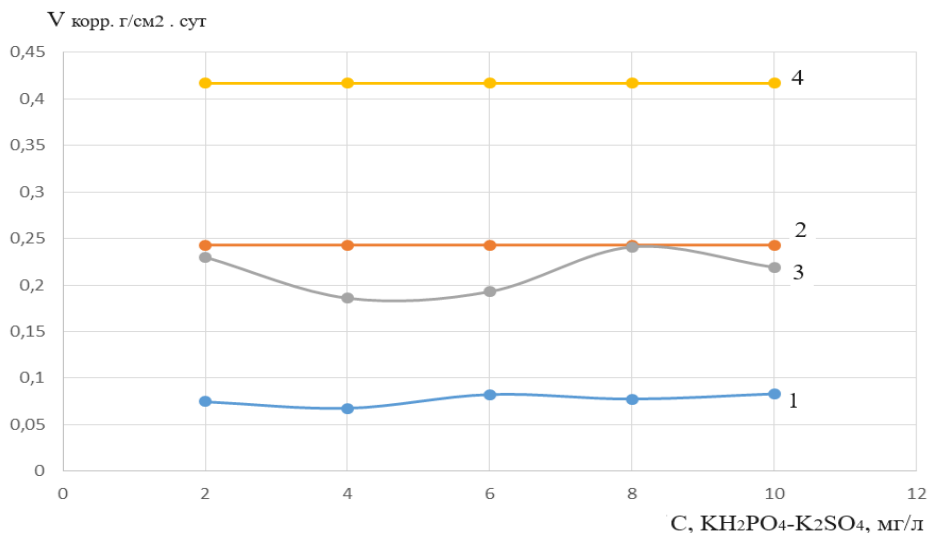


Рисунок 2- Влияние концентрации сульфата калия в системе $KH_2PO_4 - K_2SO_4$ в водной (1,3) и хлоридсодержащей средах (2,4).

Найдено, то с ростом $C_{K_2SO_4}$ от 2 до 4 мг/л скорость коррозии и отложения снижается, по сравнению с контрольным опытом. (рисунок 2, кривые 1,2). Так, в водопроводной воде $V_{корр.}$ уменьшается на 0,0077 мм/год и $V_{отл.}$ на 0,0366 мг/см²·сут, а в хлоридсодержащей среде $V_{корр.}$ и $V_{отл.}$ снижаются соответственно на 0,0492 мм/год и на 0,0408 мг/см²·сут. Степень защиты металла в $H_2O_{вод.}$ достигает 72,17 %, а в $H_2O_{хлорид.}$ – 55,41 %. То есть сульфат калия в водопроводной H_2O повышает Z на 56,48 %, а в хлоридсодержащей H_2O на 35,31 % по сравнению с индивидуальным KH_2PO_4 . Дальнейшее повышение $C_{K_2SO_4}$ увеличивает $V_{корр.}$ и $V_{отл.}$, соответственно степень защиты падает.

Из результатов (рисунок 3, кривые 1,2) следует, что повышение концентрации H_3BO_3 в водопроводной H_2O с 2 до 6 % повышает эффективность снижения скорости коррозии и образования коррозионных отложений. В водопроводной воде с 6 % содержанием дигидромонофосфата калия $V_{корр.}$ снижается в 1,53 раза по сравнению с 2 % раствором. Степень защиты достигает максимального значения 60,92 %. Дальнейшее повышение содержания H_3BO_3 увеличивает $V_{корр.}$ и $V_{отлож.}$ осадка, а степень защиты снижается. В хлоридсодержащей воде (рисунок 3, кривые 3,4) рост концентрации H_3BO_3 повышает защитную эффективность солевой среды. При $C_{H_3BO_3}$ равной 10 мг/л скорость коррозии уменьшается в 1,26 раза, а скорость солеотложения в 1,33 раза по сравнению с 2 % его содержанием. Соответственно степень защиты металла возрастает с 47,8 % при $C_{H_3BO_3}$ равной 2 % до 55,07 % при $C_{H_3BO_3} = 10$ %.

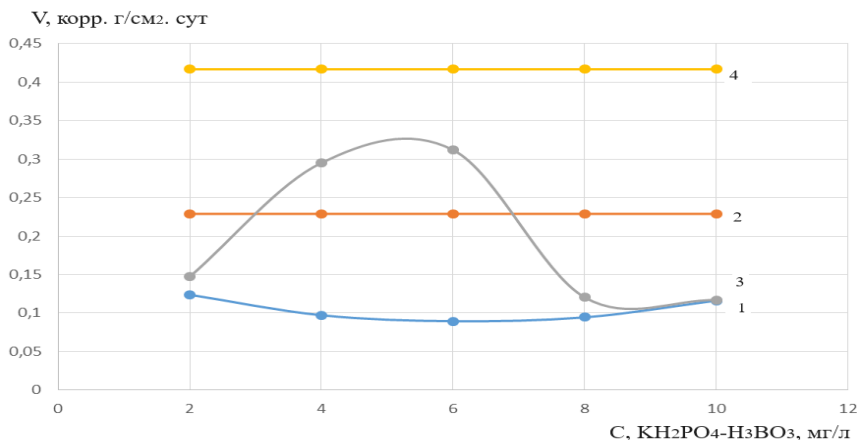


Рисунок 3 - Влияние концентрации борной кислоты в системе $\text{KН}_2\text{PО}_4 - \text{H}_3\text{BО}_3$ в водной (1,3) и хлоридсодержащей средах (2,4).

Таблица 1 – Коррозионные свойства индивидуальных солей в различных средах при оптимальных их концентрациях.

Тип соли	$C_{\text{соли}}$, мг/л	Потеря массы $\Delta m_{\text{кор}}$, г	Получ. Масса $\Delta m_{\text{отл}}$, г	$V_{\text{корр.}}$ мм/год	$V_{\text{отл.}}$ мг/см ² · сут	Z, %
Водопроводная вода						
$\text{KН}_2\text{PО}_4$	8	0.0219	0.0357	0.1710	0.2510	32.61
$\text{K}_2\text{SО}_4$	4	0.0242	0.0181	0.1889	0.1275	29.85
$\text{H}_3\text{BО}_3$	10	0.0255	0.0492	0.1991	0.3465	21.54
Хлоридсодержащая вода						
$\text{KН}_2\text{PО}_4$	4	0.0473	0.0865	0.3690	0.6092	20.10
$\text{K}_2\text{SО}_4$	4	0.0434	0.0788	0.3389	0.5549	26.95
$\text{H}_3\text{BО}_3$	10	0.0414	0.0834	0.3233	0.5873	30.07

На эффективность антикоррозионной смеси оказывает влияние природа вводимой в дигидромонофосфатсодержащий раствор антикоррозионной добавки и тип используемой воды. Сравнительный анализ коррозионной эффективности растворов, приготовленных из отдельно взятых солей, показал, что $V_{\text{корр.}}$ и $V_{\text{отл.}}$ в водопроводной воде уменьшается по следующему ряду: $V_{\text{KН}_2\text{PО}_4} > V_{\text{K}_2\text{SО}_4} > V_{\text{H}_3\text{BО}_3}$, а в хлоридсодержащей воде в порядке: $V_{\text{H}_3\text{BО}_3} > V_{\text{K}_2\text{SО}_4} > V_{\text{KН}_2\text{PО}_4}$ (таблица 1). В водопроводной воде более эффективными являются $\text{KН}_2\text{PО}_4$ и $\text{K}_2\text{SО}_4$, Z которых соответственно на 12.51 и 2.9 % выше, чем в хлоридсодержащей среде. В хлоридсодержащей среде борная кислота имеет более высокие антикоррозионные свойства, чем в водопроводной воде. Степень защиты борной кислоты в хлоридсодержащей H_2O на 8.53 % выше.

Таблица 2 – Влияния природы добавляемой соли и типа воды на коррозионную активность в системах « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4 / \text{H}_3\text{BO}_3$ ».

Тип соли	$C_{\text{соли}}$, мг/л	Потеря массы $\Delta m_{\text{кор}}$, г	Получ. Масса $\Delta m_{\text{отл}}$, г	$V_{\text{корр.}}$ мм/год	$V_{\text{отл.}}$ мг/см ² ·сут	Z, %
Водопроводная вода						
K_2SO_4	4	0.0096	0.0070	0.0750	0.0493	72.17
H_3BO_3	6	0.0127	0.0156	0.0992	0.1099	60.92
Хлоридсодержащая вода						
K_2SO_4	4	0.0264	0.0099	0.6144	0.0697	55.41
H_3BO_3	10	0.0266	0.0300	0.1296	0.1761	55.07

На антикоррозионные свойства композиций на основе дигидромонофосфата калия с добавками сульфата калия и борной кислоты оказывают влияние те же факторы, что и в случае индивидуальных солей (таблица 2). В водопроводной воде композиция « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4$ » характеризуется более низкими значениями $V_{\text{корр.}}$ и $V_{\text{отл.}}$. По сравнению с системой « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{H}_3\text{BO}_3$ ». Степень защиты металла при введении сульфата калия в водопроводной воде на 11.25 % выше, чем при добавке борной кислоты. Однако в хлоридсодержащей воде природа добавки не влияет на антикоррозионные свойства композиционной системы. Степень защиты в исследуемых композициях практически одинакова ($Z=55.41-55.07$ %). Выявлено, что в водопроводной воде в системах « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4 / \text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » степень коррозии и отложения заметно ниже по сравнению с их значениями в хлоридсодержащей среде и соответственно степень защиты в H_2O водпр на (17.10-5.85) % больше по сравнению с хлоридсодержащей средой.

Химизм процесса антикоррозионного действия фосфатов заключается в том, что металл при контакте с раствором дигидромонофосфата калия реагирует с ионами H_2PO_4^- , HPO_4^{2-} , PO_4^{3-} с образованием фосфатных пленок $\text{M}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, MH_2PO_4 , $\text{M}_3(\text{PO}_4)_2$ [15,16]. В начале процесса адсорбируются двухзарядные анионы (HPO_4^{2-}) с образованием первичного слоя, на котором осаждается пористый слой третичных фосфатов $\text{Me}_3(\text{PO}_4)_2$. При введении в раствор сульфат- или борат- ионов скорость реакции ионизации железа в серной кислоте может снижаться [17], происходит пассивация металла и повышается Z металла. В присутствии ускорителей формируются более плотные фосфатные слои с меньшими размерами кристаллов [16]. В хлоридсодержащей среде ион Cl^- нарушает пассивное состояние Me: $\text{Me} + 2\text{Cl}^- \rightarrow \text{MeCl}_2 + 2e^-$. Поэтому степень защиты полученных композиционных материалов в хлоридсодержащей среде несколько ниже, чем в водопроводной воде. Анализ полученных результатов показал, что

одновременное присутствие в исследуемых типах вод ионов H_2PO_4^- с ионами SO_4^{2-} или H_2PO_4^- с ионами BO_3^{3-} приводит к синергетическому эффекту, что отражается на улучшении антикоррозионных характеристик композиционных материалов на основе дигидромонофосфата калия.

4. Заключение

Выявлено, что на антикоррозионные свойства индивидуальных солей KN_2PO_4 , K_2SO_4 и борной кислоты H_3BO_3 оказывает влияние природа иона используемого соединения и тип воды. В водопроводной воде наиболее эффективным является дигидрофосфат калия KN_2PO_4 , а в хлоридсодержащей среде – борная кислота H_3BO_3 . Скорость коррозии и солеотложения в водопроводной воде уменьшается по ряду: VKH_2PO_4 ($Z=32.61\%$) > VK_2SO_4 ($Z=29.85\%$) > VH_3BO_3 ($Z=21.54\%$), а в хлоридсодержащей воде: $\text{V H}_3\text{BO}_3$ ($Z=30.07\%$) > VK_2SO_4 ($Z=26.95\%$) > VKH_2PO_4 ($Z=20.10\%$). В водопроводной H_2O эффективность KN_2PO_4 и K_2SO_4 одинакова, а в хлоридсодержащей среде коррозионная эффективность близка между K_2SO_4 и H_3BO_3 . Композиционные смеси на основе KN_2PO_4 с добавкой K_2SO_4 или H_3BO_3 имеют более низкую скорость коррозии и отложения по сравнению с индивидуальными солями за счет синергетического эффекта между ионами $\text{H}_2\text{PO}_4^- - \text{SO}_4^{2-}$ и $\text{H}_2\text{PO}_4^- - \text{BO}_3^{3-}$. Выявлено, что степень защиты металла в водопроводной воде, содержащей монофосфат калия при введении K_2SO_4 на 11.25 % выше, чем при добавке H_3BO_3 , а в хлоридсодержащей воде природа добавки не влияет на антикоррозионные свойства композиционной системы и степень защиты в исследуемых композициях практически одинакова ($Z=55.41-55.07\%$).

Финансирование. Данная работа выполнена по программе РК № BR 18574042 «Инновационные методы синтеза и технологии получения функциональных неорганических и органических веществ и материалов из природного и техногенного сырья» на 2023–2024 годы, осуществляемого Комитетом науки Министерства образования и науки.

Конфликт интересов: Конфликт интересов между авторами отсутствует.

ҚҰРАМЫНДА ФОСФОР КОМПОЗИТТЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫ АЛУ

Р.А. Қайынбаева, Г. Ш. Сұлтанбаева, Р.М. Чернякова, Ө.Ж. Жүсіпбеков, Н.Н. Қожабекова, А.Қ. Шакирова*

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

**E-mail: raushan_1972@mail.ru*

Түйіндемe. *Кіріспе.* Қазақстан Республикасының фосфор өнеркәсібі минералды тыңайтқыштарды, сонымен қатар фосфат тұздарын және көп функциялы материалдарды шығарады. Фосфат тұздары, соның ішінде ортофосфаттар, пирофосфаттар, трифосфаттар, полифосфаттар коррозияға қарсы тиімді материалдар болып табылады. Бұл жұмыстың мақсаты – құрамында фосфат бар композициялық материалдар өндірісіне қоспалардың әсерін зерттеу. Нәтижелер мен пікірталас. Алынған нәтижелерді талдау калий сульфаты мен бор қышқылы қосылған калий дигидроген монофосфаты негізіндегі композициялардың коррозияға қарсы қасиеттеріне жеке тұздардағы сияқты факторлар әсер ететінін көрсетті. Крандағы суда « $\text{KN}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4$ » құрамы $V_{\text{сорд}}$ ның төмен мәндерімен сипатталады. және Векс. $\text{KN}_2\text{PO}_4 - \text{H}_3\text{BO}_3$ жүйесімен салыстырғанда. Кран

суына калий сульфатын қосқанда металды қорғау дәрежесі бор қышқылын қосқандағыдан 11.25% жоғары. Бірақ құрамында хлориді бар суда қоспаның табиғаты композициялық жүйенің коррозияға қарсы қасиеттеріне әсер етпейді. Зерттелетін композициялардағы қорғаныс дәрежесі бірдей дерлік ($Z = 55.41-55.07\%$). « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » жүйелеріндегі ағын суларында коррозия мен шөгінділердің хлоридті ортадағы мәндерімен және сәйкесінше $\text{H}_2\text{O}/\text{odpr}$ -дағы қорғаныс дәрежесімен салыстырғанда айтарлықтай төмен екендігі анықталды. хлориді бар ортамен салыстырғанда (17.10-5.85)%-ға жоғары. Қорытынды. « $\text{KH}_2\text{PO}_4 - \text{K}_2\text{SO}_4/\text{H}_3\text{BO}_3 - \text{H}_2\text{O}$ » жүйелеріндегі ағынды суларда коррозия мен шөгінділердің деңгейі хлоридті ортадағы мәндерімен салыстырғанда айтарлықтай төмен екендігі және сәйкесінше, қорғау дәрежесі де көрсетілген. Құрамында хлориді бар ортамен салыстырғанда $\text{H}_2\text{O}/\text{odpr}$ (17.10-5.85) %-ға жоғары. Ерітіндіге сульфат немесе борат иондарын енгізгенде күкірт қышқылында темірдің иондану реакциясының жылдамдығы төмендеуі мүмкін, металдың пассивтенуі жүреді және металдың Z жоғарылайды.

Түйін сөздер: калий дигидроген монофосфаты, калий сульфаты, бор қышқылы, құрамында фосфат бар материалдар, коррозия жылдамдығы, қорғаныс әсерінің дәрежесі.

<i>Раушан Алибековна Қайынбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Гита Шамильевна Сұлтанбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Өмірзақ Жұмасылұлы Жүсіпбеков</i>	<i>ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, профессор, техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Назым Нұрғұдырқызы Қожабекова</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Айнұр Қызырбекқызы Шакирова</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>

Список литературы:

1. Козлова Л.С., Сибилова С.В., Чесноков Д.В., Кутырев А.Е. Ингибиторы коррозии (обзор) *Авиационные материалы и технологии*. **2015**, No. 2, 67-75. <https://doi.org/10.18577/1207191402015026775>
2. Серазетдинов Д.З., Менлибаев А.М., Синяев В.А. и др. Химия и технология плавящихся полифосфатов. Алма-Ата Наука. **1989**, 176 с.
3. Электронный ресурс: <https://pcgroup.ru/blog/fosfaty-kaliya-poleznye-reaktivy-dlya-selskogo-hozyajstva-i-promyshlennosti/>
4. Б.Х. Хазиханова. Метафосфат калия на основе хлорида калия и соли грэма в системе К, Na, Cl, $\text{PO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ Вестник КазНУ. *Серия химическая*, **2011**, No. 4, 64. [file:///C:/Users/Raushan/Downloads/539-Article%20Text-1123-1-10-20141221%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Raushan/Downloads/539-Article%20Text-1123-1-10-20141221%20(3).pdf)
5. Электронный ресурс: 9.1.2 Защита металлов от коррозии ингибиторами. <https://studfile.net/preview/6144952/page:28/>
6. Патент No. 2, 355 820 RU, C1 МПК C23F 11/14, C23F 14/02. *Водорастворимый ингибитор коррозии металлов*, Гайдар С. М. ЗАО Фирма "Автоконинвест", **2009**. <https://patent.ru/patent/RU2355820C1.pdf>
7. Lloid G.O., Kent B., Saunders S.R.J, Lea C. The action of borates as inhibitors for the high temperature oxidation of alloys, *Phil. Trans. Roy. Soc. London* **1980**, A.295, N 1413, 334-335. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.1980.0128> <https://doi.org/10.1098/rsta.1980.0128>
8. Loto R.T., Loto C.A., A.P.I. Popoola Corrosion inhibition of thiourea and thiazole derivatives : A Review *J. Mater. Environ. Sci.* No. 3, **2012**, 885-894 https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol3/vol3_N5/90-JMES-241-2012-Loto-Review.pdf
9. Rangel C.V., De Damboronea J., De Sa A.I., Siimplicio M.H. Zinc and polyphosphates as corrosion inhibitors in neutral waters. *Brit. Corros. J.* **1992**, No. 3, 207-212. https://www.researchgate.net/publication/256615335_Zinc_Polyphosphates_as_Corrosion_Inhibitors_for_Zinc_in_Near_Neutral_Waters
10. Хохлачева Н. М., Ряховская Е.В., Романова Т.Г. Коррозия металлов и средства защиты от коррозии. Учебное пособие. ИНФРА М. **2016**, 118. <https://znanium.ru/catalog/document?id=428884>

11. Патент № 2 256 727 RU; C1 МПК C23F 11/167; C02F 1/64; C23F 11/10; C23F 11/173; C23F 14/02. Ингибитор коррозии и солеотложения (варианты). Ивонин М.В., Заволокин В.И., Шукайло Б.Н. **2005**, <https://www.freepatent.ru/patents/2256727>
12. Хашимова М.А., Егорова Н.А., Мукольянц А.А. Результаты исследований ингибиторов коррозии стали полимерного типа на основе фосфорсодержащих соединений и полиэлектrolитов. Молодой ученый. **2017**, No. 13, 101-104. <https://moluch.ru/archive/147/41185/>
13. Ингибиторы коррозии УТПП http://corrosion.su/inhibitors_of_corrosion.php
14. Влияние способа изготовления отливок из стали https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/20275/1/RSVPU_2017_300.pdf
15. Румянцев, К.Е. Антикоррозионная защита металлов: учеб. Пособие. ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет» Иваново. **2018**, 185. Электронный ресурс: <https://mkl.isuct.ru/e-lib/ru/node/976>
16. Папилов Р. В. *Разработка процессов низкотемпературного кристаллического фосфатирования*. [Дисс.к.т.н.]. *Технология электрохимических процессов и защита от коррозии*. Российский химико-технологический университет им. Д. И. Менделеева. **2018**, 136. https://diss.muctr.ru/media/dissertations/2018/06/Диссертация_Папилов_Р.В..pdf
17. Румянцев К.Е. Антикоррозионная защита металлов: учеб. пособие; ФГБОУ ВО «Ивановский гос. химико-технологический университет». Иваново. **2018**, 185. <https://e.lanbook.com/book/127521>

References

1. Kozlova L.S., Sibileva S.V., Cheskov D.V., Kutryev A.E. Corrosion inhibitors (review) Aviation materials and technologies. **2015**, No. 2, 67-75. <https://doi.org/10.18577/1207191402015026775>
2. Serazetdinov D.Z., Menlibaev A.M., Sinyayev V.A. and others. Chemistry and technology of fused polyphosphates. Alma-Ata, Nauka. **1989**, 176.
3. Electronic resource: <https://pcgroup.ru/blog/fosfaty-kaliya-poleznyye-reaktivy-dlya-selskogo-hozyajstva-i-promyshlennosti/>
4. В.Н. Khazikhanov. Potassium metaphosphate based on potassium chloride and Graham salt in the system K, Na, Cl, PO₃ –H₂O *KazNU bulletin. Chemical series* **2011**, No. 4, 64. [file:///C:/Users/Raushan/Downloads/539-Article%20Text-1123-1-10-20141221%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Raushan/Downloads/539-Article%20Text-1123-1-10-20141221%20(3).pdf)
5. Protection of metals from corrosion with inhibitors. <https://studfile.net/preview/6144952/page/28/>
6. Patent No. 2 355 820 RU, C1 IPC C23F 11/14, C23F 14/02. Water-soluble metal corrosion inhibitor. Gaidar S. M. Patent holders: JSC Firm "Avtokoninvest", **2009**, <https://patenton.ru/patent/RU2355820C1.pdf>
7. Lloid G.O., Kent B., Saunders S.R.J., Lea C. The action of borates as inhibitors for the low temperature oxidation of alloys. *Phil. Trans. Roy. Soc. London* **1980**, A.295, No. 1413, 334-335. <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsta.1980.0128> <https://doi.org/10.1098/rsta.1980.0128>
8. Loto R.T., Loto C.A., A.P.I. Popoola Corrosion inhibition of thiourea and thiazole derivatives: A Review *J. Mater. Environ. Sci.* No. 3, (5) **2012**, 885-894 https://www.jmaterenvironsci.com/Document/vol3_N5/90-JMES-241-2012-Loto-Review.pdf
9. Rangel C.V., De Damboronea J., De Sa A.I., Siimplicio M.H. Zinc and polyphosphates as corrosion inhibitors in neutral waters. *Brit. Corros. J.* **1992**, No. 3, 207-212. https://www.researchgate.net/publication/256615335_Zinc_Polyphosphates_as_Corrosion_Inhibitors_for_Zinc_in_Near_Neutral_Waters
10. Khokhlacheva N.M., Ryakhovskaya E.V., Romanova T.G. Corrosion of metals and corrosion protection products. Tutorial. INFRA-M. **2016**, 118. <https://znanium.ru/catalog/document?id=428884>
11. Patent No. 2 256 727 RU; C1 IPC C23F 11/167; C02F 1/64; C23F 11/10; C23F 11/173; C23F 14/02. Corrosion and scaling inhibitor (options), Ivonin M.V., Zavolokin V.I., Shukaylo B.N. **2005**, <https://www.freepatent.ru/patents/2256727>
12. Khashimova M.A., Egorova N.A., Mukolyants A.A. Results of studies of polymer-type steel corrosion inhibitors based on phosphorus-containing compounds and polyelectrolytes. *Young scientist*. **2017**, No. 13, 101-104. <https://moluch.ru/archive/147/41185/>
13. Corrosion inhibitors. УТПП http://corrosion.su/inhibitors_of_corrosion.php
14. Influence of the method of manufacturing steel castings. https://elar.rsvpu.ru/bitstream/123456789/20275/1/RSVPU_2017_300.pdf

15. Rumyantseva K.E. Anti-corrosion protection of metals: textbook. Benefit. Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo State Chemical-Technological University" Ivanovo. **2018**, 185. <https://mkl.isuct.ru/e-lib/ru/node/976>

16. Papirov R.V. *Development of low-temperature crystalline phosphating processes*. [Diss.]. *Technology of electrochemical processes and corrosion protection*. Russian Chemical-Technological University named after. D. I. Mendeleev. **2018**, 136. https://diss.muotr.ru/media/dissertations/2018/06/Dissertation_Papirov_R.V..pdf

17. Rumyantseva K.E. Anti-corrosion protection of metals: textbook. allowance; Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ivanovo State University" University of Chemical Technology". Ivanovo. **2018**. 185 p. <https://e.lanbook.com/book/127521>

INFLUENCE OF LAYERED CONDUCTIVE COATINGS ON ELECTROCHEMICAL CHARACTERISTICS OF NaFe(SO₄)₂ CATHODE MATERIAL

M. Ryabicheva, Ya. Zhigalyonok, F. Malchik*

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

**E-mail: frodo-007@mail.ru*

Abstract: *Introduction.* Rising production and consumption, and the high cost of lithium salts increased the price of lithium-ion batteries. Sodium-ion batteries are a promising replacement as safer and cheaper. However, the cathode materials for these batteries have low conductivity, which critically reduces their capacity. Modification with conductive additives is one way to solve this problem. Since a large electronic contact area of the active material with the conductive coating is required, the main candidates for such additives are materials with a layered structure. *The purpose.* To study the influence of layered conductive additives on the performance and kinetic parameters of eldellite-structured cathode material. *Methodology.* By cyclic voltammetry and galvanostatic methods, it is found that as the 2D material additive concentration increases, the active material's performance characteristics initially increase and then decrease, which is related to the sodium ions diffusion rate through the coating layer. *Results and discussion.* As a result of the modification effect evaluation of NaFe(SO₄)₂ cathode material with eldellite structure by layered conductive coatings: graphite, molybdenum disulfide and MXene (Ti₃C₂T_x), it was determined that for each material there is a certain optimal concentration at which peak currents, capacitance and diffusion coefficient are maximized and resistance is minimized. The optimum additive quantities are 0.5% for MoS₂ and MXene, and 0.2% for graphite. *Conclusion.* The influence of the concentration of 2D conductive coatings on the electrochemical properties of NaFe(SO₄)₂ intercalation material is shown.

Key words: sodium-ion batteries, eldellite, conductive coatings, layered materials, kinetic parameters, molybdenum disulfide, MXene, graphite.

Ryabicheva Margarita Master, junior researcher, e-mail: maga050198@gmail.com

Zhigalyonok Yaroslav Master, junior researcher, e-mail: knife6924@gmail.com

Malchik Fyodor PhD, Associate Professor, Head of the Laboratory of Electrochemical Productions, e-mail: frodo-007@mail.ru

Citation: Ryabicheva M.A., Zhigalyonok Ya.S., Malchik F.I. Influence of layered conductive coatings on electrochemical characteristics of NaFe(SO₄)₂ cathode material. *Chem. J. Kaz.*, **2024**, 1(85), 28-37. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.03>

ВЛИЯНИЕ СЛОИСТЫХ ПРОВОДЯЩИХ ПОКРЫТИЙ НА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАТОДНОГО МАТЕРИАЛА $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$

*М.А. Рябичева, Я.С. Жигаленок, Ф.И. Мальчик**

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

**E-mail: frodo-007@mail.ru*

Резюме: *Введение.* Рост производства и потребления, и дороговизна солей лития привели к повышению цен на литий-ионные аккумуляторы. Перспективной заменой являются натрий-ионные батареи как более безопасные и дешевые. Однако катодные материалы для таких батарей имеют низкую проводимость, что критически снижает их емкость. Модификация проводящими добавками – один из способов решения этой проблемы. Так как необходима большая площадь электронного контакта активного материала с проводящим покрытием, главными кандидатами на роль таких добавок являются материалы со слоистой структурой. *Цель.* Изучить влияние проводящих добавок слоистой структуры на производительность и кинетические параметры катодного материала со структурой эльДФеллита. *Методология.* Методами циклической вольтамперометрии и гальваностатики установлено, что по мере увеличения концентрации добавки 2D материала наблюдается сначала рост, а затем снижение характеристик работы активного материала, что связано со скоростью диффузии ионов натрия через слой покрытия. *Результаты и обсуждение.* В результате оценки эффекта модификации катодного материала $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$ со структурой эльДФеллита слоистыми проводящими покрытиями: графит, дисульфид молибдена и MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) определено, что для каждого материала существует определенная оптимальная концентрация, при использовании которой токи пиков, емкость и коэффициент диффузии – максимальны, а сопротивление – минимально. Оптимальные количества добавок – 0.5% для MoS_2 и MXene , и 0.2% для графита. *Заключение.* Показано влияние концентрации 2D проводящих покрытий на электрохимические свойства интеркаляционного материала $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$.

Ключевые слова: натрий-ионные батареи, эльДФеллит, проводящие покрытия, слоистые материалы, кинетические параметры, дисульфид молибдена, MXene , графит.

<i>Рябичева Маргарита Александровна</i>	<i>Магистр химии, младший научный сотрудник</i>
<i>Жигаленок Ярослав Святославович</i>	<i>Магистр химии, младший научный сотрудник</i>
<i>Мальчик Федор Игоревич</i>	<i>PhD, ассоциированный профессор</i>

1. Введение

В последние годы значительно возросло производство и потребление литий-ионных аккумуляторов как наиболее эффективного перезаряжаемого источника тока. Однако из-за низкого содержания лития в природе растет и цена литиевых солей для изготовления литий-ионных аккумуляторов, что повышает их стоимость. В качестве альтернативы рассматриваются натрий-ионные аккумуляторы, которые обещают стать гораздо более дешевой и безопасной заменой литиевым источникам тока. Поскольку натрий более распространен в природе, его соли, необходимые для производства батарей, гораздо дешевле, чем соли лития. Также натрий-ионные батареи можно безопасно разряжать до 0 В, а в случае с литий-ионными полный разряд может привести к сокращению срока службы батареи и даже к возгоранию [1].

Одной из проблем большинства интеркаляционных материалов является низкая электропроводность, в связи с чем высокие

электрохимические показатели (удельную емкость и мощность) можно получить только после предобработки данных материалов электрон проводящими агентами. Так как электрохимическая реакция протекает с участием электрона, необходим его подвод от токоъемника к зоне реакции, для чего в катодную массу добавляют вещества, создающие на поверхности активного материала проводящие покрытия. Одним из примеров является материал структуры NASICON состава $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$, модифицирование поверхности которого углеродными покрытиями улучшило его электрохимические показатели [2-4]. Также, благодаря модификации графеном NaVPO_4F после 50 циклов сохранил емкость на уровне 121 мАч/г с обратимостью 97.7% [5], в отличие от непокрытого материала – 97.8 мАч/г и 89%.

Наиболее распространенной добавкой для покрытия является Carbon Black (CB) из-за его наноразмерности, высокой удельной поверхности и высокой электропроводности. Проблема данного материала в том, что его частицы имеют шарообразную форму и создают точечный электронный контакт на поверхности активного материала, что приводит к небольшой суммарной площади контакта и низкой степени проработки активного материала. Значительно лучший контакт способны обеспечить материалы со слоистой структурой (2D материалы), в качестве которых в данной работе выбраны дисульфид молибдена и графит, обладающие хорошей электронной проводимостью [6,7]. Такие материалы также более равномерно распределяются на поверхности активного материала из-за своей слоистой структуры и, как следствие, используются в качестве смазочных материалов (лубриканты) [8]. Нами также рассмотрено применение 2D материала MXene состава Ti_3C_2 [9] в качестве проводящей добавки. Ранее данный материал уже применялся в качестве проводящего покрытия и показал отличные результаты [10,11].

В данной работе изучено влияние вышеперечисленных проводящих добавок слоистой структуры на электрохимические свойства катодных материалов для натрий-ионных батарей на примере $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$ со структурой эльДФеллита, который имеет собственную низкую электронную и ионную проводимость ($2.37 \cdot 10^{-14}$ См/см [12,13]). Несмотря на малые значения электронной и ионной проводимости данный материал имеет потенциальный интерес к использованию, так как он обладает достаточно высокой теоретической емкостью (99 мАч/г) [14] и простой методикой синтеза [12].

2. Экспериментальная часть

Измельчение активного материала $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$ (методика синтеза детально описана в нашей предыдущей работе [12]) и смешивание его с проводящими добавками: Carbon Black (CB, Timcal Super C45, MTI Corp), графитом (Sigma Aldrich, 1–2 μm), дисульфид молибдена (MoS_2 , Sigma Aldrich, 1 μm) и суспензией MXene (методика синтеза описана в работе [9])

проводилось на планетарной мельнице Fritsch Pulverisette 7 premium line в течение 10 часов (400 об/мин). Electroды были приготовлены смешиванием $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$ с СВ и 2D проводящей добавкой X (где X - MoS_2 , графит или MXene) с 3% раствором поливинилиденфторида (PVdF) в н-метилпирролидоне (NMP), использующегося в качестве связующего вещества, в соотношении $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$:X:СВ:PVdF как 70:х:20-х:10. Полученную суспензию наносили на алюминиевую фольгу с последующей сушкой под вакуумом (120 °С).

Циклическая вольтамперометрия и гальваностатическое циклирование проводились в диапазоне потенциалов от 2 до 4.2 В с использованием потенциостата/гальваностата Autolab PGSTAT 302 N. Измерения проводились в трехэлектродной ячейке, где металлические натрий и платина применялись в качестве электрода сравнения и вспомогательного электрода, а рабочим электродом служил исследуемый электрод на основе $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$ с варьируемыми проводящими добавками. В качестве электролита использовали 1М раствор NaClO_4 в смеси этиленкарбоната (Sigma Aldrich, 99% безводный) и диметилкарбоната (Sigma Aldrich, 99.9% безводный) (1:1 по объему). Содержание воды в электролите определялось по методу Карла-Фишера и составляло менее 20 ppm. Для достоверности анализа эксперименты проводились в троекратном повторении.

Коэффициент диффузии рассчитан по уравнению Рэндлса-Шевчика:

$$i = 2699.2 \cdot A \cdot D^{1/2} \cdot v^{1/2} \quad (1)$$

где i – ток катодного/анодного пика, А; A – площадь активной поверхности, см^2 ; D – коэффициент диффузии, $\text{см}^2/\text{с}$; v – скорость развертки, В/с.

3. Результаты и обсуждение

Для определения оптимальной концентрации дисульфида молибдена были выбраны составы смесей « $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$:СВ: MoS_2 : PVdF» с соотношением 70:(20-х):х:10 (где х = 0; 0.2; 0.5; 1; 3; 5%).

На цикловольтамперных (ЦВА) кривых наблюдаются пики интеркаляции/деинтеркаляции натрия, максимальные токи соответствуют добавке 0.5% MoS_2 (рисунок 1а). Также стоит отметить различие в форме данных пиков: при концентрации MoS_2 0.5% пики достаточно узкие и заметно интенсивнее фонового тока, а при 0.2 и 1% пики шире и их интенсивность ниже при том же уровне фона, особенно на катодной части кривых. При дальнейшем увеличении содержания MoS_2 интенсивность пиков падает вплоть до их практически полного отсутствия при 5%.

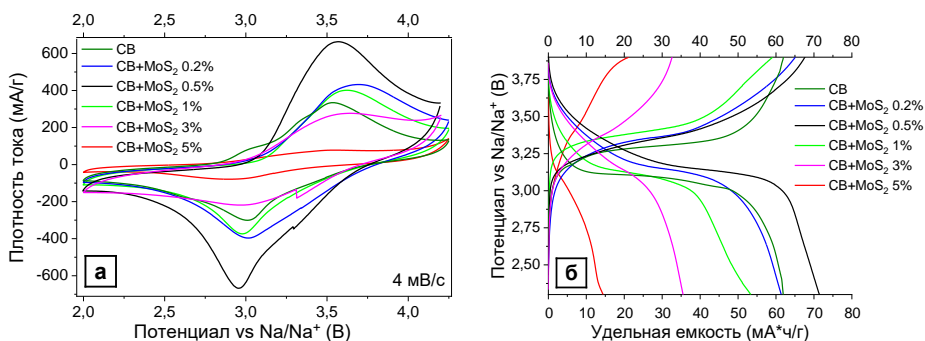


Рисунок 1 – Цикловольтамперограммы (а) и гальваностатические кривые при токе 0.1 С (б) смесей « $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2 + \text{CB} + \text{MoS}_2$ » с разной концентрацией MoS_2 .

По гальваностатическим кривым заметно, высокое содержание 2D проводящей добавки (соответственно толстый слой покрытия) ведет к падению емкости (рисунок 1б). При увеличении добавки от 0.5 до 5% емкость снижается с 67.8 до 21 мАч/г и с 71 до 14.3 мАч/г при заряде и разряде, соответственно. Максимальные значения емкости проявляет смесь с 0.5% MoS_2 , что указывает на оптимальное содержание добавки, как и в случае с ЦВА экспериментом.

Так как зависимость тока пиков де/интеркаляции натрия от скорости развертки потенциала имеет корневую зависимость, были рассчитаны коэффициенты диффузии для смесей с различным содержанием MoS_2 (рисунок 2а). По мере увеличения содержания MoS_2 их значения сначала возрастают, достигая максимума при концентрации MoS_2 0.5%, а затем снижаются практически по экспоненциальной зависимости. Так как скорость диффузии к поверхности $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$ определяется скоростями переноса катионов и электронов через покрытие, коэффициент диффузии зависит от параметров покрытия.

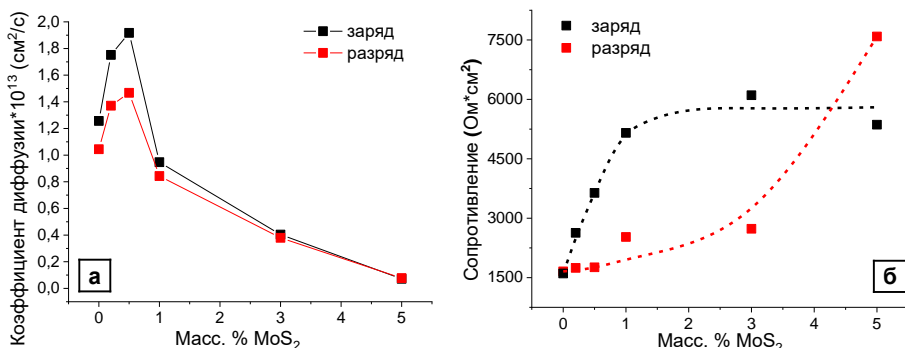


Рисунок 2 – Коэффициенты диффузии (а) и сопротивления (б) смесей « $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2 + \text{CB} + \text{MoS}_2$ » с разной концентрацией MoS_2 .

На основе зависимостей значений токов пика от их потенциала (сдвиг потенциалов пиков на ЦВА кривых), были рассчитаны значения сопротивлений электродов (рисунок 2б) в зависимости от процентного содержания (толщины) 2D проводящей добавки. При этом влияние концентрации MoS_2 на сопротивление для процессов заряда и разряда различно: экспоненциальный рост при разряде и линейное увеличение до 1% MoS_2 с дальнейшим выходом на плато при заряде.

Так как оптимальным содержанием добавки MoS_2 выявлено содержание в количестве 0.5%, концентрация графита в смеси варьировалась также в области низких концентраций. Соответственно, для выявления оптимального содержания графита были использованы смеси состава « $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$:СВ:Графит: PVdF» с соотношением 70:(20-x):x:10 (где $x = 0; 0.1; 0.15; 0.2; 0.3; 0.6\%$).

На ЦВА кривых, полученных для электродов с добавками графита, наблюдается увеличение тока пиков, с максимумом при концентрации 0.2% для катодного и анодного пиков (рисунок 3а). Также для смесей с 0.1 и 0.3% графита в 1.5 раза увеличены токи пиков в анодной области по сравнению со смесью с чистым СВ. При дальнейшем увеличении концентрации графита до 0.6% наблюдается спад тока пиков в обеих областях до значений, сопоставимых с чистым СВ. Кроме того, из общей картины выбивается смесь с добавкой графита 0.15%, воспроизводимо проявляющая наименьшие значения токов пиков среди всех смесей.

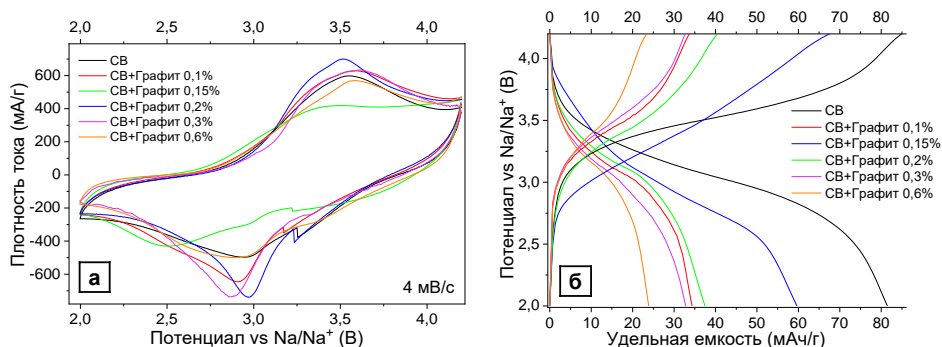


Рисунок 3 – Цикловольтамперограммы (а) и гальваностатические кривые при токе 0.2 C (б) смесей « $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$ +СВ+графит» с разной концентрацией графита.

При гальваностатическом анализе электродов с добавкой графита наблюдалось значительное снижение емкости при добавлении графита к смеси, от 81.5 мАч/г при использовании только СВ до 24 мАч/г для смеси с 0.6% графита (рисунок 3б). По-видимому введение проводящей добавки на основе графита блокирует доступ подвода катиона натрия к поверхности активной частицы эльДФеллита, причем этот процесс ярче выражается с увеличением содержания графита в электродной смеси.

Коэффициенты диффузии заметно выше при заряде во всем диапазоне значений, чем при разряде, но общая зависимость от концентрации графита сохраняется (рисунок 4а): снижение при добавке графита 0.1%, затем пиковые значения при 0.2% и падение при увеличении содержания графита до 0.3%. Однако при концентрации графита 0.6% при разряде коэффициент диффузии удваивается по сравнению с 0.2%, а при заряде зависимость выходит на плато. Это может указывать на более затрудненный транспорт ионов к частице активного материала, чем от нее, при увеличении слоя графита на ее поверхности.

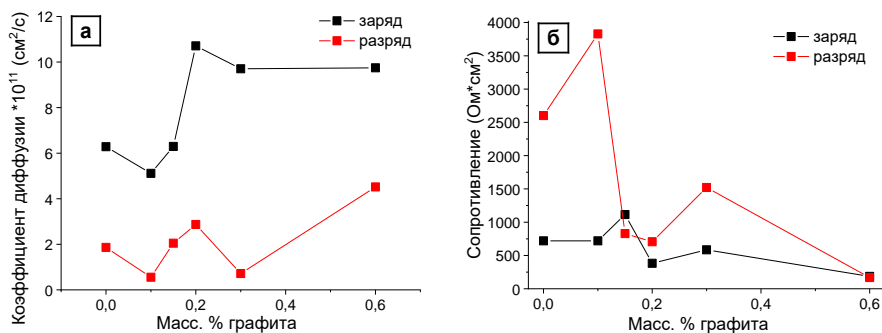


Рисунок 4 – Коэффициенты диффузии (а) и сопротивления (б) смесей « $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$ +СВ+графит» с разной концентрацией графита.

При повышении концентрации графита растет площадь контакта активного материала с проводящей добавкой, из-за чего снижается сопротивление. Это подтверждается самым низким сопротивлением при 0.6% графита при заряде и разряде, а также заметным ростом сопротивления при добавке графита 0.1% и без нее (рисунок 4б). Снижение сопротивления при 0.2% графита может указывать на оптимальное соотношение графита и СВ.

Без учета выбивающейся точки наибольшей емкостью среди смесей с добавлением графита обладает смесь с 0.2% графита, что хорошо коррелирует с остальными зависимостями (коэффициент диффузии и сопротивление) и указывает на оптимальное значение.

Так как МХене ранее применялся в качестве проводящего покрытия для анодного материала и показал хорошие результаты [11], в данной работе были использованы электродные смеси состава « $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$:СВ:МХене:PVdF» с соотношением 70:(20-х):х:10 (где $x = 0; 0.5; 1\%$).

На ЦВА кривых значения токов пиков в среднем были выше для смесей с содержанием МХене 0.5% (рисунок 5а), как и в случае покрытий с MoS_2 . На гальваностатических кривых наблюдаются четкие пологие площадки для смесей с чистым СВ и с 0.5% добавкой МХене, тогда как с 1% МХене напряжение снижается практически без пологого участка на кривой

(рисунок 5б). При этом завышенное значение разрядной емкости может указывать на протекание побочных процессов или на емкость самого MXene.

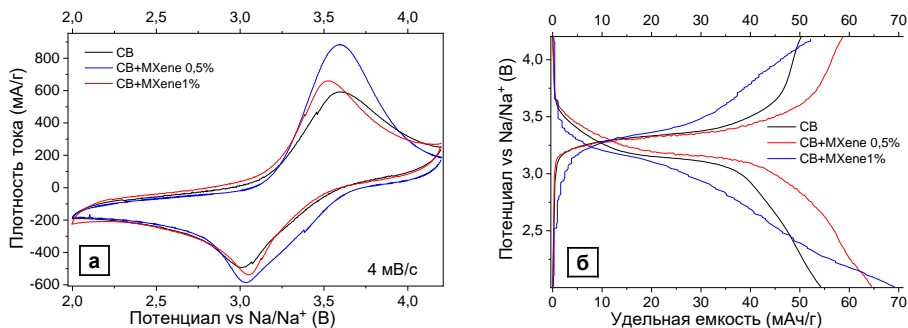


Рисунок 5 – Цикловольтамперограммы (а) и гальваностатические кривые при токе 0.1 С (б) смесей «NaFe(SO₄)₂+CB+MXene» с разной концентрацией MXene.

Коэффициенты диффузии с одной стороны выше для смесей с 0.5% MXene (рисунок 5в), с другой – заметно разнятся для анодной и катодной сторон в отличие от составов без и с 1% MXene.

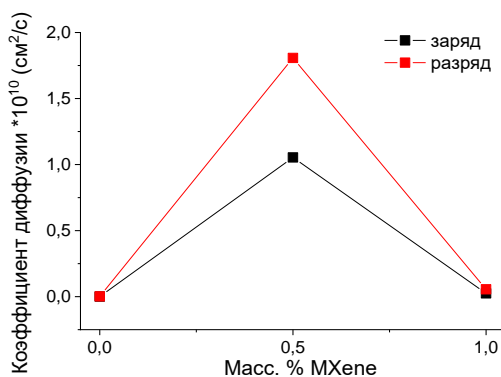


Рисунок 6 – Коэффициенты диффузии смесей «NaFe(SO₄)₂+CB+ MXene» с разной концентрацией MXene.

Общие закономерности данных, полученных с добавками MXene, похожи на проявляемые другими материалами (MoS₂, графит). Оптимальной концентрацией MXene можно считать значение 0.5%, как и для MoS₂.

4. Заключение

В данной работе было изучено влияние слоистых материалов в качестве проводящих покрытий на процессы де/интеркаляции натрия на примере смесей состава «NaFe(SO₄)₂:CB:X:PVdF» (где X – MoS₂, графит или

МХе_{ne}) и изучены их электрохимические и кинетические характеристики. Проводящие покрытия оказывают существенное влияние на процессы де/интеркаляции натрия, причем до определенной концентрации добавки электрохимические характеристики возрастают до максимальных (пиковых) показателей, после чего происходит их ухудшение. Оптимальная концентрация слоистой добавки составила 0.5% для MoS₂ и МХе_{ne}, и 0.2% для графита. Коэффициенты диффузии полученных материалов $3.45 \cdot 10^{-13}$ см²/с, $1.81 \cdot 10^{-10}$ см²/с и $1.07 \cdot 10^{-10}$ см²/с для смесей с MoS₂, МХе_{ne} и графитом, соответственно.

Финансирование: данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № AP09260371).

Конфликт интересов: в работе отсутствует конфликт интересов между авторами.

ҚАБАТТЫҚ ӨТКІЗГІШ ЖАБЫНУДЫҢ NaFe(SO₄)₂ КАТОДТЫ МАТЕРИАЛДЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАСЫНДАҒЫ ӘСЕРІ

*М.А. Рябичева, Я.С. Жигаленок, Ф.И. Мальчик**

әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

**E-mail: frodo-007@mail.ru*

Түйіндемe: *Kіріспе.* Өндіріс пен тұтынудың артуы, литий тұздарының жоғары құны литий-иондық аккумуляторлар бағасының өсуіне әкелді. Натрий-иондық аккумуляторлар - бұл қауіпсіз және арзанырақ, өйткені олар перспективалы ауыстыру болып табылады. Дегенмен, мұндай батареяларға арналған катодты материалдардың өткізгіштігі төмен, бұл олардың сыйымдылығын сыни төмендетеді. Өткізгіш қоспалармен модификациялау бұл мәселені шешудің бір жолы болып табылады. Белсенді материал мен өткізгіш жабын арасындағы электронды байланыстың үлкен ауданы қажет болғандықтан, мұндай қоспалардың рөліне негізгі үміткерлер қабаттық құрылымы бар материалдар болып табылады. *Мақсаты.* Эльдфелиттік құрылымды катодты материалдың өнімділігі мен кинетикалық параметрлеріне қабаттық құрылымның өткізгіш қоспаларының әсерін зерттеу. *Әдістемe.* Циклдік вольтамметрия және гальваностатика әдістерін қолдана отырып, 2D материалды қоспаның концентрациясы жоғарылаған сайын белсенді материалдың эксплуатациялық сипаттамаларының алдымен жоғарылауы, содан кейін төмендейтіні анықталды, бұл натрий иондарының жабын қабаты арқылы диффузия жылдамдығымен байланысты. *Нәтижелер мен пікірталас.* NaFe(SO₄)₂ катодты материалды эльдфелит құрылымымен қабатты өткізгіш жабындары бар модификациялау әсерін бағалау нәтижесінде: графит, молибден дисульфиді және МХе_{ne} (Ti₃C₂T_x). Әрбір материал үшін ең жоғары токтар, сыйымдылық және диффузия коэффициенті максималды, ал қарсылық минималды болатын белгілі бір оңтайлы концентрация бар екендігі анықталды. Қоспалардың оңтайлы мөлшері MoS₂ және МХе_{ne} үшін 0.5%, графит үшін 0.2% құрайды. *Қорытынды.* 2D өткізгіш жабындар концентрациясының NaFe(SO₄)₂ интеркаляциялық материалдың электрохимиялық қасиеттеріне әсері көрсетілген.

Түйінді сөздер: натрий-ионды аккумуляторлар, эльдфелит, өткізгіш жабындар, қабатты материалдар, кинетикалық параметрлер, молибден дисульфиді, МХе_{ne}, графит.

Рябичева Маргарита Александровна

Химия магистрі, кіші ғылыми қызметкер

Жигаленок Ярослав Святославович

Химия магистрі, кіші ғылыми қызметкер

Мальчик Федор Игоревич

PhD, қауымдастырылған профессор

References

1. Patent WO2016027082A1. Storage and/or transportation of sodium-ion cells., Jeremy Barker J., Wright C.J. **2016**.
2. Zhu C., Song K., Van Aken P.A., Maier J., Yu Y. Carbon-coated $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ embedded in porous carbon matrix: An ultrafast Na-storage cathode with the potential of outperforming Li cathodes. *Nano Lett.* **2014**, *14*, No. 4, 2175–2180. DOI: <https://doi.org/10.1021/nl500548a>
3. Saravanan K., Mason C.W., Rudola A., Wong K.H., Balaya P. The first report on excellent cycling stability and superior rate capability of $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ for sodium ion batteries. *Adv. Energy Mater.* **2013**, *3*, No. 4, 444–450. DOI: <https://doi.org/10.1002/aenm.201200803>
4. Li S., Dong Y., Xu L., Xu X., He L., Mai L. Effect of carbon matrix dimensions on the electrochemical properties of $\text{Na}_3\text{V}_2(\text{PO}_4)_3$ nanograins for high-performance symmetric sodium-ion batteries. *Adv. Mater.* **2014**, *26*, No. 21, 3545–3553. DOI: <https://doi.org/10.1002/adma.201305522>
5. Ruan Y.L., Wang K., Song S.D., Han X., Cheng B.W. Graphene modified sodium vanadium fluorophosphate as a high voltage cathode material for sodium ion batteries. *Electrochim. Acta* **2015**, *160*, No. April, 330–336. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2015.01.186>
6. Ahmad S., Khan I., Husain A., Khan A., Asiri A.M. Electrical Conductivity Based Ammonia Sensing Properties of Polypyrrole/MoS₂ Nanocomposite. *Polymers (Basel)* **2020**, *12*, No. 12, 3047. DOI: <https://doi.org/10.3390/polym12123047>
7. Benavente E., Santa Ana M.A., González G. Electrical conductivity of MoS₂ based organic-inorganic nanocomposites. *Phys. Status Solidi Basic Res.* **2004**, *241*, No. 10, 2444–2447. DOI: <https://doi.org/10.1002/pssb.200304899>
8. Wang Y., Du Y., Deng J., Wang Z. Friction reduction of water-based lubricant with highly dispersed functional MoS₂ nanosheets. *Colloids Surfaces A Physicochem. Eng. Asp.* **2019**, *562*, No. February, 321–328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2018.11.047>
9. Malchik F., Shpigel N., Levi M.D., Mathis T.S., Mor A., Gogotsi Y., Aurbach D. Superfast high-energy storage hybrid device composed of MXene and Chevrel-phase electrodes operated in saturated LiCl electrolyte solution. *J. Mater. Chem. A* **2019**, *7*, No. 34, 19761–19773. DOI: <https://doi.org/10.1039/c9ta08066j>
10. Du X., Huang Y., Feng Z., Wang J., Sun X. Dual-assisted silicon nanoparticles with inorganic carbon-MXene and organic poly(3,4-ethylenedioxythiophene) shells for high-performance lithium-ion batteries. *Journal of Energy Storage* **2023**, *72*, No. Part D, 108658. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.est.2023.108658>
11. Wei J., Cao H., Tian Y., Zhang X. MXene-encapsulated titanium-niobium oxide microspheres for fast and stable lithium storage. *Electrochim. Acta* **2023**, *464*, No. April, 142957. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.electacta.2023.142957>
12. Trussov I.A., Kokhmetova S.T., Driscoll L.L., Smith R., Berry F.J., Marco J.F., Galeyeva A.K., Kurbatov A.P., Slater P.R. Synthesis, structure and electrochemical performance of Eldfellite, $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$, doped with SeO_4 , HPO_4 and PO_3F . *J. Solid State Chem.* **2020**, *289*, No. September, 121395. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssc.2020.121395>
13. Yu C.J., Choe S.H., Ri G.C., Kim S.C., Ryo H.S., Kim Y.J. Ionic diffusion and electronic transport in eldfellite $\text{Na}_x\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$. *Phys. Rev. Appl.* **2017**, *8*, No. 2, 1–9, DOI: <https://doi.org/10.1103/PhysRevApplied.8.024029>
14. Singh P., Shiva K., Celio H., Goodenough J.B. Eldfellite, $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$: an intercalation cathode host for low-cost Na-ion batteries. *Energy Environ. Sci.* **2015**, *8*, No. 10, 3000–3005. DOI: <https://doi.org/10.1039/c5ee02274f>

TECHNOLOGY FOR OBTAINING A DRY COMPLEX OF BIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS FROM A PLANT OF THE SPECIES *ROSA BEGGERIANA* SCHRENK

B.A. Assetova^{1*}, A. Aituarova^{1,2}, G.E. Zhusupova^{1,2}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Centre for Physico-Chemical Research and Analysis Methods (CPRAM), Almaty, Kazakhstan

*E-mail: balzhan_asetova@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The study of medicinal plant raw materials as a source for the creation of unique and highly effective medicines based on it is of great importance for the development of pharmacy and medicine in Kazakhstan. Various types of rosehip contain a valuable complex of biologically active compounds (BAC), which causes their widespread use in folk medicine due to antioxidant, anti-inflammatory, choleric and body-strengthening effects, as well as pharmacopoeial objects of both the plants themselves and the medicines obtained on their basis. The object of this study – *Rosa beggeriana* Schrenk, which grows only in Asia, in particular Kazakhstan, Iran, and some parts of China, and has an almost unexplored valuable arsenal of compounds with biological activity, can increase the share of domestic medicines in the pharmaceutical market of the country. *Goals and objectives.* The purpose is to identify the suitability of raw material for further use in medicine. *Research methods.* The research object was collected during the fruiting season along the Ili River in the Almaty region and dried in accordance with recommendations for this type of raw material. In this study, chemical and physicochemical research methods were used. The article presents data on the establishment of the goodness of the studied *Rosa beggeriana* Schrenk plants and the dry complex of BAC obtained on a comparative context with the well-known pharmacopoeia species of this plant family of *Rosa canina* plants, the mineral composition of macro- and microelements and the development of an optimal technology for obtaining a complex of biologically active substances from *Rosa beggeriana* Schrenk in the form of a dry extract. *Conclusion.* It has been established that this type of rose hip can be used for medical purposes and is not inferior in quality to the widespread type of rose hip *Rosa canina*. Parameters were also established under which the highest yield of raw materials can be obtained.

Key words: *Rosa beggeriana* Schrenk, *Rosa canina*, biologically active compounds (BAC), quality indicators, BAC's obtaining technology, ultrasound-assisted extraction (US)-extraction.

Assetova Balzhan Akhmetkyzy Master's degree student, e-mail: balzhan_asetova@mail.ru

Aituarova Aigerim Shakirovna PhD candidate, e-mail: aytuarova.a270293@gmail.com

Zhusupova Galiya Eventayevna Doctor of Chemical Sciences, Professor, e-mail: zhusupova@gmail.com

Citation: Assetova B.A., Aituarova A.Sh., Zhusupova G.E. Technology for obtaining a dry complex of bas from a plant of the from species *Rosa beggeriana* Schrenk. *Chem. J. Kaz.*, **2024**, 1(85), 38-47. DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.04>

1. Introduction

Thus far plants that have therapeutic effects attract the attention of many researchers, which is due to the reliability of their therapeutic value, which has been confirmed by scientific medicine. The continuing interest in herbal treatment is due to the so-called "medicinal disease". According to information received from the World Health Organization (WHO), about 7% of patients were hospitalized due to intolerance to chemicals, while this is a rare phenomenon when using herbal medicines. According to WHO experts, it is desirable to use herbal medicines in the treatment of 75% of patients. The introduction of phytopreparations into the healthcare system is under the positive view of WHO [1].

To date, various types of rosehip are widely distributed around the world and are used in pharmaceutical production due to the high content of BAC. The increased interest in these plants is caused by the high content of several BAC. Thus, due to the rich composition of plants of the Rosaceae family, the value of application in the pharmaceutical industry increases significantly. Of these, almost unstudied *Rosa beggeriana Schrenk* grows largely in Kazakhstan [2-6].

The study of plants of the family Rosaceae is associated with a high content of tannins and flavonoids in the above-the-ground part; fruits are rich in BAC, carbohydrates, organic acids, tannins, salts of iron, manganese, calcium and magnesium. [2, 3, 7, 8]. Of course, it is necessary to mention the content of ascorbic acid, which is the reason for their use in medicine. Vitamin C is a strong antioxidant, which helps to inhibit, that is, slow down, oxidation and at the same time normalizes the redox reactions of the body [3, 8, 9]. In order to conduct a comprehensive study and further introduction into the production of medicinal plant raw materials, it is necessary to determine quality indicators. The indicators of the quality of medicinal plant raw materials, first of all, include the determination of humidity, three types of ash content, the amount of extractive substances, which are determined according to regulatory documents. These indicators are directly affected by factors such as the correct assembly of raw materials, the conditions of its cleaning and drying, and a low content of mineral impurities [10, 11].

The development of technology for extracting complexes of biologically active compounds from plant raw materials can be divided into several stages, the purpose of which is to maximize the depletion of raw materials. These stages are characterized by the choice of the optimal extractant, the optimal ratio of raw materials and extractant, the duration and multiplicity of extraction. The ultrasonic extraction method was chosen as the extraction method, as it has a number of advantages. The most important thing is to reduce the extraction time. The use of ultrasonic extraction overcomes the problem of time costs in the direction of reduction, at the same time contributes to the maximum release of active substances from the intercellular space.

Thus, *the goal of the study* is to develop an optimized technology for obtaining the BAC complex by ultrasound-assisted extraction from plants of the

Rosa beggeriana Schrenk species, harvested and processed in accordance with the international standards and pharmacopeial requirements [10, 11].

2. The experimental part

The beginning of work is marked by collecting, cleaning, drying at a temperature of no more than 40°C and further grinding it. The optimal size of the crushed particles is considered to be 3 mm, the reason for this choice is that the raw material retains the cellular structure and this contributes to the rapid flow of diffusion processes. The methodology for determining ash content, humidity and mineral composition is given in the methodology of processing medicinal plant raw materials [12]. During the course of the extraction process, first of all, wetting occurs, as a result of which there is a swelling of the raw material due to the solvent. Next, extractive substance is transferred from the intercellular space to the extractant. With subsequent concentration of the extractant, a complex of BAC is obtained in the form of a dry extract. An ultrasonic bath was used for extraction, while a rotary evaporator was used to obtain a dry substance.

According to literature, ethyl alcohol and its aqueous solutions contribute to the greatest extraction of substances. 30%, 50% and 70% aqueous solutions of ethyl alcohol were selected for the studies. The choice of the ratio of raw materials to extractant was carried out in the range from 1:3 to 1:9. The duration of extraction varied from 30 minutes to 4 hours. The multiplicity of extraction was also determined. All studies are designed for 10 g of crushed vegetable raw materials.

Among the various physical methods of extraction intensification, this study was conducted using ultrasound-assisted extraction. This is due to the fact that when using it, it is possible to achieve a reduction in extraction time and an increase in the yield of biologically active compounds from plant raw materials. It is worth noting that previously the extract from *Rosa beggeriana* Schrenk was not obtained by this method.

3. Results and discussions

The plant - *Rosa beggeriana* Schrenk - was collected in September, 2021 at temperatures ranging from 23 to 25°C close to the Ili River and within Almaty oblast at coordinates N44°79.3959, E76°29.8245. Subsequently, the plant underwent a drying process in a cabinet at 35°C for 6 hours, followed by an additional 48 hours at room temperature.

A sample of the collected vegetable raw materials was then preserved in the herbarium collection at the Institute of Botany and Phytointroduction, affiliated with the Ministry of Science and Higher Education in Almaty, Kazakhstan, with the assigned reference number 0002540 (Figure 1).



Figure 1 – *Rosa beggeriana* Schrenk

The results of the quality indicators analysis of the studied samples are shown in Table 1. For comparison, a more studied species of rosehip was selected, which has an affinity for the objects of research - *Rosa canina* – which is a pharmacopeial medicinal plant.

Table 1 – Data on the quality indicators in the above-the-ground part and the fruits of the *Rosa beggeriana* Schrenk and substances obtained on their basis, %

Quality indicators	Above-the-ground part	Substance from the above-the-ground part	Fruits	Substance from fruits	<i>Rosa canina</i> (pharmacopeial medicinal plant)
Humidity	7.76	8.45	9.33	11.02	no more than 15.0
Total ash	6.68	7.01	8.34	8.12	no more than 17.0
Ash insoluble in 10% HCl	0.57	0.53	0.67	0.66	no more than 1.5
Sulfate ash	9.93	8.27	7.00	7.76	12.0
Extractive substances	33.07	-	78.77	-	at least 6.0

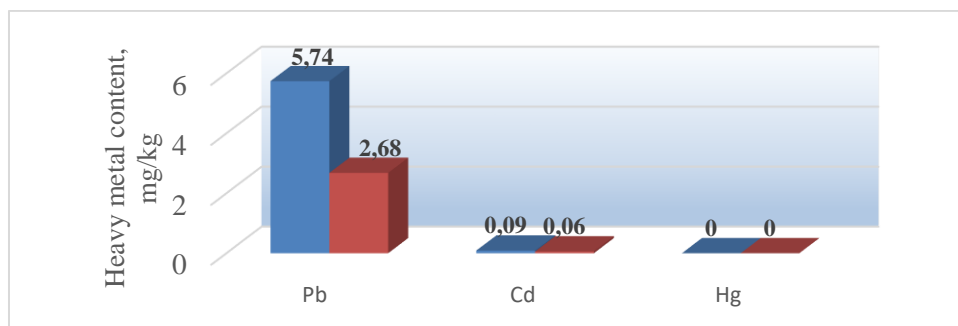
According to the above data from Table 1, the values of humidity indicators, three types of ash are within the limits of tolerance in accordance with the requirements of the State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan for *Rosa canina* [13]. And the content of extractive substances significantly exceeds the threshold, which indicates the profitability of *Rosa beggeriana* Schrenk.

Table 2 – Macro- and microelement composition of the above-the-ground part and fruits of *Rosa beggeriana Schrenk*, mg/kg.

	Na	K	Ca	Mg	Zn	Ni	Mn	Fe	Cu
Above-the-ground part	542.02	6967.56	8938.82	2261.17	10.67	5.69	42.01	66.48	10.55
Fruits	122.81	5511.13	1213.17	728.42	3.01	1.54	26.34	7.03	5.03

From Table 2, it can be seen that the mineral composition of the above-the-ground part of *Rosa beggeriana Schrenk* is richer than in fruits. This is due to the fact that the above-the-ground part is in contact with the ground and irrigated water, rather than the fruits. Accordingly, mineral substances accumulate to a large extent in the above-the-ground part. In addition, table 2 can also highlight the high content of metals such as potassium, calcium, iron and manganese.

Deviation from the norm of Cd, Hg, Pb content negatively affects the nervous, cardiovascular and immune systems of a living organism, the cause of which is caused by numerous metabolic disorders in the body. Cadmium can cause accumulation of lipids in vascular walls, oxidative stress, and inflammatory processes. At the same time, toxic damage to cardiomyocytes, dilation of the heart chambers can be noticed. Mercury, entering the body, binds to sulfhydryl groups of blood enzymes, blocking their activity, which leads to a violation of the processes of biosynthesis of proteins and cellular ribonucleic acids. The toxic effect of lead is due to the formation of bonds between lead ions and the centers responsible for the formation of certain enzymes. The production of hexokinase, glucose-6-phosphate dehydrogenase is blocked, and the tricarboxylic acid cycle is disrupted. Their quantity is shown in Diagram 1.

**Diagram 1.** The content of heavy metals of *Rosa beggeriana Schrenk*.

According to the analysis, the content of heavy metals, namely, lead, cadmium, comply with the requirements of the State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan for *Rosa canina* and does not exceed 6.0 mg/kg and 1.0 mg/kg, respectively, and the mercury content was not detected in the above-the-ground part and in the fruits [13].

After establishing the quality, the parameters of the technology for extracting the maximum amount of extractive substances from the plant sample were determined. The first step was to determine the most optimal extractant (Diagram 2).

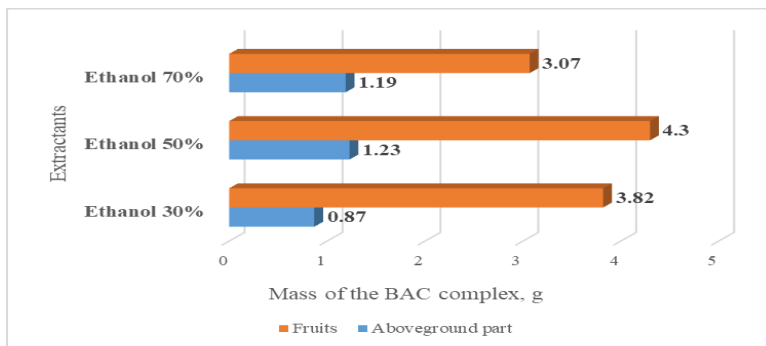


Diagram 2. Dependence of the output of the BAC complex on the optimal extractant for the aboveground part and fruits of plants of the *Rosa beggeriana Schrenk* species.

According to the extracted amount of substances, it is possible to determine the optimal extractant. The most optimal extractant for both the above-the-ground part and the fruit, according to the results obtained, is a 50% aqueous solution of ethanol. Next, the most optimal ratio of the plant to the extractant was studied (diagram 3).

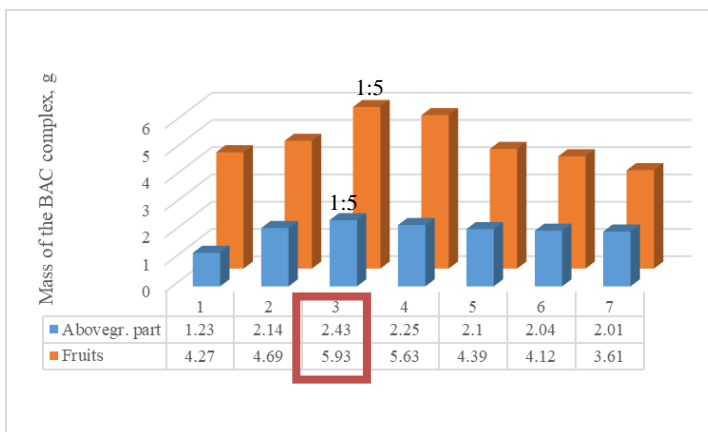


Diagram 3. Dependence of the output of the BAC complex on the optimal ratio of raw materials and extractant for the aboveground part and fruits of *Rosa beggeriana Schrenk* plants.

As can be seen from Diagram 3, both for the above-the-ground part and for fruits the most optimal ratio is 1:5, which was determined by the yield of substances.

It is logical to assume that the more extractant will take part in the extraction, the more biologically active substances will be dissolved and extracted from the cells of plant raw materials. Nevertheless, an immeasurable increase in the volume of the solvent leads to a decrease in the concentration of biologically active substances in the extract.

The data on determining the optimal extraction time is shown in chart 1.

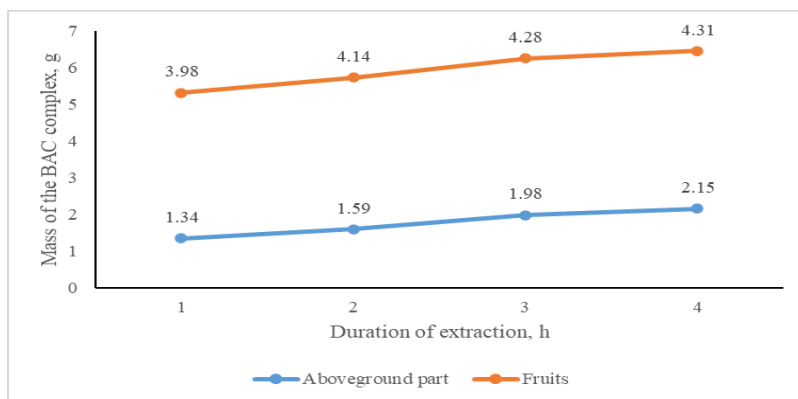


Chart 1. Dependence of the output of the BAC complex on the optimal extraction time of the aboveground part and fruits of *Rosa beggeriana* Schrenk plants.

According to the obtained chart 1, when using ultrasound-assisted extraction, the optimal time is considered to be 3 hours for both samples. It only stands to reason that the longest extraction time will lead to the greatest yield. Since the technological scheme for obtaining the extract is being developed, it is necessary to take into account various parameters of a production nature. Therefore, it is necessary to choose such an extraction duration in which the process is considered not time-consuming, but so that the amount of BAC is allocated as much as possible.

Data on the determination of the extraction multiplicity is shown in diagram 4.

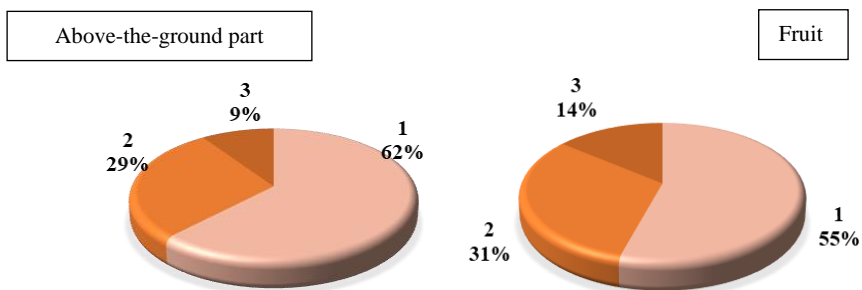


Diagram 4. Yields of substances extracted from the above-the-ground part and fruits, depending on the number of extractions.

Due to the high absorption capacity, plant raw materials are able to retain part of the extractant in their cellular structure. As a result, at the first extraction, it will not be possible to fully extract BAC. And, accordingly, it is considered necessary to carry out extraction several times to maximize the depletion of raw materials. According to diagram 4, the extraction multiplicity is equal to three. Since the following extractions after the third did not lead to significant yields of the BAC complex, it was decided to consider three-fold extraction sufficient.

4. Conclusion

Quality indicators, heavy metal content and macro- and microelement composition for *Rosa beggeriana Schrenk* plants in the above-the-ground part and fruits were determined. As shown above, the obtained research data have shown that this type of medicinal plant raw materials can be suitable to use for medicinal purposes but it also needs further investigation for large-scale production of substances based on it.

After checking the quality, parameters such as the optimal extractant, the optimal ratio of raw materials to extractant, the duration of extraction and the multiplicity of extraction were selected. And, thus, the technology of obtaining a complex of biologically active compounds from plants of the species *Rosa beggeriana Schrenk* in the form of dry extract is determined.

Funding: This research is funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP 19677518).

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

ROSA BEGGERIANA SCHRENK ӨСІМДІГІНЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІ ЗАТТАРДЫҢ ҚҰРҒАҚ КЕШЕНІН АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫ

Б.А. Әсетова^{1*}, А. Айтұарова¹, Г.Е. Жусупова¹

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

²Физика химиялық зерттеу және талдау орталығы (ФХЗТО), Алматы, Қазақстан

*E-mail: balzhan_asetova@mail.ru

Түйіндемe. *Kіріспе.* Дәрілік өсімдік шикізатын оның негізінде бірегей және жоғары тиімді дәрілік заттарды жасау көзі ретінде зерттеу Қазақстан фармацевтика мен медицинаны дамыту үшін зор маңызға ие. Итмұрынның әртүрлі түрлерінде биологиялық белсенді заттардың (ББЗ) құнды кешені көп мөлшерде қамтиды, бұл олардың антиоксидантты, қабынуға қарсы, холеретикалық және адам ағзасын жалпы күшейтетін әсерлерге байланысты халықтық медицинада кеңінен қолданылуына, және бұдан басқа өсімдіктердің фармакопеялық объектілері ретінде және олардың негізінде алынған дәрілік заттар дайындалуына себепкер болады. Бұл зерттеудің нысаны Азияда, атап айтқанда Қазақстанда, Иранда және Қытайдың кейбір бөліктерінде өсетін және биологиялық белсенділігі бар қосылыстардың іс жүзінде зерттелмеген құнды арсеналына ие. Беггер итмұрыны өсімдігінің әрбәр бөлігі елдің фармацевтикалық нарығындағы отандық дәрілік заттардың үлесін арттыра алады. *Мақсаттар мен міндеттер.* Бұл зерттеудің мақсаты мен міндеті осы шикізаттың медицинада одан әрі пайдалану үшін жарамдылығын анықтау болып табылады. *Зерттеу әдістері.* Зерттеу нысаны Алматы облысындағы Іле өзені бойынан жеміс беру кезеңінде (қыркүйек айында) жиналып, шикізаттың осы түріне қажетті ұсыныстарға сәйкес келтірілді. Бұл зерттеуде химиялық және физика-химиялық зерттеу әдістері қолданылды. Мақалада зерттелетін *Rosa beggeriana*

Schrenk өсімдіктерінің қатерсіздігін және олардың негізінде бөлінетін затты *Rosa canina* өсімдіктерінің осы түрінің кеңінен танымал фармакопоялық түрімен, макро және микроэлементтердің минералды құрамымен салыстырмалы контексте анықтау және Беггер итмұрынынан құрғақ сығынды түріндегі биологиялық белсенді заттар кешенін алудың оңтайлы технологиясын әзірлеу туралы мәліметтер келтірілген. Қорытынды. Итмұрынның бұл түрін (*Rosa beggeriana* Schrenk) емдік мақсатта қолдануға болатыны және сапасы жағынан кең таралған *Rosa canina* итмұрынның түрінен кем түспейтіндігі анықталды. Шикізаттың ең жоғары шығымдылығын алуға болатын параметрлер де белгіленіп, оптималды технологиясы анықталды. Сонымен қатар, бұл параметрлер жемістер үшін де, жалпы зауыттың ауа бөлігі үшін де белгіленді.

Түйін сөздер: *Rosa beggeriana* Schrenk, *Rosa canina*, биологиялық белсенді заттар (ББЗ), сапа көрсеткіштері, ББЗ алу технологиясы, УД-экстракция

<i>Әсетова Балжан Ахметқызы</i>	<i>магистрант</i>
<i>Айтұарова Айгерім Шакировна</i>	<i>докторант</i>
<i>Жусупова Галия Евентаевна</i>	<i>химия ғылымдарының докторы, профессор</i>

ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛУЧЕНИЯ СУХОГО КОМПЛЕКСА БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ ИЗ РАСТЕНИЙ ВИДА *ROSA BEGGERIANA SCHRENK*

Б.А. Әсетова^{1*}, *А. Айтұарова*^{1,2}, *Г.Е. Жусупова*^{1,2}

¹Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Центр физико-химических методов исследования и анализа (ЦФХМА), Алматы, Казахстан

*E-mail: balzhan_asetova@mail.ru

Резюме. Введение. Исследование лекарственного растительного сырья как источника для создания на его основе уникальных и высокоэффективных лекарственных средств имеет огромное значение для развития фармации и медицины в Казахстане. Различные виды шиповника содержат ценный комплекс биологически активных веществ (БАВ), что и обуславливает их широкое применение в народной медицине за счет антиоксидантному, противовоспалительному, желчегонному и общеукрепляющему организм влияниям, а также в качестве фармакопейных объектов как самих растений, так и получаемых на их основе лекарственных препаратов. Объект данного исследования – шиповник Беггера, произрастающий только на территории Азии, в частности Казахстана, Ирана и некоторых частях Китая, и обладающий практически не изученным ценным арсеналом соединений с биологической активностью, может поднять долю отечественных лекарственных средств на фармацевтическом рынке страны. *Цели и задачи.* Целью и задачей данного исследования является выявить пригодность данного сырья для дальнейшего использования в медицине. *Методы исследования.* Объект исследования был собран в сезон плодоношения вдоль реки Или в Алматинской области и высушен согласно необходимым рекомендациям для данного вида сырья. В данном исследовании были использованы химические и физико-химические методы исследования. В статье приведены данные по установлению доброкачественности исследуемых растений *Rosa beggeriana* Schrenk и выделяемой на их основе субстанции в сопоставительном контексте с широко известным фармакопейным видом данного рода растений *Rosa canina*, минерального состава макро- и микроэлементов и разработке оптимальной технологии получения из шиповника Беггера комплекса биологически активных веществ в виде сухого экстракта. *Вывод.* Установлено, что данный вид шиповника может быть использован для применения в медицинских целях и не уступает в качестве сырья широко распространённому виду шиповника *Rosa canina*. Также были установлены параметры, при которых можно получить наибольший выход сырья. Причем данные параметры были установлены как для плодов, так и для в целом надземной части растения.

Ключевые слова: *Rosa beggeriana* Schrenk, *Rosa canina*, биологически активные вещества (БАВ), показатели качества, технология получения БАВ, УЗ-экстракция.

Әсетова Балжан Ахметқызы магистрант

Айтуарова Айгерим Шакировна докторант

Жусупова Галия Евентаевна доктор химических наук, профессор

References:

1. Berdnikova N.G., Tsygankov D.V., Ekaterinchev V.A. The use of herbal preparations in the treatment of bronchopulmonary diseases: evidence base and practical application. *Meditsinskiy sovet = Medical Council* **2022**, 138-145. <https://doi.org/10.21518/2079-701X-2022-16-4-138-145>
2. Laman N., Kopylova N. Rosehip. Natural concentrate of vitamins and antioxidants. *Science and Innovation* **2017**, 45-49. <https://cyberleninka.ru/article/n/shipovnik-prirodny-kontsentrat-vitaminov-i-antioksidantov>
3. Aituarova A., Zhussupova G.E., Zhussupova A., Ross S.A. Study of the Chemical Composition of *Rosa beggeriana* Schrenk's Fruits and Leaves. *Plants* **2023**, 12, 3297. <https://doi.org/10.3390/plants12183297>
4. Kurkin V.A., Sharova O.V., Afanasyeva P.V. Improving the methodology of quantitative determination of the amount of carotenoids in the raw materials of rosehip fruits. *Chemistry of vegetable raw materials* **2020**, No. 3. 131-138. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020036093>
5. Sun Y., Zhou M., Luo L., Pan H., Zhang Q., Yu C. Metabolic Profiles, Bioactive Compounds and Antioxidant Activity of Rosehips from Xinjiang, China. *LWT* **2023**, 174, 114451. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2023.114451>
6. Sitpayeva, G.T., Kudabayeva, G.M., Dimeyeva, L.A., Gemejyeva, N.G., Vesselova, P.V. *Crop Wild Relatives of Kazakhstani Tien Shan: Flora, Vegetation, Resources. Plant Divers.* **2020**, 42, 19–32. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2019.10.003>
7. Sayakova G.M., Datkhaev U.M., Kislichenko V.S. Pharmacognosy: textbook. M.: *Litterra* **2019**, 225. 67-128.
8. Wang Y., Zhao Y., Liu X., Li J., Zhang J., Liu D. Chemical Constituents and Pharmacological Activities of Medicinal Plants from *Rosa* Genus. *Chin. Herb. Med.* **2022**, 14, 187–209. <https://doi.org/10.1016/j.chmed.2022.01.005>
9. Baimurodov R.S., Karomatov I.D., Nurboyev A.U.U. Rosehip – a preventive and curative remedy. *Biology and integrative Medicine* **2017**, No.10, 87-105. <https://cyberleninka.ru/article/n/shipovnik-profilakticheskoe-i-lechebnoe-sredstvo>
10. Pyatigorskaya N.V., Samylina I.A., Beregovykh V.V. Rules for the organization of production and quality control of medicinal products from plant raw materials: method. manual. *SpetsLit* **2013**, 367.
11. European pharmacopoeia. Strasbourg: European Department for the Quality of Medicines, 9th ed. **2017-2019**, <https://www.edqm.eu/en/european-pharmacopoeia-ph-eur-9th-edition>
12. Zhussupova G.E., Litvinenko Yu.A., Zhussupova A.I. Methodology of processing medicinal plant raw materials: *Textbook, Almaty* **2018**, 84-87.
13. The State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan **2009**, 804.

INFLUENCE OF IONIC RADIUS ON THE DEGREE OF EXTRACTION OF RARE EARTH METALS DURING SORPTION BY THE INTERPOLYMER SYSTEM AMBERLITE IR-120 – AB-17-8

T.K. Jumadilov¹, Kh. Khimersen^{1*}, A.M. Imangazy¹, J. Haponiuk²

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

²Gdansk University of Technology, Gdansk, Poland

*E-mail: hvana88@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Studies have been carried out on the sorption of rare earth metal ions in solution using the interpolymer system Amberlite IR-120:AB-17-8. The purpose of the work is to search for conditions for maximum sorption of rare earth elements (Dy, Tb, Gd, Eu and Sm) from aqueous solutions using the effect of remote interaction of ion exchange resins. *Methodology.* The residual concentrations of rare earth ions were determined using an Optima 8300DV Duo inductively coupled plasma spectrometer. *Results.* The best sorption characteristics were determined by the interpolymer system at a ratio of 3:3. The residual concentration of rare earth elements in the solution was: Dy – 4.64 mg/l, Tb – 4.16 mg/l, Gd – 4.21 mg/l, Eu – 4.16 mg/l, Sm – 4.56 mg/l. The variations in the ionic radius of the ions chosen for the study are $Dy^{3+} < Tb^{3+} < Gd^{3+} < Eu^{3+} < Sm^{3+}$. The degree of sorption of interpolymer system increased with increasing ionic radius of the metals. For dysprosium with the smallest ionic radius, the degree of sorption was η – 52%, and for terbium, gadolinium and europium it increased to η – 58%. For individual Amberlite IR-120 (6:0), the degree of sorption of terbium ions was 47%. *Conclusion.* The results of the study showed that the interpolymer system with a ratio of 3:3 has the best sorption activity. It has been established that the degree of sorption of interpolymer pairs increases with increasing order of the ionic radius of metals ($Tb^{3+} < Gd^{3+} < Eu^{3+}$).

Keywords: interpolymer system, Amberlite IR-120, AB-17-8, remote interaction, mutual activation, rare earth ions, extraction degree.

Jumadilov Talkybek Kozhatayevich Doctor of Chemical Sciences, Professor, e-mail:

jumadilov@mail.ru

Khimersen Khuangul

PhD student, e-mail: hvana88@mail.ru

Imangazy Aldan Maratuly

Scientific Researcher, e-mail: kazpetrochem@gmail.com

Jozef Haponiuk

Full professor, e-mail: jozef.haponiuk@pg.edu.pl

Citation: Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Imangazy A.M., Haponiuk J. Influence of ionic radius on the degree of extraction of rare earth metals during sorption by the interpolymer system AMBERLITE IR-120 – AB-17-8. *Chem. J. Kaz.*, **2024**, 1(85), 48-57. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.05>

АМБЕРЛИТ IR-120 – АВ-17-8 ИНТЕРПОЛИМЕР ЖҮЙЕСІМЕН СІРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН СОРБЦИЯЛАУ КЕЗІНДЕ СОРУ ДӘРЕЖЕСІНЕ ИОНДЫҚ РАДИУСТЫҢ ӘСЕРІ

Т.К. Джумадилов¹, Х. Химэрсэн^{1*}, А.М. Имангазы¹, Ю. Хапонюк²

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

²Гданьск технологиялық университеті, Польша

*E-mail: huana88@mail.ru

Түйіндеме. *Kіріспе.* Amberlite IR-120:AB-17-8 интерполимер жүйесі арқылы ерітіндідегі СЖМ иондарының сорбциясына зерттеу жүргізілді. *Жұмыстың мақсаты* ионалмастырғыш шайырлардың қашықтықтан әрекеттесу эффектісін пайдалана отырып, су ерітінділерінен сирек жер элементтерін (Dy, Tb, Gd, Eu және Sm) максималды сұрыптау шарттарын іздеу. *Әдістері.* Сорбциядан кейін СЖМ иондарының қалдық концентрациялары Optima 8300DV Duo индуктивті байланысқан плазмалық оптикалық эмиссия спектрометрінің көмегімен анықталды. *Алынған нәтижелер.* Интерполимерлі жүйелердің 3:3 қатынасында ең жақсы сорбция мәндері анықталды. Ерітіндідегі қалдық концентрация Dy үшін 4.64 мг/л, Tb үшін 4.16 мг/л, Gd үшін 4.21 мг/л, Eu үшін 4.16 мг/л және Sm үшін 4.56 мг/л. Бұл зерттеуге таңдалып алынған иондардың иондық радиусының өзгерістері $Dy^{3+} < Tb^{3+} < Gd^{3+} < Eu^{3+} < Sm^{3+}$. Интерполимерлі жұптардың сорбция дәрежесі металдардың иондық радиусының өсу ретіне қарай артқан. Иондық радиусы ең кішкентай диспрозий үшін η-52%, ал келесі тербий, гадолиний және европий үшін η-58% дейін көтерілген. Жеке Amberlite IR-120 (6:0) үшін тербий иондарына қатысты сорбция дәрежесі 47%. *Қорытынды.* Зерттеу нәтижесінде интерполимерлі жүйелердің 3:3 қатынасында ең жақсы сорбция мәндері анықталды. Интерполимерлі жұптардың сорбция дәрежесі металдардың иондық радиусының өсу ретіне қарай ($Tb^{3+} < Gd^{3+} < Eu^{3+}$) артатыны белгілі болды.

Түйін сөздер: интерполимерлі жүйе, Amberlite IR-120, АВ-17-8, қашықтан әрекеттесу, өзара активтену, СЖМ иондары, сорбция дәрежесі

<i>Джумадилов Талқыбек Қожатаевич</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Химэрсэн Хуангүл</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Имангазы Алдан Маратұлы</i>	<i>Ғылыми қызметкер</i>
<i>Юзеф Хапонюк</i>	<i>Профессор</i>

1. Кіріспе

Сирек жер металдары технологияның әр түрлі салаларында кеңінен қолданылып жатқан элементтер. Атап айтсақ неодим (Nd), празеодим (Pr) және диспрозия (Dy) жел турбиналарында тұрақты магниттер үшін, лантан (La) және церий (Ce) электр көліктеріндегі аккумуляторлар үшін пайдаланылады. Жел энергиясы мен электр көліктерін пайдаланудың өсуі қазіргі уақытта СЖЭ-не сұранысты арттырды [1]. Сирек жер элементтері жер қыртысында басқа қолданылып жүрген элементтерге қарағанда салыстырмалы түрде көп, бірақ жеткілікті түрде шоғырланбаған. СЖЭ-нің иондық радиустарының жақындығы, үш валентті тотығу күйі және төмен поляризациялық сияқты химиялық ұқсастықтарына байланысты оларды бөлу және тазалауда бірқатар қиындықтар бар [2, 3]. СЖЭ тазарту үшін еріткішпен және көмірқышқыл газымен экстракциялау, ион алмасу, фракциялық тұндыру сияқты бірнеше әдістер қолданылады [4, 5].

Металдарды технологиялық ерітінділерден бөлуге арналған көптеген полимерлік сорбенттер синтезделіп сынақтан өткеніне қарамастан СЖЭ өндірісте су ерітінділерінен бөлетін иониттер өте аз [3,6,7]. Зерттеудің мақсаты ионалмастырғыш шайырлардың қашықтықтан әрекеттесу эффектісін пайдалана отырып, су ерітінділерінен сирек жер элементтерін (Dy, Tb, Gd, Eu және Sm) максималды сұрыптау шарттарын іздеу [8]. Бұл элементтер иондық радиусы және периодтық жүйедегі реттік нөмірі бойынша СЖМ ортасында орналасқан [9]. Бұлардың ішінде ең сирек кездесетіні және қымбаты европий.

Европий (Eu) люминесцентті лампалар мен теледидар экрандарында басқа сирек жер элементтерімен бірге, ашық және қанық түстер алу үшін қолданылатын люминофор өндірісіндегі негізгі компонент болып табылады [10]. Сондай-ақ, ядролық реакторларда ядролық реакциялардың жылдамдығын реттеу үшін қолданылады [8]. Медицинада еуропий магниттік қасиетіне байланысты магнитті-резонансты томография (МРТ) және компьютерлік томография (КТ) үшін контраст агенті ретінде қолданылуы мүмкін [11]. Диспрозий (Dy) ауыр сирек жер металдарының қатарына жатады. Сирек жер металдарының арасында «магниттердің патшасы» ретінде белгілі. Тұрақты магниттерді (Nd-Fe-B типті) өндіруде және олардың жоғары температураға және магнитсізденуге төзімділігін жақсартуда қолданылады. Бұл тұрақты магниттер жел турбиналары, электр машиналары және компьютердің қатты дискілерін құрайды. Диспрозий таза энергияны дамытуда және жоғары технологиялық электроника өнеркәсібінде маңызды рөл атқарады [12].

Тербий (Tb) электронды, магниттік және оптикалық қасиеттеріне байланысты маңызды сирек жер элементі болып табылады. Шыны өнеркәсібінде, полимерлерде, биохимиялық сенсорларда және күн батареяларында қолданылады [13].

Гадолиний (Gd) ерекше металлургиялық қасиетке ие. 1% гадолиний темірдің, хромның және онымен байланысты қорытпалардың өңдеуге қабілеттілігін және жоғары температурада тотығуға төзімділігін айтарлықтай жақсарты алады. Металл немесе тұз түріндегі гадолинийдің нейтронды сіңіру қабілеті өте жоғары, сондықтан нейтронды радиографияда және ядролық реакторларда қолданылады [14-15].

Самарий (Sm) оптикалық шыны өндірісінде, керамикалық композицияларды өзгертуде, самарий-кобальт магниттерінде, сондай-ақ нейтронды сіңіргіш ретінде кеңінен қолданылады [16].

Өнеркәсіпте СЖМ қолданудың салдары топырақ қабаттарының, ағынды сулардың, әртүрлі су экожүйелерінің ластануын тудыруда. Дүние жүзінде СЖМ байланысты өндірістерден жыл сайын сирек жер элементтерінің иондары бар 360 миллион тоннадан астам ағынды сулар түзіледі [17]. Сондықтан ағынды сулардың қажетті концентрациясы мен элементтік құрамын қамтамасыз ету үшін қоршаған ортаға тастар алдында

ластанған судан СЖМ жою, сонымен қатар алынған СЖМ иондарын қайта өңдеу өте маңызды.

2. Тәжірибелік бөлім

Зерттеуге келесі материалдар пайдаланылды: (1) Amberlite IR 120 (H⁺ формасы) (Saint-Louis, MO, АҚШ), сульфондалған полистирол негізіндегі күшті қышқылды катионалмастырғыш шайыр және (2) АВ-17-8 (ОН⁻ формасы) (Азот, Черкассы, Украина), күшті негіздік анионалмастырғыш (стирол және дивинилбензол сополимері).

Келесі реагенттер пайдаланылды: ерітіндідегі СЖЭ иондарының көзі ретінде самарий (III) нитраты гексагидраты; европий (III) нитраты пентагидраты; гадолиний (III) нитраты гексагидраты; тербий (III) нитраты пентагидраты; диспрозий (III) нитраты (х)гидраты. Реагенттер Sigma-Oldrich компаниясынан алынды. Тұз ерітінділерінің қоспасы дистилденген сумен дайындалды.

Келесі құрал-жабдықтар пайдаланылды: Optima 8300DV Duo индуктивті байланысқан плазмалық-оптикалық эмиссия спектрометрі (ICP-OES) (PerkinElmer, Waltham, MA, АҚШ) толқын ұзындығы 165–782 нм диапазонында СЖЭ ерітіндідегі қалдық иондарын анықтау үшін пайдаланылды.

Интерполимерлік жүйелердің сорбциялық қасиеттерін зерттеу:

1) Өндірістік ион алмастырғыш шайырлар (Amberlite IR 120, АВ-17-8) негізінде мольдік қатынастары әртүрлі интерполимерлі жүйелер құрылды: Amberlite IR 120 -АВ-17-8;

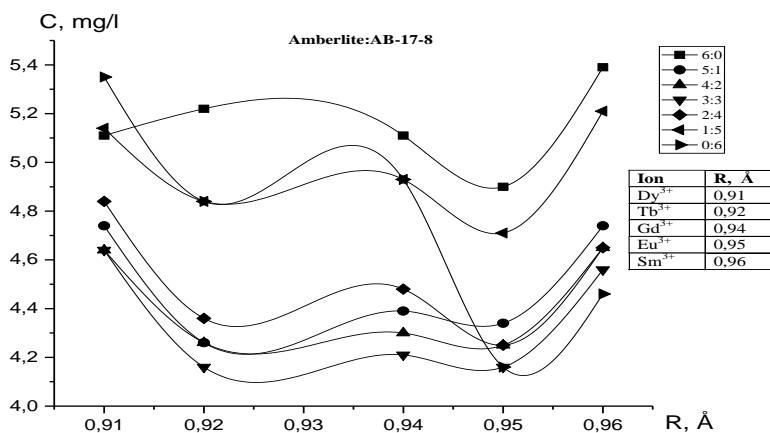
2) Тәжірибелер үшін 1400 мл, жиынтық концентрациясы $C = 50$ мг/л СЖМ тұз ерітінділерінің қоспасы 7 стаканға (әрқайсысы 200 мл) құйылды. Қоспадағы әр металдың концентрациясы 10 мг/л. Amberlite IR 120 және АВ-17-8 иониттері Х:У молярлық қатынасына сәйкес 2 полипропилен сүзгіге бөлек салынды. Иониттер салынған полипропилен сүзгілер ерітіндіге бір-бірінен 2 см ара қашықтықта орналастырылды. Атомды эмиссионды спектрометрде (ICP-OES) талдау үшін әрбір ерітіндіден 48-сағат өткеннен кейін аликвоттар алынды.

3. Нәтижелер және оларды талқылау

3.1 Amberlite IR-120 -АВ-17-8 интерполимер жүйесі арқылы Sm, Eu, Gd, Tb, Dy иондарын сорбциялау

Интерполимерлі жүйелерде болатын әрекеттесулерді тереңірек түсіну үшін Amberlite IR-120 және АВ-17-8 негізіндегі интерполимер жүйесі арқылы ерітіндідегі СЖМ иондарының сорбциясына зерттеу жүргізілді. 1-суретте интерполимерлі жүйелердің әртүрлі молярлық қатынастарында сорбцияланған СЖМ иондарының иондық радиустарына байланысты концентрациясының өзгерісі көрсетілген. Сорбция ұзақтығы – 48 сағат. Интерполимерлі жүйелердің 3:3 қатынасында ең жақсы сорбция мәндері анықталды. Ерітіндідегі қалдық концентрация Dy үшін 4.64 мг/л, Tb үшін

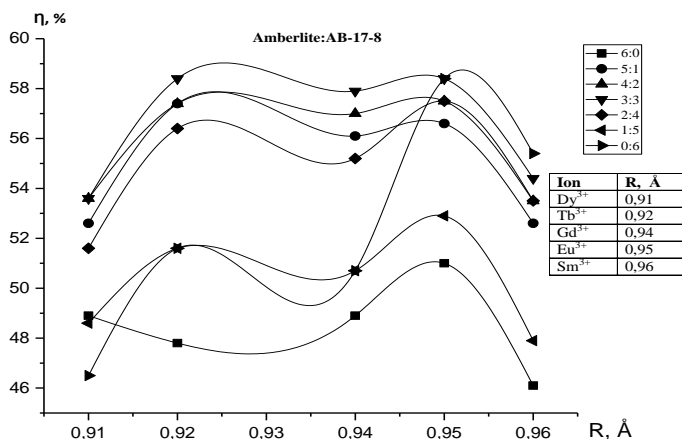
4.16 мг/л, Gd үшін 4.21 мг/л, Eu үшін 4.16 мг/л және Sm үшін 4.56 мг/л. Ионалмастырғыштардың сорбциялық қабілетін құрамындағы функционалдық топтардың табиғатымен түсіндіруге болады. Функционалдық топтардың ион алмасуы металл ионының атомдық нөміріне, валенттілігіне және иондану дәрежесіне қарай артады [19]. Бұл зерттеуге таңдалып алынған иондардың иондық радиусының өзгерістері $Dy^{3+} < Tb^{3+} < Gd^{3+} < Eu^{3+} < Sm^{3+}$. Зарядтың тығыздығы жоғары шағын иондар күштірек байланысады. Заряд тығыздығының төмендеуіне байланысты иондық радиус ұлғайған сайын ($Tb^{3+} < Gd^{3+} < Eu^{3+}$) Amberlite IR-120 -AB-17-8 интерполимер жүйесімен ион алмасу қабілеті артады. Тербий, гадолиний және европий иондарының сорбциялық (байланыстыру) мәндері басқа металл иондарымен салыстырғанда (самарий мен диспрозий) жоғары болды.



Сурет 1 - Amberlite IR-120 -AB-17-8 интерполимер жүйесінің әртүрлі мольдік қатынасында металл иондарының иондық радиусына [9] байланысты сорбциядан кейінгі қалдық концентрацияның өзгеруі.

Шайыр фазасындағы металл иондарының диффузия жылдамдығына гидратталған ионның радиусы, оның заряды және қозғалғыштығы сияқты факторлар әсер етеді. Атап айтқанда, иондардың сорбентке жақындығы кристаллографиялық өлшемнің азаюына, зарядтың ұлғаюына және соның салдарынан гидратталған ионның радиусының ұлғаюына сәйкес төмендейді. Сондай-ақ температура және алмасу орталықтарының иондық түрі де реакция жылдамдығына әсер етеді. Электростатикалық әсерлердің әсерінен гидратталған металл ионының радиусы азайған сайын және металл ионының заряды ұлғайған сайын металл байланысының беріктігі артады. Әртүрлі қатынастағы интерполимерлі жүйелер салыстырмалы концентрациялары бірдей бес металл иондары бар ерітіндіге батырылды. Егер Amberlite IR-120-AB-17-8 интерполимер жүйесі металл иондарының

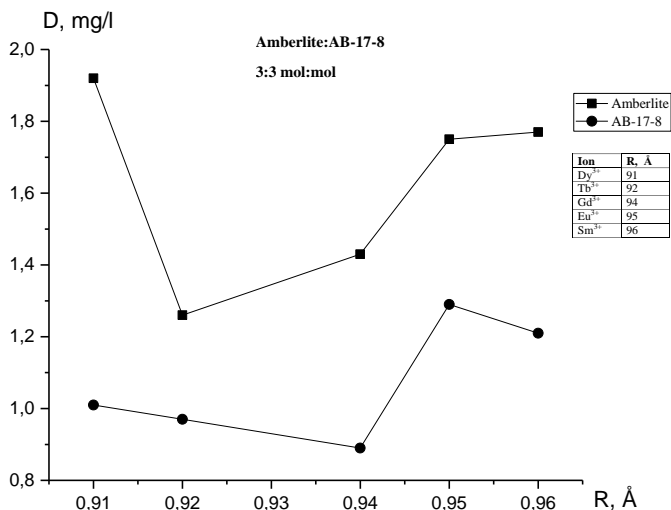
біріне артықшылық берсе, онда оның сорбция дәрежесі басқаларына қарағанда жоғары болады. Яғни бұл интерполимерлі жүйенің сол ионға салыстырмалы жақындығын көрсетеді. 2-суретте Amberlite IR-120 -AB-17-8 интерполимер жүйесінің әртүрлі мольдік қатынасында металл иондарының иондық радиусына байланысты сорбция дәрежесінің өзгерісі көрсетілген. Жеке ионалмастырғыштар Amberlite IR-120 және AB-17-8 сорбция дәрежесі интерполимерлі жұптармен салыстырғанда әлдеқайда төмен. Ал 3:3, 5:1, 4:2 қатынастарындағы полимер жұптары максималды сорбция дәрежесіне ие. Интерполимерлі жұптардың сорбция дәрежесі металдардың иондық радиусының өсу ретіне қарай артқан. Мысалға иондық радиусы ең кішкентай диспрозий үшін η -52%, ал келесі тербий, гадолиний және европий үшін η -58% дейін көтерілген. Жеке Amberlite IR-120 (6:0) үшін тербий иондарына қатысты сорбция дәрежесі 47%.



Сурет 2 - Amberlite IR-120 -AB-17-8 интерполимер жүйесінің әртүрлі мольдік қатынасында металл иондарының иондық радиусына [9] байланысты сорбция дәрежесінің өзгеруі.

3.2 «Amberlite IR-120 -AB-17-8» интерполимер жүйесінен СЖМ десорбциялау

Ион алмастырғыштағы металл иондарының қоспасының десорбциялық зерттеулері полимерлерді 2% HNO₃ элюент ерітіндісінде, бөлме температурасында 72 сағат бойы араластыру арқылы орындалды. Металл иондарының концентрациясы ICP-OES спектрометрінде анықталды. Алынған нәтижелер 3-суретте берілген. Амберлит IR-120 ион алмастырғыш шайырының ең үлкен мәні 1.92 мг/л (Dy), ал ең кіші мәні 1.26 мг/л (Tb). Анион алмастырғыштың десорбция сызығы катионитпен салыстырғанда төменде жатыр. Мұнда европий иондарының ерітіндіге шыққан максимум мәні 1.29 мг/л, ал ең аз десорбцияланған гадолиний иондары, небәрі 0.89 мг/л.



Сурет 3 - Amberlite IR-120 -AB-17-8 интерполимер жүйесінен (3:3 моль/моль) металл иондарын десорбиялау

4. Қорытынды

Металдарды технологиялық ерітінділерден бөлуге арналған көптеген полимерлік сорбенттер синтезделіп сынақтан өткеніне қарамастан СЖМ өндірісте су ерітінділерінен сұрыптап бөлетін иониттер өте аз. Мақалада ионалмастырғыш шайырлардың қашықтықтан әрекеттесу эффектісін пайдалана отырып, су ерітінділерінен сирек жер элементтерін (Dy, Tb, Gd, Eu және Sm) максималды сұрыптау шарттары қарастырылды. Зерттеу нәтижесінде интерполимерлі жүйелердің 3:3 қатынасында ең жақсы сорбция мәндері анықталды. Интерполимерлі жұптардың сорбция дәрежесі металдардың иондық радиусының өсу ретіне қарай ($Tb^{3+} < Gd^{3+} < Eu^{3+}$) артқан. Мысалға иондық радиусы ең кішкентай диспрозий үшін η -52%, ал келесі тербий, гадолиний және европий үшін η -58% дейін көтерілген. Тербий, гадолиний және европий иондарының сорбция дәрежесі басқа металл иондарымен салыстырғанда (самарий мен диспрозий) жоғары болды.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыру бойынша BR18574042 жобасымен қаржыландырылды.

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

ВЛИЯНИЕ ИОННЫХ РАДИУСОВ НА СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИ СОРБЦИИ ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ АМБЕРЛАЙТ IR-120 – АВ-17-8

Т.К. Джумадилов¹, Х. Химэрсэн¹, А.М. Имангазы¹, Ю. Хапонюк²

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

²Гданьский технологический университет, Гданск, Польша

*e-mail: huana88@mail.ru

Резюме. *Введение.* Проведены исследования по сорбции ионов РЗМ в растворе с использованием интерполимерной системы Amberlite IR-120:AB-17-8. *Цель работы* – поиск условий максимальной сорбции редкоземельных элементов (Dy, Tb, Gd, Eu и Sm) из водных растворов с использованием эффекта дистанционного взаимодействия ионообменных смол. *Методология.* После сорбции остаточные концентрации ионов РЗМ определяли с помощью спектрометра с индуктивно-связанной плазмой Optima 8300DV Duo. *Полученные результаты.* Наилучшие сорбционные показатели были определены интерполимерной системой при соотношении 3:3. Остаточная концентрация редкоземельных элементов в растворе составила: Dy – 4.64 мг/л, Tb – 4.16 мг/л, Gd – 4.21 мг/л, Eu – 4.16 мг/л, Sm – 4.56 мг/л. Вариации ионного радиуса выбранных для исследования ионов составляют $Dy^{3+} < Tb^{3+} < Gd^{3+} < Eu^{3+} < Sm^{3+}$. Степень сорбции интерполимерных пар увеличивалась с увеличением ионного радиуса металлов. Для диспрозия с наименьшим ионным радиусом степень сорбции составила η – 52%, а для тербия, гадолиния и европия она увеличилась до η – 58%. Для индивидуального Amberlite IR-120 (6:0) степень сорбции ионов тербия составила 47%. *Вывод.* Результаты исследования показали, что наилучшей сорбционной активностью обладает интерполимерная система при соотношении 3:3. Установлено, что степень сорбции интерполимерных пар увеличивается с увеличением порядка ионного радиуса металлов ($Tb^{3+} < Gd^{3+} < Eu^{3+}$).

Ключевые слова: интерполимерная система, Amberlite IR-120, АВ-17-8, дистанционное взаимодействие, взаимная активация, ионы РЗМ, степень сорбции

Джумадилов Талкыбек Кожатаевич	Доктор химических наук, профессор
Химэрсэн Хуангул	Ph.D докторант
Имангазы Алдан Маратұлы	Научный сотрудник
Юзеф Хапонюк	Профессор

Әдебиеттер тізімі

- Lie J., Liu J.C. Selective recovery of rare earth elements (REEs) from spent NiMH batteries by two-stage acid leaching. *Journal of Environmental Chemical Engineering* **2021**, 9(5). <http://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106084>
- Джумадилов Т.К., Химэрсэн Х., Тотхусқызы Б., Хапонюк Ю. Сирек жер элементтерін бөліп алудың адсорбциялық әдістері. *Комплексное использование минерального сырья*. **2021**, 3 (318), 12-23. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.24>
- 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. Scien. and Technol.* **2019**, 1-10. <http://doi.org/10.1080/01496395.2019.1708107>
- Lee G. S., Uchikoshi M., Mimura K., Isshiki M. Separation of Major Impurities Ce, Pr, Nd, Sm, Al, Ca, Fe, and Zn from La Using Bis(2-ethylhexyl)phosphoric Acid (D2ehpa)-impregnated Resin in a Hydrochloric Acid Medium. *Sep. Purif. Technol.* **2010**, 71, 186–191. <http://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.11.020>
- De Vasconcellos M. E., Queiroz C. A. D. S., Abrao A. Sequential Separation of the Yttrium - Heavy Rare Earths by Fractional Hydroxide Precipitation. *J. Alloys Compd.* **2004**, 374, 405–407. <http://doi.org/10.1016/j.jallcom.2003.11.038>
- Martin D.M., Jalaff L.D., Garcia M.A., Faccini M. Selective Recovery of Europium and Yttrium Ions with Cyanex 272- Polyacrylonitrile Nanofibers. *Nanomaterials*. **2021**, 9(12), 1648. <http://doi.org/10.3390/nano91216488>

7. Abu Elgoud E.M., Ismail Z.H., Ahmad M.I., El-Nadi Y.A., Abdelwahab S.M., Aly H.F. Sorption of Lanthanum(III) and Neodymium(III) from Concentrated Phosphoric Acid by Strongly Acidic Cation Exchange Resin (SQS-6). *Russ. J. Appl. Chem.* **2019**, 92, 1581–1592. <https://doi.org/10.1134/S1070427219110156>
8. 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. <https://doi.org/10.3390/polym15051194>
9. chemistry.ru/course/content/chapter2/section/...
10. Xu H., Sun Q., An Z., Wei Y., Liu X. Electroluminescence from europium (III) complexes. *Coord. Chem. Reviews*. **2015**, 293-294, 228–249. <http://doi.org/10.1016/j.ccr.2015.02.018>
11. 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. <http://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.01.030>
12. Taher A., Somaye A. Synthesis of nano-sized Eu³⁺-imprinted polymer and its application for indirect voltammetric determination of europium. *Talanta*. **2013**, No. 106, 431-439. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.01.019>
13. Paduraru A.V., Oprea O., Musuc A.M., Vasile B.S., Iordache F., Andronescu E. Influence of Terbium Ions and Their Concentration on the Photoluminescence Properties of Hydroxyapatite for Biomedical Applications. *Nanomaterials*. **2021**, 11, 2442. <https://doi.org/10.3390/nano11092442>
14. El-Sofany E.A. Removal of lanthanum and gadolinium from nitrate medium using Aliquat-336 impregnated onto Amberlite XAD-4. *J. Hazardous Materials*. **2008**, 153(3) 948. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.046>
15. Aghayan H., Khanchi A. R., Mahjoub A. R. Synthesis and characterization of cesium molybdo vanado phosphate immobilized on platelet SBA-15: An efficient inorganic composite ion-exchanger for gadolinium ion sorption. *Applied Surface Science*. **2013**, 274, 7–14. <http://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.02.005>
16. Mahmoud M. E., Nabil G. M., Elweshahy S. M. T. Novel NTiO₂-chitosan@NZrO₂-chitosan nanocomposite for effective adsorptive uptake of trivalent gadolinium and samarium ions from water. *Powder Technology*. **2021**, 378, 246–254. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.09.058>
17. Ali I., Babkin A. V., Burakova I. V., Burakov A. E., Neskoronnaya E. A., Tkachev A. G., Alomar T. S. Fast removal of samarium ions in water on highly efficient nanocomposite based graphene oxide modified with polyhydroquinone: Isotherms, kinetics, thermodynamics and desorption. *Journal of Molecular Liquids*. **2021**, 329, 115584. <http://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115584>
18. Jumadilov T., Totkhuskyzy B., Malimbayeva Z., Kondaurrov 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. <https://doi.org/10.3390/ma14185402>
19. Pehlivan E., Altun T. Ion-exchange of Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺, and Ni²⁺ ions from aqueous solution by Lewatit CNP 80. *Journal of Hazardous Materials*. **2007**, 140(1-2), 299–307. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.09.011>

References

1. Lie J., Liu J.C. Selective recovery of rare earth elements (REEs) from spent NiMH batteries by two-stage acid leaching. *Journal of Environmental Chemical Engineering* **2021**, 9(5). <http://doi.org/10.1016/j.jece.2021.106084>
2. Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Totkhuskyzy B., Haponiuk J. Adsorption methods for the extraction and separation of rare earth elements. Review. *Complex Use of Mineral Resources* (In Kazakh). **2021**, 3 (318), 12-23. <https://doi.org/10.31643/2021/6445.24>
3. 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. Scien. and Technol.* **2019**, 1-10. <http://doi.org/10.1080/01496395.2019.1708107>
4. Lee G. S., Uchikoshi M., Mimura K., Isshiki M. Separation of Major Impurities Ce, Pr, Nd, Sm, Al, Ca, Fe, and Zn from La Using Bis(2-ethylhexyl)phosphoric Acid (D2ehpa)-impregnated Resin in a Hydrochloric Acid Medium. *Sep. Purif. Technol.* **2010**, 71, 186–191. <http://doi.org/10.1016/j.seppur.2009.11.020>
5. De Vasconcellos M. E., Queiroz C. A. D. S., Abrao A. Sequential Separation of the Yttrium - Heavy Rare Earths by Fractional Hydroxide Precipitation. *J. Alloys Compd.* **2004**, 374, 405–407. <http://doi.org/10.1016/j.jallcom.2003.11.038>

6. Martin D.M., Jalaff L.D., Garcia M.A., Faccini M. Selective Recovery of Europium and Yttrium Ions with Cyanex 272- Polyacrylonitrile Nanofibers. *Nanomaterials*. **2021**, 9(12), 1648. <http://doi.org/10.3390/nano91216488>
7. Abu Elgoud E.M., Ismail Z.H., Ahmad M.I., El-Nadi Y.A., Abdelwahab S.M., Aly H.F. Sorption of Lanthanum(III) and Neodymium(III) from Concentrated Phosphoric Acid by Strongly Acidic Cation Exchange Resin (SQS-6). *Russ. J. Appl. Chem.* **2019**, 92, 1581–1592. <https://doi.org/10.1134/S1070427219110156>
8. 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. <https://doi.org/10.3390/polym15051194>
9. chemistry.ru/course/content/chapter2/section/...
10. Xu H., Sun Q., An Z., Wei Y., Liu X. Electroluminescence from europium (III) complexes. *Coord. Chem. Reviews*. **2015**, 293-294, 228–249. <http://doi.org/10.1016/j.ccr.2015.02.018>
11. 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. <http://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2015.01.030>
12. Taher A., Somaye A. Synthesis of nano-sized Eu³⁺-imprinted polymer and its application for indirect voltammetric determination of europium. *Talanta*. **2013**, No. 106, 431-439, <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2013.01.019>.
13. Paduraru A.V., Oprea O., Musuc A.M., Vasile B.S., Iordache F., Andronescu E. Influence of Terbium Ions and Their Concentration on the Photoluminescence Properties of Hydroxyapatite for Biomedical Applications. *Nanomaterials*. **2021**, 11, 2442. <https://doi.org/10.3390/nano11092442>
14. El-Sofany E.A. Removal of lanthanum and gadolinium from nitrate medium using Aliquat-336 impregnated onto Amberlite XAD-4. *J. Hazardous Materials*. **2008**, 153(3) 948. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2007.09.046>
15. Aghayan H., Khanchi A. R., Mahjoub A. R. Synthesis and characterization of cesium molybdo vanado phosphate immobilized on platelet SBA-15: An efficient inorganic composite ion-exchanger for gadolinium ion sorption. *Applied Surface Science*. **2013**, 274, 7–14. <http://doi.org/10.1016/j.apsusc.2013.02.005>
16. Mahmoud M. E., Nabil G. M., Elweshahy S. M. T. Novel NTiO₂-chitosan@NZrO₂-chitosan nanocomposite for effective adsorptive uptake of trivalent gadolinium and samarium ions from water. *Powder Technology*. **2021**, 378, 246–254. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2020.09.058>
17. Ali I., Babkin A. V., Burakova I. V., Burakov A. E., Neskormnaya E. A., Tkachev A. G., Alomar T. S. Fast removal of samarium ions in water on highly efficient nanocomposite based graphene oxide modified with polyhydroquinone: Isotherms, kinetics, thermodynamics and desorption. *Journal of Molecular Liquids*. **2021**, 329, 115584. <http://doi.org/10.1016/j.molliq.2021.115584>
18. 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. <https://doi.org/10.3390/ma14185402>
19. Pehlivan E., Altun T. Ion-exchange of Pb²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺, Cd²⁺, and Ni²⁺ ions from aqueous solution by Lewatit CNP 80. *Journal of Hazardous Materials*. **2007**, 140(1-2), 299–307. <http://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2006.09.011>

SYNTHESIS AND CHARACTERIZATION OF N-ISOPROPYLACRYLAMIDE BASED COPOLYMERS WITH SILVER NANOPARTICLES

U. Nakan^{1*}, M.E. Yermaganbetov¹, M.E. Nursultanov¹, A. Zh. Kerimkulova¹,
M.B. Zhursumbayeva¹, A. Kydyrkhan²

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: ulantaynakan@gmail.com.

Abstract: In recent years, the so-called "smart" polymers, which can systematically respond to small environmental changes, such as pH, temperature and electric field, are widely used in many fields. Researchers are particularly interested in using drugs to transport to the right place in the human body. One of the types of these smart polymers are thermosensitive polymers. Among the thermosensitive polymers, the most well-known are polymers based on N-isopropylacrylamide. In this study, in order to improve the properties of thermosensitive polymers, silver nanoparticles were added to the hydrogel composition. Poly(NIPAAm-co-2-HEA) hydrogels were synthesized by free-radical solution (in H₂O and AgNO₃) polymerization. Silver nanoparticles have been synthesized by using sodium borohydride as the reducing agents. While the introduction of silver nanoparticles into the gel has been controlled by ultraviolet spectroscopy, its inclusion in the gel has been confirmed using a scanning electron microscope. In addition to, a hydrogel containing silver nanoparticles exhibits antibacterial properties, it has been investigated using biomedical tests. It has been shown here that a hydrogel with silver NPs has good antibacterial properties, whereas a hydrogel without silver does not have the ability to destroy bacteria.

Keywords: thermosensitive polymers, hydrogels, radical polymerization, nanoparticles, antibacterial activity.

<i>Nakan Ulantay</i>	PhD, Associate Professor, e-mail: u.nakan@satbayev.university ; ulantaynakan@gmail.com
<i>Yermaganbetov Mubarak</i>	Professor, E-mail: m.yermaganbetov@satbayev.university
<i>Nursultanov Merey</i>	Master of Technical Sciences, senior lecturer, e-mail: m.nursultanov@satbayev.university
<i>Kerimkulova Aigul</i>	Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: aigul.kerimkulova@satbayev.university
<i>Mariyamkul Zhursumbayeva</i>	Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: m.zhursumbayeva@satbayev.university
<i>Kydyrkhan Akerke</i>	PhD student, e-mail: kidirkhan.akerke@gmail.com

Citation: Nakan U., Yermaganbetov M.E., Nursultanov M.E., Kerimkulova A.Zh., Zhursumbayeva M.B., Kydyrkhan A. Synthesis and characterization of n-isopropylacrylamide based copolymers with silver nanoparticles. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 58-66. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.06>

ҚҰРАМЫНДА КҮМІС НАНОБӨЛШЕГІ БАР N-ИЗОПРОПИЛАКРИЛАМИД НЕГІЗІНДЕГІ СОПОЛИМЕРЛЕРДІҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ СИПАТТАМАСЫ

Ү. Нақан^{1*}, М.Е. Ермаганбетов¹, М.Е. Нурсұлтанов¹, А.Ж. Керимкулова¹,
М.Б. Жүрсінбаева¹, А. Қыдырхан²

¹ Сәтбаев Университеті, Алматы, Қазақстан

² Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

*E-mail: ulantaunakan@gmail.com

Түйіндемe: Соңғы жылдары рН, температура және электр өрісі сияқты т.б. сыртқы ортаның аздаған өзгерісіне жоспарлы түрде жауап бере алатын "ақылды" деп аталатын полимерлер көптеген салаларда кең қолданысқа ие болуда. Әсіресе, дәрілік заттарды қажетті орынға жоспарлы түрде тасымалдауда қолданылуы зерттеушілерге ерекше қызығушылық танытуда. Осы ақылды полимерлердің бір саласы термосезімтал полимерлер болып табылады. Термосезімтал полимерлердің ішінде ең танымалы N-изопропилакриламид негізіндегі гомо және сополимерлер болып табылады. Осы зерттеу Зерттеу жұмысында, термосезімтал полимерлердің қасиеттерін жетілдіру мақсатында күміс нанобөлшектері гидрогель құрамына енгізілді. N-изопропилакриламид пен 2-гидроксиэтилакрилат мономерлері негізіндегі гидрогельдер радикалдық полимерлену әдісі арқылы, ертіндіде (H₂O және AgNO₃ ертіндісінде) синтезделіп алынды. Күміс нанобөлшектерін алу тотығу-тотықсыздану (NaBH₄ арқылы) механизміне негізделсе, осы нанобөлшектердің гель құрамына енгізу диффузиялық әдіс арқылы жүзеге асты. Күміс нанобөлшектерінің гель құрамына пайда болуын, кинетикасын ультракүлгін спектроскопия әдісімен, ал нанобөлшектердің гелдің құрамына енгізілуін, гелің беттік морфологиясын сканерлеуші электронды микроскоп (СЭМ) арқылы зерттеп талдау жасалды. Сонымен бірге, күміс нанобөлшегі бар гидрогелдің антибактериялық қасиетке көрсетуі медико-биологиялық сынақтар арқылы зерттіліп талдау жасалды. Мұнда күміс нанобөлшегі бар гидрогелдің GP бактериясына қарсы жақсы белсенділік танытып, антибактериялық қасиет көрсететіні анықтады. Ал құрамында күміс нанобөлшегі жоқ гидрогельдің грам оң бактерияны жою, өлтіру қабілетінің жоқ екендігі нақтылы зерттеулер арқылы дәлелденді.

Түйінді сөздер: Термосезімтал полимерлер, гидрогельдер, радикалдық полимерлеу, нанобөлшектер, антибактериялық активтілік.

<i>Нақан Ұлантай</i>	<i>PhD, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Ермаганбетов Мүбәрәк Ермаганбетұлы</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Нурсұлтанов Мерей Елтайұлы</i>	<i>Техника ғылымдарының магистрі, аға оқытушы</i>
<i>Керимкулова Айгуль Жадраевна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Жүрсінбаева Мариямкүл Бұрқанқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Қыдырхан Ақерке</i>	<i>PhD докторант</i>

1. Кіріспе

Гидрогельдер физикалық немесе химиялық байланыстар арқылы байланысқан үш өлшемді (3D) құрлымға ие полимерлік материалдардың маңызды класы болып табылады. Бүгінгі таңда гидрогелдер өзіндік бірегей қасиеттеріне байланысты көптеген салаларда кеңінен қолданыс табууда. Осы қолдану бағыттары ішінде гидрогельдің әртүрлі формаларын ерекше қажетсінуде. Соның ішінде фармацевтика, сенсорлар, ауыл шаруашылығы, электронды құрылғылар, тіндік инженерия, дәрі-дәрмектерді жеткізу жүйелері, жараларды тану, жасанды тері, ластанған ортаны тазарту

мақсатындағы адсорбенттер ретінде пайдалану өте өзекті болып табылады [1-2].

Гидрогелдердің ішінде сыртқы ортаның аздаған өзгерісіне (рН, температура, электр және магнит өрісі, жарық т.б) жоспарланған түрде жауап бере алатын «ақылды» полимерлер деп аталатын гидрогельдердің тобынада ерекше назар аударуда [3,4]. Гидрогелдердің қасиеттерін жетілдіру мақсатында, металдық нанобөлшектерді енгізу қазіргі уақытта үлкен бағытқа айналууда. Метал нанобөлшектері гидрогелдердің қасиеттерін жетілдіру мақсатта қолданылады. Металл нанобөлшектері ретінде көп қолданыстағы күміс (Ag), платина (Pt), алтын (Au) және метал оксидтері (Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , (Al_2O_3) , TiO_2 , ZnO CuO т.б). Нанобөлшектер полимерлік гидрогелдердің антибактериялық, электр өткізгіштік, магниттік, механикалық беріктік сезімталдық сияқты ерекше қасиеттер береді [5,6].

N-изопропилакриламид пен 2-гидроксилакриламид негізіндегі тігілген полимерлердің құрамына күміс нанобөлшектерін енгізудің мақсаты осы гидрогелдің қасиеттерін түрлендіру және қолданыс аясын кеңейту болып табылады.

2. Тәжірибелік бөлім

N- изопропилакриламид (НИПААМ), 2-гидроксиэтилакрилат (2-ГЭА) (96%), Аммоний персульфат, N,N-метилен-бис-акриламид, натрий боргидрид және күміс нитраты (AgNO_3). Барлық реактивтер Sigma-Aldrich компаниясының өнімдері.

Термосезімтал гидрогелдердің беттік морфологиясы сканерлеуші электронды микроскопта (СЭМ; «JSM-6390LV»; JEOL, Japan) анықталды.

Инфрақызыл спектроскопия әдісі (FTIR-8400S) $400\text{-}400\text{см}^{-1}$ диапазонда, КВг -ның қажетті мөлшері қолданылып, таблетка жасау арқылы спектрлер алынды.

Күміс нанобөлшектерінің гель құрамына енгізілуін және тотығу-тотықсыздану процесін бақылау мақсатында ультракулгін спектроскопиясында (C-7000UV) зерттеу жүргізілді.

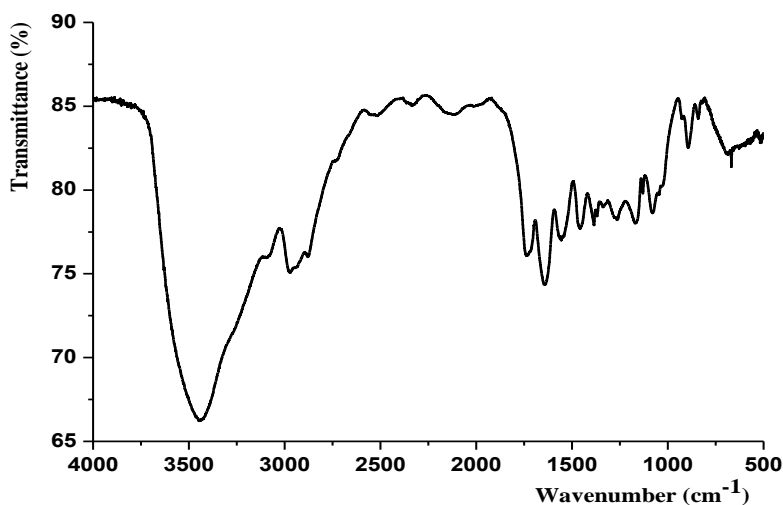
3. Нәтижелер және талқылау

N-изопропилакриламид негізіндегі сополимерлік гидрогелдің қасиеттерін жетілдіру мақсатында гидрогелдің құрамына күміс нанобөлшектері енгізілген. Зерттеу жұмысында N-изопропилакриламид (НИПААм) және 2-гидроксиэтилакрилат (ГЭА) негізіндегі тігілген сополимерлер ертіндіде полимерлеу процесі арқылы аммоний персульфатының қатысында 60°C температурада синтезделіп алынды. Тігуші агент ретінде N, N-метилен-бис-акриламидтың қажетті мөлшері қолданылды.

Күміс нанобөлшектерін алу процесі күміс нитратын (AgNO_3) натрий борогидридмен (NaBH_4) тотықсыздандыру арқылы алынды. Алдымен гидрогельдер күміс нитраты ертіндісінде синтезделді. Синтезделген

гидрогель реакцияға қатыспаған мономерлерден тазартылғаннан кейін тұрақты массаға дейін кептіріледі. Тұрақты массаға жеткен гидрогельді натрий борогидридi ертiндiсiне тасталып нанобөлшектер алынды.

Зерттелетiн сополимерлердiң құрылымы мен құрамына талдау жасау үшiн инфрақызыл спектроскопия (ИК) әдiсi қолданылды. НИПААМ-ГЭА сополимерiнiң ИК-спектрi 500-4500 cm^{-1} диапазонында тiркелдi. (1-сурет). Бұл спектрде С-Н (2968, 2971 және 2878 cm^{-1}), N-Н (3281 cm^{-1}), С=О (1640 cm^{-1}), С-N (1168 cm^{-1}) топтары көрсетiлген. Сонымен бiрге, 3100 -ден 3600 cm^{-1} -ге дейiнгi кең диапозпнда 3281 cm^{-1} және 3433 cm^{-1} шыңдары N-Н және ОН топтарының валенттiк тербелiстерiн көрсетедi. Осы көрсетiлген жолақтар негiзде НИПААМ-ГЭА сополимерiнiң құрлымдық формуласын толық сипаттайды.

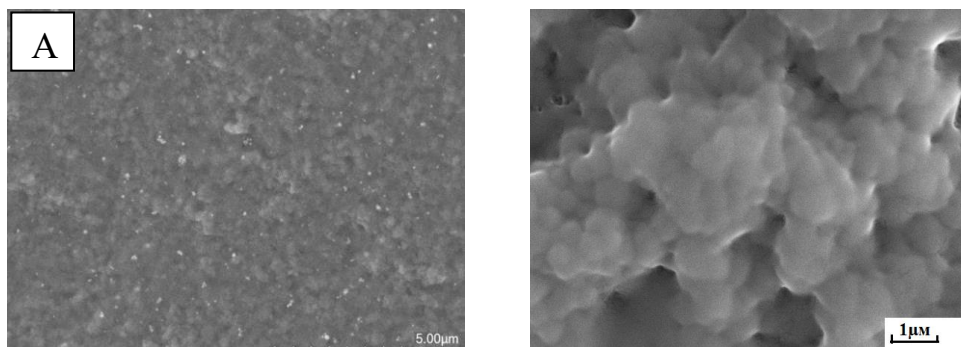


Сурет 1 – НИПААМ негiзiндегi гидрогелiнiң ИК спектрi.

Құрамында нанобөлшектерi бар полимерлiк материалдар биологиялық диагностикада, катализде, электроникада және көптеген салаларда кең қолданысқа ие болады. Басқа металдардың нанобөлшектерiмен салыстырғанда күмiс нанобөлшектерi зерттеушiлерге айтарлықтай қызығушылық тудыруы олардың оптикалық, каталитикалық, жақсы электр өткiзгiштiк, анти оксиданттық, химиялық тұрақтылық және антибактериялық қасиеттерiнiң болуына байланысты. Сонымен бiрге, күмiс нанобөлшектерiн (AgNPs) алуда радиоактивтi сәулелену (γ irradiation), фото және электрохимиялық тотықсыздану, ультрадыбыстық сәулелену, химиялық тотықсыздану және т.б. сияқты бiрнеше тәсiлдер кеңiнен қолданылды [7,8].

НИПААМ негiзiндегi гидрогелдiң құрамына енгiзiлген күмiс нанобөлшектерi күмiс нитратын (AgNO_3) натрий борогидридiмен химиялық

тотықсыздану арқылы синтезделген. Құрамында нанобөлшегі бар және нанобөлшексіз НИПААм мен ГЭА негізіндегі сополимерлік гидрогелдердің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу мақсатында әр түрлі заманауи зерттеу аппараттарының көмегімен анализдер жасалды. Нанобөлшектердің гель құрамына енгізілгенін анықтау үшін сканерлеуші электронды микроскопта (СЭМ) анализ жасалды (2-сурет). Анализ нәтижесі төмендегі суретте көрсетілген. Гельдің беттік морфологиясы 5 және 500 μm микросуреттер арқылы көрсетілген.



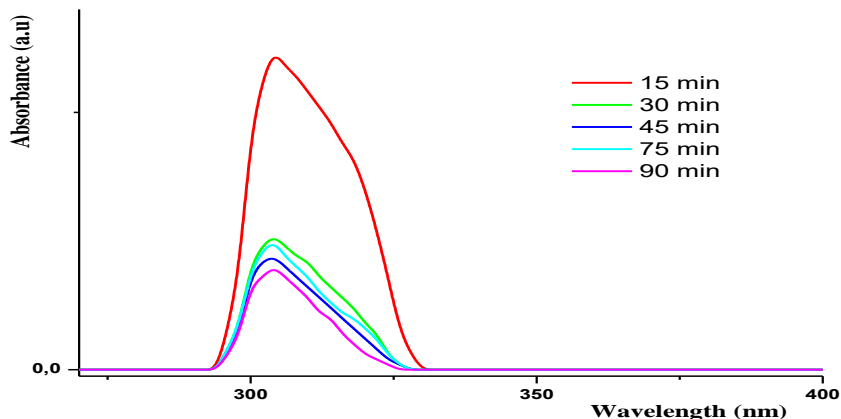
Сурет 2 – Құрамында күміс нанобөлшегі бар (А) және күміссіз (Б) гидрогелдің сканерлеуші электронды микроскоптағы микросуреті

Микросуреттен байқағанымыздай гель құрамына енгізілген күміс нанобөлшектері шашырайда, бір орынға шоғырланып та орналасқанын көруге болады.

Нанобөлшектердің гель құрамында пайда болуын тотығу-тотықсыздану процесі арқылы сипаттау мақсатында ультракүлгін спектроскопиялық талдау әдістері арқылы зерттеу жүргізілді.

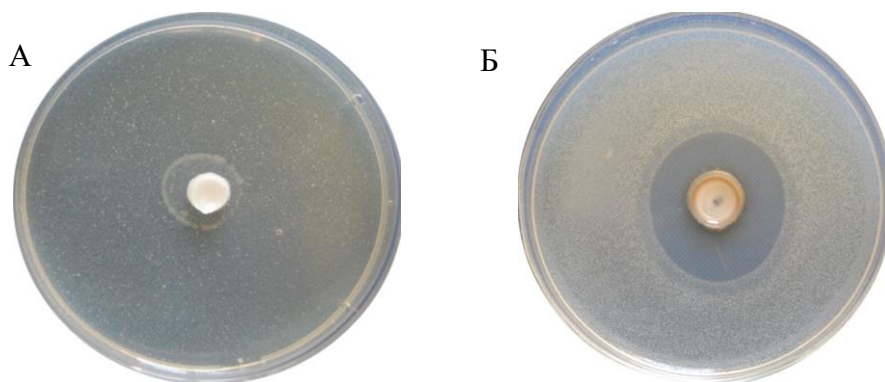
НИПААм-ГЭА сополимерлік гидрогелін синтездеу барысында сулы ертінді ретінде күміс нитратының ертіндісі (AgNO_3 , 0,1 моль/л) пайдаланылды. Гидрогелдер синтезделгеннен кейін сумен бірнеше апта бойы жуылып (синтезделмей қалған мономерлік қоспалардан тазарту мақсатында) тазартылады. Содан кейін, тұрақты массаға дейін кептірілді. Тұрақты массаға жеткен гидрогелді NaBH_4 ертіндісіне (0,1 моль/л) тасталады. Уақыт бойынша ультракүлгін (УФ) спектріндегі өзгерістері зерттелді. Күміс нанобөлшектері УФ -спектрінде 350 ден 500нм диапазонда көрінетіні әртүрлі зерттеулерден белгілі. Бұлардың барлығы нанобөлшектердің ертіндіде пайда болуын УФ спектрінде пайда боуын зерттеген. Құрғақ НИПААм-ГЭА гидрогелі NaBH_4 ертіндісінде өзінің көлемін бірнеше ұлғайтады. Бұл нанобөлшектердің ертіндіде емес гидрогелдің құрамында пайда боуына мол мүмкіндік береді. Сондықтан, 350 ден 500нм дейінгі аралықта ертіндіде ешқандай өзгеріс болмайды. Ал NaBH_4 ертіндісі УФ спектрінде 280нм толқын ұзындығында сіңіру шыңы көрінеді [9]. Ал гидрогел тасталған NaBH_4 ертіндісінің ең жоғарғы сіңіру

жолағы 284нм де көрініп уақытқа байланысты біртіндеп төмендейтіндігін көруге болады. Бұл гидрогелдің ертіндіні өзіне сіңіріп, ішкі құрлымында нанобөлшектердің пайда болғанын сипаттайды.



Сурет 3 – Күміс нитратында синтезделген НИПААм-ГЭА гидрогелінің натрий борогидриді ертіндісіндегі сіңіру спектрлері (UV-Vis absorption).

Құрамында күмісі бар гидрогелдердің пайда болуын сипаттаумен қатар антибактериялық қасиеттері де зерттелді. Құрамында күміс нанобөлшегі бар және күміссіз гидрогелдің бактерияны жою қабілетін қоректік агарда диффузиялық әдіспен зерттелді. Синтезделіп алынғаннан кейін гидрогелдер реакцияға түспей қалған мономерлерді жою үшін гидрогельдер бірнеше апта бойы дистилденген сумен жуылады. Диаметрі 7-8 мм және биіктігі 1 мм дискілер дайындалады. Гидрогель дискілері тұрақты массаға дейін толық кептірді. Толық кепкен суда және күміс нитраты ертіндісінде синтезделген гидрогель үлгілері қажетті мөлшердегі суға және NaBH_4 ертіндісіне тасталады. Үлгілер бөлме температурасында 24 сағат бойы сақталды. Гидрогельді дискілер қажетті ерітінділерді сіңіріп, жұмсақ дискілік пішінін сақтайды.



Сурет 4 – Құрамында күміс нано бөлшектері бар және күміссіз гидрогелдің GP (*Staphylococcus aureus*) бактериясына қарсы белсенділігі

Микроорганизм ретінде грам оң (GP) бактерия болып табылатын *Staphylococcus aureus* (ATCC 6538-р *Staphylococcus aureus*) арнайы петри табақшасында дайындалған. Осы петри табақшасына гидрогельдер отырғызылғаннан кейін 24 сағат бойы 37°C термостатта сақталады. Мұнда құрамында күмісі бар (Б) және күміссіз (А) гидрогелдің антибактериялық қасиетін сипаттайтын зерттеу нәтижелері 4 суретте көрсетілген. Күміссіз НИПААм-ГЭА гидрогелінің антибактериялық қасиет көрсетпейтінін және 37°C термостатта құрамындағы суды біртіндеп бөліп шығаратынын көруге болады. Ал құрамында күміс нитратында синтезделіп, NaBH_4 ертіндісіне тасталған гидрогелдің тамаша антибактериялық қасиет көрсететінін көруге болады.

4. Қорытынды

1. НИПААм-ГЭА негізіндегі тігілген сополимерлер заттық иницирлеу арқылы ертіндіде синтезделіп алынды. Синтезделген гидрогелдің құрамындағы күміс нитратын тотықсыздандырғыш (NaBH_4) арқылы күміс нанобөлшектері пайда болды.

2. Осы гидрогелдердің құрлысы, құрлымы, беттік морфологиясы ИК, СЭМ әдістері арқылы зерттеліп, гидрогелдің құрамында нанобөлшектің бар екендігі дәлелденді.

3. Гидрогельдің күміс нанобөлшектерінің UV спектрдегі диапазонда көрінбеу себебі, оның гель құрамында пайда боуына байланысты. Бірақ NaBH_4 ертіндісінің өзгерісіне байланысты нанобөлшектердің пайда болғанына болжам жасалды.

4. НИПААм-ГЭА гидрогелінің антибактериялық қасиет көрсетпейтіні, ал гидрогел құрамына күміс нанобөлшектерін қосқанда гидрогелдің бактерияны жою қабілетінің артатынын дәлелденді.

Қаржыландыру: Ешқандай қаржыландыру қарастырылмаған.

Мүделер қактығысы: Бұл зерттеу жұмысында авторлар арасында мүделік қактығыс жоқ.

СИНТЕЗ И ХАРАКТЕРИСТИКА СОПОЛИМЕРОВ НА ОСНОВЕ N-ИЗОПРОПИЛАКРИЛАМИДА С НАНОЧАСТИЦАМИ СЕРЕБРА

У. Нақан^{1*}, М.Е. Ермаганбетов¹, М.Е. Нурсултанов¹, А.Ж. Керимкулова¹,
М.Б. Журсинбаева¹, А. Кыдырхан²

¹Сатпаев университет, Алматы, Қазақстан

²Казахский Национальный Университет имени Аль-Фараби, Алматы, Қазақстан

*E-mail: ulantaynakan@gmail.com

Резюме: В последние годы так называемые "умные" полимеры, которые могут планомерно реагировать на небольшие изменения внешней среды, такие как pH, температура и электрическое поле, находят широкое применение во многих областях. Исследователи особенно заинтересованы в использовании лекарств для транспортировки в нужное место в организме человека. Одним из типов этих умных полимеров являются термочувствительные полимеры. Среди термочувствительных полимеров наиболее известны гомо-и сополимеры на основе N-изопропилакриламида. В исследовательской работе с целью совершенствования свойств термочувствительных полимеров в состав гидрогеля были добавлены наночастицы серебра. Гидрогели на основе мономеров N-изопропилакриламида и 2-гидроксиэтилакрилата были синтезированы методом радикальной полимеризации в растворе (в растворе H₂O и AgNO₃). В то время как получение наночастиц серебра основано на окислительно-восстановительной (через NaBH₄) механизме, образование этих наночастиц в составе геля осуществлялось методом диффузии. В то время как введение наночастиц серебра в состав геля контролировалось методом ультрафиолетовой спектроскопии, его включение в состав геля было подтверждено с помощью сканирующего электронного микроскопа (СЭМ). Между тем, гидрогель, содержащий наночастицу серебра, проявляет антибактериальные свойства, было исследовано с помощью медико-биологических тестов. Здесь было показано, что гидрогель, содержащий серебро, обладает хорошими антибактериальными свойствами, тогда как гидрогель без серебра не обладает способностью уничтожать бактерии.

Ключевые слова: термочувствительные полимеры, гидрогели, радикальная полимеризация, наночастицы, антибактериальная активность.

<i>Нақан Улантай</i>	<i>PhD, ассоциированный профессор</i>
<i>Ермаганбетов Мубарак Ермаганбетұлы</i>	<i>Доктор химических наук, профессор</i>
<i>Нурсултанов Мерей Елтайұлы</i>	<i>Магистр технических наук, старший преподаватель</i>
<i>Керимкулова Айгуль Жадраевна</i>	<i>Кандидат химических наук, ассоциированный профессор</i>
<i>Журсумбаева Мариямкуль Буркановна</i>	<i>Кандидат химических наук, ассоциированный профессор</i>
<i>Кыдырхан Акерке</i>	<i>PhD докторант</i>

References

1. Enas M. Hydrogel: Preparation, characterization, and applications: A review. *J. Adv. Res.* **2015**, 6 (2), 105-121. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2013.07.006>
2. Ujith S.K., Madihally S.V. Synthetic hydrogels: Synthesis, novel trends, and applications. *J. Appl. Polym. Sci.* **2021**, 138 (19), 50376. <https://doi.org/10.1002/app.50376>
3. Bordbar-Khiabani A., Gasik M. Smart hydrogels for advanced drug delivery systems. *Int. J. Mol. Sci.* **2022**, 23(7), 3665. <https://doi.org/10.3390/ijms23073665>
4. Nakan U., Mun G.A., Shaikhutdinov Y.M., Yeligbayeva G.Z., Bieerkehazhi S. Hydrogels based on N-isopropylacrylamide and 2-hydroxyethylacrylate: synthesis, characterization, and investigation of their antibacterial activity. *Polym. Int.* **2020**, 69, 1220–1226. <http://dx.doi.org/10.1002/pi.6065>

5. Paydayesh A., Heleil L., Dadkhah A. Preparation and application of poly (hydroxyl ethyl methacrylate) nanocomposite hydrogels containing iron oxide nanoparticle as wound dressing. *Polym. Compos.* **2022**, 30, 1-10. <http://dx.doi.org/10.1177/09673911211063106>
6. Memic A., Alhadrami H.A., Hussain M.A., Aldhahri M., Al Nowaiser F., Al-Hazmi F., Oklu R., Hydrogels 2.0: improved properties with nanomaterial composites for biomedical applications. *Biomed. Mater.* **2015**, 23, 11(1), 014104. <http://dx.doi.org/10.1088/1748-6041/11/1/014104>
7. Xin Y., Xiao H.J., Jing J., Ming Y.L., Jun L. Synthesis of triangular silver nanoprisms by stepwise reduction of sodium borohydride and trisodium citrate. *J. Phys. Chem. C* **2010**, 114 (5). 2070–2074. <https://doi.org/10.1021/jp909964k>
8. Bushra Y., Chinky G., Rashmi N., Saurabh K., Joy S., Monisha B., Radhey M.N. Gabapentin loaded silver nanoparticles (GBP@AgNPs) for its promising biomedical application as a nanodrug: Anticancer and Antimicrobial activities. *Inorg. Chem. Commun.* **2023**, 149, 110380. <https://doi.org/10.1016/j.inoche.2022.110380>
9. Balouch A., Ali U.A., Shah A.A., Oyama M. Efficient Heterogeneous catalytic hydrogenation of acetone to isopropanol on semihollow and porous palladium nanocatalyst. *ACS Appl. Mater. Interfaces* **2013**, 5(19), 9843–9849. <https://doi.org/10.1021/am403087m>

NEW POLYMERIC SORBENTS WITH THIA CROWN-ETHER GROUPS

M.K. Kurmanaliev¹, N.A. Bektenov², K.A. Sadykov², K.Zh. Bazarbaeva³

¹JSC Almaty Technological University, Almaty, Kazakhstan

²JSC Bekturov Institute of Chemical Sciences, Almaty, Kazakhstan

³NJSC "L.N. Gumilyov Eurasian National University", Astana, Kazakhstan

*E-mail: bektenbna@gmail.com

Abstract: *Introduction.* The selectivity of compounds depends on the structure of the ligands in the molecule, the presence of functional groups and donor atoms in it. It is known that the high selectivity of the reagents depends not only on the nature of the donor atoms in the ring, but also on the stability of the ring structure. The preparation of polymers containing a thiacyclic crown ether group is an urgent task, since such groups make it possible to obtain selective sorbents. *The purpose of the work:* is the synthesis of new selective sorbents containing a thiacyclic crown ether group and the study of their complexing properties with respect to silver ions. *Results and discussions:* To obtain polymers for this purpose, the reaction of the interaction of a gel and a porous copolymer of chloromethylated styrene and divinylbenzene with aminobenzothiacrown ethers was studied. Using various influencing factors, it was possible to obtain sorbents with a high exchange capacity (2.5 mmol/g). When studying the sorption of silver(I) ions from aqueous solutions by a supramolecular sorbent with a thiacyclic crown ether group, it was shown that the optimal pH value is 6, the contact time is 60 min. The maximum sorption capacity of the sorbent for silver (I) ions reaches 240.8 mg/g. *Conclusion:* Thus, the ability of the proposed polymer sorbents to complexation depends on the ratio of reagents, the nature of the silver-containing reagent, the size of the macrocycle and the density of the ligand, which is determined by the amount of sulfur in thiacyclic crown esters.

Keywords: thiacyclic crown ether, sorption capacity, copolymer of styrene and divinylbenzene, silver ions.

<i>Kurmanaliev Musrepbek Kurmanalievich</i>	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor, e-mail: mkk@mail.ru</i>
<i>Nesiphan Abzhaparovich Bektenov</i>	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor, e-mail: bektenbna@gmail.com</i>
<i>Kanat Amirkulovich Sadykov</i>	<i>Master of Chemistry, e-mail: kanat.sadykov.80@bk.ru</i>
<i>Bazarbaeva Karlygash Zhaksybekovna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, e-mail: Karlygash.ba@mail.ru</i>

Citation: Kurmanaliev M.K., Bektenov N.A., Sadykov K.A., Bazarbaeva K.Zh. New polymeric sorbents with thiacyclic crown-ether groups. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 67-76. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.07>

ТИАКРАУН-ЭФИР ТОБЫ БАР ЖАҢА ПОЛИМЕРЛІК СОРБЕНТТЕР

М.Қ.Құрманалиев¹, Н.А.Бектенов², Қ.А. Садықов², Қ.Ж.Базарбаева³

¹ Алматы технологиялық университеті АҚ, Алматы, Қазақстан

² «Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

³ «Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті» КеАҚ, Астана, Қазақстан

*E-mail: bektenbna@gmail.com

Түйіндемe. Кіріспе. Краун-эфирлі қосылыстардың металл иондарымен талғамды әрекеттесу қабілеті, олардың практикада кеңінен қолданылуының негізі болып табылады. Қосылыстардың селективтілік қасиеттері молекула құрамындағы лигандтардың құрылысына, ондағы функционалды топтар мен донорлы атомдардың болуына тікелей байланысты болады. Реагенттердің жоғары талғамды қасиеттерінің болуы, циклдегі донорлы атомдардың табиғатына ғана емес, сол цикл құрылымының тұрақтылығына да тәуелді болатыны белгілі. Құрамында тиакраун тобы бар полимерлер алу өзекті мәселе болып табылады. Өйткені ондай топтар селективтілік қасиеттері жоғары талғампаз сорбенттер алуға мүмкіндік береді. *Жұмыстың мақсаты* – құрамында тиакраун – эфир тобы бар жаңа селективті ионалмастырғыш сорбенттер синтездеп алу және олардың күміс иондарына қатысты комплекс түзу қасиеттерін зерттеу болып табылады. *Нәтижелер мен талқылаулар:* Жоғарыда аталған Осындай мақсаттағы полимерлер алу үшін гелді және кеуекті хлорметилденген стирол және дивинилбензол сополимері (ХМС) мен аминобензотиакраун-эфирлердің әрекеттесу реакциясы зерттелді. Әсер ететін әртүрлі факторларды қолдана отырып, ионалмасу сыйымдылығы жоғары (2.5 ммоль/г) сорбенттер алуға қол жеткіздік. Сулы ерітінділерден тиакраун-эфир тобы бар супрамолекулалық сорбентпен күміс (I) иондарының сорбциялануын зерттеу үшін оңтайлы ерітіндінің рН ортасының мәні 6 болатынын көрсетті. Ерітінді мен сорбенттің жанасу уақыты 60 минут болғанда күміс (I) иондарына қатысты сорбенттің максималды сорбциялық қабілеті 240.8 мг/г жетеді. *Қорытынды:* Сонымен, ұсынылып отырылған полимерлі сорбенттердің комплекс түзу қабілеті реагенттердің қатынасына, құрамында күмісі бар реагенттің табиғатына, макроцикл өлшеміне және тиакраун-эфирлердегі күкірт санымен анықталатын лигандтың дентанттылығына байланысты болады. Максималды сорбциялық қабілеттілікке 15-мүшелі краун-эфирін қолданған жағдайда қол жеткізілді.

Түйін сөздер: тиакраун-эфир, сорбциялық сыйымдылық, стирол және дивинилбензол сополимері, күміс иондары.

Құрманалиев Мүсірeпбек Құрманәліұлы химия ғылымдарының докторы, профессор

Несіпхан Әбжапарұлы Бектенов химия ғылымдарының докторы, профессор

Қанат Әмірқұллы Садықов ғылыми қызметкер, оқытушы

Базарбаева Қарлығаш Жақсыбекқызы химия ғылымдарының кандидаты, аға оқытушы

1. Кіріспе

Соңғы он жылдықтардағы жетістіктердің бірі синтетикалық макроциклді қосылыстар (краун-эфирлер және криптантар) мен олардың ациклді аналогтарын (поданттар) катион, анион және бейтарап төменгі молекулалы заттарға комплекстүзгіш ретінде қолдану, ғылыми және практикалық тұрғыдан зор қызығушылық туғызуда. Краун-эфирлер синтезінде «хозяин-гость», эфирлер синтезі супрамолекулалық химияның пайда болуына алып келді. Қазіргі таңда көптеген жаңа макроциклді қосылыстар синтезделіп, олардың қолдану аясы да күрт артып отыр [1-3]. Құрамында макроциклді қосылыстар және олардың ашық тізбекті

аналогтары бар полимерлі сорбенттерді бөлу және алдын ала концентрациялау үшін пайдалану бірқатар себептер бойынша экстракцияға қарағанда кейбір жағдайларда қолайлырақ, біріншіден, оларды өңдеу және қайта пайдалану үшін қалпына келтіру оңайырақ, екіншіден, құрамында крауны бар сорбенттер мономерлік аналогтарына қарағанда арзанырақ және улылығы аз, үшіншіден, талданатын затты мономерлі макроциклді қосылыстармен экстракциялаудың тиімділігі кейбір жағдайларда олардың суда жартылай ерігіштігіне байланысты төмендейді [4-6]. Ауыр және өтпелі металл иондарымен тұрақты комплекс түзуді қамтамасыз ететін оттегіден басқа макроциклдердегі гетероатомдардың ішінде атомы оттегінің электронды аналогы болып табылатын күкірттің маңызы зор. Екінші жағынан, молекула сақинасының құрамында осындай гетероатомдардың болуы, макроциклдегі донор-атомдары мен металл атомдарының және жұмсақ қышқыл мен негіздердің сәйкестіктерін қамтамасыз етеді (Пирсон концепциясы) [7-9].

Дей тұрғанмен, сақина құрамында күкірт атомдары бар краун-эфирлі полимерлер әлі де толық зерттелмеген. Осыған байланысты соңғы жылдарда жаңа температураға сезімтал құрамында N- изопропилакриламиді бар циклдік моноаза-тетратиа-краун эфирдің сополимерлерімен, 13-19-мүшелі тиа-краун эфирлері бар су ерітінділерінен Ag^+ иондарын жоғары селективті сорбция зерттелуде, краун эфирлердің негізінде кинетикасы, тұрақтылығы, селективтілігі және Au^{3+} иондарының адсорбциясы жоғары көрсеткіштерімен полимерлер синтезделген және басқа да осыған ұқсас зерттеулер жалғасуда [10-12].

2. Тәжірибелік бөлім

Құрамында 18.2% хлор бар стирол мен дивинилбензолдың (ХМС. 8% дивинилбензол) гелді және макрокеуекті хлорметилденген сополимерлері қолданылды.

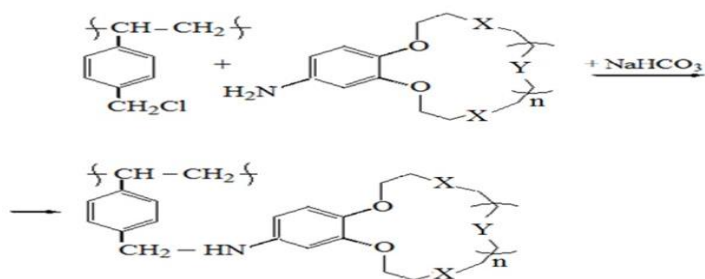
Сорбциялық сымдылығы мен білгілі бір дәрежеде ісінетін, шығымы жоғары полимерлерді алу үшін, кері тоңазытқыш, термометр және механикалық араластырғышпен жабдықталған үш ұңғылы шыны колбаға, сары түсті хлорметилденген стирол және дивинилбензол сополимерін (20 г) салып, үстіне диметилформамид (10-15 мл) құйып, осы полимер ісінгенше араластырылды. Бір сөткеден кейін полимер ісінгеннен соң колбаға аминобензо-5, 11-дитиа-15-краун-5 қосылысы салынды. Колбадағы осы қоспаны 90°C температурада, 6-8 сағат жоғары жылдамдықта араластырылды. Реакция өнімі бөлме температурасына дейін салқындатылып, фильтрленіп, дистилденген сумен жуылып, алынған поликраун-эфирлі қосылыс тұрақты массаға дейін кептірілді.

Өртүрлі концентрациядағы ерітінділерді дайындау үшін химиялық таза сортты күміс нитраты $AgNO_3$ қолданылды. Күміс нитратының ерітінділерінен сұйылту арқылы 0.1-ден 2.0 мг/мл күміске дейінгі белгілі бір концентрациядағы Ag^+ катиондарының үлгілік ерітінділері дайындалды.

Ерітінділерден Ag^+ иондарының адсорбциясы бөлме температурасында статикалық режимде жүргізілді [12]. Ол үшін 1 г адсорбент алынып, 0.1-2.0 мг/мл күмістен 50 мл белгілі концентрациядағы күміс ерітіндісі қосылды. Ерітінділер берілген температурада тепе-теңдікті орнату үшін бір тәулікке қалдырылды. Осы уақыт ішінде ерітінді мен сорбент арасында күміс иондарының сорбенттердегі алмасу процестері және сорбциясы жүреді. 0.5, 1, 2 және 24 сағаттан кейін ерітінділердегі күмістің тепе-теңдік концентрациясы анықталды. Ерітінділердегі Ag^+ иондарының концентрациясын атом-адсорбциялық (30-35В, Perkin Elmer, USA) өдіспен анықталды. ИҚ-спектрлері КВг таблеткаларында Vector-22 Фурье-спектрометрінде жазылған.

3. Нәтижелер және оларды талқылау

Полимерлі краун-эфирлерді синтездеу саласындағы кеңінен қолданылатын әдіс, ол тасымалдағыш полимерлерге макроциклді төменгі молекулалы қосылыстарды иммобилизациялау. Осындай мақсаттағы полимерлер алу үшін гелді және кеуекті хлорметилденген стирол және дивинилбензол сополимері (ХМС) мен аминобензо-5, 11-дитиа-15-краун-5 (АБДТ15К5) макроциклді қосылысының әрекеттесу реакциясы зерттелді:



Краун-эфирлі функционалды топтармен иммобилизацияланған полимерлердің қасиеттері, негізінен полимерлердің құрамындағы осы функционалды топтардың қаншалықты енгізілгеніне, яғни мөлшеріне байланысты болады. ХМС сополимерінің краун-эфирлі функционалды топтармен иммобилизациялану дәрежесі бірнеше факторларға байланысты болады. Ол факторлардың негізгілері: мономерлердің тазалығы мен қатынастары, ерітіндінің концентрациясы, температура мен реакцияны жүргізу уақыты және еріткіштің табиғаты. Жүргізілген реакция нәтижелері кестеде келтірілген (кесте). Әсер ететін әртүрлі факторларды қолдана отырып, алмасу сыйымдылығы жоғары сорбенттер алуға қол жеткіздік. Айта кететін бір жайт, ол тиакраун эфири тобы бар алынған сорбенттер сілтілік және сілтілік-жер металдарды сорбцияламайды.

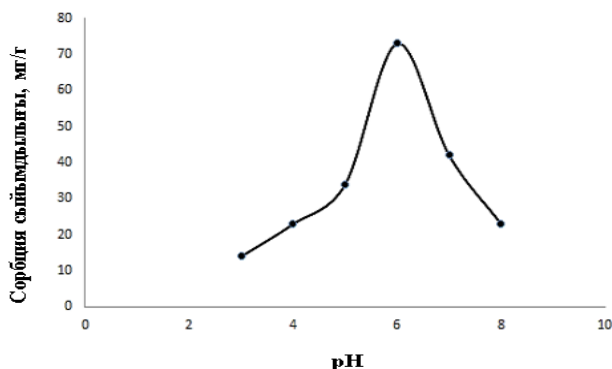
Алынған сорбент құрылымы ИҚ-спектроскопия арқылы зерттелді. Сорбенттің ИҚ спектрінде келесі тербелістер байқалады: 3448 см^{-1} кезінде –

НН-тобының тербелісі, $\text{C}=\text{O}$ -топтары – 1733 см^{-1} , NH -тобының иілу тербелісі – 1641 см^{-1} , ароматты сақинаның $\text{C}-\text{C}$ - байланыстарының созылу тербелісі – 1539 см^{-1} , иілу тербелісі $\text{C}-\text{C}$ - ароматты сақинадағы байланыстар - $1075\text{--}1027 \text{ см}^{-1}$ (ароматты сақина жазықтығында) және $914\text{--}693 \text{ см}^{-1}$ (ароматты сақина жазықтығынан тыс).

Кесте 1 – Полимерлі тасымалдаушылардағы макроциклдерді иммобилизациялау нәтижелері

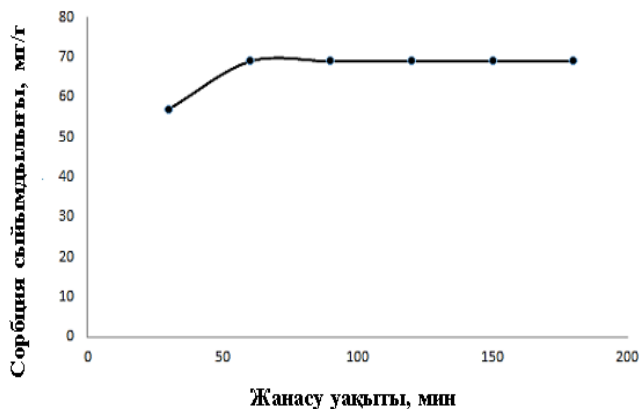
Аминобензотиакр аун-эфир	Түрлену терендігі, %	САС, ммоль/г	Ag^+ иондары бойынша СС, ммоль/г
a	92.1	2.5	1.8
b	91.2	2.4	2.4
c	90.8	2.0	1.6
d	89.0	1.8	1.4
e	92.0	2.4	1.0

Орта рН-ың әсері. Сұйық фазадағы сутегі иондарының концентрациясы металл иондарының сорбенттермен күрделі түзілу реакциясының тепе-теңдігіне әсер ететін маңызды факторлардың бірі болып табылады. Ag(I) иондарының сорбциясы сулы ортаның статикалық жағдайында жүргізілді, өзгертін параметр тек ортаның қышқылдығы болды ($\text{pH} = 3\text{--}8$). Сыйымдылығы мен пішіні бірдей конустық колбаларға бірдей мөлшерде (50.000 мг) сорбент қосылды. Сұйық фазаның жалпы көлемі және әрбір колбадағы металл иондарының концентрациясы тұрақты болып қалды. әжірібе нәтижелері бойынша сорбция дәрежесі рН 6 шамасында максимум арқылы өтеді. Мұны рН төмен болғанда Ag(I) иондарының адсорбциясы төмен болатынымен түсіндіруге болады. рН артып, 6 мәніне жеткенде, сорбция орындары қолжетімді болады. Демек, күміс(I) иондарының адсорбциясы артады. Бұл күміс(I) иондарының сорбциялану механизмі рН-қа қатты тәуелді екенін көрсетеді. 1-суретте сорбенттің сорбциялық қабілетінің рН-на тәуелділігін графикалық түрде көрсетілген.



Сурет 1 – Сорбенттің сорбциялық сыйымдылығының ортаның рН-на тәуелділігі; $m=30$ мг, $V=20$ мл, $C_{Me} = 10^{-2}$ моль/л.

Сорбент пен сұйық ортаның жанасу уақыты металл иондарының сорбциясы мен сыйымдылығына әсер ететін маңызды көрсеткіш. Жанасу уақытының әсерін зерттеу үшін 50 мл конустық колбаларға 50 мг сорбент қосылды. Сұйық фазаның жалпы көлемі 20 мл болды. Тәжірибе нәтижелері уақыт өткен сайын $Ag(I)$ сорбциясының жоғарылайтынын көрсетті. $Ag(I)$ толық сорбциясы статикалық жағдайда бір сағатта жүреді. 2-суретте сорбенттің сорбциялық қабілетінің жанасу уақытына тәуелділігін графикалық түрде көрсетеді.



Сурет 2 – Жанасу уақытының сорбциялық сыйымдылыққа әсері; $m=30$ мг, $V=20$ мл, $C_{Me} = 10^{-2}$ моль/л.

Сорбенттің кинетикалық сипаттамаларын зерттеу $20^{\circ}C$ температурада бастапқы концентрациясы $C_0 = 1$ мг / мл Ag^+ модельдік ерітінділерінде жүргізілді. Алынған кинетикалық қисық классикалық түрі бар: процесс уақытының ұлғаюымен ерітіндідегі күмістің қалдық концентрациясы

төмендейді. Адсорбцияның тиімді курсына сәйкес келетін ең елеулі төмендеу бірінші сағатта байқалады. Бұл бөлімдегі кинетикалық қисық сызықты дерлік барысы процестің бірінші кинетикалық ретін қабылдауға мүмкіндік береді.

$$\frac{dC}{d\tau} = -k \cdot C$$

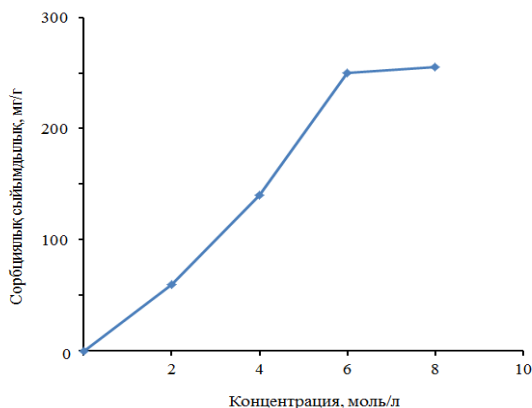
мұндағы C – ерітіндідегі күмістің концентрациясы; k - жылдамдық константасы (мин^{-1}).

Бұл теңдеуді интеграциялау тиакраун-эфир негізіндегі күкіртті сорбентпен күміс иондарының адсорбциялануының кинетикалық моделін алуға және жылдамдық константасын есептеуге мүмкіндік береді:

$$C = C_0 \cdot e^{-k\tau}$$

$$k = \frac{1}{\tau} \ln \frac{C_0}{C}$$

Реакцияның бірінші реті процестің диффузиялық және кинетикалық аймақтарына сәйкес келуі мүмкін. Алайда, сулы ерітінділердегі металл иондарының көпшілігінің диффузиялық коэффициенттері 10^{-4} – 10^{-5} $\text{см}^2/\text{с}^{-1}$ деңгейінде болатынын ескере отырып, жалпы адсорбция жылдамдығы шектеулі деп болжауға болады. Сорбентте күкірт атомдарының көп болуы адсорбция әрекетінің комплексті-координациялық механизм бойынша жылдам жүруін қамтамасыз етеді. Бірақ мұндай кешеннің түзілуі қатты сорбент бетіндегі күкірт атомдарының орналасуы арасында белгілі геометриялық сәйкестікті қажет етеді, бұл әрқашан мүмкін емес. Ag^+ *бастапқы концентрациясының әсері*. Қатты фазамен адсорбцияланған металдың мөлшерін анықтау үшін Ag(I) иондарының концентрациясы $0.4 \cdot 10^{-3}$ -тен $8.0 \cdot 10^{-3}$ моль/л-ге дейін өзгертін ерітінділер алдын ала дайындалды. Тәжірибе нәтижелері металдың бастапқы концентрациясының жоғарылауымен адсорбцияланған Ag(I) иондарының мөлшері артып, $8.0 \cdot 10^{-3}$ моль/л максимумға жететінін көрсетті. Бастапқы металл концентрациясының одан әрі жоғарылауы адсорбцияланған Ag(I) иондарының мөлшерінің айтарлықтай өзгеруіне әкелмейді. Сорбенттің сіңірілген Ag(I) иондарына қатысты есептік максималды адсорбциялық қабілеті 240.8 мг/г құрады. Сорбенттің сорбциялық қабілетінің күміс (I) иондарының бастапқы концентрациясына тәуелділігі графикалық түрде 3-суретте көрсетілген.



Сурет 3 – Ag(I) иондарының бастапқы концентрациясының сорбциялық сыйымдылыққа әсері; $m=30$ мг, $V=20$ мл.

Сорбенттің Ag(I) иондарына қатысты сорбциялық қабілеті келесі формула бойынша есептелінді: $A=(C_0-C_T) \cdot V/m$,

мұндағы C_0 , C_T – металл иондарының бастапқы және тепе-теңдік концентрациялары, ммоль/л; m –сорбенттің массасы, г; V –тұз ерітінділерінің көлемі, л. *Иондық күштің әсері.* Сорбциялық қабілетінің ерітіндінің иондық күшіне тәуелділігі зерттелді. Күміс құрамында 0.1–1.4 М KCl бар ерітінділерден сорбцияланды. KCl болуы адсорбциялық қабілеттілікті $\mu = 1.0$ мәніне дейін арттырды. Әрі қарай концентрациясы 1.0 М-ден жоғары KCl ерітінділерінен металл сорбциясының айтарлықтай төмендеуі байқалды. Одан кейінгі барлық тәжірибелер иондық күші 1.0 М ерітінділерде жүргізілді. *Десорбцияны зерттеу.* Макроциклді сорбенттердің регенерациясы және қайта пайдалану мүмкіндігі функционалдық топтардың табиғатына және сорбент фазасында түзілетін комплекстің тұрақтылығына байланысты. Сорбент үлгілері сыйымдылығы мен пішіні бірдей конустық колбаларға салынды. Сорбент сіңірген металл иондарын алу үшін әртүрлі концентрациядағы (0.5; 1.0; 1.5; 2.0 М) минералды және органикалық қышқылдар HNO_3 , CH_3COOH пайдаланылды. Тәжірибе нәтижелері қатты фазадағы күміс (I) иондарына қатысты ең жақсы элюионды қасиеттердің 0.5 М HNO_3 ерітіндісіне ие екенін көрсетті: десорбциядан кейінгі сорбциялық қабілеттілік 42.75 мг/г мәнге өзгерді. Салыстыру үшін сол концентрацияда (0.5 М) CH_3COOH ерітіндісімен күміс иондарының десорбциясы 8.44 мг/г құрады.

4. Қорытынды

1. Осылайша, сулы ерітінділерден синтетикалық тиакраун-эфир тобы бар супрамолекулалық сорбентпен күміс(I) иондарының сорбциялануын зерттеу үшін оңтайлы рН мәні 6 болатынын көрсетті, жанасу уақыты 60 мин. Күміс (I) иондарына қатысты сорбенттің максималды сорбциялық

қабілеті 240.8 мг/г жетеді. Максималды сорбциялық қабілеттілікке 15-мүшелі краун-эфирін қолданған жағдайда қол жеткізілді.

Қаржыландырылу. Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым Комитеті 2023-2025 жылдарға арналған «Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ № BR21882220 «Шөлді және тозған жерлерде қолдануға арналған көпфункционалды тыңайтқыштар, композициялар, препараттар мен материалдар синтездеу және технологияларын құру» жобасы аясында орындалды.

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

НОВЫЕ ПОЛИМЕРНЫЕ СОРБЕНТЫ С ТИАКРАУН-ЭФИРНЫМИ ГРУППАМИ

М.К. Курманалиев¹, Н.А. Бектенов², К.А. Садыков², К.Ж. Базарбаева³

¹АО Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан

²АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектұрова», Алматы, Казахстан

³НАО «Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева», Астана, Казахстан

*E-mail: bektenbna@gmail.com

Резюме. Введение. Способность краун-эфирных соединений эффективно реагировать с ионами металлов лежит в основе их широкого применения на практике. Селективность соединений зависит от строения лигандов в молекуле, наличия в ней функциональных групп и донорных атомов. Известно, что высокая селективность реагентов зависит не только от природы донорных атомов в цикле, но и от устойчивости структуры цикла. Получение полимеров, содержащих тиакраун-эфирную группу, является актуальной задачей, поскольку такие группы позволяют получать селективные сорбенты. *Цель работы:* синтез новых селективных сорбентов, содержащих тиакраун-эфирную группу, и изучение их комплексообразующих свойств по отношению к ионам серебра. *Результаты и обсуждения:* Для получения полимеров для этой цели была исследована реакция взаимодействия гелевого и пористого хлорметилированного стирола и сополимера дивинилбензола (ХМС) и аминокбензотиакрауна-эфиров с образованием полимеров аналогичного назначения, упомянутых выше. Используя различные влияющие факторы, удалось получить сорбенты с высокой ионообменной емкостью (2.5 ммоль/г). Показано, что оптимальное значение рН среды раствора для исследования сорбции ионов серебра (I) супрамолекулярным сорбентом, содержащим группу тиакраун-эфир из водных растворов, равно 6. Максимальная сорбционная способность сорбента по отношению к ионам серебра (I) достигает 240.8 мг/г при времени контакта раствора и сорбента 60 минут. *Заключение:* Таким образом, комплексообразующая способность предложенных полимерных сорбентов будет зависеть от соотношения реагентов, природы серебряносодержащего реагента, размера макроцикла и дентантности лиганда, определяемой количеством серы в тиакраун-эфирах. Максимальная сорбционная способность достигалась при использовании 15-членного краун-эфира.

Ключевые слова: тиакраун-эфир, сорбционная емкость, сополимер стирола и дивинилбензола, ионы серебра.

Курманалиев Мусрепбек Курманалиевич доктор химических наук, профессор

Бектенов Несипхан Абжапарович доктор химических наук, профессор

Садыков Канат Амиркулович научный сотрудник, преподаватель

Базарбаева Карлыгаш Жаксыбековна кандидат химических наук,
старший преподаватель

References

1. Jonathan W. Steed., Jerry L. Atwood. *Supramolecular Chemistry*, 3rd Edition. New York, Wiley **2022**, 1216.
2. Zhang M., Yan X., Huang F., Niu Z., Gibson H. W. Stimuli-responsive host-guest systems based on the recognition of cryptands by organic guests. *Acc. Chem. Res.* **2014**, *47*(7). <https://doi.org/10.1021/ar500046r>
3. The Beginning of the Story: Crown Ethers. *Cryptands and Cryptates* **2017**, 1–9. https://doi.org/10.1142/9781786343703_0001
4. Yankovskaya V. S., Dovhyi I. I., Bezhin N. A., Milyutin V. V., Nekrasova N. A., Kapranov S. V., Shulgin V. F. Sorption of cobalt by extraction chromatographic resin on the base of di-(tert-butylbenzo)-18-crown-6. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* **2018**, *318*(2), 1085-1097. <https://doi.org/10.1007/s10967-018-6090-z>
5. Yakshin V. V., Vilkova O. M., Tsarenko N. A., Tsivadze A. Yu. Metal extraction from nitric acid solutions by the macrocyclic endoreceptor dicyclohexyl-18-crown-6 immobilized in a polymer matrix. *Doklady Chemistry*. **2010**, *430*(2), 54–57.
6. Bezhin, N.A., Dovhyi, I.I., Lyapunov, A.Y. Sorption of strontium by sorbents on the base of di-(tert-butylcyclohexano)-18-crown-6 with use of various diluents. *J. Radioanal Nucl Chem.* **2017**, *311*(1), 317–322. <https://doi.org/10.1007/s10967-016-4983-2>
7. Chayama K, Morita Y, Iwatsuki S. Thermosensitive gels incorporating polythioether units for the selective extraction of class b metal ions. *J. Chromatogr A.* **2010**, *1217*(43), 6785-90. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2010.07.015>
8. Fissaha H. T., Nisola G. M., Burnea F. K., Lee J. Y., Koo S., Lee S. P., Chung W. J. Synthesis and application of novel hydroxylated thia-crown ethers as composite ionophores for selective recovery of Ag⁺ from aqueous sources. *J. Ind. Eng. Chem.* **2020**, *81*, 415-426. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.09.032>
9. Cicek B., Calisir U. The Investigation of Complexation Properties and Hard-Soft Acid-Base Relationship Between Thiacycrown Ethers and Metal Ions. *Lett Org Chem.* **2016**, *13*(8), 572-577. <https://doi.org/10.2174/1570178613666160906105300>
10. Fissaha H. T., Gebremichael G. T., Rajkamal A., Kim H., Parohinog K. J., Nisola G. M. Selective and sustainable recovery of Au³⁺ through complexation-reduction capture and mechano-assisted release by thermo-responsive poly (N-isopropylacrylamide-co-15-thiacrown-4 ether)@ SiO₂ nanoparticles. *Chem. Eng. J.* **2022**, *431*, 133698. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.133698>
11. Kong H. Y., Wang T. X., Tao Y., Ding X., Han B. H. Crown ether-based hypercrosslinked porous polymers for gold adsorption. *Sep. Purif. Technol.* **2022**, *290*, 120805. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2022.120805>
12. Ergozhin E.E., Kurmanaliev M.K. Fundamentals of ion exchange. Almaty, Almanah. **2020**, 275. (in Russ).

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE *RUBUS VULGARIS* PLANT

N. Bolatkyzy, A.S. Nurmakhanova, G.E. Berganaeva, M.A. Dyusebaeva*

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

Abstract. *Introduction:* *Rubus vulgaris*, a member of the *Rosaceae* family within the genus *Rubus*, encompasses a diverse array of woody prickly plants characterized by their herbaceous multicolored or often vertical growth habits, featuring climbing or elongated branches adorned with simple or complex leaves. Among these species, *Rubus vulgaris* stands out as a shrub renowned for its prized fruits, commonly referred to as blackberries. These fruits hold significant importance due to their multifaceted utility in medicinal, cosmetic, and nutritional domains. Recognized as a concentrated source of valuable nutrients and biologically active compounds with therapeutic potential, *Rubus vulgaris* earns recognition as a functional food. The fruits and leaves of *Rubus vulgaris* harbor a rich reservoir of phenolic acids, including ellagic, gallic, caffeic, and p-coumaric acids, alongside flavonoids such as quercetin, hyperoside, kaempferol, myricitin, (+)-catechin, (–)-epicatechin, epicatechin gallate, procyanidin B₂, and quercetin-3-D-glucoside. This intricate chemical composition underscores the plant's significance in various industries. Further analysis of *Rubus vulgaris* composition reveals its moisture content (6.71 %), ash content (3.48 %), extractive substances (16.48 %), organic acids (1.43 %), flavonoids (0.23 %), tannins (1.56 %), alkaloids (3.98 %), coumarin (2.18 %), saponins (3.80 %), and carbohydrates (2.12 %). Additionally, employing multi-element atomic emission spectral analysis unveiled the presence of eight elements in the plant ash, prominently featuring potassium (162 mg/g), calcium (29 mg/g), phosphorus (22 mg/g), and magnesium (20 mg/g). Such comprehensive elucidation of *Rubus vulgaris*'s chemical composition not only underscores its nutritional significance but also paves the way for its utilization in diverse fields ranging from pharmaceuticals to food science and beyond.

Key words. *Rubus vulgaris*, extraction, biologically active substances, chromatography, minerals, etc.

Nazerke Bolatkyzy

1st year doctoral student, e-mail: nbolatkyzy98@gmail.com

Nurmakhanova Akmaral Sadykovna

Candidate of Biological Sciences, Associate Professor,
e-mail: akmaral.nurmahanova@gmail.com

Berganayeva Gulzat Ergaziyevna

Candidate of Chemical Sciences,
e-mail: gulzat-bakyt@mail.ru

Dyusebaeva Moldyr Akimzhanovna

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,
e-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

Citation: Bolatkyzy N., Nurmakhanova A.S., Berganaeva G.E., Dyusebaeva M.A. Study of the chemical composition of the *rubus vulgaris* plant. *Chem. J. Kaz.*, **2024**, 1(85), 77-88. DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.08>

1. Introduction

The flora of Kazakhstan is characterized by a variety of medicinal plant raw materials, many types of which can be used on an industrial scale. One of the most common plants in Kazakhstan is the common blackberry (lat. *Rubus vulgaris*). *Rubus vulgaris* is a spiny shrub with tapering thorns that curve downward to the base of the stem. The leaves are palmately compound with five leaflets. The flowers are pale lavender in color. Berries are black. The species is sometimes considered synonymous with *R. commutatus*. *Rubus vulgaris* plant blooms in May - September, bears fruit in June - November, before the first frosts. It grows in forests, shrubs, on the banks of rivers and streams, in meadows, gardens, roads and hedges. It is found in all regions of Kazakhstan and quite high in the mountains. Blackberry *vulgaris* is a fruit plant of the genus *Rubus* of the pink family, a semi-shrub, reaches a height of 50-150 cm to 3 m [1].

Phenolic acids such as ellagic, gallic, caffeic and p-cumaric acids and flavonoids such as quercetin, hyperoside, kaempferol, myricetin, (+)-catechin, (-)-epicatechin, epicatechin gallate, procyanidin B2 and quercetin-3-D were found in the fruits and leaves of *Rubus vulgaris*- glucoside.

The object under study is rich in chemical composition: blackberries contain a large number of vitamins, including vitamins of group C, organic acids, sugars, flavonoids, amino acids, micro – and macroelements - components of the quality of the raw materials under study. Active components are sources of therapeutic activity: they have a beneficial effect on the body, especially on the work of the gastrointestinal tract, and have a pronounced immunostimulating effect. Blackberry has a neuroprotective effect and enhances brain activity, reduces the likelihood of neurodegenerative diseases (Alzheimer's disease, Parkinson's disease) [2-3].

Humanity recognizes the wide therapeutic effect of blackberries. According to sources, the medicinal plant is used in the treatment of catarrhal and other intestinal diseases of the intestine, in particular, in the fight against spotting, accompanied by the excretion of metabolic products from the body - in metabolism. In addition, blackberries have antiseptic and blood-purifying effects, improve intestinal motility, and are useful for cystitis and kidney diseases. Fresh berries of the medicinal plant are able to quench thirst, as they consist mainly of water. It has been established that they have an antipyretic effect, as a result of which they are often recommended for acute respiratory diseases: obstructive bronchitis, pneumonia. The effectiveness of the studied raw materials as a folk treatment was recorded [4-6].

Object of research to study of the chemical composition of the *Rubus vulgaris* plant, widely distributed in the mountainous regions of the Almaty region.

Relevance of the work - one of the main requirements for vegetable raw materials currently used for medical preparations is the presence of phenolic compounds in the composition, as well as low toxicity, absence of side effects and

allergic reactions. In recent years, the way of obtaining various medicines from Qarabulag plant raw materials has been of interest.

Material and methods. Humidity and ash content of medicinal plant raw materials were determined in accordance with the requirements of the State Pharmacopoeia [7].

The Center of Physico-Chemical methods and Analysis of the NAO "Al-Farabi Kazakh National University" analyzed the elemental components in the ash of *Centaurea diffusa* lam plants using the method of atomic emission spectral analysis. A Shimadzu 6200 series spectrometer was used to determine the mineral composition of the ash. To do this, the raw materials were placed in a preheated and precisely measured porcelain crucible. The crucible was then carefully heated, first allowing the substance to burn at the lowest temperature. The temperature is gradually increasing. Burning was carried out at a temperature of 500 °C until a constant mass was obtained. At the end of calcination, the crucible was cooled in a desiccator. *Rubus vulgaris* ash (0.1254 g) dissolves in 10 ml of 40 % hydrochloric acid when heated. After that, the resulting solution is heated to obtain salts. Next, 15 ml was dissolved in 1 normal hydrochloric acid solution and transferred to a 25 ml container for analysis [8].

The quantitative content of biologically active substances in the plant (organic acids, saponin, coumarin, flavonoids, tannins, alkaloids) has been established.

2. Experimental part

The analysis was carried out according to generally accepted methods in accordance with the methods of the State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan and the Pharmacopoeia of the USSR.

The extract was obtained from the *Rubus vulgaris* plant. To obtain the extract, the plant material was first soaked in 96 % ethanol (raw material:extractant-1:8) at room temperature for 3 weeks, filtered and distilled under low pressure using a rotary evaporator. The resulting thick extract was dried. From 500 g of plant material, 45.6 g of dry extract was obtained. Then it is divided into fractions with petroleum ether, hexane, ethyl acetate, butanol and the corresponding extracts are obtained.

HPLC - one of the methods for conducting qualitative and quantitative analysis. The analysis was performed using (Perkin Elmer Series 200). A Zorbax Bonus RP column (4.6×150 mm, 5 μM, Agilent, USA) is used as a chromatographic column. Absorbance is measured at 254 nm. Contains water/0.1 % acetic acid (solvent A) and acetonitrile (solvent B), 10 % B (0-5 min), 20 % B (5-12 min), 30 % B (12-20 min), and linear, mobile phase gradient profile with 95% B (20-30 min) was maintained at room temperature on a column with a flow rate of 1.0 ml/min and was carried out by injecting 10 μl of sample into the HPC system.

Determination of the moisture content of medicinal plant materials: prepare a ratio of 3-5 g of pre-dried plant complex, crushed to a particle size of 10 mm,

and place it in a weighed container. It is calculated by the time it rises to 100-105 °C, including raw materials. We expect the first measurement to take place in 2 hours. We dry the raw materials to a constant weight, perform the work by drying for 30 minutes and cooling for 30 minutes. The difference in each measurement, not exceeding 0.1 grams, indicates that a constant weight of the raw material has been achieved. We measure the weight of an object using the Bux and determine the differences from each other by putting the formula.

Method for determining the amount of ash: to do this, take 5 grams of the above-ground part of the blackberry plant, place it in an iron crucible and gradually turn it into ash on an electric stove. After the raw material has completely turned into ash, we place it in a muffle furnace and burn it to constant weight at a temperature of 550-650°C. After firing, place a small, chilled crucible in a desiccator, allow it to cool completely, and measure the contents of the crucible to determine the percentage.

Quantitative method of flavonoids: 2 g (exact size) of crushed raw material is placed in a flask with a capacity of 150 ml with a suspension, 30 ml of a solution consisting of 90% ethyl alcohol and 1% concentrated hydrochloric acid or 10% sulfuric acid (for hydrolysis of glycosides), the flask is returned in the refrigerator, combine, heat in a water bath for 1 hour, cool to room temperature, filter through filter paper into a 100 ml volumetric flask. The extraction process is repeated 2 times according to the above method, the filter is washed with 90% ethyl alcohol and the flask is adjusted to the specified size with alcohol (solution A). Take 2 ml of solution A into a 25 ml volumetric flask, add 1 ml of a 1% solution of aluminum chloride in 95% alcohol and fill the flask to the mark with 95% alcohol. After 20 minutes, measure the optical density of the solution (10 mm thick) in a spectrophotometer at a wavelength of 430 nm. For comparison, the measurement is carried out several times using the initially prepared solution A.

The atomic emission spectrum method is used to determine macro- and microelements in the composition of the plant complex. This method is based on absorption, scattering, dispersion and refraction of the spectrum.

*Determination of the fatty acid content of the plant (*R. vulgaris*):* the isolated extract of a chloroform-methanol mixture (2:1) is filtered through a paper filter for 5 minutes and concentrated to dry mass. Then 10 ml of methanol and 2-3 drops of acetyl chloride are added to the extracted extract and methylated at 60-70°C for 30 minutes. Methanol is pumped through a rotary evaporator, samples are extracted with 5 ml of hexane and analyzed on a CARLO-ERBA-420 gas chromatograph for 1 hour at the Kazakh Academy of Nutrition. As a result, chromatograms of fatty acid methyl esters were obtained.

3. Research results

Quantitative analysis of plants includes determination of raw material moisture, ash content, as well as quantitative indicators of the content of extractive substances. The results of this analysis are presented in Table 1.

The humidity of the raw material is a colloidal liquid that remains in the tissues and cells of the raw material when it is dried to a constant mass.

Ash of medicinal raw materials is the residue of inorganic substances remaining after burning the raw materials and drying them to a constant mass.

Plant ash consists of a mixture of various inorganic substances present in the plant itself. The amount of ash in plant raw materials depends on the raw material itself, growing conditions, soil composition, its collection and drying.

The humidity of medicinal raw materials is one of the quantitative indicators characterizing its weight. Medicinal plant materials should not contain excess moisture, since during storage it reduces its quality. The humidity of most medicinal plant materials should not exceed 12-15%.

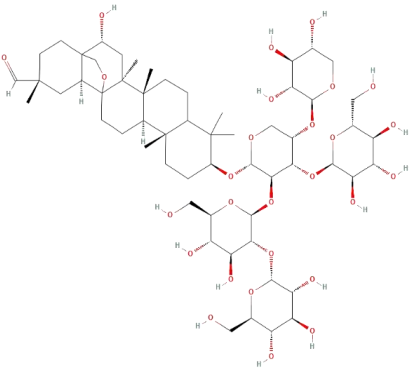
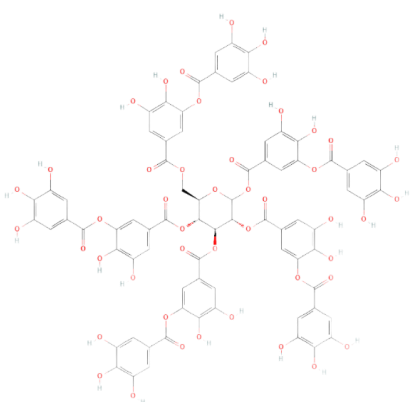
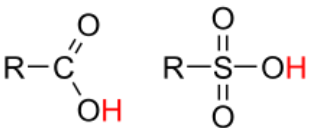
Table 1 - *Rubus vulgaris* authenticity indicators.

<i>Plant name</i>	<i>% Share in terms of absolute dry raw materials</i>	
	Humidity	General ashiness
<i>Rubus vulgaris</i>	6.71 %	3.48 %

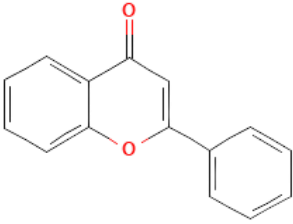
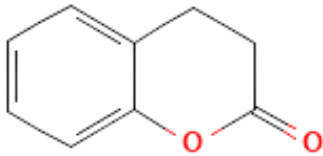
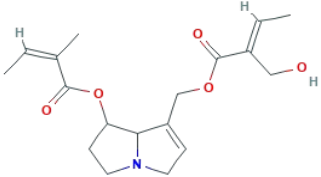
The results of the study showed that the creeping Mustard plant has high humidity and low ash content.

When using 70 % ethyl alcohol for the determination of extractive substances, the content of biologically active substances that entered the alcohol was high. It was effective for the isolation of biologically active substances from plant raw materials. Therefore, 70 % alcohol was used for the research. As a result of the study, the surfactant size was 16.48 %.

Table 2 - The main biologically active substances of the *Rubus vulgaris* residue.

Biologically active substances contained in raw materials:	Molecular formula	Definition	Structure	Percentage % content in raw materials:
Saponins	$C_{58}H_{94}O_2$ 7	A type of glycoside widely distributed in plants. Each consists of a sapogenin as the aglycone moiety, and a sugar. The sapogenin may be a steroid or a triterpene and the sugar may be glucose, galactose, a pentose, or a methylpentose.		3.80
Tannins	$C_{76}H_{52}O_4$ 6	Tannins are polyphenolic biomolecules with carbohydrate backbones that are found in a wide range of plants. Tannic acid is a specific tannin that formally contains 10 galloyl (3,4,5-trihydroxyphenyl) units surrounding a glucose center.		1.56
Organic acids		Carboxylic acid, with the general formula of R-COOH, is the most common organic acid that we are familiar with.		1.43

Continuation of Table-2.

Flavonoids	$C_{15}H_{10}O_3$	Flavonoids, a group of natural substances with variable phenolic structures, are found in fruits, vegetables, grains, bark, roots, stems, flowers, tea and wine.		0.23
Coumarins	$C_9H_6O_2$	A toxic white crystalline lactone with an odor of new-mown hay found in plants or made synthetically and used especially in perfumery and as a parent compound in anticoagulant agents		2.18
Alkaloids	$C_{18}H_{25}NO_5$	Alkaloids are found primarily in plants and are especially common in certain families of flowering plants.		3.98

Determination of mineral substances from the composition of the *Rubus vulgaris* plant was carried out by the Shimadzu 6200 series atomic absorption spectrometer. They:

- increase the activity of enzymes;
- catalyze biochemical processes;
- promote the synthesis of carbohydrates, proteins and vitamins;
- participate in metabolism.

The composition of ash often includes the following elements: K, Na, Mg, Ca, C, Si, P and, to a lesser extent, Cu, Al, Mn and other elements. These elements are present in ash in the form of oxides or salts of phosphorus, sulfur and other acids.

In addition to organic compounds, minerals are often found in medicinal plants. Depending on the size of the plant body, mineral elements are divided into the following groups:

1) Macronutrients contain elements from 0.01 to 10 %. In addition to organogens, this group includes: Si, Ca, K, Na, P, S, Al;

2) trace elements in quantities from 0.01 to 0.00001 %: Mn, B, Cu, Zn, Li, Ti, Mo, Co, etc. Includes;

3) ultramicroelements with smaller quantities: Cs, Se, Cd, Hg, Ag, Au, Ra, etc. belong.

According to the results presented in Table 3, it is determined that macroelements such as K, Ca, P dominate in the *Rubus vulgaris* plant.

In addition, it is known that trace elements, which are part of herbal preparations, affect their activity. The results of the study are presented in Table 3.

Table 3 - Determination of minerals from the composition of the *Rubus vulgaris* plant.

Elements	K	Ca	Na	Cu	Zn	Mg	Mn	P
Concentration in ash.	162 mcg/ml	29 mcg/ml	1.065 mcg/ml	0.256 mcg/ml	0.516 mcg/ml	20.312 mcg/ml	0.625 mcg/ml	22.21 mcg/ml

The extract was obtained from the *Rubus vulgaris* plant. To obtain the extract, the plant material was first soaked in 96 % ethanol ([raw material:extractant] – [1:8]) at room temperature for 3 weeks, filtered and distilled under low pressure using a rotary evaporator. The resulting thick extract was dried. From 50 g of plant material, 2.37 g of dry extract was obtained. Then it was divided into fractions with petroleum ether, hexane, ethyl acetate, butanol, and the corresponding extracts were obtained (Figure 1).

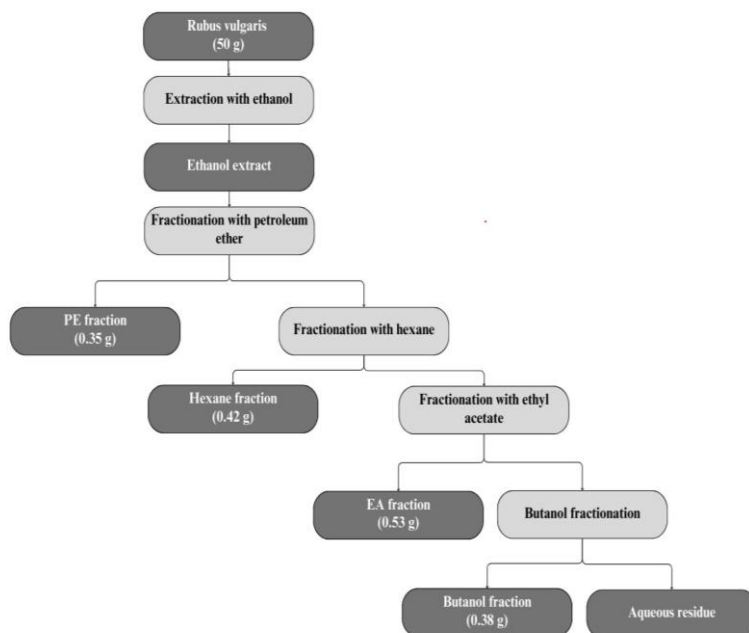


Figure 1 - Flow diagram for the isolation of biologically active complexes from the plant *Rubus vulgaris*.

High-performance liquid chromatography is one of the methods for qualitative and quantitative analysis. The ethyl acetate extract was analyzed by HPLC (Perkin Elmer Series 200). Gallic acid was used as reference. Zorbax Bonus RP (4.6×150 mm, 5 μM, Agilent, USA) column is used as a chromatographic column. Absorbance is measured at 254 nm. Contains water/0.1 % acetic acid (solvent A) and acetonitrile (solvent B), 10 % B (0-5 min), 20 % B (5-12 min), 30 % B (12-20 min), A linear profile of the mobile phase gradient with 95 % B (20-30 min) was maintained at room temperature on the column at a flow rate of 1.0 mL/min and was performed by injecting 10 μl of the sample into the HPLC system (Figure 2, 3).

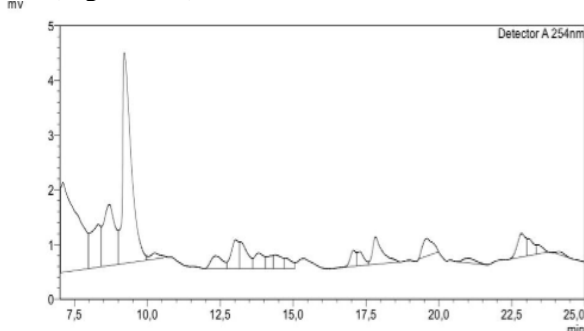


Figure 2 - HPLC spectrum of ethyl acetate extract of *Rubus vulgaris*.

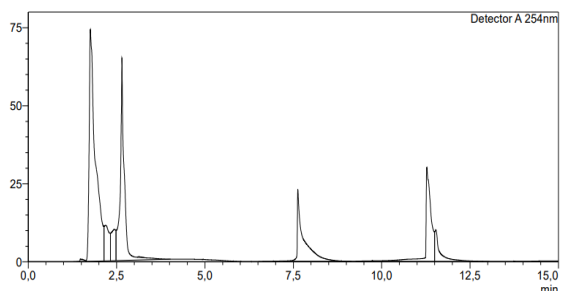


Figure 3 - HPLC spectrum of the butanol fraction of *Rubus vulgaris*.

4. Conclusion

Due to the presence of mineral compounds such as magnesium, manganese, potassium, it is widely used as a raw material in the preparation of prophylactic drugs used to prevent osteoporosis, strengthen bones, blood clotting, and diabetes. *Rubus vulgaris* contains vitamins, steroids, lipids and minerals, flavonoids, glycosides, terpenes, acids, and tannins in the aerial parts with various pharmacological properties such as antioxidant, anticarcinogenic, anti-inflammatory, antimicrobial, antidiabetic, antidiarrheal and antiviral.

Funding: No funding.

Conflict of interest: A statement is made about the presence or absence of a Conflict of Interest between the authors.

Authors' contributions

Concept development – N. Bolatkyzy, A.S. Nurmakhanova, G.E. Berganaeva, M.A. Dyusebaeva

Execution – N. Bolatkyzy, A.S. Nurmakhanova, G.E. Berganaeva, M.A. Dyusebaeva

Processing of results - N. Bolatkyzy, A.S. Nurmakhanova, G.E. Berganaeva, M.A. Dyusebaeva

Scientific interpretation of the results - N. Bolatkyzy, A.S. Nurmakhanova, G.E. Berganaeva, M.A.

Dyusebaeva

Writing the article - N. Bolatkyzy, A.S., Nurmakhanova, G.E. Berganaeva, M.A. Dyusebaeva

We declare that this material has not been previously published or reviewed.

RUBUS VULGARIS ӨСІМДІГІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Н. Болатқызы, А.С. Нурмаханова, Г.Е. Берганаева, М.А. Дюсебаева*

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

*E-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

Түйіндемe. *Kіpіcне:* *Rubus vulgaris* - раушан гүлділер тұқымдасына, *Rubus* туысына жататын өсімдік түрі. *Rubus* - шөптесін көп түсті немесе жиі тік, өрмелейтін немесе ұзартылған бұтақтары және қарапайым немесе күрделі жапырақтары бар ағаш тәрізді тікенді өсімдіктер. Осы түрлердің ішінде *Rubus vulgaris* әдетте *қаражидек* деп аталатын бағалы жемістерімен танымал бұта ретінде ерекшеленеді. Бұл жемістердің медицинадағы, косметикадағы және тамақтанудағы көп қырлы артықшылықтарына байланысты үлкен маңызға ие. *Rubus vulgaris* емдік потенциалы бар құнды қоректік заттар мен биоактивті қосылыстардың шоғырланған көзі ретінде танылады және функционалдық тағам ретінде танылады. *Rubus vulgaris* жемістері мен жапырақтарында фенол қышқылдарының бай қоры бар, оның ішінде *эллаг, галль, кофеин және p-кумар қышқылдары*, сонымен қатар *кверцетин, гиперозид, кемпферол, мирицитин, (+)-катехин, (-)-эпикатехин, галлат эпикатехин, процианидин B₂ және кверцетин-3-D-глюкозид* сияқты *флавоноидтар* бар. Күрделі химиялық құрамы зауыттың әртүрлі салалардағы маңыздылығын атап көрсетеді.

Rubus vulgaris құрамын одан әрі талдау кезінде *ылғалдылық (6.71 %), күлділігі (3.48%), экстрактивті заттар (16.48 %), органикалық қышқылдар (1.43 %), флавоноидтар (0.23 %), таниндер (1.56 %), алкалоидтар (3.98 %), кумарин (2.18 %), сапониндер (3.80 %)* және *көмірсулар (2.12 %)* анықталды. Сонымен қатар, көп элементті атомдық эмиссиялық спектрлік талдауды қолдану өсімдік күлінде сегіз элементтің, ең алдымен *калий (162 мг/г), кальций (29 мг/г), фосфор (22 мг/г)* және *магнийдің (20 мг/г)* бар екенін анықтады. *Rubus vulgaris* химиялық құрамының бұл жан-жақты түсіндірмесі оның тағамдық құндылығын көрсетіп қана қоймайды, сонымен қатар оны фармацевтикадан тағам ғылымына дейін және одан тыс жерлерде әртүрлі салаларда қолдануға жол ашады.

Кілт сөздер: *Rubus vulgaris*, экстракция, биологиялық белсенді заттар, хроматография, минералды заттар және т.б.

<i>Назерке Болатқызы</i>	<i>1-курс докторант</i>
<i>Нурмаханова Акмарал Садықовна</i>	<i>биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Берганаева Гульзат Ергазиевна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Дюсебаева Мольдыр Акимжановна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЯ *RUBUS VULGARIS*

Н. Болатқызы, А.С. Нурмаханова, Г.Е. Берганаева, М.А. Дюсебаева*

Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

*E-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

Резюме. *Введение:* *Rubus vulgaris*, член семейства розоцветных рода *Rubus*, включает в себя разнообразное множество древесных колючих растений, характеризующихся травянистым разноцветным или часто вертикальным ростом, с вьющимися или удлинёнными ветвями, украшенными простыми или сложными листьями. Среди этих видов *Rubus vulgaris* выделяется как кустарник, известный своими ценными плодами, обычно называемыми ежевикой. Эти фрукты имеют большое значение из-за их многогранной пользы в медицине, косметике и питании. *Rubus vulgaris* признан концентрированным источником ценных питательных веществ и биологически активных соединений с терапевтическим потенциалом и признан функциональным продуктом питания. Плоды и листья *Rubus vulgaris* содержат богатый резервуар фенольных кислот, включая эллаговую, галловую, кофейную и п-кумаровую кислоты, а также флавоноиды, такие как кверцетин, гиперозид, кемпферол, мирицитин, (+)-катехин, (-)-эпикатехин, галлат эпикатехина, процианидин В2 и кверцетин-3-D-глюкозид. Сложный химический состав подчеркивает значимость растения в различных отраслях промышленности. Дальнейший анализ состава *Rubus vulgaris* выявил в нем влажность (6.71 %), зольность (3.48 %), экстрактивные вещества (16.48 %), органические кислоты (1.43 %), флавоноиды (0.23 %), дубильные вещества (1.56 %), алкалоиды (3.98%), кумарин (2.18 %), сапонины (3.80 %) и углеводы (2.12 %). Кроме того, использование многоэлементного атомно-эмиссионного спектрального анализа выявило наличие в золе растений восьми элементов, в первую очередь калия (162 мг/г), кальция (29 мг/г), фосфора (22 мг/г) и магния (20 мг/г). Такое всестороннее объяснение химического состава *Rubus vulgaris* не только подчеркивает его пищевую ценность, но и открывает путь к его использованию в различных областях, от фармацевтики до пищевой науки и за ее пределами.

Ключевые слова: *Rubus vulgaris*, экстракция, биологически активные вещества, хроматография, минералы и т. д.

<i>Болатқызы Назерке</i>	докторант 1-курса
<i>Нурмаханова Акмарал Садыковна</i>	кандидат биологических наук, ассоциированный профессор
<i>Берганаева Гульзат Ергазиевна</i>	кандидат химических наук
<i>Дюсебаева Мольдыр Акимжановна</i>	кандидат химических наук, ассоциированный профессор

References

1. Dimeyeva L.A., Sitpayeva G.T., Sultanova B.M., Ussen K., Islamgulova A.F. High-altitude flora and vegetation of Kazakhstan and climate change impacts. *Climate Change Impacts on High-Altitude Ecosystems* **2015**, 1-48. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12859-7_1
2. Zia-Ul-Haq M., Riaz M., De Feo V., Jaafar H.Z., Moga M. *Rubus fruticosus* L.: constituents, biological activities and health related uses. *Molecules* **2014**, 19(8), 10998-11029. <https://doi.org/10.3390/molecules190810998>
3. Onopiuk A., Półtorak A., Moczowska M., Szpicer A., Wierzbicka A. The impact of ozone on health-promoting, microbiological, and colour properties of *Rubus idaeus* raspberries. *CyTA-Journal of Food* **2017**, 15(4), 563-573. <https://doi.org/10.1080/19476337.2017.1317669>

4. Huang X., Wu Y., Zhang S., Yang H., Wu W., Lyu L., Li W. Variation in bioactive compounds and antioxidant activity of rubus fruits at different developmental stages. *Foods* **2022**, *11*(8), 1169. <https://doi.org/10.3390/foods11081169>
5. Thiem B., Goślińska O. Antimicrobial activity of Rubus chamaemorus leaves. *Fitoterapia*, **2004**, *75*(1), 93-95. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2003.08.014>
6. Zia-Ul-Haq M., Riaz M., De Feo V., Jaafar H.Z., Moga M. Rubus fruticosus L.: Constituents, Biological activities and Health related uses. *Molecules* **2014**, *19*(8), 10998-11029. <https://doi.org/10.3390/molecules190810998>
7. State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan, Almaty, **2007**, 1-2, **2009**, 805.

STUDY OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF THE *ACROPTILON REPENS* PLANT

G.E. Berganayeva¹, B.E. Dyussebayev², S.A. Sydykbayeva³, M.A. Dyusebaeva^{1*}

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

³Zhetysu University named after Ilyas Zhansugurov, Taldykorgan, Kazakhstan

*E-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Creeping mustard (*Acroptilon repens*) is a perennial plant of the *Asteraceae* family and is one of the most persistent and difficult to eradicate weeds. They are actively fighting it, but the methods of combating it are very complex, high-cost and ineffective. Creeping mustard is used in folk medicine to treat many diseases, but the phytochemical composition of this plant has not been sufficiently studied. *The purpose of this work:* to study the chemical composition of this plant. This research will help find new sources of biologically active substances (BAS), as well as solve the problem of clogging of agricultural land. *Methodology:* generally accepted methods for determining the main biologically active substances in plant materials, spectrophotometry, high-performance liquid chromatography (HPLC). *Results:* the phytochemical analysis of the composition of *Acroptilon repens* collected in the Almaty region was carried out. The results showed the following characteristics: moisture (11.4%), ash content (6.21%), extractives (22.5%), organic acids (1.9%), flavonoids (3.75%), tannins (0.6%), alkaloids (1.86%), coumarins (1.18%), saponins (2.47%), carbohydrates (2.5%). By multi-element atomic emission analysis, 8 elements were identified in plant ash, with Mg (77.09 µg/ml), K (77.28 µg/ml), Na (34.075 µg/ml) and Ca (28.07 µg/ml) predominant in plant ash. Significant quantities of these elements indicate the high physiological activity of creeping bitterweed. Additionally, a total alcohol extract was obtained (96% ethyl alcohol was used), which was further divided into fractions using petroleum ether, hexane, ethyl acetate and butanol. The ethyl acetate fraction was analyzed using HPLC. The results of the study showed the presence of naringin in the ethyl acetate extract. *Conclusion:* The results obtained provide important information about the chemical composition of the studied plant *Acroptilon repens*, which contains a complex of biologically active substances, which may be useful for further scientific and applied research.

Key words: *Acroptilon repens*, extraction, biologically active substances, high-performance liquid chromatography, spectrophotometry, macroelements, flavonoids, saponins, alkaloids, naringin.

Berganayeva Gulzat Ergaziyevna

*Candidate of Chemical Sciences,
e-mail: gulzat-bakyt@mail.ru*

Dyussebayev Bekzat Erboluly

Bachelor student, e-mail: Xakerkros@gmail.com

Sydykbayeva Sandugash Aubakirovna

*Candidate of Chemical Sciences,
e-mail: Sandugash78@mail.ru*

Dyusebaeva Moldyr Akimzhanova

*Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,
e-mail: Moldyr.dyusebaeva@mail.ru*

Citation: Berganayeva G.E., Dyussebayev B.E., Sydykbayeva S.A., Dyusebaeva M.A. Study of the chemical composition of the *Acroptilon Repens* plant. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 89-98. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.09>

ACROPTILON REPENS ӨСІМДІГІНІҢ ХИМИЯЛЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

Г.Е. Берганаева¹, Б.Е. Дюсебаев², С.А. Сыдықбаева³, М.А. Дюсебаева^{1*}¹Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан³І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан

*E-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

Түйіндеме. *Kіріспе.* Жатаған уекіре (*Acroptilon repens*) – *Asteraceae* тұқымдасына жататын көпжылдық өсімдік және зиянды, қиын жойылатын арамшөптердің қатарына кіреді. Бұл шөппен белсенді күресу амалдар жасалады, алайда онымен күресу әдістері өте күрделі, қымбат және тиімсіз. Жатаған уекіре халық медицинасында көптеген ауруларды емдеу үшін қолданылады, бірақ бұл өсімдіктің фитохимиялық құрамы жеткілікті түрде зерттелмеген. *Жұмыстың мақсаты:* аталған өсімдіктің химиялық құрамын зерттеу. Бұл зерттеу биологиялық белсенді заттарды (ББЗ) алудың жаңа көздерін табуға, сондай-ақ ауыл шаруашылығы алқаптарының ластану мәселесін шешуге көмектеседі. *Зерттеу әдістері:* өсімдік шикізатындағы негізгі ББЗ анықтаудың жалпы қабылданған әдістемелері, спектрофотометрия, жоғары эффективті сұйық хроматография (ЖЭСХ). *Нәтижелері:* Алматы облысынан жиналған *Acroptilon repens* құрамына фитохимиялық талдау жүргізілді. Келесі нәтижелер алынды: ылғалдылық (11.4%), күлділік (6.21%), экстрактивті заттар (22.5%), органикалық қышқылдар (1.9%), флавоноидтар (3.75%), тері илегіш заттар (0.6%), алкалоидтар (1.86%), кумариндер (1.18%), сапониндер (2.47%), көмірсулар (2.5%). Көп элементті атомды-эмиссиялық талдау арқылы өсімдік күлінде 8 элемент анықталды, соның ішінде Mg (77.09 мкг/мл), K (77.28 мкг/мл), Na (34.075 мкг/мл) және Ca (28.07 мкг/мл) мөлшері басым болды. Бұл элементтердің айтарлықтай мөлшері жоғары болуы жатаған уекіре шөбінің жоғары физиологиялық белсенділігін қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, қосымша жалпы спирт сығындысы алынып (96% этил спирті қолданылды), ол петролейн эфирі, гексан, этилацетат және бутанол арқылы фракцияларға бөлінді. Этилацетатты фракциясы ЖЭСХ көмегімен талданды. Зерттеу нәтижелері этилацетат сығындысында нарингиннің бар екенін көрсетті. *Қорытынды:* Алынған нәтижелер зерттелетін *Acroptilon repens* өсімдігінің химиялық құрамы туралы маңызды ақпарат берді, яғни оның құрамында биологиялық белсенді заттар кешені бар. Бұл нәтижелер әрі қарай ғылыми және қолданбалы зерттеулер жүргізу үшін пайдалы болуы мүмкін.

Түйін сөздер: *Acroptilon repens*, экстракция, биологиялық белсенді заттар, жоғары өнімді сұйық хроматография, спектрофотометрия, макроэлементтер, флавоноидтар, сапониндер, алкалоидтар, нарингин.

<i>Берганаева Гульзат Ергазиевна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Дюсебаев Бекзат Ерболұлы</i>	<i>студент</i>
<i>Сыдықбаева Сандуғаш Аубакировна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Дюсебаева Мольдыр Акимжановна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>

1. Кіріспе

Қазақстан аумағында қазіргі таңда кең көлемде зерттелмеген, биологиялық белсенді қосылыстарға өте бай өсімдіктер таралған. Бұл бізге жаңа зерттеулер мен өсімдік негізіндегі құнды препараттарды алуға жол ашады. Осындай өсімдіктердің тобына жатаған уекіре өсімдігін жатқыза аламыз.

Acroptilon repens L. (*A. repens* L.) мәдени дақыл түрлеріне зиян келтіретін көген тамырлы көпжылдық арамшөп өсімдік. *A. repens Asteraceae* және *Compositae* тұқымдасына жататын біріктірілген зиянкесті

өсімдіктердің ең қауіпті түрі. Негізгі тамыр жүйесі кемінде 10 м тереңдікке бойлап өседі. Егіс алқаптарында топырақ құнарын бойына сіңіріп, ауылшаруашылық дақылдарының түсімінің күрт төмендеуіне ықпалы зор. Таңдаулы тұқымдас бүгінгі таңда ТМД елдерінде және Еуропа мен Азияның бірқатар елдерінде ең зиянды және жойылуы қиын өсімдік ретінде «қара» тізімге енгізілген. Жалпы зерттеулер бойынша қазіргі уақытта жатаған уекіре Қазақстан аумағының 2.6 га-дан астам аумақты алып жатыр. Оның көпшілігі солтүстік Қостанай облысындағы Меңдіқара ауданы, Алматы облысы бойынша Қапшағай, Текелі, Еңбекшіқазақ аймақтарында таралған [1].

A. repens L. барлық өсімдіктерге сәйкес, өзіне тән жұпар иісті, ащы дәмді шөптесін өсімдіктердің бірі болып табылады. Маусым-тамыз айларында гүлдеп, тұқымы қыркүйек айында пісіп жетіледі. Тұзу сабақты, кезектес жапырақты, түкті жылусүйгіш өсімдік. Өсімдіктің үстіңгі бөлігі 20-70 см құрайды. Астыңғы бөлігі негізгі қатты тамырдан және көлденең бағытталған тамыр сабақтары арқылы өседі [2]. Аталмыш өсімдіктің негізгі тамыр жүйесі тік өзекті тамырдан тұрады, жер астына жайылып, таралуы бүйірлік тамыр жүйелерінің көмегімен жүзеге асады. Өсімдіктің тамыр жүйесінің пісіп, жетілуі сәуір айының екінші жартысынан басталады. Жалпы тұқымның пісіп-жетілуі 110-120 күнді қамтиды. Жатаған уекіре өсімдігі бүршіктену мен гүлдену кезеңдерінде өте улы болып келеді, сондықтан бұл өсімдікті ірі қара малдар жемейді. Осы кезеңде аталған өсімдіктің улылығы өсімдіктің бойына толықтай таралады. Гүлдену кезеңі аяқталған соң улылығы азая бастайды [3].

A. repens L. аз зерттелгенімен құрамында алкалоидтар, шайырлар мен эфир майлары бар екендігі анықталған. Өсімдік тамырларында күрделі көмірсулар – инулин бар, оның мөлшері ерте көктемде азайып, бүршіктене бастағанда саны бастапқы деңгейге дейін артады [4].

Жатаған уекіре көптеген жағымсыз қасиеттерге ие болғанымен медицина саласында алар орны ерекше. Ерте заманнан бұл өсімдіктен дайындалған тұнбаларды безгекке қарсы, жөтел, өкпе ауруларының асқынуында қолданған. Осы шөптен алынған спирт сығындысы *Staphylococcus aureus* (*S. Aureus*) және *E.coli* бактерияларына қарсы белсенділік көрсетті [5]. Оның жемістері гельминттерге де қарсы белсенділік көрсетеді. Аталған арамшөптің бактерияға қарсы және фунгицидтік белсенділігін өсімдік құрамындағы сесквитерпеноидтар кешенімен байланыстырады [6]. Иран ғалымдары *A. repens* L. хлороформ, этилацетатты, су сығындылыры да *S. Aureus* және *S. Epidermidis* бактериаларына қарсы және антибиотикалық әсер ететіні анықтады. Сонымен қатар, осы сығындылар аталған бактериалар түзетін биоқабықшаны бұзуға қабілетті болатыны көрсетті [7]. Олардың әріптестері өздерінің жұмыстарында *A. repens* L. алынған сығындылар ацетилхолинэстераза және α -амилаза ферменттеріне ингибирлеуші әсер ететінін анықтады. Яғни осы өсімдіктен алынған экстрактілер

антихолинэстеразды және диабетке қарсы агенттер ретінде пайдалануы мүмкін екенін көрсетті [8, 9]. Зерттеу жұмысында [10] осы арамшөптің сулы және метанол сығындылары ісікке қарсы әсер ететіні анықталған.

Өсімдік шикізаттарынан алынатын дәрілік препараттардың салыстырмалы түрде қауіпсіздігі мен әсерінің тиімділігі, жағымсыздығының аздығы, сонымен қатар, өсімдік құрамдастарының синтетикалық препараттармен жағымды үйлесімділіктері, бағасының халыққа қолжетімділігі, өсімдіктердегі биологиялық белсенді заттардың тірі ағзаға ұтымды үйлесіп, оң әсерін беруі, дайындалуының салыстырмалы түрде жеңілдігі өсімдіктен алынатын дәрілік препараттардың нарықтағы сұранысы мен сатылымын айтарлықтай жоғарылауына негізгі себеп болып табылады.

2. Тәжірибелік бөлім

Зерттеу нысаны ретінде Алматы облысы аумағында өсетін жатаған уекіре (*Acroptilon repens*) өсімдігі алынды. Аталған өсімдік шикізаттың ылғалдылығы, күлділігі және экстрактивті заттардың мөлшері ҚР Мемлекеттік Фармакопеясының 1 басылымының әдістемесі бойынша анықталды [11].

A. repens өсімдік күлі құрамындағы макро- және микроэлементтерге сараптама әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің КЕАҚ "Физикалық-химиялық әдістер және талдау орталығында" атомдық-эмиссионды спектрлік әдісі Shimadzu 6200 сериялы спектрометр арқылы жүргізілді. Жұмыс барысы: шикізат алдын ала қыздырылған және дәл өлшенген фарфор тигельге орналастырылды. Тигельді ақырын қыздырып, алдымен заттың ең төменгі температурада жануына мүмкіндік берілді, кейін температураны біртіндеп жоғарлатты. Жану тұрақты масса алынғанға дейін 500 °С температурада жүргізілді. Кальцилеудің соңында тигель эксикаторда салқындатылды. *A. repens* (0.1084 г) күлін 10 мл 40% тұз қышқылында ерітіп, қыздырылды. Әрі қарай, 15 мл 1 н НСІ ерітіндісінде ерітіліп, талдауға арналған 25 мл көлемді ыдысқа ауыстырылды.

Тұндыру әдісі арқылы этанол сығындысы алынды, содан кейін петролейн эфирі, гексан, этилацетат және бутанолмен фракциялық экстракция жүргізілді және сәйкес сығындылар алынды.

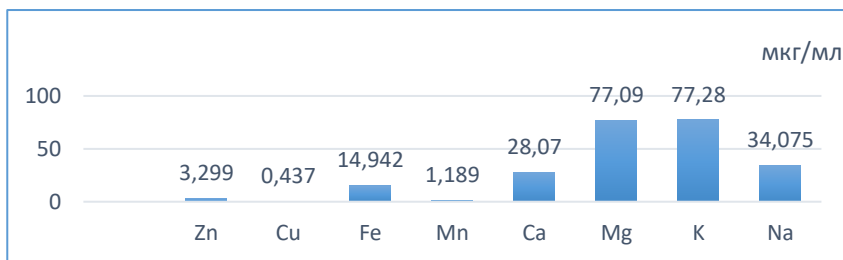
Өсімдік құрамындағы биологиялық белсенді заттардың (ББЗ) мөлшерін сәйкес әдістемелерге сәйкес жүргізілді [12].

Жоғары эффективті сұйық хроматография (ЖЭСХ) арқылы этилацетат сығындысында *наргининді анықтау*: хроматографиялық колонка ретінде Zorbax Bonus RP (4.6x150 мм, 5 мкм, Agilent, США) колонкасы қолданылды. Абсорбцияны 254 нм-де өлшенді. Құрамында су / 0.1 % сірке қышқылы (А еріткіші) және ацетонитрил (В еріткіші), 10 % В (0-5 мин), 20 % В (5-12 мин), 30% В (12-20 мин), 95% В (20-30 мин) бар жылжымалы фаза градиентінің желілік профилін ағын жылдамдығы 1.0 мл/мин бағанда бөлме температурасында ұстап тұрып, 10 мкл үлгіні ЖЭСХ жүйесіне енгізу арқылы жүргізілді.

3. Зерттеу нәтижелері

Жұмыс барысында жатаған уекіре өсімдік шикізатының шынайлығы анықталды. Алынған нәтижелер бойынша ылғалдылық – 11.4 %, күлділік – 6.21 % болды. Экстрактивті заттардың үлесі 18.9 %, 20.6 % және 22.5 % құрады (экстрагент ретінде сәйкесінше 30 %, 50 % және 70 % этил спирті қолданылды).

Атомдық-эмиссионды спектроскопия сараптама нәтижесінде *A. repens* өсімдік күлі құрамындағы макро- және микроэлементтер анықталды. Зерттеу нәтижелері 1-суретте келтірілген:



1 сурет – *Acroptilon repens* өсімдігінің күлінің құрамындағы минералды заттардың мөлшері, мкг/мл.

1-суреттен көріп тұрғанымыздай жатаған уекіре өсімдігінің күлінің құрамында 8 элемент анықталды, соның ішінде Mg (77.09 мкг/мл), K (77.28 мкг/мл), Na (34.075 мкг/мл) және Ca (28.07 мкг/мл) макроэлементтердің үлесі айтарлықтай жоғары болды. Микроэлементтердің ішінен темірдің (Fe) мөлшері басымырақ болып, 14.942 мкг/мл құрады. Өсімдік құрамындағы магнийдің жоғары деңгейі оның хлорофиллдің құрылымдық тұрақтылығын қамтамасыз етудегі және фотосинтез сияқты метаболикалық процестерге қатысудағы маңыздылығын көрсетеді. Калий жасуша тургорын сақтауға және өсімдіктегі су балансын реттеуге белсенді қатысады. Кальций жасуша қабырғаларын тұрақтандыруда, ферменттерді белсендіруде және басқа элементтерді тасымалдауда маңызды рөл атқарады.

A. repens өсімдік шикізатында негізгі ББЗ-дың сандық мөлшері анықталды. Зерттеу нәтижелер 1-кестеде көрсетілген:

1 кесте - Жатаған уекіре қалдығының негізгі биологиялық белсенді заттар көрсеткіштері

Компоненттің атауы	Мөлшері, %	Анықтау әдісі	Әдебиет
Сапониндер	2.47	Спектрофотометрия	[12] 229 бет
Тері илегіш заттар	0.6	Перманганатты әдіс	[12] 260 бет
Органикалық қышқылдар	1.9	Титрлеу әдісі	[12] 282 бет

I кесте жалғасы

Флавоноидтар	3.75	Спектрофотометрия	[12] 382 бет
Кумариндер	1.18	Спектрофотометрия	[12] 317 бет
Алкалоидтар	1.86	Спектрофотометрия	[12] 162 бет
Көмірсулар	2.5	Гравиметрия	[12] 331 бет

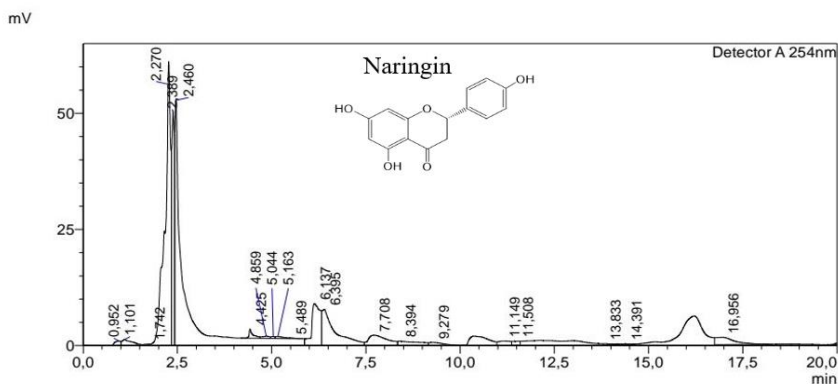
Алынған нәтижелер бойынша *A. repens* өсімдік шикізатында флавоноидтардың мөлшері ең көп болды және 3.75 % құрады. Ресейлік ғалымдардың зерттеу нәтижелері бойынша Воронеж облысында жиналған *A. repens* құрамында флавоноидтардың мөлшері 0.45 % болған екен [13]. Яғни бұл көрсеткіш Алматы аумағында өсетін *Acroptilon repens* өсімдігінде 3 есе жоғары болып тұр. Флавоноидтар антиоксиданттық, қабынуға қарсы белсенділікке және т.б. ие болатыны мәлім. Сапониндер мен көмірсулардың да үлесі басым болып, сәйкесінше, 2.47 % және 2.5 % құрады. Алкалоидтар мен органикалық қышқылдардың мөлшері салыстырмалы түрде бірдей болды.

Сонымен қатар, *A. repens* өсімдігінен алынған этанолды экстракт әртүрлі еріткіштер көмегімен бірнеше фракцияларға бөлінді. Фракцияларға бөлудің тиімді сызбанұсқасы 2-суретте көрсетілген:



2 сурет – *Acroptilon repens* өсімдігінен биологиялық белсенді кешендерді бөлудің сызбанұсқасы.

Жоғары эффективті сұйық хроматография сапалық және сандық талдау жүргізуге арналған тиімді әдістердің бірі. Зерттеулерімізді жалғастыру барысында *A. repens* өсімдігінен алынған этилацетат фракциясы HPLC (Perkin Elmer Series 200) арқылы талданды. Анықталатын үлгі ретінде *нарингин* қолданылды. ЖЭСХ нәтижелері бойынша этилацетат сығындысында *нарингин* айқындалды (3-сурет).



3 сурет - *Acroptilon repens* этилацетаты сығындысының HPLC спектрі.

Нарингин – алуан-түрлі фармакологиялық әсер көрсететін флавоноидтардың бірі болып табылады. Атап кететін болсақ, ол антиоксиданттық, ісікке қарсы, қартаюға қарсы, бактерияға қарсы, қабынуға қарсы және гипохолестеринемиялық әсер көрсетеді. Сонымен қатар, өт түзілуін жақсартады, липидтер алмасуын жеделдетеді және ағзаны детоксикациялайды [14].

4. Қорытынды

Алғашқы рет Қазақстанның Алматы өңірінен жиналған *Asteraceae* тұқымдасына жататын жатаған уекіренің (*Acroptilon repens*) шынайлығы анықталып, биологиялық белсенді кешен бөліп алынды. Фитосараптама нәтижесінде кешенде флавоноидтар, органикалық қышқылдар, тері илегіш заттар, алкалоидтар, кумариндер, сапониндер, көмірсулар анықталды. Флавоноидтар (3.75 %), сапониндер (2.47 %) мен көмірсулардың (2.5 %) үлесі басым болды. Атомды-адсорбционды әдіс арқылы нысана өсімдігінің күлінің құрамында 8 элемент анықталды, соның ішінде Mg (77.09 мкг/мл), K (77.28 мкг/мл), Na (34.075 мкг/мл) және Ca (28.07 мкг/мл) мөлшері салыстырмалы түрде жоғары болды. Микроэлементтердің ішінен Fe-дің мөлшері басымырақ болды және 14.942 мкг/мл құрады. *A. repens* өсімдігінен алынған этанолды экстракт түрлі еріткіштер арқылы фракцияларға бөлінді. Этилацетатты сығындысында ЖЭСХ әдісі көмегімен нарингин флавоноиды айқындалды.

Қаржыландыру: Ешқандай қаржыландыру қарастырылмаған.

Мүделер қақтығысы: Бұл зерттеу жұмысында авторлар арасында мүделік қақтығыс жоқ.

ИЗУЧЕНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА РАСТЕНИЯ *ACROPTILON REPENS*

Г.Е. Берганаева¹, Б.Е. Дюсебаев², С.А. Сыдыкбаева³, М.А. Дюсебаева^{1*}

¹Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

³Жетысуский университет имени И. Жансугурова, Талдыкорган, Казахстан

*E-mail: moldyr.dyusebaeva@mail.ru

Резюме. Введение. Горчак ползучий (*Acroptilon repens*) является многолетним растением семейства Asteraceae и входит в число наиболее злостных и трудноискоренимых сорняков. С ним активно борются, однако методы борьбы с ним очень сложны, высокочатратны и малоэффективны. Горчак ползучий используется в народной медицине в лечении многих заболеваний, однако фитохимический состав этого растения недостаточно изучен. Цель исследования: изучить химический состав данного растения. Данное исследование поможет найти новые источники получения биологически активных веществ (БАВ), а также решить проблему засорения сельскохозяйственных угодий. Методы исследования: общепринятые методики определения основных БАВ в растительном сырье, спектрофотометрия, высокоэффективная жидкостная хроматография (ВЭЖХ). Результаты: проведен фитохимический анализ состава *Acroptilon repens*, собранного на территории Алматинской области. Результаты показали следующие характеристики: влажность (11.4 %), зольность (6.21 %), экстрактивные вещества (22.5 %), органические кислоты (1.9 %), флавоноиды (3.75 %), дубильные вещества (0.6 %), алкалоиды (1.86 %), кумарины (1.18%), сапонины (2.47 %), углеводы (2.5%). Путем многоэлементного атомно-эмиссионного анализа в золе растений было идентифицировано 8 элементов, при этом в золе растений преобладали Mg (77.09 мкг/мл), K (77,28 мкг/мл), Na (34.075 мкг/мл) и Ca (28.07 мкг/мл). Значительные количества этих элементов свидетельствуют о высокой физиологической активности горчака ползучего. Дополнительно был получен общий спиртовой экстракт (использовался 96% этиловый спирт), который далее был разделен на фракции с использованием петролейного эфира, гексана, этилацетата и бутанола. Этилацетатная фракция была подвергнута анализу с использованием ВЭЖХ. Результаты исследования показали наличие нарингина в этилацетатном экстракте. Заключение: Полученные результаты предоставляют важную информацию о химическом составе исследуемого растения *Acroptilon repens*, который содержит комплекс БАВ, что может быть полезным для проведения дальнейших научных и прикладных исследований.

Ключевые слова: *acroptilon repens*, экстракция, биологически активные вещества, высокоэффективная жидкостная хроматография, спектрофотометрия, макроэлементы, флавоноиды, сапонины, алкалоиды, нарингин.

Берганаева Гульзат Ергазиевна

кандидат химических наук

Дюсебаев Бекзат Ерболулы

студент бакалавриата

Сыдыкбаева Сандуғаш Аубакировна

кандидат химических наук

Дюсебаева Мольдыр Акимжановна

кандидат химических наук,
ассоциированный профессор

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Абрамова Л.М., Мустафина А.Н., Нурмиева С.В., Голованов Я.М. К биологии и экологии горчака ползучего (*Acroptilon repens*) на Южном Урале, *Экосистемы* **2020**, 75-84. <https://doi.org/0.37279/2414-4738-2020-21-75-84>

2. Поляков С.С. *Химические средства борьбы с горчаком ползучим (Acroptilon repens (L.) DC.) и их эффективное использование в Нижнем Поволжье*. [док. дисс.]. Санкт-Петербург, Пушкин **2021**, 20 с.

3. Иванченко Т.В. Горчак ползучий – серьёзная угроза, *Фермер* **2018**, No. 9, 54-58.
4. Ткаченко А.Н., Куликова М.Д., Малютина М.Ю. *Asrorilton rerens* L. – перспективное растение народной медицины. Взгляд будущих специалистов на проблему современной медицины *Сборник тезисов научной сессии медицинского института НИУ «БелГУ»*, Белгород **2016**, 112.
5. Молдаванова А.Ю., Ляховченко Н.С., Малютина М.Ю. Определение антимикробной активности травы горчачка ползучего (*Acroptilon repens* L.) *Сборник статей XXII Международной научно-практической конференции*, Пенза **2019**, 196-199. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_39196922_13640267.pdf
6. А.Ю. Молдаванова, А.Ю. Малютина, З.Е. Цветкова Перспективы использования травы горчачка ползучего (*Acroptilon repens* L.) в официальной медицине *Материалы 7-й международной научно-практической телеконференции «Фармацевтический кластер как интеграция науки, образования и производства»*, Belgorod, **2018**, 115-117. <http://dspace.bsu.edu.ru/handle/123456789/28659>
7. Akhgar Z., Tanomand A., Nazari R., Zargar M. Biological and antibacterial features of *Acroptilon repens* (L.) *Crescent J.Med. & Biolog. Sci.* **2022**, 9, No. 2, 116-122. <https://doi.org/10.34172/cjmb.2022.20>
8. Afsharnezhad M., Shahangian S.S., Rasti B., Ghasemi M.F. Inhibitory potential of *Acroptilon repens* against key enzymes involved in alzheimer and diabetes, phytochemical profile, radical scavenging, and antibacterial activity, *Iran. Biomed. J.* **2021**, 25(1), 21. <https://doi.org/10.29252/2Fibj.25.1.21>
9. Firoozian S., Osanloo M., Moosa-Kazemi S.H., Basseri H.R., Hajipirloo H.M., Sadaghianfar A., Sedaghat M.M. Preparation of a Nanoemulsion of Essential Oil of *Acroptilon repens* Plant and Evaluation of Its Larvicidal Activity against Malaria Vector, *Anopheles stephensi*, *J. Arthropod. Borne Dis.* **2021**, 15(3), 333-346. <https://doi.org/10.18502/jad.v15i3.9821>
10. Babaei-Ghaghelestany A., Alebrahim M.T., Farzaneh S., Mehrabi M. The anticancer and antibacterial properties of aqueous and methanol extracts of weeds. *J. Agriculture and Food Res.* **2022**, 10,100433. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100433>
11. Государственная фармакопея Республики Казахстан. Алматы, Изд. дом «Жибек жолы» **2009**, Т. 2, 805 с.
12. Бердимуратова Г.Д., Музычкина Р.А., Корюлькин Д.Ю., Абилов Ж.А., Тулегенова А.У. Биологически активные вещества растений: выделение, разделение, анализ. Алматы, «Атамұра» **2006**, 438 с.
13. Молдаванова А.Ю., Малютина А.Ю., Жиликова Е.Т. Количественное определение флавоноидов в траве горчачка ползучего (*Acroptilon repens* L.) *Сборник трудов 7-й научной конференции Современные тенденции развития технологий здоровья сбережения*, Москва **2019**, 242-246. https://elibrary.ru/download/elibrary_41759366_68319222.pdf
14. Shilpa V., Shams R., Dash K.K., Pandey V.K. Phytochemical properties, extraction, and pharmacological benefits of naringin: A Review. *Molecules* **2023**, 28, 5623. <https://doi.org/10.3390/molecules28155623>.

References

1. Abramova L.M., Mustafina A.N., Nurmieva S.V., Golovanov Ya.M. On biology and ecology of the creeping mustard (*Acroptilon repens*) in the Southern Urals, *Ecosystems* **2020**, 75-84. <https://doi.org/0.37279/2414-4738-2020-21-75-84>. (in Russ).
2. Polyakov S.S. *Chemical agents for the control of creeping mustard (Acroptilon repens (L.) DC.) and their effective use in the Lower Volga region.* [doctoral diss.]. St. Petersburg, Pushkin **2021**, 20 p. (in Russ).
3. Ivanchenko T.V. The creeping Gorchak is a serious threat, *Farmer* **2018**, No. 9, 54-58.
4. Tkachenko A.N., Kulikova M.D., Malyutina M.Y. *Asrorilton rerens* L. is a promising plant of traditional medicine. The view of future specialists on the problem of modern medicine *Collection of abstracts of the scientific session of the Medical Institute of the National Research University "BelSU"*, Belgorod, **2016**, 112. (in Russ).
5. Moldovanova A.Y., Lyakhovchenko N.S., Malyutina M.Y. Determination of antimicrobial activity of the herb creeping mustard (*Acroptilon repens* L.) *Collection of articles of the XXII International Scientific and Practical Conference*, Penza, **2019**, 196-199. https://www.elibrary.ru/download/elibrary_39196922_13640267.pdf. (in Russ).

6. Moldavanova A.Y., Malyutina A.Y., Tsvetkova Z.E. Prospects for the use of the herb creeping mustard (*Acroptilon repens* L.) in official medicine *Materials of the 7th international scientific and practical teleconference "Pharmaceutical cluster as integration of science, education and production"*, Belgorod, **2018**, 115-117. <http://dspace.bsu.edu.ru/handle/123456789/28659>. (in Russ).
7. Akhgari Z., Tanomand A., Nazari R., Zargar M. Biological and antibacterial features of *Acroptilon repens* (L.) *Crescent J.Med.& Biolog.Sci.* **2022**, 9, No. 2, 116-122. <https://doi.org/10.34172/cjmb.2022.20>
8. Afsharnezhad M., Shahangian S.S., Rasti B., Ghasemi M.F. Inhibitory potential of *Acroptilon repens* against key enzymes involved in alzheimer and diabetes, phytochemical profile, radical scavenging, and antibacterial activity, *Iran. Biomed. J.* **2021**, 25(1), 21. <https://doi.org/10.29252%2Fibj.25.1.21>
9. Firoozian S., Osanloo M., Moosa-Kazemi S.H., Basseri H.R., Hajipirloo H.M., Sadaghianifar A., Sedaghat M.M. Preparation of a Nanoemulsion of Essential Oil of *Acroptilon repens* Plant and Evaluation of Its Larvicidal Activity against Malaria Vector, *Anopheles stephensi*, *J. Arthropod. Borne Dis.* **2021**, 15(3), 333-346. <https://doi.org/10.18502/jad.v15i3.9821>
10. A. Babaei-Ghaghelestany, M.T. Alebrahim, S. Farzaneh, M. Mehrabi The anticancer and antibacterial properties of aqueous and methanol extracts of weeds. *J. Agriculture and Food Res.* **2022**, 10, 100433. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2022.100433>
11. The State Pharmacopoeia of the Republic of Kazakhstan. Almaty, Publishing house "Zhibek Zholy", **2009**, T. 2, 805 c. (in Russ).
12. Berdimuratova G.D., Muzychkina R.A., Korulkin D.Y., Abilov J.A., Tulegenova A.U. Biologically active substances of plants: isolation, separation, analysis. Almaty, Atamura **2006**, 438 c. (in Russ).
13. Moldavanova A.Y., Malyutina A.Y., Zhilyakova E.T. Quantitative determination of flavonoids in the herb of creeping mustard (*Acroptilon repens* L.) *Proceedings of the 7th scientific conference Modern trends in the development of health saving technologies*, Moscow **2019**, 242-246. https://elibrary.ru/download/elibrary_41759366_68319222.pdf. (in Russ).
14. Shilpa V., Shams R., Dash K.K., Pandey V.K. Phytochemical properties, extraction, and pharmacological benefits of naringin: A Review. *Molecules* **2023**, 28, 5623. <https://doi.org/10.3390/molecules28155623>.

ROLE OF THE SURFACE LAYER OF EPOXY RESIN

E.A. Kambarova ^{1*}, N.A. Bektenov ^{2,3}, M.A. Gavrilenko ⁴, G.E. Abdraliyeva ^{2,5}

¹M.Kh.Dulaty Taraz Regional University, Taraz, Kazakhstan

²A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan

³Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

⁴National Research Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia

⁵Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: ilmira080884@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Water pollution threatens human health, and the safe supply of drinking water has been recognized as a problem worldwide. The increasing accumulation of heavy metals in water from various sources has led to the search for effective and environmentally friendly treatment methods and materials for their removal. To impart the necessary characteristics to minerals, in particular to improve sorption properties, one of the methods is modification. Modern technologies using sorbents require qualitatively new sorption materials with increased capacity and high selectivity of action. Epoxy resins are widely used as a base material in the coating field due to their advantages including adsorption properties. In this work, shungite from the Koku deposit and Shankhanai zeolite were used as natural sorbents for modification. *The purpose of this work* is to study the interaction of epoxy resin ED-20 with the surface of a natural sorbent through a layer of polyethylene polyamine. *Methodology.* To study the surface of the prepared samples, methods such as infrared spectroscopy, gravimetry and the temperature-programmed desorption method were used. *Results and discussion.* This article presents the results of IR spectroscopic analysis of natural sorbents shungite and zeolite modified with epoxy resin ED-20 and polyethylene polyamine. The obtained surface epoxy layers were studied for resistance to aqueous environments of varying acidity for 90 days. The acid-base properties of the surface layers of modified sorbents were studied by the method of temperature-programmed ammonia desorption. *Conclusion.* By modifying shungites and zeolites with polyethylene polyamine, followed by cross-linking them on the surface of a natural mineral with ED-20 epoxy resin, a durable layer of epoxy resin was obtained.

Keywords: sorbents, modification, sorption, shungite, epoxy resin ED-20, polyethylene polyamine.

Elmira Kambarova

Master of Chemistry, e-mail: ilmira080884@mail.ru

Nesiphan Bektenov

*Doctor of Chemical Science, Professor, e-mail:
bekten_1954@mail.ru*

Mikhail Gavrilenko

Doctor of Chemical Science, Professor, e-mail: dce@mail.ru

Abdraliyeva Gulzhan

Master of Chemistry, e-mail: gulzhan.1603@mail.ru

Citation: Kambarova E. A., Bektenov N. A., Gavrilenko M. A., Abdraliyeva G.E. Role of the surface layer of epoxy resin. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 99-108. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.10>

РОЛЬ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ЭПОКСИДНОЙ СМОЛЫ

Э.А. Камбарова^{1*}, Н.А. Бектенов^{2,3}, М.А. Гавриленко⁴, Г.Е. Абдралиева^{2,5}

¹Таразский региональный университет имени М.Х. Дулати, Тараз, Казахстан

²АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан

³Казахский Национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

⁴Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Томск, Россия

⁵АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан

*E-mail:ilmira080884@mail.ru

Резюме. *Введение.* Загрязнение воды ставит под угрозу здоровье человека, и безопасное снабжение питьевой водой было признано проблемой во всем мире. Увеличение накопления тяжелых металлов в воде из разных источников привело к поиску эффективных и экологически чистых методов очистки и материалов для их удаления. Для придания необходимых характеристик минералам, в частности улучшения сорбционных свойств, одним из методов является модификация. Современные технологии, использующие сорбенты, требуют качественно новых сорбционных материалов с повышенной емкостью и высокой избирательностью действия. Полимеры эпоксидных смол широко применяются в качестве основного материала в области покрытий благодаря своим преимуществам, включая адсорбционные свойства. В данной работе в качестве природных сорбентов для модификации использовали шунгит Коксуйского месторождения и Шанханайский цеолит. *Целью данной работы* является исследование взаимодействия эпоксидной смолы ЭД-20 с поверхностью природного сорбента через слой полиэтиленполиамина. *Методология.* Для изучения поверхности подготовленных образцов использованы такие методы как инфракрасная спектроскопия, гравиметрия и термопрограммируемый метод десорбции. *Результаты и обсуждение.* В данной статье представлены результаты ИК-спектроскопического анализа природных сорбентов шунгита и цеолита модифицированной эпоксидной смолой ЭД-20 и полиэтиленполиамином. Проведены исследования полученных поверхностных эпоксидных слоев на устойчивость к водной среде разной кислотности в течение 90 дней. Кислотно-основные свойства поверхностных слоев модифицированных сорбентов исследованы методом термопрограммируемой десорбции аммиака. *Заключение.* Модификацией шунгитов и цеолитов полиэтиленполиамином с последующим сшиванием их на поверхности природного минерала эпоксидной смолой ЭД-20 получен прочный слой эпоксидной смолы.

Ключевые слова: сорбенты, модификация, сорбция, шунгит, эпоксидная смола ЭД-20, полиэтиленполиамин.

Камбарова Эльмира Абдувалиевна

магистр химии

Бектенов Несипхан Абжапарович

доктор химических наук, профессор

Гавриленко Михаил Алексеевич

доктор химических наук, профессор

Абдралиева Гульжан Ендихановна

магистр химии

1. Введение

В настоящее время разработаны простые методики синтеза сорбентов с поверхностным слоем органических полимеров различной природы [1]. Разработка таких сорбентов позволяет решать задачи очистки воды [2]. Одним из наиболее удачных вариантов является модифицирование дешевых природных минералов поверхностным слоем полимерной эпоксидной смолы ЭД-20 (далее ЭС ЭД-20) совместно с отвердителем полиэтиленполиамин (далее ПЭПА). Применение таких мономеров позволяет синтезировать высокопрочные сорбенты с широким набором

функциональных групп путем полимер аналогичных превращений их ангидридных групп. Минеральные сорбенты, модифицированные эпоксидными смолами приобретают ряд преимуществ, таких как повышенная прочность, химическая стойкость и устойчивостью к агрессивным средам. Кроме того, это покрытие обеспечивает эффективное удержание вредных веществ и загрязняющих веществ, что делает его применимым в различных областях, таких как защита поверхности от коррозии, очистка воды или воздуха от загрязнителей, а также для улучшения адсорбционных свойств минеральных сорбентов. Сорбенты на основе промышленной смолы ЭД-20 находят широкое применение в различных отраслях индустрии и занимают важное место в ряду промышленных материалов [3].

Образованный поверхностный слой обладает необходимыми характеристиками для сорбции катионов тяжелых металлов из водных растворов. Для получения слоя пространственно-сшитой эпоксидной смолы на поверхность носителя вносят отвердители, которые создают появление сетчатой структуры макромолекул [4]. Дополнительно могут быть внесены добавки полимерных веществ для модификации эпоксидных олигомеров, которые приводят к повышению сорбционных показателей [5]. Перспективным является комплексный подход изучения реакций составных частей (полимерных и минеральных) с дальнейшим исследованием их взаимного влияния [6] и подготовка состава модифицирующего слоя смолы на поверхности сорбентов.

Исследование структуры и особенностей формирования эпоксидных смол на поверхности различных носителей осуществлено с использованием таких методов как электрохимическая импедансная спектроскопия, сканирующая электронная микроскопия и энергодисперсионная рентгеновская спектроскопия [7]. Особенно часто используют методы ИК-спектроскопии, поскольку важным аспектом модифицирования является характеристика функциональных групп поверхностного слоя эпоксидной смолы [8]. Адсорбция на поверхности цеолита лимонной кислоты и дальнейшее полимераналогичное превращение $-COOH$ групп в предлагаемых условиях приводит к полимеризации ГМА и сшивке продукта, происходящей за счет $-OH$ групп в 3-положении эпоксидного мономера и поверхностных $-OH$ групп алюмосиликата. В спектре исходного цеолита присутствуют полосы при $464, 776 \text{ см}^{-1}$, характерные для деформационных и валентных колебаний $Si-OAl$. Асимметричные валентные колебания связи $Si-O$ при 1040 см^{-1} исчезают с одновременным увеличением интенсивности при 976 см^{-1} в результате модификации. В спектре эпоксидного мономера серия частот - $1328, 1376, 1392, 1408 \text{ см}^{-1}$ характерна для деформационных колебаний групп NCH, OCH . Наличие в спектрах слабых полос при 1632 (двойная связь) и 976 см^{-1} (эпоксидная группа) свидетельствует о неполном протекании превращения.

Другим примером является модификация поверхности бентонита в присутствии H_3PO_4 эпоксидными соединениями благодаря вовлечению в процесс конденсации большого количества активных центров, равномерному связыванию функциональных групп и сшиванию полимерных цепей. В качестве эпоксидного соединения использовали ГМА, сочетающий в себе двойную связь и реакционноспособное оксирановое кольцо. Адсорбция H_3PO_4 на поверхности глины и дальнейшее превращение кислотных групп в предлагаемых условиях приводит к полимеризации ГМА и сшивке мономерных звеньев [9].

В работе [10] приведен пример аналогичного химического взаимодействия ЭС ЭД-20 с верхним слоем аморфного $\text{Ti}_3(\text{PO}_4)_2$ с разрывом эпоксидного цикла. Полоса поглощения ИК-спектров допускают возможность протекания дополнительных взаимодействий за счет координации через водородные связи при адсорбции на гидроксильных группах поверхности минералов [11]. По интенсивности полосы 830 см^{-1} связи $\text{C}-\text{O}-\text{C}$ в эпоксидной группе определяют как количественные показатели реакционно-способных эпоксидных групп в полимере, так и степень олигомеризации слоя смолы [12,13].

Данная работа посвящена изучению свойств поверхности модифицированных шунгитов и цеолитов эпоксидной смолой ЭД-20 и ПЭПА. Методом ИК-спектроскопии изучены механизмы взаимодействия эпоксидной смолы с поверхностью природного сорбента через слой полиамина.

2. Экспериментальная часть

В данной работе в качестве природных сорбентов для модификации использовали шунгит Коксуйского месторождения и Шанханайский цеолит. Сорбенты были получены на основе природных минералов модифицированных ЭС ЭД-20 и добавления различного содержания ПЭПА (10 - 30 мас. ч.).

Для синтеза сорбентов использовали следующие химические реактивы: полиэтиленполиамин (ПЭПА, Россия, ТУ 2413-357-00203447-9920), эпоксидная смола (ЭД-20, Россия, ГОСТ 10587-84). Для проведения экспериментальных работ использовали: 5% раствор HCl , 5 % раствор NaOH , (Sigma-Aldrich, США). Реактивы соответствовали степени чистоты ч.д.а. и использованы без дополнительной очистки.

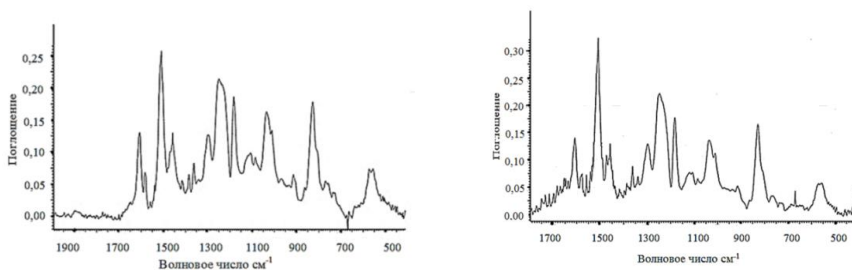
Для исследования текстуры поверхности использован термопрограммируемый метод десорбции (ТПД) [14]. Адсорбцию NH_3 проводили до насыщения поверхности образцов. Процесс термодесорбции NH_3 проходил при постоянных скоростях потока $120\text{ см}^3/\text{мин}$ и обогрева сорбента $10\text{ град}/\text{мин}$. Концентрации кислотных центров определяли по количественным значениям NH_3 соответственно площади пиков ТПД.

ИК-спектральный анализ проводили с использованием спектрофотометра NICOLET5700 (FT-IR) с Фурье-преобразованием по программе OMNIC в области волновых чисел 800–4000 см⁻¹.

3. Результаты и обсуждение

С помощью метода ИК-спектроскопии изучены механизмы взаимодействия эпоксидной смолы с поверхностью природных сорбентов шунгита и цеолита через слой ПЭПА. Установлено, что независимо от природы носителя (шунгит, цеолит) ИК-спектры поверхностного слоя эпоксидной смолы являются идентичными. Вполне логично, что в отсутствие открытых участков поверхности адсорбция проходит на поверхностном слое ЭД-20 и ее спектр фиксируют на аналитическом оборудовании. В ИК-спектре модифицированного цеолита (рисунок 1а) и шунгита (рисунок 2б) присутствуют полосы поглощения эпокси-группы, валентных колебаний эпоксидного кольца в низкочастотной области - полосы 920 см⁻¹, 830 см⁻¹, 870 см⁻¹, 1186 см⁻¹, полоса колебаний соответствует С-О в эпоксидном кольце; 1460 см⁻¹ указывает на наличие СН- в оксирановом цикле. В спектре эпоксидной смолы не обнаружены полосы 830 см⁻¹, 920 см⁻¹, 1460 см⁻¹, из чего следует механизм реакции между эпоксидной смолой и гидроксильной группой с образованием химической связи с азотсодержащим слоем ПЭПА через раскрытие эпоксидного цикла [15]. В ИК-спектре понижается интенсивность полос 870 и 920 см⁻¹ (деформационные колебания С-С); повышается интенсивность полосы 1420 см⁻¹ (искаженные колебания в СН₂-СО эпоксидной группе), подтверждающие снижение количества эпоксидных групп после разрыва СН₂-СО цикла.

Отдельно выполнен ИК-спектроскопический анализ поверхностного слоя сорбента на основе эпоксидной смолы ЭД-20 с различным содержанием ПЭПА (10 - 30 мас. ч.). Данный анализ выявил взаимодействия между отвердителем и эпоксидной смолой и образование сетчатой полимерной структуры. Установлены выраженные пики колебаний связей эпоксидной группы —СН₂—О—СН при 914 см⁻¹, С—О при 827 и 1247 см⁻¹, —С—Н при 3055 см⁻¹. Повышение содержания отвердителя ПЭПА обеспечивает сшивание ЭС ЭД-20 в трехмерную структуру через реакционно-способные участки аминогруппы С—NH₂ в виде широкой полосы 700–900 см⁻¹. Отверждение ЭС ЭД-20 полиэтиленполиаминном подтверждено полосами поглощения 862 см⁻¹ и 875 см⁻¹. Полученные результаты позволяют сделать вывод, что понижение количества концентрации полиэтиленполиамин приводит к понижению поперечных сшивок в ЭД-20. Дальнейшее реагирование эпоксидных групп с поверхностью сорбента вызывает образование активных -ОН групп, которые обладают сорбционной способностью по отношению к положительно заряженным катионам металлов.



а б
Рисунок 1 – ИК спектр эпоксидной смолы ЭД-20, отвержденной ПЭПА
 (а-10 мас. ч.; в -30 мас. ч.).

Проведены исследования полученных поверхностных эпоксидных слоев на устойчивость к водной среде, поскольку сорбенты предполагается использовать для очистки природной воды от катионов тяжелых металлов. Исследуемые образцы выдерживали в течение 90 дней в воде разной кислотности (нейтральной, кислой и щелочной), что соответствует большинству природных вод РК. Данные полученных результатов приведены в таблице 1. Эксперимент выявил не значительное повышение массы заявленных образцов в процессе сорбции, что свидетельствует о стабильности как сорбционного слоя ЭД-20. Увеличение веса составило не более 3 % , что свидетельствует об устойчивости сорбционного слоя.

Таблица 1 – Изменение массы сорбентов с поверхностным слоем эпоксидной смолы ЭД-20 при различной добавке ПЭПА, %

W,пэпа	10 дн.			30 дн.			90 дн.		
	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O	H ₂ SO ₄	NaOH	H ₂ O
10,цеолит	1.25	1.36	0.68	2.44	2.09	1.36	3.69	3.27	2.01
10,шунгит	0.77	0.96	0.68	1.49	1.58	1.37	2.33	2.50	2.11
20,шунгит	1.07	1.15	0.25	2.17	2.08	0.95	3.19	3.17	1.81
30,шунгит	0.97	1.06	0.61	1.83	1.64	1.88	2.18	2.73	3.15

Поверхность модифицированных сорбентов исследовали методом температурно-программированной десорбции (ТПД) NH₃ (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**2). На поверхности наблюдается наличие 2 типов кислотных центров. Низкотемпературный пик в диапазоне 463-468 К отнесен к десорбционному процессу NH₃ с льюисовских кислотных центров, а высокотемпературный пик в диапазоне 663-703 К показывает десорбционный процесс с бренстедовских кислотных центров [16].

Таблица 2 – Количественная оценка кислотных центров на поверхности слоя ЭД-20 с различным содержанием ПЭПА, %

ПЭПА	Е, кДж/моль		С, мкмоль/г		С _{общ} , мкмоль/г
	Л-центры	В-центры	Л-центры	В-центры	
0	60±5	92±7	309±35	139±10	448±40
10	64±6	95±8	275±30	203±20	478±40
20	62±6	94±7	429±40	200±20	629±60
30	60±6	90±9	346±35	87±5	433±40

Сорбенты имеют практически одинаковую силу кислотных центров L-типа и незначительно отличаются энергией десорбции аммиака с бренстедовских кислотных центров. Минимальными показателями силы кислотных центров обладает образец 30 % ПЭПА, а максимальными исходный сорбент, причем он обладает наибольшей адсорбционной емкостью и объемом микропор.

4. Заключение

С помощью метода ИК-спектроскопии исследовано взаимодействие эпоксидной смолы с поверхностью природного сорбента через слой полиэтиленполиамиона. Полученные данные свидетельствуют о том, что уменьшение концентрации ПЭПА приводит к снижению количества поперечных сшивок. Последующее контактирование эпоксидных групп с ПЭПА приводит к образованию активных -ОН групп. Поверхность модифицированных ЭС ЭД-20 сорбентов обладает льюисовскими и бренстедовскими кислотными центрами, которые отличаются сорбционной способностью по отношению к положительно заряженным катионам металлов.

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 BR21882220. (ПЦФ 23-25)

Конфликт интересов: Конфликт интересов между авторами отсутствует.

ЭПОКСИДТІ ШАЙЫРДЫҢ БЕТКІ ҚАБАТЫНЫҢ РӨЛІ

Э.А. Камбарова ^{1*}, Н.А. Бектенов ²⁻³, М.А. Гавриленко ⁴, Г.Е. Абдралиева ^{2,5}

¹М.Х.Дулати атындағы Тараз өңірлік университеті, Тараз, Қазақстан

² «Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

³Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

⁴Томск политехникалық университеті, Томск, Ресей

⁵Қазақстан-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

*E-mail:ilmira080884@mail.ru

Түйіндеме. Кіріспе. Судың ластануы адам денсаулығына қауіп төндіреді және ауыз сумен қауіпсіз қамтамасыз ету бүкіл әлемдік өзекті мәселе болып табылады. Өртүрлі көздерден келіп түсетін суда ауыр металдардың көбеюі оларды жоюға арналған тиімді және экологиялық таза тазарту

әдістері мен материалдарды қарқынды іздеуге алып келді. Минералдардың қажетті қасиеттерін арттыру үшін, соның ішінде сорбциялық қасиеттерін жақсартуға арналған әдістердің бірі модификация болып табылады. Сорбенттерді қолданатын заманауи технологиялар, сыйымдылығы жоғары және жоғары селективті, сапалы, жаңа сорбциялық материалдарды қажет етеді. Эпоксидті шайырлар адсорбциялық қасиеттерімен қатар, бірқатар артықшылықтарына байланысты жабу саласында негізгі материал ретінде кеңінен қолданылады. Бұл жұмыста модификациялау үшін табиғи сорбенттер ретінде Көксу кен орнындағы шунгит пен Шанханай цеолиті пайдаланылды. Бұл жұмыстың мақсаты ED-20 эпоксидті шайырының полиэтиленді полиамин қабаты арқылы табиғи сорбент бетімен әрекеттесуін зерттеу болып табылады. *Әдістеме.* Дайындалған үлгілердің бетін зерттеу үшін инфрақызыл спектроскопия, гравиметрия және температуралық бағдарламаланған десорбция әдісі сияқты әдістер қолданылды. *Нәтижелер мен талдау.* Бұл мақалада ЭД-20 эпоксидті шайырымен және полиэтиленді полиаминмен модификацияланған табиғи сорбенттер шунгит пен цеолиттің ИҚ-спектроскопиялық талдау нәтижелері көрсетілген. Алынған беттік эпоксидті қабаттардың 90 күн бойы әртүрлі қышқылдықтағы сулы орталардағы төзімділіктері зерттелді. Модификацияланған сорбенттердің беткі қабаттарының қышқылдық-негіздік қасиеттері температуралық бағдарламаланған аммиақты десорбциялау әдісімен зерттелді. *Қорытынды.* Шунгиттер мен цеолиттерді полиэтиленді полиаминмен модификациялау, кейін оларды табиғи минералдың бетіне ЭД-20 эпоксидті шайырмен айкастыру арқылы эпоксидті шайырдың берік қабаты алынды.

Түйінді сөздер: сорбенттер, модификация, сорбция, шунгит, эпоксидті шайыр ЭД-20, полиэтиленполиамин.

<i>Камбарова Эльмира Абдувалиевна</i>	<i>Химия магистрі</i>
<i>Бектенов Несипхан Абжапарович</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Гавриленко Михаил Алексеевич</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Абдралиева Гүлжан Ендіханқызы</i>	<i>Химия магистрі</i>

Список литературы:

1. Акимбаева А. М., Ергожин Е. Е. Механохимическая модифицирование природного целита эпоксидной смолой. *Хим. и хим. техн.* **2006**, 49, No. 6, 126-128. <https://cyberleninka.ru/article/n/mehanoхимическое-модифицирование-природного-цеолита-эпоксидной-смолы/viewer> (дата обращения: 03.03.2024).
2. Ергожин Е.Е., Чалов Т.К., Мельников Е.А., Хакимбулатова К.Х., Никитина А.И. Сорбция ионов Cu^{2+} и Ni^{2+} полифункциональными анионитами на основе эпоксидных производных ароматических аминов и полиэтиленмина. *Вода: Хим. и эколог.* **2012**, No. 8, 74-79. <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=pbhpfb> (дата обращения: 02.03.2024).
3. Камбарова Э.А., Бектенов Н.А., Гавриленко М.А. Модифицированные полиэтиленполиамином и эпоксидной смолой шунгиты для извлечения ионов свинца из сточных вод. *Хим. Журн. Каз.* **2020**, No. 2, 170-179. <https://chemjournal.kz/index.php/journal/article/view/85> (дата обращения: 02.03.2024).
4. Крутько Э.Т., Прокопчук Н.Р. Химическая модификация меламиналкидной и эпоксидной смол. *Полим. мат. и техн.* **2017**, 3, No. 1, 47-59. <https://elib.belstu.by/handle/123456789/22320> (дата обращения: 02.03.2024).
5. Тхуан Ф.К., Костромина Н.В., Осипчик В.С. Изучение поверхностных свойств наполненных композитов на основе эпоксидного олигомера. *Успехи хим. и хим.техн.*, **2011**, 25, No. 3 (119), 96-101. <https://cyberleninka.ru/> (дата обращения: 02.03.2024).
6. Эшкурбонов Ф.Б. и др. Синтез и свойства новых ионообменных смол. *Хим. и био.* **2018**, 47, No. 5. Доступно по адресу: <https://7universum.com/ru/nature/archive/item/5820> 23.12.2023 (дата обращения: 02.03.2024).
7. Dong Y., Zhou Q., Meng X., Cong C., Su X. Anti-H₂S corrosion property of bipolar epoxy-resin coatings. *Prog. in Organ. Coat.* **2019**, 130, 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.01.036>
8. Чашкин М.А., Тринеева В.В., Вахрушина М.А., Захаров А.И., Кодолов В.И. ИК спектроскопическое исследование структуры эпоксидной композиции, модифицированной

медь/углеродным наноккомпозитом, и процессов, связанных с ее модификацией. *Хим. физ. и мезоск.* **2012**, 14, No. 2, 223-230. <https://cyberleninka.ru/article/n/ik-spektroskopicheskoe-issledovanie-struktury-epoksidnoy-kompozitsii-modifitsirovannoy-med-uglerodnym-nanokompozitom-i-protsesov/viewer> (дата обращения: 02.03.2024).

9. Акимбаева А.М., Ергожин Е.Е. Фосфорнокислый органоминеральный катионит на основе бентонита. *Журн. прикл. хим.* **2005**, 79, No. 2, 226-229. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9180646> (дата обращения: 02.03.2024).

10. Урюпина О. Я. Адсорбционное модифицирование фосфата титана в многокомпонентных полимерных композициях [автореф. ... канд. хим. наук.]. 02.00.11. Институт физической химии РАН, **1998**, 24с. <https://www.disscat.com/content/adsorbtsionnoe-modifitsirovanie-fosfata-titana-v-mnogokomponentnykh-polimernykh-kompozitsiy>

11. Устинова Т. П. Направленное регулирование структуры и свойств полимерматричных композиционных материалов. *Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та*, **2015**, 21, No. 4, 644 – 652. <https://cyberleninka.ru/article/n/napravlennoe-regulirovanie-struktury-i-svoystv-polimernatrichnyh-kompozitsionnyh-materialov/viewer> (дата обращения: 02.03.2024).

12. Jin F.L., Li X., Park S.J. Synthesis and application of epoxy resins: A review. *J. Ind. Eng. Chem.* **2015**, 29, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.03.026>

13. Рудаков О. Б. и др. Контроль отверждения эпоксидной смолы по содержанию свободного бисфенола А методом ТСХ. *Анал. и конт.* **2017**, 21, No. 2, 135 – 143. <http://dx.doi.org/10.15826/analitika.2017.21.2.004>

14. Михайлов С.П., Бровка Р.В., Лакина Н.В. Исследование методов восстановления активности смешенного цеолита MFI-MORD в условиях микроструктурированного реактора в реакции трансформации метанола в углеводороды. *Бюлл. науки и практ.*, **2023**, 9, No. 1, 17-23. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-vosstanovleniya-aktivnosti-smeshennogo-tseolita-mfi-mord-v-usloviyah-mikrostrukturirovannogo-reaktora-v/viewer> (дата обращения: 02.03.2024).

15. Podkościelna B., Wawrzkievicz M., Klapiszewski Ł. Synthesis, Characterization and Sorption Ability of Epoxy Resin-Based Sorbents with Amine Groups. *Polym. (Basel)*, **2021**, 27, No. 13, (23), 4139. <https://doi.org/10.3390/polym13234139>

16. Гордина Н. Е., Прокофьев В. Ю. Низкомодульные цеолиты. Структура, свойства, синтез. URSS Красанд, **2018**, 234 с. <https://search.rsl.ru/ru/record/01009493668>

References

1. Akimbaeva A. M., Ergozhin E. E. Mekhanohimicheskaya modifitsirovanie prirodnogo celita epoksidnoj smoloy. *Him. i him. Tekhn.* **2006**, 49, No. 6, 126- 128. (In Russ.). <https://cyberleninka.ru/article/n/mechanohimicheskoe-modifitsirovanie-prirodnogo-tseolita-epoksidnoy-smoloy/viewer> (data obrashcheniya: 03.03.2024).

2. Ergozhin E.E., Chalov T.K., Mel'nikov E.A., Hakimbulatova K.H., Nikitina A.I. Sorbtsiya ionov Su^{2+} i Ni^{2+} polifunktsional'nymi anionitami na osnove epoksidnykh proizvodnykh aromatcheskikh aminov i polietilenimina. *Voda: Him. i ekolog.* **2012**, No. 8, 74-79. (In Russ.). <https://www.elibrary.ru/item.asp?edn=pbhpf> (data obrashcheniya: 02.03.2024).

3. Kambarova E.A., Bektenov N.A., Gavrilenko M.A. Modifitsirovannye polietilenpoliaminom i epoksidnoj smoloy shungity dlya izvlecheniya ionov svinca iz stochnykh vod. *Him. Zhurn. Kaz.* **2020**, No. 2, 170-179. (In Russ.). <https://chemjournal.kz/index.php/journal/article/view/85> (data obrashcheniya: 02.03.2024).

4. Krut'ko E.T., Prokopchuk N.R. Himicheskaya modifikatsiya melaminoalkidnoj i epoksidnoj smol. *Polim. Mat. i tekhn.* **2017**, 3, No. 1, 47–59. (In Russ.). <https://elib.belstu.by/handle/123456789/22320> (data obrashcheniya: 02.03.2024).

5. Thuan F.K., Kostromina N.V., Osipchik V.S. Izuchenie poverhnostnykh svoystv napolnennykh kompozitov na osnove epoksidnogo oligomera. *Uspekhi him. i him. Tekhn.*, **2011**, (In Russ.). 25, No.3, (119), 96-101. (In Russ.). <https://cyberleninka.ru/> (data obrashcheniya: 02.03.2024).

6. Eshkurbanov F.B. i dr. Sintez i svoystva novykh ionoobmennyykh smol. *Him. i bio.* **2018**, 47, No. 5, (In Russ.). Dostupno po adresu: <https://universum.com/ru/nature/archive/item/5820> 23.12.2023 (data obrashcheniya: 02.03.2024).

7. Dong Y., Zhou Q., Meng X., Cong C., Su X. Anti-H₂S corrosion property of bipolar epoxy-resin coatings. *Prog. in Organ. Coat.* **2019**, 130, 66-74. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.01.036>

8. Chashkin M.A., Trineeva V.V., Vahrushina M.A., Zaharov A.I., Kodolov V.I. ИК спектроскопическое исследование структуры эпоксидной композиции, модифицированной мед/углеродным нанокomпозитом, и процессов, связанных с ее модификацией. *Him. fiz. i mezosk.* **2012**, 14, No. 2, 223-230. (In Russ.). <https://cyberleninka.ru/article/n/ik-spektroskopicheskoe-issledovanie-struktury-epoksidnoy-kompozitsii-modifitsirovannoy-med-uglerodnym-nanokompozitom-i-protssessov/viewer> (data obrashcheniya: 02.03.2024).
9. Akimbaeva A.M., Ergozhin E.E. Fosfornikislyj organomineral'nyj kationit na osnove bentonita . *Zhurn. prikl. him.* **2005**, 79, No. 2, 226-229. (In Russ.). <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9180646> (data obrashcheniya: 02.03.2024).
10. Uryupina O. Ya. *Adsorbcionnoe modifitsirovanie fosfata titana v mnogokomponentnykh polimernykh kompozitsiyah* [avtoref. ... kand. him. nauk.]. 02.00.11, Institut fizicheskoy himii RAN, **1998**, 24s. (In Russ.). <https://www.dissercat.com/content/adsorbtsionnoe-modifitsirovanie-fosfata-titana-v-mnogokomponentnykh-polimernykh-kompozitsiya>
11. Ustinova T. P. Napravlennoe regulirovanie struktury i svoystv polimernatrichnykh kompozitsionnykh materialov. *Vestn. Tamb. gos. tekhn. un-ta* **2015**, 21, No. 4, 644 – 652. (In Russ.). <https://cyberleninka.ru/article/n/napravlennoe-regulirovanie-struktury-i-svoystv-polimernatrichnyh-kompozitsionnykh-materialov/viewer> (data obrashcheniya: 02.03.2024).
12. Jin F.L., Li X., Park S.J. Synthesis and application of epoxy resins: A review. *J. Ind. Eng. Chem.* **2015**, 29, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2015.03.026>
13. Rudakov O. B. i dr. Kontrol' otverzheniya epoksidnoj smoly po sodержaniyu svobodnogo bisfenola A metodom TSH. *Anal. i kont.* **2017**, 21, No. 2, 135 – 143. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.15826/analitika.2017.21.2.004>
14. Mihajlov S.P., Brovko R.V., Lakina N.V. Issledovanie metodov vosstanovleniya aktivnosti smeshennogo ceolita MFI-MORD v usloviyah mikrostrukturirovannogo reaktora v reakcii transformacii metanola v uglevodorody. *Byull. nauki i prakt.* **2023**, 9, No. 1, 17-23. (In Russ.). <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-metodov-vosstanovleniya-aktivnosti-smeshennogo-tseolita-mfi-mord-v-usloviyah-mikrostrukturirovannogo-reaktora-v/viewer> (data obrashcheniya: 02.03.2024).
15. Podkościelna B., Wawrzkiwicz M., Klapiszewski Ł. Synthesis, Characterization and Sorption Ability of Epoxy Resin-Based Sorbents with Amine Groups. *Polymers (Basel)* **2021**, 27, No. 13, (23), 4139. <https://doi.org/10.3390/polym13234139>
16. Gordina N. E., Prokof'ev V. Yu. Nizkomodul'nye ceolity. *Struktura, svoystva, sintez.* URSS Krasand, **2018**, 234 s. (In Russ.). <https://search.rsl.ru/ru/record/01009493668>

SYNTHESIS AND PHYSICO – CHEMICAL CHARACTERISTICS OF COMPLEX FERRITE $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$

M.M. Mataev¹, A.M.Madiyarova^{1*}, G.S.Patrin², M.R. Abdraimova¹, M.A.Nurbekova¹, Zh.I.Tursinova¹

¹Kazakh State Women`s Teacher Training University,

²Siberian Federal University Krasnoyarsk

*E-mail: madiyarova.altynai@mail.ru

Abstract: *Introduction.* The article discusses for the first time the synthesis, radiographic and electron microscopic examination of $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$, synthesized using the high – temperature Sol-gel method. The phase of complex ferrites was synthesized using Sol-Gel synthesis method at high temperature. Initially, the structure of $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ composite ferrite was researched by X-ray phase analysis and SEM, the syngony type, elementary cell parameters, radiographic and pycnometric densities and elemental analysis were defined: $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ -a=5.0289, b= 5.0289, c=13.6938 Å , $\rho_{\text{x-ray}}= 5.327 \text{ g/sm}^3$, $\rho_{\text{pycn.}}=5.331 \text{ g/sm}^3$. A comparative analysis of the connection between the parameters of the Crystal cell of the initial materials and of the obtained complex ferrites was carried out. Through a scanning electron microscope, microsystems were taken from different parts of $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ type crystallite, the elemental composition of crystals was analyzed, and the general type of surface layer of complex ferrite was displayed. As a result, the fact that the compound consists of a single phase, the clarity of its construction was determined by the topography and chemical composition of the compound. Consequently, it was discovered that the newly synthesized complex ferrites correspond to the formula $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$. The particles of the formed compounds have a large size (between 200 μm , 20.0 μm and 5 μm). The results of the element analysis show that the compound is compatible.

Keywords: Sol-gel method; ferrites; syngony; radiography; pycnometric density; elementary cell parameters.

<i>Muhametkali Musagalievich Mataev</i>	<i>Doctor of chemical sciences, Professor, E-mail: mataev_06@mail.ru</i>
<i>Altynai Muratkizi Madiyarova</i>	<i>Doctorial student, E-mail: madiyarova.altynai@mail.ru</i>
<i>Gennady Semenovich Patrin</i>	<i>Doctor of Physical and Mathematical Sciences, E-mail: patrin@iph.krasn.ru</i>
<i>Moldir Rashidovna Abdraimova</i>	<i>PhD, senior lecturer, E-mail: abdraimova87@mail.ru</i>
<i>Marzhan Abdyzhaparovna Nurbekova</i>	<i>PhD, senior lecturer, E-mail: nurbekova.0@qzpu.edu.kz</i>
<i>Zhanar Yliysovna Tursinova</i>	<i>PhD, senior lecturer, E-mail: tursinova.0@qzpu.edu.kz</i>

Citation: Mataev M.M., Madiyarova A.M., Patrin G.S., Abduraimova M.R., Nurbekova M.A., Tursinova Zh.I. Synthesis and physico – chemical characteristics of complex ferrite $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 109-118. DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.11>

Introduction

Magnetic materials, particularly nano-sized ferrites, show a significant change in physical, electrical, and magnetic properties in contrast to their bulk counterparts due to their high surface-to-volume ratio of the grains. Ferrite nanoparticles have scientific and technological importance in recent years due to their magnetic properties and wide range of applications especially when the size of the particles approaches to nanometer scale [1]. Among all magnetic materials, ferrites are the most useful because in addition to magnetic properties, they are also good electrical insulators [2]. They have been used for high-frequency transformer cores, rod antennas, and radio-frequency coils [3-4]. Multiferroic materials that demonstrate a changed electric polarization by a magnetic field or a changed magnetization by an electric field have recently initiated enormous interest for their potential applications in the next-generation novel multifunction devices such as spintronics, data storage, sensors and so on [5-6].

Polycrystalline ferrites are very good dielectric materials which have numerous applications at microwave frequencies. The study of dielectric properties gives valuable information about the behavior of localized electric charge carriers and can explain the phenomenon of dielectric polarization and electrical conduction in the material. The experimental conditions used in the preparation of these materials show a strong impact on the properties of the resultant ferrite nanoparticles. For this reason, several methods have been used in the preparation of nanoparticles, like the co-precipitation method [7-8], sol-gel technique [9-11], hydrothermal method [12-13], microwave sintering method [14], spray-spin-heating-coating method [15] and auto combustion method [16]. Out of all these, sol-gel method is promising technique for the synthesis of nano ferrites in bulk scale due to the production of homogeneous particles. The sol-gel method is the most convenient technique to synthesize nanoparticles because of its simplicity, inexpensive precursors, short preparation time, better control over crystallite size and other properties of the materials [17]. The current effort has been focused on studying the composition and frequency-dependent dielectric properties of Cr^{+3} ferrites synthesized through sol-gel technique.

1. Experimental

The Sol-Gel method was used as an efficient way to synthesize a new composite ferrite with a complex mixed composition. In order to determine the composition of the new complex mixed ferrite obtained by the Sol-Gel method, an X-ray phase study was carried out, and a scanning electron microscope study was executed in order to run a quantitative and qualitative analysis.

X-ray analysis was carried out at the Kazakh National Women's Pedagogical University on the diffractometer Miniflex/600 (Rigaku). Analysis using a sika beam ($U=30$ KV, $J=10$ MA, rotation speed 1000 pulses per second, time constant $t=5$ sec., 2θ with an angle interval between 5 and 900) was carried out on the Miniflex 600 RIGAKU, filtered by a filter.

A study was carried out using a scanning electron microscope (SEM) (APPLICATION Note team, Brooker, Germany) to study the spectrum of distribution of the element, quantitative and qualitative analysis, and the percentage content of elements.

As a primary raw material, distilled water of the Chromium (III) oxide ("H. T.") brand, Iron (III) oxide ("H. T.") brand and sodium carbonate ("H. T.") brand were used. The use of citric acid and glycerin as clarifiers has a positive effect on the formation of a homogeneous phase of samples. Stoichiometric amounts of oxides were crushed and mixed in an agate kilt until a homogeneous mixture was obtained. Purified water, glycerin and citric acid were added to the resulting mixture. To obtain the gel, the mass was heated in an electric oven. After that, the formed gel was subjected to repeated annealing in a muffle furnace with an increase of 100°C per hour in the range of 600-1100°C temperature. The firing was divided into six stages. The first stage is 600°C, the second stage is 700°C, the third stage is 800°C, the fourth stage is 900°C, the fifth stage is 1000°C, the sixth stage is 1100°C, the total duration is 39 hours. After each stage of synthesis, intermediate grinding was carried out [18].

X – rays of synthesized polycrystalline powders are indicative by the method of Homology (homologue is a distorted structural type of perovskite). The pycnometric density of ferrites was determined by the method [19].

2. Results and Discussion

In the course of the chromite – ferrite X-ray method, it was observed from the X-ray taken after the first stage that the process of decomposition of carbonate in the primary components was not completed and the sample was in an amorphous state, the crystallization process was not started, and the sol-gel reaction did not occur. After the first X-ray taken, it showed the need for the completion of the carbonate decomposition process in the initial components and the passage of the sol-gel reaction and the extension of the synthesis time in order for the sample to go from the amorphous state, to the crystallization process. In the course of X-ray observations of mixed complex chromite-ferrites synthesized at the second and subsequent stages, in the range of 700-1100°C, it was noted that the samples had a decrease in the amorphous state, the crystallization process was in full swing, the kinetics of the sol-gel reaction was low. In addition, from the diffractogram shown below, it was proved that the samples changed from an amorphous state to a completely polycrystalline state, completely forming an independent phase.

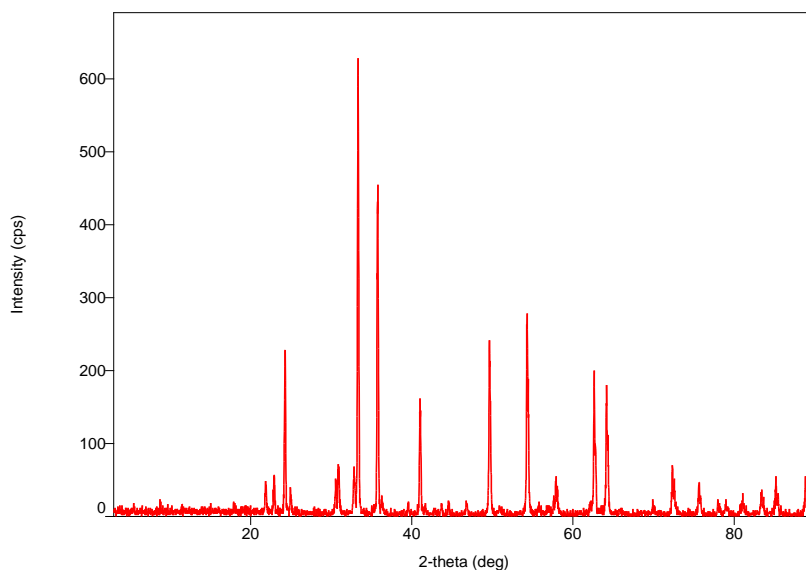


Figure 1 - X-ray diffractogram of the complex ferrite $\text{CrLiFe}_2\text{O}_5$. Insert: phase ratio diagram.

Below are the results of indexing the diffractogram of the complex ferrite studied by X-ray analysis using the Rietveld method.

Toluene and distilled water were used as neutral liquids. The density of the composite materials was measured 5 times and the average values were calculated.

Table 1 - Values of unit cell parameters for the sample under study.

Sample	Phase name	a(Å)	b(Å)	c(Å)	α	β	γ	$V(\text{Å}^3)$
1	$\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$	5.0289	5.0289	13.6938	90	90	120	299.91

Table 2 - Lattice constants.

Sample	Phase name	Space group	Z	Calc. Density (g/cm^3)	Рис. Density (g/cm^3)*
1	$\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$	167 : R-3c,hexagonal	6	5.327	5.331

By the method of X-ray phase analysis, the temperature regime of the synthesis of complex mixed ferrite in $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ was determined. With the radiographic method, the syngony type and unit cell parameters are distinguished. It was found that complex mixed ferrite is lysed in Crystal cubic syngony (Table 1 is given), and the correctness of the results of X-ray studies of Ferrite was

confirmed by the correspondence of the values of X-ray and pycnometric densities. The results of the ferrite X-ray indication are presented in Table 2.

A scanning electron microscope (SEM) is designed to obtain a magnified image of an object by scanning it with an electron beam directed at it and recording the signal generated by the interaction of electrons with a detector. The small diameter of the probe, even at low accelerating voltages and high currents, allows for elemental analysis of samples with dimensions of the analyzed area of several tens of nanometers. The beam current detector is located on the microscope column below the aperture of the objective lens, so that the beam current can be monitored at any time during the analysis.

In order to study the morphology of the surface layer of the new complex mixed ferrite samples synthesized by the sol-gel method, a study was carried out using an electron microscope scanning the microstructures of the electric diffraction image. Electron monographs of the compound taken in an imaging electron microscope are given in Figures 2 a), b), c).

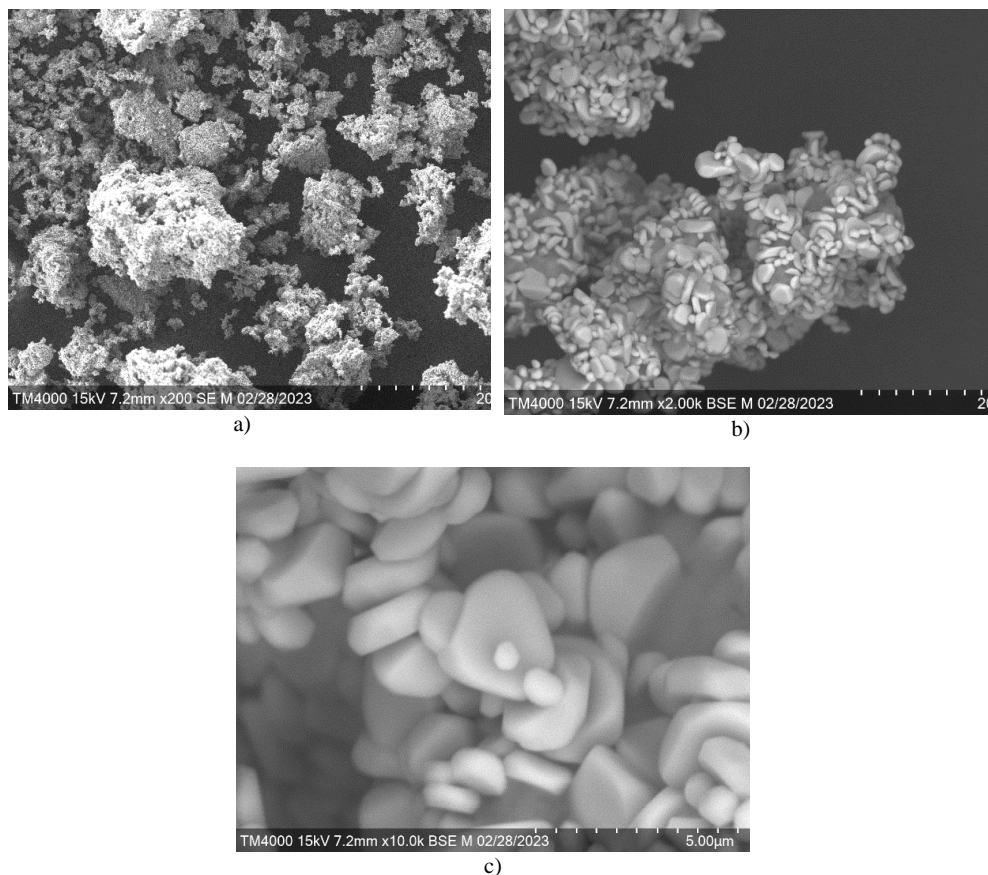


Figure 2 - Three different micrometer measurements of the new mixed complex ferrite $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$.

The above images show the results of micrographs taken at magnifications of 200µm, 20.0µm and 5 µm, and also show the general appearance of the complex ferrite surface layer. As a result, the compound consists of one phase, the clarity of its structure was determined by the topography and chemical composition of the compound.

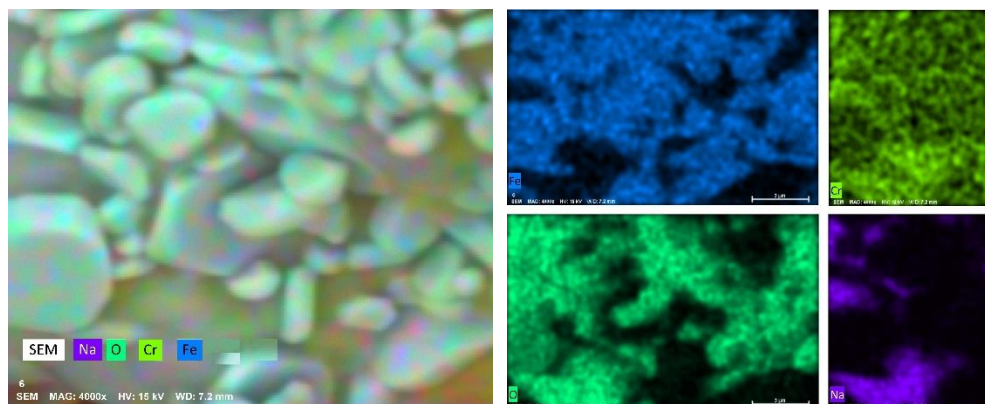


Figure 3 - MAP of the distribution of elements in the composition of the new mixed complex ferrite CrNaFe₂O₅ (order of the elements Cr, Fe, Na, O and color on the MAP).

Based on the distribution map of elements, on the basis of solving the nature of crystallization, the chemical composition with microstructure and distribution zones of chromium, iron, lithium, and oxygen atoms were studied. As a result of the numerical elemental composition study, it can be concluded that iron, chromium, sodium metals, oxygen, carbon atoms are distributed in the 3 µm regions (Figure 3). In an imaging electron microscope, it is possible to obtain nanoscale measurements of solids in powder form.

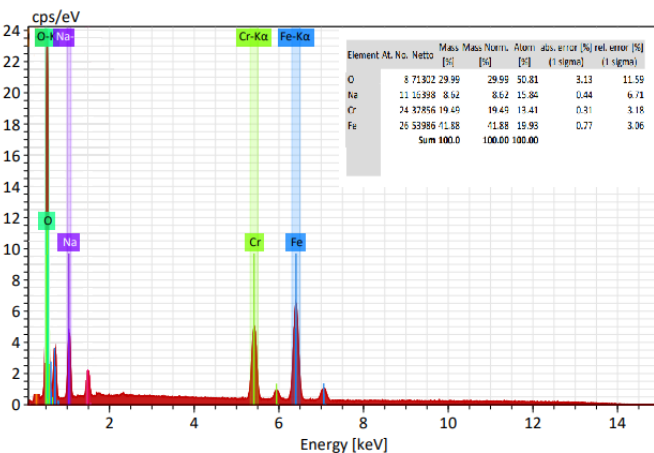


Figure 4 - Spectrum samples of the CrNaFe₂O₅ compound. The results of the element analysis are built-in.

To study the spectrum of distribution of the element, quantitative and qualitative analysis, and the percentage content of elements, a study was carried out using a scanning electron microscope. The spectrum samples of the synthesized new mixed complex Ferrite and the results of elemental analysis are shown in Figure 4.

3. Conclusions

Summarizing the results of the research, a new mixed complex ferrite containing $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ was synthesized for the first time by Sol-Gel method. In order to determine the composition of the obtained new complex mixed ferrite, an X-ray phase study was carried out, and a scanning electron microscope study was carried out in order to conduct a quantitative and qualitative analysis.

For the first time, syngony types and parameters of the elementary cells of complex mixed ferrite synthesized by X-ray phase analysis were determined. $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ (cubic, $a=5.0289$, $b=5.0289$, $c=13.6938 \text{ \AA}$, $Z=2$, $\rho_{\text{X-ray}}=5.327 \text{ g/cm}^3$, $\rho_{\text{печн.}}=5.331 \text{ g/cm}^3$); The results of X-ray examination showed that the synthesized compound is polycrystalline. The accuracy of the crystallochemical data is confirmed by the satisfactory accordance of X-ray and pycnometric densities.

Using a scanning electron microscope, microsamples were taken from different parts of $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ type crystallites, the elemental composition of crystals was analyzed, and the general type of surface layer of complex ferrite was shown. As a result, the compound consists of one phase, the clarity of its structure was determined by the topography and chemical composition of the compound. As a result, it was determined that newly synthesized complex ferrites correspond to $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ formula. The particles of the formed compounds have a large size (between $200 \mu\text{m}$, $20.0 \mu\text{m}$ and $5 \mu\text{m}$).

$\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ КҮРДЕЛІ ФЕРРИТІН СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ФИЗИКА – ХИМИЯЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ

М.М. Матаев¹, А.М. Мадиярова^{1}, Г.С. Патрин², М.Р. Абдраймова¹, М.А. Нурбекова¹, Ж.И. Турсинова¹*

¹Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

²Сібір федеральды университеті, Красноярск, Ресей

*E-mail: madiyarova.altynai@mail.ru

Түйіндемe. Мақалада алғаш рет жоғары температуралы Золь – Гель әдісі арқылы синтезделініп алынған $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ синтездеу, рентгенографиялық және электронды микроскопиялық зерттеу қарастырылған. Алғаш рет $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ құрамды ферритінің құрылысын рентгендік фазалық талдау және сканерлеуші электронды микроскоп әдістерімен зерттелді, сингония типі, элементар ұяшық параметрлері, рентгенографиялық және пикнометрлік тығыздықтары, элементтік талдаулары анықталды: $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ - $a=5.0289$, $b=5.0289$, $c=13.6938 \text{ \AA}$, $\rho_{\text{рент.}}=5.327 \text{ г/см}^3$, $\rho_{\text{пикн.}}=5.331 \text{ г/см}^3$. Бастапқы заттардың кристалдық ұяшық параметрлері мен алынған күрделі ферриттердің кристалдық ұяшық параметрлері арасындағы байланысына салыстырмалы талдау жүргізілді. Сканерлеуші электронды микроскоп арқылы $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ типті кристаллиттің әр түрлі бөліктерінен микросынамалар алынып, кристалдардың элементтік құрамына талдау жасалынды, күрделі ферриттің беттік қабатының жалпы түрі көрсетілді. Нәтижесінде косылыстың бір фазадан тұратындығы, құрылысының айқындылығы топография мен косылыстың химиялық құрамымен

анықталды. Нәтижесінде жаңа синтезделініп алынған күрделі ферриттер $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ формуласына сәйкес келетіні анықталды. Түзілген қосылыстардың бөлшектері үлкен өлшемге ие (200 мкм, 20.0 мкм және 5 мкм, аралығында). Элементтік талдау нәтижелері қосылыстың сәйкес келетіндігін көрсетеді

Түйін сөздер: Золь – Гель әдісі; ферриттер; сингония; рентгенография; пикнометрлік тығыздық; элементарлы ұяшықтың параметрлері.

<i>Мухаметкали Мусағалиевич Матаев</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Алтынай Муратовна Мадиярова</i>	<i>Докторант</i>
<i>Геннадий Семенович Патрин</i>	<i>Физика – математика ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Молдир Рашидовна Абдраймова</i>	<i>PhD, аға оқытушы</i>
<i>Маржан Абдыжаппаровна Нурбекова</i>	<i>PhD, аға оқытушы</i>
<i>Жанар Ильясовна Турсинова</i>	<i>PhD, аға оқытушы</i>

СИНТЕЗ И ФИЗИКО – ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СЛОЖНОГО ФЕРРИТА $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$

М.М. Матаев¹, А.М. Мадиярова^{1}, Г.С. Патрин², М.Р. Абдраймова¹, М.А. Нурбекова¹, Ж.И. Турсинова¹*

¹Казахский Национальный Женский Педагогический Университет, Алматы, Казахстан

²Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

*E-mail: madiyarova.altynai@mail.ru

Резюме. В статье рассматривается синтез сложного феррита $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$, рентгенографическое и электронно-микроскопическое исследование. Методом высокотемпературного золь – гелевого синтеза была синтезирована фаза сложных ферритов. Впервые строение феррита, содержащего $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$, исследовали методами рентгенофазного анализа и сканирующего электронного микроскопа, выявили сингонический тип, параметры элементарных ячеек, рентгенографические и пикнометрические плотности, элементный анализ: $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ - $a=5.0289$, $b=5.0289$, $c=13.6938$ Å, $\rho_{\text{рент.}}=5.327$ г/см³, $\rho_{\text{плкн.}}=5.331$ г/см³, проведен сравнительный анализ взаимосвязи исходных веществ между параметрами кристаллической ячейки и параметрами кристаллической ячейки полученных сложных ферритов. С помощью сканирующего электронного микроскопа из различных частей кристаллита типа $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ были получены микрососуды, проведен анализ элементного состава кристаллов, показан общий вид поверхностного слоя сложного феррита. В результате определялась однофазность соединения, четкость строения, топография и химический состав соединения. В результате было обнаружено, что новые синтезированные сложные ферриты соответствуют Формуле $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$. Частицы образующихся соединений имеют большие размеры (от 200 мкм, 20.0 мкм до 5 мкм). Результаты элементного анализа представлены в виде таблицы.

Ключевые слова: ферриты; сингония; рентгенография; пикнометрическая плотность; параметры элементарной ячейки

<i>Мухаметкали Мусағалиевич Матаев</i>	<i>доктор химических наук, профессор</i>
<i>Алтынай Муратовна Мадиярова</i>	<i>Докторант</i>
<i>Геннадий Семенович Патрин</i>	<i>доктор физика - математических наук, профессор</i>
<i>Молдир Рашидовна Абдраймова</i>	<i>PhD, старший преподаватель</i>
<i>Маржан Абдыжаппаровна Нурбекова</i>	<i>PhD, старший преподаватель</i>
<i>Жанар Ильясовна Турсинова</i>	<i>PhD, старший преподаватель</i>

References

1. Lakshmi M., Vijaya Kumar K., Thyagarajan K. An investigation of structural and magnetic properties of Cr–Zn ferrite nanoparticles prepared by a sol–gel process. *J. Nanost. Chem.* **2015**, 5, 365–373. DOI [10.1007/s40097-015-0168-8](https://doi.org/10.1007/s40097-015-0168-8)
2. Lakshmi M., Vijaya Kumar K., Thyagarajan K. Study of the Dielectric Behaviour of Cr-Doped Zinc Nano Ferrites Synthesized by Sol-Gel Method. *Adv. Mater. Phys. Chem.* **2016**, No. 6, 8 p. [10.4236/ampc.2016.66015](https://doi.org/10.4236/ampc.2016.66015)
3. Kumar A.M., Varma M.C., Dube C.L., Rao K., Kashyap S.C. Development of Ni–Zn nanoferrite core material with improved saturation magnetization and DC resistivity. *J. Magn. Magn. Mater.* **2008** 320, <https://doi.org/10.1016/j.jmmm.2008.02.129>
4. Hwang Y. Microwave absorbing properties of NiZn - ferrite synthesized from waste iron oxide catalyst. *Mater. Lett.* **2006**, 60, 3277–3280 <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2006.03.010>
5. Mataev M.M, Patrín G.S., Seitbekova K.Zh., Tursinova Zh.Y., M.R. Abdraimova. Synthesis and Analysis of Chromium and Calcium Doped YMNO₃, *Orien. J. Chem.* **2019**, No. 3, 1162-1166. <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/350335>
6. Mataev M.M, Patrín G.S., Tursinova Zh.Y., Abdraimova M.R., Yurkin G. Yu. Synthesis and Magnetic Properties of Crystals Bi₂BaFe₄O₁₀. *Journal of Siberian Federal University. Math. Phys.* **2018**, 11(4), 411–41. DOI:[10.17516/1997-1397-2018-11-4-411-415](https://doi.org/10.17516/1997-1397-2018-11-4-411-415)
7. Tirupanyam B.V., Srinivas Ch., Meena S.S., Yusuf S.M., Satish Kumar A., Sastry D.L., Seshubai V. Investigation of Structural and Magnetic Properties of Co-Precipitated Mn-Ni Ferrite Nanoparticles in the Presence of α -Fe₂O₃ Phase. *J. Magn. Magn. Mater.* **2015**, 392, 101-106. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmmm.2015.05.010>
8. Dey S., Dey S.K., Majumder S., Poddar A., Dasgupta P., Banerjee S., Kumar S. Superparamagnetic Behavior of Nanosized Co_{0.2}Zn_{0.8}Fe₂O₄ Synthesized by a Flow Rate Controlled Chemical Coprecipitation Method. *Phys. Rev. B: Condens. Matter* **2014**, 448, 247-252. <http://dx.doi.org/10.1016/j.physb.2014.03.073>
9. Pradeep A., Priyadharsini P., Chandrasekaran G. Sol-Gel Route of Synthesis of Nanoparticles of MgFe₂O₄ and XRD, FTIR and VSM Study. *J. Magn. Magn. Mater.* **2008**, 320, 2774-2779. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmmm.2008.06.012>
10. Hashim M., Kumar S., Shirsath S.E., Kotnala R.K., Shah J., Kumar R. Synthesis and Characterizations of Ni²⁺ Substituted Cobalt Ferrite Nanoparticles. *Mater. Chem. Phys.* **2013**, 139, 364-374. <http://dx.doi.org/10.1016/j.matchemphys.2012.09.019>
11. Li D.Y., Sun Y.K., Xu Y., Ge H.L., Wu Q., Yan C. Effects of Dy³⁺ Substitution on the Structural and Magnetic Properties of Ni_{0.5}Zn_{0.5}Fe₂O₄ Nanoparticles Prepared by a Sol-Gel Self - Combustion Method. *Ceram. Int.* **2015**, 41, 4581-4589. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2014.11.156>
12. Meng Y.Y., Chen D.Y., Sun Y.T., Jiao D.L., Zeng D.C., Liu Z.W. Adsorption of Cu²⁺ Ions Using Chitosan - Modified Magnetic Mn Ferrite Nanoparticles Synthesized by Microwave-Assisted Hydrothermal Method. *Appl. Surf. Sci.* **2015**, 324, 745-750. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apsusc.2014.11.028>
13. Anwar H., Asghari M., Gul I.H. Effect of Synthesis on Structural and Magnetic Properties of Cobalt Doped Mn - Zn Nano Ferrites. *J. Alloys Compd.* **2015**, 626, 410-414. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jallcom.2014.11.177>
14. Kumar P., Juneja J.K., Prakash C., Singh S., Shukla, R.K., Raina K.K. High DC Resistivity in Microwave Sintered Li_{0.49}Zn_{0.02}Mn_{0.06}Fe_{2.43}O₄ Ferrites. *Ceram. Int.* **2014**, 40, 2501-2504. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ceramint.2013.07.063>
15. Liu M., Obi O., Lou J. Strong Magnetoelectric Coupling in Ferrite/Ferroelectric Multiferroic Heterostructures Derived by Low Temperature Spin-Spray Deposition. *J. Phys. D: Appl. Phys.* **2009**, 42, 045007. <http://dx.doi.org/10.1088/0022-3727/42/4/045007>

16. Roy P.K., Bera, J. Effect of Mg Substitution on Electromagnetic Properties of $(\text{Ni}_{0.25}\text{Cu}_{0.20}\text{Zn}_{0.55})\text{Fe}_2\text{O}_4$ Ferrite Prepared by Auto Combustion Method. *J. Magn. Magn. Mater.*, **2006**, 298, 38-42. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jmmm.2005.03.007>

17. Srivastava M., Chaubey S., Ojha A.K. Investigation on Size Dependent Structural and Magnetic Behavior of Nickel Ferrite Nanoparticles Prepared by Sol - Gel and Hydrothermal Methods. *Mater. Chem. Phys.* **2009**, 118, 174-180. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2009.07.023>

18. Mataev M.M., Abdraimova M.R., Tursinova Zh.I., Kezdikbaeva A.T. Thermodynamic properties of complex ferrite $\text{BiCa}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$. *Orien. J. Chem.* **2017**, No. 6, 3200-3203 <http://dx.doi.org/10.13005/ojc/330666>

19. Mustafin E.S., Mataev M.M., Kasenov R.Z., Pudov A.M., Kajkenov D.A., Bogzhanova Zh.K. Rentgenograficheskoe issledovanie ferritov $\text{YbMII}_3\text{Fe}_5\text{O}_{12}$ (MII – Mg, Ca, Sr). *Zhurnal Neorganicheskie materialy`* **2014**, No. 5, 672-675. DOI: <https://doi.org/10.1134/S0020168514060132> (In Russ)

PREPARATION OF HYDROGELS BASED ON NATURAL POLYMERS FOR PELLETING OF SUGAR BEET SEEDS

*D.N. Makhayeva**, *G.S. Irmukhametova*, *A.K. Toktabayeva*, *R.K. Rakhmetullayeva*

al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

**E-mail: danelya.1993@gmail.com*

Abstract. *Introduction.* One of humanity's important problems is the lack of water in arid regions. One of the ways to solve the water shortage problem is the use of seed pelleting technology. The polymer film coating contributes to the effective maintenance of their quality during storage, including humidity regulation. The creation of effective coatings based on biodegradable natural polymers will help preserve natural resources and prevent environmental pollution. *The purpose of this work* is the radiation synthesis and characterization of hydrogels based on natural and synthetic polymers and the search for optimal conditions for coating the seeds with the resulting polymers. *The methodology of the work* includes the radiation synthesis of hydrogels, physicochemical characterization by gravimetry, germination, and germination energy study of coated seeds. *Results and discussion.* Hydrogels based on chitosan, polyvinylpyrrolidone, starch, and agar-agar were obtained using the radiation. The optimal parameters are 25 kGy irradiation dose and 5wt.% starch concentration. The presence of agar-agar in the hydrogel composition and the increase of irradiation dose from 15 to 45 kGy boost the gel fraction yield. The work investigated the water-holding capacity of pelleted seeds and the process of water desorption from the polymer shell. It has been established that the polymer shell around the seed can retain water in the early stages of its development. Seeds coated in two layers retain moisture 7 times longer compared to uncoated samples. *Conclusion.* These results can be used to manage seed performance potential and subsequent yield, including improving seed quality and nutrient delivery.

Keywords: pelleting, chitosan, starch, polyvinylpyrrolidone, radiation crosslinking, biopolymers.

<i>Makhayeva Danelya Nurlanovna</i>	<i>PhD, senior researcher, e-mail: danelya.1993@gmail.com</i>
<i>Irmukhametova Galiya Serikbayevna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: galiya.irm@gmail.com</i>
<i>Toktabayeva Assel Kyrgyzbayevna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, e-mail: aseltoktabayeva@gmail.com</i>
<i>Rakhmetullayeva Raikhan Kulymbetovna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, Senior Lecturer, e-mail: raichan-rach@mail.ru</i>

Citation: Makhayeva D.N., Irmukhametova G.S., Toktabayeva A.K., Rakhmetullayeva R.K. Preparation of hydrogels based on natural polymers for pelleting of sugar beet seeds. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 119-129. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.12>

ПОЛУЧЕНИЕ ГИДРОГЕЛЕЙ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ ПОЛИМЕРОВ ДЛЯ ДРАЖИРОВАНИЯ СЕМЯН САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

*Д.Н. Махаева**, *Г.С. Ирмухаметова*, *А.К. Токтабаева*, *Р.К. Рахметуллаева*

¹*Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан*

*E-mail: danelya.1993@gmail.com

Резюме. *Введение.* На данный момент одной из важнейших проблем человечества является недостаток воды в засушливых регионах. Одним из способов решения проблемы с недостатком воды является применение технологии дражирования семян с целью удержания влаги у корневой системы. Полимерное пленочное покрытие улучшает не только физико-химические характеристики семян, но и способствует эффективному поддержанию их качества во время хранения, в том числе и регуляцию влажности. Создание эффективных пленочных покрытий на основе биоразлагаемых природных полимеров поможет сохранить природные ресурсы и предотвратить загрязнение окружающей среды. *Целью настоящей работы* является радиационный синтез и характеристика гидрогелей на основе природных и синтетических полимеров и поиск оптимальных условий дражирования семян полученными полимерами. *Методология работы* включает радиационный синтез гидрогелей, физико-химическая характеристика гидрогелей, изучение всхожести и энергии прорастания дражированных семян сахарной свеклы. *Результаты и обсуждение.* Методом радиационного сшивания получены гидрогели на основе хитозана, поливинилпирролидона, крахмала и агар-агара. Изучены физико-химические свойства гидрогелей, определены оптимальная концентрация крахмала в гидрогеле и доза облучения. Оптимальными параметрами получения гидрогелей являются доза облучения 25 кГр и концентрация крахмала, равная 5 масс. %. Присутствие агар-агара в составе гидрогеля и увеличение дозы облучения с 15 до 45 кГр повышает выход гель-фракции. В работе была исследована влагоудерживающая способность дражированных семян и процесс десорбции воды из полимерной оболочки. Установлено, что полимерная оболочка вокруг семени способна удерживать в себе воду на ранних этапах его развития. У семян, дражированных в два слоя, наблюдается удержание влаги в 7 раз дольше по сравнению с недражированными образцами. *Заключение.* Полученные в данной работе результаты можно использовать для управления потенциалом производительности семян, для улучшения качества семян и доставки питательных веществ.

Ключевые слова: дражирование, хитозан, крахмал, поливинилпирролидон, радиационное сшивание, биополимеры.

<i>Махаева Данэля Нурлановна</i>	<i>PhD, старший научный сотрудник</i>
<i>Ирмухаметова Галия Серикбаевна</i>	<i>Кандидат химических наук, доцент</i>
<i>Токтабаева Асель Кыргызбаевна</i>	<i>Кандидат химических наук, доцент</i>
<i>Рахметуллаева Райхан Құлымбетовна</i>	<i>Кандидат химических наук, старший преподаватель</i>

1. Введение

Гидрогель – это полимерный материал, который обладает способностью набухать и удерживать значительную долю воды в своей структуре, но не растворяется в воде. Особенности гидрогелей являются высокая поглощающая способность, прочность и стабильность при набухании и во время хранения, биоразлагаемость без образования токсичных отходов после разложения, бесцветность, отсутствие запаха и нетоксичность [1-3]. В последние годы технология защиты семян их покрытием развивается благодаря исследовательским инновациям [4-5]. Полимерное пленочное покрытие улучшает не только физико-химические

характеристики семян, но и способствует эффективному поддержанию их качества во время хранения, в том числе и регуляцию влажности. Создание эффективных пленочных покрытий на основе биоразлагаемых природных полимеров поможет сохранить природные ресурсы и предотвратить загрязнение окружающей среды [6-7]. Данное исследование направлено на создание эффективных полимерных покрытий на основе хитозана, поливинилпирролидона, крахмала и агар-агара для дражирования семян сахарной свеклы.

2. Экспериментальная часть

2.1 Материалы

Хитозан (ХТЗ) со степенью ацилирования >90 % (Biorigins, Великобритания), поливинилпирролидон (ПВП) Kollidon 90F (Acros Organics, США), крахмал картофельный технический, агар-агар («Aldrich Chemical Co», США), семена сахарной свеклы отечественного (семена №1) и зарубежного (семена №2) производства (Институт защиты и карантина растений, г. Алматы).

2.2 Синтез гидрогелей на основе ХТЗ, ПВП, крахмала, агар-агара

Гидрогели на основе ХТЗ, ПВП, крахмала, агар-агара были синтезированы методом радиационного сшивания на ускорителе электронов ЭЛВ-4 в Институте ядерной физики (ИЯФ), г. Алматы. Для получения гидрогелей доза облучения варьировалась в интервале от 15 до 45 кГр.

Концентрация полимеров в исходном водном растворе для облучения составляла: ХТЗ – 1.25 масс. %, ПВП – 7 масс. %, крахмала – 3, 5, 10, 20 масс. % и агар-агара – 1 масс. %. Для получения такого раствора каждый полимер был предварительно растворен отдельно в дистиллированной воде. ПВП растворяли при нагревании до 60°C , крахмал и агар-агар при 90°C , ХТЗ при комнатной температуре с добавлением раствора HCl для создания pH 3. Полученные растворы сразу перемешивали в следующем порядке: в горячий раствор ПВП добавляли раствор ХТЗ, горячие растворы крахмала и агар-агара при постоянном перемешивании в течение 5 минут и температуре $60-70^{\circ}\text{C}$. Полученную смесь в горячем виде при температуре $60-70^{\circ}\text{C}$ разливали на подложки, упаковывали и отправляли в ИЯФ для дальнейшего облучения.

2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ НАБУХАНИЯ ГИДРОГЕЛЕЙ И ЗОЛЬ-ГЕЛЬ АНАЛИЗ

В работе использовался гравиметрический способ измерения степени набухания полимера и определения выхода геля и золь фракций гидрогеля. Для определения массы использовались аналитические весы *Sartorius BP 121S* с точностью до 0.0001 г. Измерения повторялись по три раза. Равновесная степень набухания определялась при комнатной температуре по формуле (1):

$$\alpha = \frac{m_{\text{набух.}} - m_{\text{сух.}}}{m_{\text{сух.}}} \quad 1),$$

где $m_{\text{сух.}}$ – масса отмытого от непрореагировавших полимеров и высушенного геля, г; $m_{\text{набух}}$ – масса набухшего образца геля, г.

Содержание гелевой фракции (Г %) вычисляли по формуле (2):

$$\Gamma \% = \frac{m_{\text{сух.}}}{m_{\text{синт.}}} * 100 \% \quad (2),$$

где $m_{\text{сух.}}$ – масса отмытого и высушенного геля, г; $m_{\text{синт.}}$ – масса синтезированного, высушенного образца геля, г.

Выход золь-фракции (З %) рассчитывали по формуле (3):

$$\text{З\%} = 100 \% - \Gamma \%., \quad (3),$$

где Г % – процентное содержание гелевой фракции, %.

2.4 ТЕХНОЛОГИЯ ДРАЖИРОВАНИЯ СЕМЯН ПОЛИМЕРНЫМИ ГИДРОГЕЛЯМИ

Создание дражированной оболочки включало в себя следующие комбинации: полимер-глина (с соотношением 2:1, 1:1, 1:2), чистая глина и чистый полимер (1 и 2 слоя). В качестве клеевого раствора для дражирования семян использовался 0.05 % раствор ПВП. Перед дражированием полимерные гидрогели измельчались и фракционировались на ситах. Для дражирования использовалась фракция 0.4–0.5 мкм. Для создания полимерной оболочки вокруг семени свеклы семечко смачивалось в клеящем растворе ПВП, и помещалось в мелкодисперсный порошок сополимера ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агар и глины. При необходимости нанесения второго слоя геля цикл повторялся. При дражировании гранулы уплотнялись и скатывались в шарообразную форму.

2.5 ИЗУЧЕНИЕ ВЛАГОУДЕРЖИВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

Оценка влагоудерживающей способности геля основано на изучении скорости десорбции воды из геля в чашках Петри на воздухе. Для этого фиксировалась масса сухого дражированного семени, после гранулы помещали в емкость с водой. После 1.5 часов не сорбированная гелем вода удалялась, образец геля взвешивали и оставляли на открытом воздухе. Через определенные промежутки времени фиксировалось изменение массы образца.

Изучение адсорбции и десорбции воды полимерной оболочкой в земле проводилось визуально с использованием камеры. В акриловый бокс размером 10x20x3 см на расстоянии 2–3 см друг от друга на глубину 2–3 см в сухую землю помещались семена свеклы. После этого места посева заливали 3 мл воды на семя. Изменения размеров влажного участка земли

вокруг семени фиксировались с помощью линейки и камеры. Для изучения распределения питательных веществ в земле дражированное семя помещали в 0,1% раствор флуоресцеина натрия, выдерживали до постоянной массы и помещали в емкость с грунтом на глубину 1 см.

Всхожесть и энергию прорастания семян свеклы определяли путем проращивания семян в лабораторных условиях в чашках Петри, укладывая фильтровальную бумагу в 2–3 слоя согласно ГОСТу 12038–84. Образцы дражированных семян исследовались на пророст на чашках Петри. В ходе эксперимента полив в объеме 4-5 мл осуществляли на 5 и 10 сутки после засаживания. Процесс пророста семян фиксировался визуально.

3. Результаты и обсуждение

В аграрной промышленности полимерные гидрогели применяются в качестве наполнителей при дражировании семян, что позволяет более экономично подходить к водообеспечению и уходу за семенами. Поэтому больше внимания стали привлекать к себе природные полимеры с их уникальными свойствами: биоразлагаемость и антимикробные свойства. Полимерные гидрогели были получены радиационным облучением исходных растворов с содержанием крахмала 3, 5, 10 и 20 % при дозе облучения 15, 25, 35 и 45 кГр.

В работе был проведен золь-гель анализ образцов полученных сшитых полимеров для установления влияния дозы облучения и концентрации крахмала на выход полимерного геля. На рис. 1 представлены результаты анализа образцов системы ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агар и системы ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агар в зависимости от концентрации крахмала (рис. 1 (А)) и дозы облучения (рис. 1 (Б)).

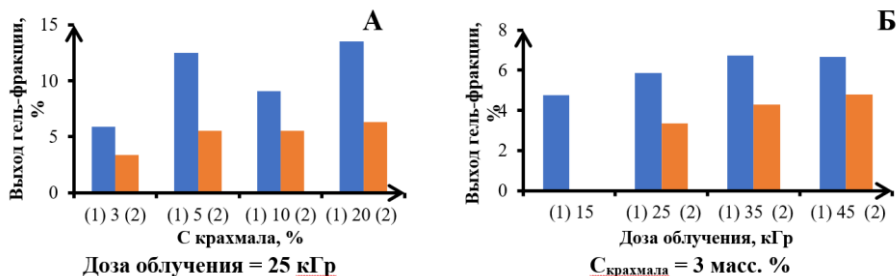


Рисунок 1 - Выход гель-фракции образцов систем ХТЗ-ПВП-крахмал-агар (1) и ХТЗ-ПВП-крахмал (2) в зависимости от концентрации крахмала (А) и дозы облучения (Б)

Из рис. 1 (А и Б) видно, что выход гель фракций для обеих систем изменяется закономерно, т.е. наблюдается возрастание содержания гель фракции в полимере с увеличением дозы облучения. Это обусловлено возрастанием степени сшивания макромолекул. Зависимость от концентрации крахмала неоднозначна. Присутствие агар-агара в системе повышает выход гель фракции из-за увеличения плотности сшивания

полимерной сетки, кроме того, гидрогель на выходе имеет лучшие механические показатели.

В работе также была проанализирована степень набухания гидрогелей. На рис. 2 (А и Б) представлены значения коэффициента набухания гидрогеля на основе ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агара в зависимости от дозы и концентрации крахмала.

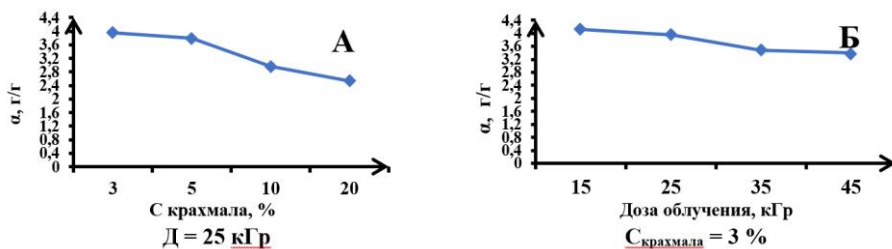


Рисунок 2 - Зависимость степени набухания образцов на ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агара от концентрации крахмала (А) и дозы облучения (Б)

Из рис. 2 (А и Б) видно, что концентрация крахмала и доза облучения одинаково влияют на степень набухания полимера. С увеличением концентрации крахмала и дозы облучения степень набухания падает. Это связано с увеличением плотности шивки и уменьшением количества жидкости в структуре полимера.

Также была изучена кинетика набухания гидрогелей. На рис. 3 (А и Б) представлены зависимости скорости набухания образцов гидрогелей на основе системы ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агара в зависимости от концентрации крахмала и дозы облучения.

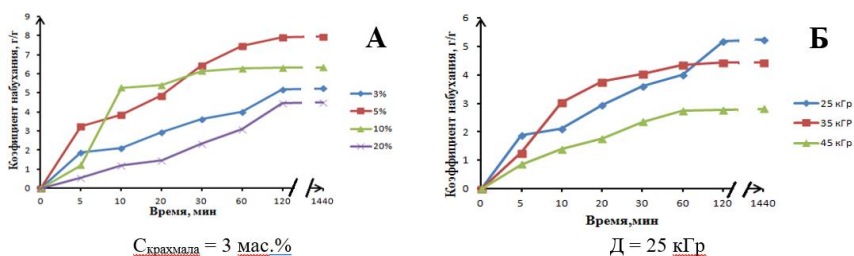


Рисунок 3 - Зависимость скорости набухания образцов системы ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агара от концентрации крахмала (А) и дозы облучения (Б)

Согласно результатам, представленным на рис. 3 (А и Б), установлено, что процесс набухания проходит идентично для всех образцов. Наибольшие значения скорости набухания наблюдаются для образца, сшитом при дозе облучения 25 к Гр и с концентрацией крахмала 3%, тогда как для остальных образцов характерно уменьшение скорости набухания с увеличением дозы

облучения. Из рис. 3(А) было установлено, что концентрация крахмала неоднозначно влияет на скорость набухания гидрогеля. Среди всех образцов лучший результат показал состав гидрогеля с 5% концентрацией крахмала при дозе облучения 25 кГр.

Семена сахарной свеклы, опудренные глиной и полимером разной концентрации, исследовали на всхожесть и энергию прорастания. Число проросших семян свеклы на четвертые сутки, выраженные в процентах, характеризует их энергию прорастания, а на 10-е сутки всхожесть рисунки 4 (А и Б).

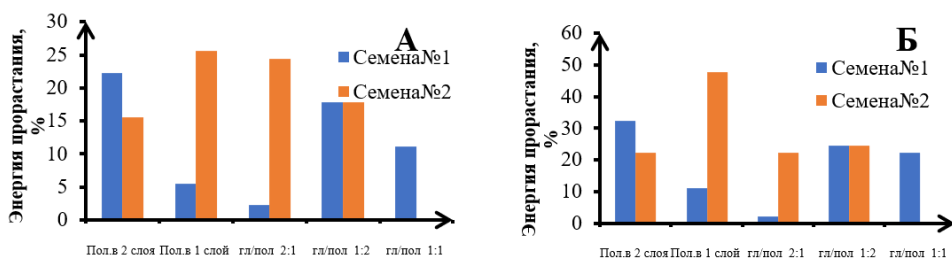
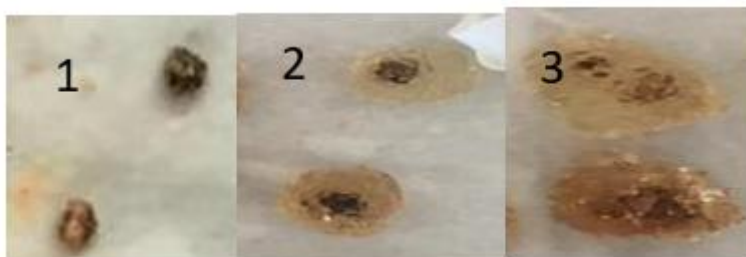


Рисунок 4 - Энергия прорастания семян сахарной свеклы на 4 сутки (А) и 10 суток (Б) в зависимости от вида дражирования

По рис. 4 (А) можно сделать вывод, что образцы семян №2, продражированные составами в один слой, в два слоя и с соотношением глина-полимер 2:1 показали наивысшую активность пророста семян на 4 сутки. Остальные образцы показали низкую активность прорастания или не проросли. Из рис. 4 (Б) установлено, что семена, продражированные составами в один слой, в два слоя и с соотношением глина-полимер 1:2 имеют наивысшую всхожесть среди всех образцов семян. Максимальный процент всхожести демонстрирует образец семени №2 в один слой. Несмотря на удобство наблюдения, данный способ не модулирует реальные условия прорастания семян в земле. На рис. 5 представлены фотоснимки образцов.



1 – семена; 2 – дражированные семена; 3 – набухшие после полива дражированные семена

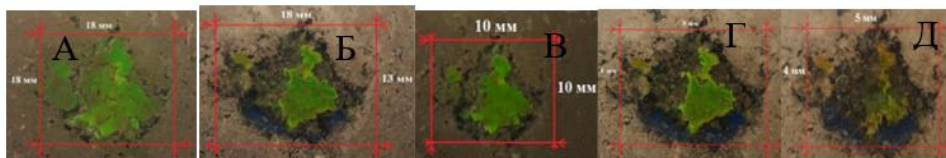
Рисунок 5 - Фотоснимки образцов

Эффективность дражирования оценивалась по биометрическим показателям пророста семян. В табл. 1 приведены параметры биометрического показателя ростков. Показатели были сняты на 4 и 10 дни посадки семян. Из табл. 2 видно, что наилучшие результаты показывают семена №2 дражированные в один слой. Следует отметить, что семена №2 дражированные в два слоя и семена №2 дражированные в соотношении глина/полимер 2:1 показывают хорошую активность и их результаты идентичны друг другу.

Таблица 1 - Биометрические показатели ростков.

Варианты опыта	Длина проростков/ Энергия прорастания	
	4 день	10 день
Семена №1 глина/полимер 1:1	2см(6.67)	7-8см(26.67)
	2см(6.67)	4см(13.34)
	1.5см(20)	4см(20)
Семена №1 глина/полимер 1:2	3см(13.34)	7см(13.34)
	2см(40)	8см(80)
Семена №1 глина/полимер 2:1	2см(6.67)	7см(6.67)
Семена №1 Полимер в 1 слой	3см(6.67)	4-5см(13.34)
	3см(10)	6см(20)
Семена №1 Полимер в 2 слоя	2см(13.34)	4см(26.67)
	4-5см(60)	8см(80)
Семена №2 глина/полимер 1:2	-3см(13.34)	6-7см(13.34)
	4-5см(40)	8см(60)
Семена №2 глина/полимер 2:1	2-3см(33.34)	4-5см(46.67)
	2-3см(20)	4см(20)
Семена №2 Полимер в 1 слой	2-3см(20)	7см(53)
	2-3см(46.67)	7-8см(80)
	4см(10)	8см(10)
Семена №2 Полимер в 2 слоя	1см(33.34)	5см(53.34)
	1см(13.34)	4-5см(13.34)

В работе были исследованы темпы десорбции воды из предварительно набухшего полимерного геля. На рис. 6 представлены данные по десорбции водного раствора флуоресцеина натрия из предварительно набухшего дражированного двойным слоем системой ХТЗ-ПВП-крахмал-агар-агар семени свеклы. По изменению размеров можно отслеживать остаточную влажность полимера и содержание питательных веществ в нем. Десорбция наблюдалась в течение 5 дней, при этом после пятого дня визуальных изменений в размере геля не наблюдалось. Размер гидрогелевой гранулы уменьшился в 16 раз.



А) В день посева; Б) На второй день; В) На третий день; Г) На четвертый день; Д) На пятый день.

Рисунок 6 – Десорбция водного раствора флуоресцеина натрия из предварительно набухшего дражированного семени свеклы

В работе была проведена оценка удерживания влаги в земле с семенами сахарной свеклы, дражированной в один слой, в два слоя и семена без дражирования. Для этого образцы семян помещались в стеклянную емкость с землей на одинаковую глубину и заливались равным количеством воды (3 мл воды на каждое семя). Влагодерживающая способность образцов оценивалась по смоченной площади у стенки емкости через 5 и 7 дней после полива. Установлено, что полимерная оболочка вокруг семени способна удерживать в себе влагу в 7 раз дольше на ранних этапах его развития.

4. Заключение

Таким образом, были получены методом радиационного сшивания гидрогели на основе ХТЗ, ПВП, крахмала, агар-агара и исследованы важные физико-химические свойства. Установлено, что с увеличением дозы облучения с 15 до 45 кГр и концентрации крахмала в составе гидрогелей степень набухания уменьшается. Определены оптимальные условия дражирования семян: семена дражированные составом [полимер]:[глина]=2:1 показали высокие значения всхожести. Результаты изучения влагодерживающей способности дражированных семян показали, что дражирование в два слоя эффективнее.

Финансирование: Работа выполнена при поддержке проекта Министерства науки и высшего образования РК АР19679683 «Тұқымдарды қаптау үшін қорғаныш-ынталандырушы құрамдары бар модификацияланған полисахаридтер негізінде гидрогельдер алу технологиясын әзірлеу».

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

ҚАҢТ ҚЫЗЫЛШАСЫНЫҢ ТҰҚЫМЫН ДРАЖИРЛЕУ ҮШІН ТАБИҒИ ПОЛИМЕРЛЕРГЕ НЕГІЗДЕЛГЕН ГИДРОГЕЛЬДЕРДІ АЛУ

Д.Н. Махаева, Г.С. Ирмухаметова, Ә.Қ. Тоқтабаева, Р.К. Рахметуллаева*

әл -Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

**E-mail: danelya.1993@gmail.com*

Түйіндемe: *Кіріспе.* Қазіргі уақытта адамзаттың маңызды мәселелерінің бірі - құрғақ аймақтарда судың жетіспеушілігі. Су тапшылығы мәселесін шешудің бір жолы - су ресурстарын ұтымды пайдалану жағдайларын жасау және тамыр жүйесінде ылғалды сақтау үшін тұқымдарды түйіршіктеу технологиясын қолдану. Полимерлі үлдірлі қабық тұқымдардың физика-химиялық сипаттамаларын ғана емес, сонымен қатар сақтау кезінде олардың сапасын тиімді сақтауға,

ылғалдылықты реттеуге ықпал етеді. Биологиялық ыдырайтын табиғи полимерлер негізінде тиімді үлдірлі қабық жасау табиғи ресурстарды сақтауға және қоршаған ортаның ластануын болдырмауға көмектеседі. Осыған байланысты табиғи полимерлерді қолдану биологиялық ыдырауға қабілетті, сондай-ақ микробқа қарсы қасиеттері бар экологиялық жүйелерді алуға мүмкіндік береді. *Бұл жұмыстың басты мақсаты* - табиғи және синтетикалық полимерлер негізінде гидрогельдердің радиациялық синтезі мен физика-химиялық сипаттамасы және алынған гидрогельдермен қант қызылшасының тұқымдарын дражирлеудің оңтайлы жағдайларын іздеу болып табылады. *Жұмыс әдістемесі* гидрогельдердің радиациялық синтезін, физика-химиялық сипаттамасын гравиметриялық әдіспен және қант қызылшасының түйіршіктелген тұқымдарының өсуін, өсу энергиясын зерттеуді қамтиды. *Нәтижелер және талқылау.* Радиациялық тігу әдісімен хитозан, поливинилпирролидон, крахмал және агар-агар негізіндегі гидрогельдер алынды. Гидрогельдердің физика-химиялық қасиеттері зерттеліп, гидрогельдегі крахмалдың оңтайлы концентрациясы және сәулелену дозасы анықталды. Гидрогельдерді алудың оңтайлы параметрлері: сәулелену дозасы 25 кГр және крахмал концентрациясы 5 мас.%. Гидрогельде агар-агардың болуы және сәулелену дозасын 15-тен 45 кГр-ге дейін арттыру гель фракциясының шығымдылығын арттырады. Жұмыста түйіршіктелген тұқымдардың ылғал ұстау қабілеті және полимерлі қабықтан суды десорбциялау процесі зерттелді. Тұқымның айналасындағы полимерлі қабық оның дамуының алғашқы кезеңдерінде суды сақтай алатындығы анықталды. Екі қабат түйіршіктелген тұқымдар ылғалдың сақталуын дражирленбеген үлгілермен салыстырғанда 7 есе ұзағырақ көрсетеді. *Қорытынды.* Бұл жұмыста алынған нәтижелерді тұқым өнімділігі мен кейінгі егіннің жағдайын басқару үшін және қоректік заттарды жеткізу үшін пайдалануға болады.

Түйінді сөздер: дражирлеу, хитозан, крахмал, поливинилпирролидон, радиациялық тігу, биополимерлер.

<i>Махаева Данэля Нурлановна</i>	<i>PhD, аға ғылыми қызметкер</i>
<i>Ирмухаметова Галия Серикбаевна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Рахметуллаева Райхан Құлымбетқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Тоқтабаева Әсел Қырғызбайқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>

Список литературы:

- Liu Y., Wang J., Chen H., Cheng D. Environmentally friendly hydrogel: A review of classification, preparation and application in agriculture, *Sci. Total Environ.* **2022**, 846, 157303. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157303>
- El Idrissi A., Channab B., Essamlali Y., Zahouily M. Superabsorbent hydrogels based on natural polysaccharides: Classification, synthesis, physicochemical properties, and agronomic efficacy under abiotic stress conditions: A review, *Int. J. Biol. Macromol.* **2024**, 258 (2), 128909. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128909>
- Buwalda S.J., Boere K.W., Dijkstra P.J., Feijen J., Vermonden T., Hennink W.E. Hydrogels in a historical perspective: from simple networks to smart materials. *J. Control Release* **2014**, 190, 254-273. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.03.052>
- Krasnopeeva E.L., Panova G.G., Yakimansky A.V. Agricultural Applications of Superabsorbent Polymer Hydrogels. *Int. J. Mol. Sci.* **2022**, 23(23), 15134. <https://doi.org/10.3390/ijms232315134>
- Karoyo A.H., Wilson L.D. A Review on the Design and Hydration Properties of Natural Polymer-Based Hydrogels. *Materials* **2021**, 14(5), 1095. <https://doi.org/10.3390/ma14051095>
- Moumn M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. *Food Sec.* **2023**, 15, 1365-1382. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01384-2>
- Afzal I., Javed T., Amirkhani M., Taylor A.G. Modern Seed Technology: Seed Coating Delivery Systems for Enhancing Seed and Crop Performance. *Agriculture* **2020**, 10(11), 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110526>

References

1. Liu Y., Wang J., Chen H., Cheng D. Environmentally friendly hydrogel: A review of classification, preparation and application in agriculture, *Sci. Total Environ.* **2022**, 846, 157303. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157303>
2. El Idrissi A., Channab B., Essamlali Y., Zahouily M. Superabsorbent hydrogels based on natural polysaccharides: Classification, synthesis, physicochemical properties, and agronomic efficacy under abiotic stress conditions: A review, *Int. J. Biol. Macromol.* **2024**, 258 (2), 128909. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.128909>
3. Buwalda S.J., Boere K.W., Dijkstra P.J., Feijen J., Vermonden T., Hennink W.E. Hydrogels in a historical perspective: from simple networks to smart materials. *J. Control Release* **2014**, 190, 254-273. <https://doi.org/10.1016/j.jconrel.2014.03.052>
4. Krasnopeeveva E.L., Panova G.G., Yakimansky A.V. Agricultural Applications of Superabsorbent Polymer Hydrogels. *Int. J. Mol. Sci.* **2022**, 23(23), 15134. <https://doi.org/10.3390/ijms232315134>
5. Karoyo A.H., Wilson L.D. A Review on the Design and Hydration Properties of Natural Polymer-Based Hydrogels. *Materials* **2021**, 14(5), 1095. <https://doi.org/10.3390/ma14051095>
6. Moumn M., Brodal G., Romanazzi G. Recent innovative seed treatment methods in the management of seedborne pathogens. *Food Sec.* **2023**, 15, 1365–1382. <https://doi.org/10.1007/s12571-023-01384-2>
7. Afzal I., Javed T., Amirkhani M., Taylor A.G. Modern Seed Technology: Seed Coating Delivery Systems for Enhancing Seed and Crop Performance. *Agriculture* **2020**, 10(11), 526. <https://doi.org/10.3390/agriculture10110526>

ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF CADMIUM BY ALTERNATING CURRENT POLARIZATION IN HYDROCHLORIC ACID SOLUTION

A. Bayeshov^{1*}, A.I. Sydykova², Kh.N. Zhanbekov²

¹ «National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan», Almaty, Kazakhstan

² Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: bayeshov@mail.ru

Abstract. *Introduction.* This paper presents the results of a study of the electrochemical behavior of a cadmium electrode in aqueous solutions of hydrochloric acid under polarization by stationary and non-stationary currents and shows the possibility of synthesis of its chloride. *The purpose* is to develop the electrochemical behavior of cadmium under alternating current polarization in a solution of perchloric acid. *Methods.* During the study, it was found that when two cadmium electrodes are polarized with an alternating current of 50 Hz, their dissolution does not occur, however, when one electrode is replaced with a titanium one, cadmium is intensively dissolved. *Results and discussion.* The influence of the main parameters, such as the duration of electrolysis, current density, concentration and nature of the electrolyte on the electrochemical process has been studied. A schematic diagram of an installation for dissolving cadmium by polarization with a non-stationary current is proposed. It is shown that on the titanium electrode in the range of 20-80 kA/m², the current yield of the dissolution of the cadmium electrode gradually increases, and with a current density equal to 80 kA/m², the current yield reaches 135%. *Conclusion.* It is shown that with alternating current polarization, the rate of chemical dissolution of cadmium, increases with the release of hydrogen. During the experiment, with the polarization of the cadmium electrode by alternating current, the possibility of obtaining cadmium chloride was shown. Based on chemical and X-ray phase analyses, it was proved that cadmium forms compounds CdCl₂·H₂O.

Key words: cadmium, chloride, electrolysis, polarization, alternating current, pulse current, current efficiency, hydrochloric acid

Bayeshov Abduali

Doctor of Chemical Science, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic Kazakhstan, e-mail: bayeshov@mail.ru

Sydykova Aisaule

Master, PhD, e-mail: aisaule94.kz@mail.ru

Zhanbekov Khairulla Nyshanovich

Doctor of the Earth Sciences, Professor, e-mail: hairulla418@mail.ru

Citation: Bayeshov A., Sydykova A.I., Zhanbekov Kh.N. Electrochemical behavior of cadmium by alternating current polarization in hydrochloric acid solution. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 130-141. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.13>

АЙНЫМАЛЫ ТОКПЕН ПОЛЯРИЗАЦИЯЛАНҒАН КАДМИЙ ЭЛЕКТРОДЫНЫҢ ТҮЗ ҚЫШҚЫЛЫ ЕРІТІНДІСІНДЕГІ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ

А. Баешов^{1*}, А.И. Сыдыкова², Х.Н. Жанбеков²

¹Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы, Алматы, Қазақстан

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*E-mail: bayeshov@mail.ru

Түйіндемe. *Кіріспе.* Бұл жұмыста стационарлы және стационарлы емес токпен поляризацияланған кадмий электродының электрохимиялық қасиетін тұз қышқылының сулы ерітінділерінде зерттеу нәтижелері келтіріліп, оның хлоридін алу мүмкіндігі көрсетілген. *Жұмыс мақсаты* – айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының тұз қышқылы ерітіндісіндегі электрохимиялық қасиеттерін зерттеу. *Әдістер.* Зерттеу барысында екі кадмий электродын тұз қышқылы ерітіндісінде жиілігі 50 Гц айнымалы токпен поляризациялағанда, олардың мардымды ерімейтіндігі, ал электродтардың біреуін беттік ауданы кіші титан электродымен ауыстырғанда, кадмийдің қарқынды түрде ерітіндігі айқындалды. *Нәтижелер және талқылау.* Электрохимиялық процеске электролиттің табиғаты мен концентрациясы, электродтардағы ток тығыздығы мен электролиздің ұзақтығы сияқты негізгі параметрлердің әсерлері зерттелді. Кадмийді стационарлы емес токпен поляризациялау арқылы ерітуге арналған қондырғының қарапайым принципіалды схемасы ұсынылды. Титан электродындағы ток тығыздығын 20-80 кА/м² аралығында өзгерткенде, кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымы біртіндеп өсетіні, ал ток тығыздығы 80 кА/м² болғанда, ток бойынша шығым 135%-ке тең болатындығы көрсетілді. Бұл құбылыстың орын алуының механизмдері айқындалды. *Тұжырым.* Айнымалы токпен поляризациялану кезінде кадмийдің потенциалы теріс металл ретінде сутек газын бөле отырып, химиялық жолмен еруінің жылдамдығының күрт өсетіндігі көрсетілді. Салыстыру мақсатында кадмийдің еруіне тұрақты және импульсті анодты ток түрлерінің әсерлері де зерттелді. Зерттеу нәтижесінде кадмий электродын айнымалы токпен поляризациялау арқылы кадмий хлоридін алу мүмкіндігі көрсетілді. Бұл кезде кадмийдің CdCl₂·H₂O қосылысының түзілетіндігі химиялық және рентгенофазалық анализ негізінде дәлелденді.

Кілт сөздер: кадмий, хлорид, электролиз, поляризация, айнымалы ток, импульстік ток, ток бойынша шығым, тұз қышқылы.

<i>Баешов Абдуали</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі</i>
<i>Сыдыкова Айсәуле Исламқызы</i>	<i>магистр, PhD</i>
<i>Жанбеков Хайрулла Нышанович</i>	<i>Жер ғылымдары докторы, профессор</i>

1. Кіріспе

Кадмий металының көп бөлігі темір мен болатты коррозиядан сақтайтын қорғаныс жабындарын жасау үшін қолданылады. Мырыш пен кадмийдің қасиеттерінің ұқсастығына қарамастан, кадмийдің тегіс жабындарының өз ерекшелігі бар. Кадмий жабындары мырыш жабындарына қарағанда, коррозияға төзімді келеді. Сонымен қатар, кадмий қаптамалары сілтілі ортаға төзімді, ал қышқылды ортаға аса төзімді емес [1-3]. Кадмийдің шамамен 10%-ы әр түрлі металл құймаларды өндіруге жұмсалады. Бұл құймалар антифрикциялық материалдар жасауда, сонымен қатар, электротехникалық материалдарын және зергерлік бұйымдарды

жасауда, ал кадмий галогенидтері фото суреттерді шығаруда қолданыс тауып келеді [4-6].

Қазіргі таңда металлдың қосылыстарын синтездеудің жана перспективалық бағыттары дамуда, олардың бірі стационарлы емес ток қатысындағы электрохимиялық әдістерді қолдану арқылы металдардың бейорганикалық қосылыстарын алу. Бұл әдістің басты артықшылығы – өте таза қосылыстар алу мүмкіндігі, ал электролиз процесінің электрлік параметрлерін реттеу заттарды алудың қарапайым әдістерін қалыптастыруға мүмкіндік береді, бұл оның практикалық құндылығын одан әрі арттырады. Электрохимиялық процеске әсер ететін негізгі факторлар – электролиттің табиғаты мен концентрациясы, ток тығыздығы.

Айнымалы токтың әртүрлі формалары бар [7]: әр түрлі жиіліктегі синусоидалы, шаршы, трапеция тәрізді, үшбұрышты, ара тәрізді, шыбық тәрізді, импульсті және т.б. күрделі түрлері. Синусоидалды жиілігі 50 Гц айнымалы ток барлық өндірісте және тұрмыста күнделікті қолданыстағы ток түрі. Өндірістік жиіліктегі синусоидалы айнымалы ток электрохимиялық процестерді жүргізуде, әсіресе металл қосылыстарын өндіру кезінде кеңінен қолданылып келеді [8,9]. Өндірістік жиіліктегі айнымалы ток қатысындағы электрохимиялық синтездің тағы бір артықшылығы – электрод кеңістіктерін мембранамен бөлмей, қарапайым жолмен әр түрлі қосылыстарды алуға да мүмкіндік ашылуы. Айнымалы токты пайдаланып, кадмий сульфидін алу әдісі жасалған [10]. Кадмийдің жабындарын немесе құймаларын алу процестерін зерттеген кезде, оның электрохимиялық қасиеттеріне, электрохимиялық тотықсыздану кезінде жүретін процестерге де көңіл бөлінген. Мысалы, бірқатар зерттеулерде [11] келтірілген мәліметтер бойынша кадмийді ағынды сулардан бөліп алу кезінде орын алатын процестер электрохимиялық әдістермен зерттелген, осыларға әртүрлі параметрлердің әсерлері айқындалған. Сульфатты ортадан кадмийді электрохимиялық әдіспен тотықсыздандырып, тұндыру туралы зерттеулер жүргізілген. Олар әртүрлі стационарлы және стационары емес диффузиялық әдістермен жүргізілген [12]. Келтірілген мәліметтер бойынша кадмийдің электрохимиялық қасиеттері жан-жақты қызығушылық тудыратыны айқын көрініп тұр. Кадмий қосылыстары, нақтырақ айтқанда, кадмий хлориді көптеген зерттеулерде қолданыс табады. Бұл қосылыстан кадмийдің кешенді қосылыстары алынады. Олар, өз кезегінде, түрлі биохимиялық зерттеулерде қолданылады. Сонымен қатар фотобелсенді заттарды алуда, олардың бірқатар қасиеттерін зерттеуде де кадмий қосылыстары қолданылады [13,14].

Ұсынылып отырған ғылыми жұмыстың мақсаты - өндірістік айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының тұз қышқылы ерітіндісіндегі электрохимиялық қасиеттерін зерттеу және оның хлоридті қосылысын алу жолдарын қарастыру.

2. Зерттеу әдістері

Тәжірибелер көлемі 100 мл шыны электролизерде жүргізілді және электродтар ретінде кадмий және титан қолданылды. Зерттеулер нәтижесінде алынған кадмий электродымен оның қосылыстары құрылымы және элементтік құрамы JSM-6610 LV(JEOL, Жапония) сканерлейтін электронды микроскоп пен INCA Energy 450 қондырғыларын пайдалана отырып анықталды.

3. Зерттеу нәтижелері мен талқылануы

Өндірістік токпен поляризацияланған кезде орын алатын электрохимиялық процестердің механизмін толық түсіну үшін – тұрақты, импульсті токтарды қолдану арқылы да зерттеулер жүргізілді. Ең негізгі зерттеулер жиілігі 50 Гц айнымалы ток әсерімен жүргізілді. Айнымалы токтың артықшылықтары: электрод кеңістіктерін бөлмей, өнім алуға болатындығы және электродтардың жоғары ток тығыздықтарында пассивацияланбауы.

Тәжірибелерге қолданылған кадмий электродының элементтік құрамы 1-кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – Кадмий электродының элементтік құрамы

Спектр	O	Si	S	Cd	Барлығы
Спектр 1	1.73	0.13	0.07	98.07	100.0
Спектр 2	1.77	0.16	0.05	98.02	100.0
Спектр 3	1.80	0.13	0.02	98.05	100.0
Орташа	1.76	0.14	0.03	98.07	100.0

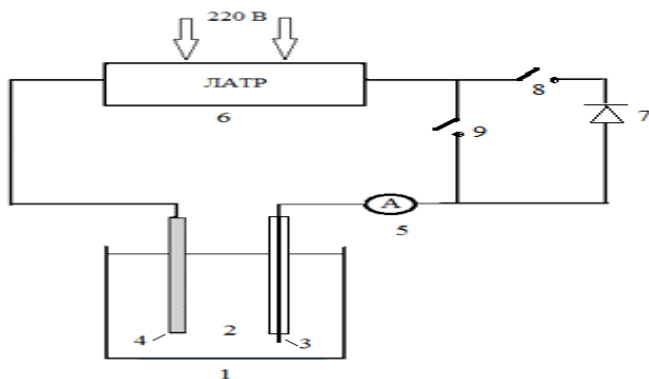
Электрохимиялық зерттеулер электрод кеңістіктері бөлінбеген сыйымдылығы 100 мл-лік шыны электролизерде жүргізілді. Электродтар ретінде - титан сымы (беттік ауданы өте аз 0.05 см^2) және кадмий (22 см^2) пластинасы қолданылды. Өндірістік синусоидалы айнымалы токпен поляризациялау арқылы кадмий электродының сулы ерітінділердегі электрохимиялық қасиетін зерттеуге арналған қондырғының принципиалды схемасы 1-суретте келтірілген.

Алдын-ала жүргізілген зерттеудегі екі кадмий электродтарын қышқылды ерітінділерде жиілігі 50 Гц өндірістік айнымалы токпен поляризацияланған кезінде электродтардың мардымды еруі байқалмайтындығын көрсетті. Ал электродтың біреуін беттік ауданы кіші титан сымына ауыстырсақ, кадмий электродының кадмий (II) иондарын түзе отырып, қарқынды еритіндігін байқауға болады. Электролиз электролиттің араластыруынсыз, бөлме температурасында жүргізілді. Металдың еруінің ток бойынша шығымы, кадмий электродынан өткен айнымалы токтың анодтық жартылай периодына есептелді.

Сонымен қатар, ұсынылып отырған жұмыста импульстік айнымалы токпен және анодты токпен поляризацияланған кадмий электродының электрохимиялық еруінің ерекшеліктері де анықталды. Айнымалы токпен және импульсті токпен поляризациялау арқылы электролиз жүргізуге арналған қондырғының принципіалды сызбанұсқасы 1-суретте көрсетілген. Егер схемада көрсетілген (8) кілтті ажыратып, (9) кілтті қоссақ, электролизер арқылы жиілігі 50 Гц айнымалы ток өтеді. Ал (9) кілтті ажыратып, (8) кілтті қосқанда, электр тогы электрохимиялық тізбекке тізбектеле жалғанған КД 213 диоды арқылы электролизерден жиілігі 50 Гц импульсті ток өтетін болады.

Электродтарды айнымалы токпен поляризациялау үшін ЛАТР, ал тұрақты токпен поляризациялау үшін GPS-1830D маркалы ток түзеткіші қолданылды.

Екі кадмий электродын тұз қышқылына салып, жиілігі 50 Гц өндірістік токпен поляризациялағанда, олардың мардымды еруі байқалмайды. Кадмий электродтарының еруінің ток бойынша шығымы (ТШ) 4% - дан аспайды. Ал кадмий электродының біреуін титан электродымен ауыстырғанда, металдың еруінің ток бойынша шығымы күрт өсетіндігін байқауға болады.

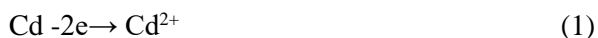


Сурет 1 – Айнымалы және импульсті токтармен поляризацияланған кадмий электродының электрохимиялық қасиетін зерттеуге арналған қондырғының принципіалды схемасы:

1-электролизер, 2-электролит, 3-титан электроды, 4-кадмий электроды, 5-амперметр, 6-ЛАТР, 7- диод, 8 және 9 – кілттер.

Айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымына титан электродындағы ток тығыздығының әсері зерттелді. Титан электродындағы ток тығыздығының шамасын $20-80 \text{ кА/м}^2$ аралығында жоғарылатқанда, кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымының мәні біртіндеп өсетіндігін көруге болады (2-сурет). 20 кА/м^2 ток тығыздығында кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымы 100.9% , ал 80 кА/м^2 ток тығыздығында максималды мәні 135% -ды құрайды. Кадмий электродының еруін титан электродының ауданының кішілігімен түсіндіруге болады. Титан электродының ауданы кадмий

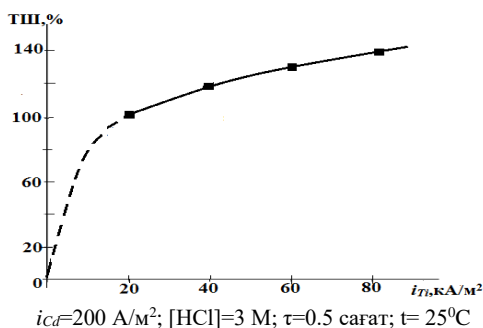
электродымен салыстырғанда жүз еседей аз, сәйкесінше сонша есе жоғары ток тығыздығы орнығады. Айнымалы токтың анодтық жартылай периодының алғаш сәтінде, титан электродының бетіндегі өте жұқа анодтық пленка (Ti_xO_2) пайда болады. Бұл қосылыс жартылай өткізгіштік қасиетке ие, нәтижесінде тізбектен токтың өтуі тоқтайды. Бұл сәтте кадмий электроды айнымалы токтың катодтық жартылай периодында болып, оның бетінде ешқандайда реакция орын алмайды. Ал титан электроды катодтық жартылай периодында болғанда, титан диоксиді бұл бағытқа қарай ток өткізіп, сутек иондары разрядталады. Бұл кезде кадмий электроды анодтық жартылай периодына болып, оның анодты еруі орын алады:



Айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымының 100 % -дан асуын, оның потенциалы теріс металл ретінде тұз қышқылы ерітіндісінің сутек иондарымен химиялық әрекеттесуімен түсіндіруге болады:



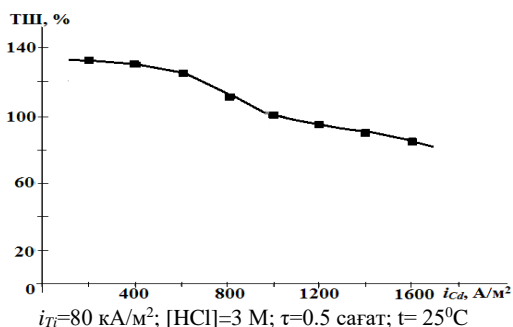
Кадмий табиғаты жағынан мырыш металына ұқсас болып келеді деп жорамалдауға болады. Ал, мырыш электродының айнымалы токпен поляризацияланған кезіндегі электрохимиялық қасиеттері бұрынғы жұмыстарда қарастырылған.



Сурет 2 – Айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымына титан электродындағы ток тығыздығының әсері.

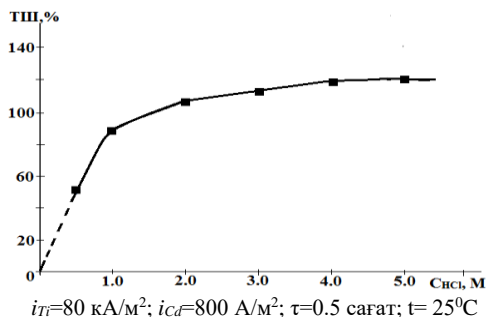
Кадмий-титан жұбын айнымалы токпен поляризациялаған кезде кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымына осы электродтағы ток тығыздығының әсері зерттелінді (3-сурет). Кадмий электродындағы ток тығыздығының артуымен оның еруінің ток бойынша шығымы төмендейді. Бұл концентрациялық поляризацияның орын алуымен байланысты. Ток тығыздығы 200 А/м² болғанда – ток бойынша шығымның мәні 132%. Ал,

1600 А/м² ток тығыздығында – 90%-ға дейін төмендейді. Ток тығыздығы 200 А/м² кезіндегі кадмийдің жарты сағатта электрохимиялық еру салмағы – 0.087 г. Ал ток тығыздығы 1600 А/м² болғанда - 1.6 г. дейін жетеді. Дәл осы жағдайларда 3 М тұз қышқылы ерітіндісіндегі 0.5 сағатта химиялық еруінің массасы – 0.0024 г. құрайды. Салыстыра келе, электрохимиялық әдіспен кадмийдің еруі химиялық еруіне қарағанда 600 есе жоғары екендігі байқауға болады, яғни кадмийді ерітуде электрохимиялық реакциялық үлесінің өте жоғары екендігін көрсетеді. Айнымалы токпен поляризациялау кезінде ток бойынша шығымы 130%-дан асады, бұл кадмий электродының химиялық еру жылдамдығы айтарлықтай өсуіне байланысты деп жорамалдауға болады.



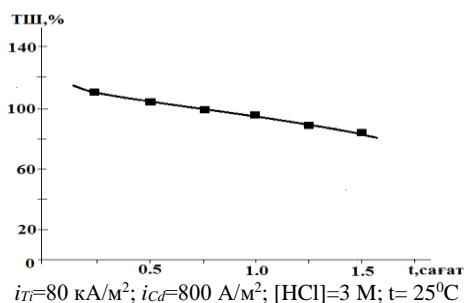
Сурет 3 – Айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымына осы электродтағы ток тығыздығының әсері.

Айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымына тұз қышқылы ерітіндісінің концентрациясының әсері зерттелді (4-сурет). Қышқылдың концентрациясының артуымен кадмийдің еруінің ТШ-ы біртіндеп жоғарылайды. 0,5 М тұз қышқылының ерітіндісінде кадмийдің еруінің ток бойынша шығымы 51% құрайды. Концентрацияны екі есе жоғарылатқанда, яғни 1 М тұз қышқылында ТШ 90%-ға дейін өсетіні байқалды. 1 М және 5 М ТШ аралығында, сәйкесінше 90 % және 119 % болып тұрғаны байқалды.



Сурет 4 – Айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымына тұз қышқылы концентрациясының әсері.

Сонымен қатар, айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымына электролиз ұзақтығының әсері 0.25-1.5 сағат аралығында зерттелінді. Зерттеу барысында, уақыттың өтуімен ТШ-ның да біртіндеп төмендеуін байқауға болады (5-сурет). Әрине, бұл құбылыс концентрациялық поляризацияның орын алуымен байланысты.



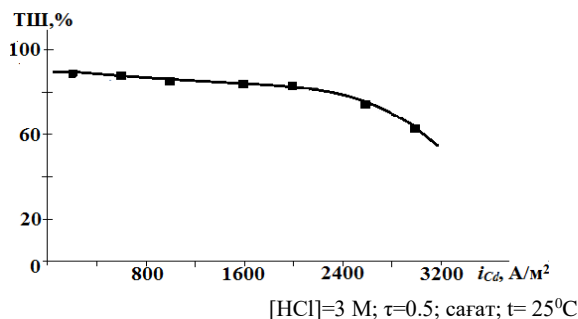
Сурет 5 – Айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымына электролиз ұзақтығының әсері.

Кадмийдің анодты токпен поляризациясы кезіндегі электрохимиялық қасиеттері зерттелінді (6-сурет). Анодтағы ток тығыздығының артуымен кадмийдің еруінің ток бойынша шығымы біртіндеп төмендейді. 200 А/м^2 ток тығыздығында кадмийдің еруінің ТШ-ы 89% - ды құрайды, ал 1600 А/м^2 және 3000 А/м^2 ток тығыздықтарында, сәйкесінше 85% және 65%-ды көрсетті.

Кадмий электродын анодты поляризацияланған кезде оның (3) реакция бойынша ионизацияланып, қарсы орналасқан катод электродында кадмий иондарының біртіндеп тотықсыздану реакциясы орын алады:

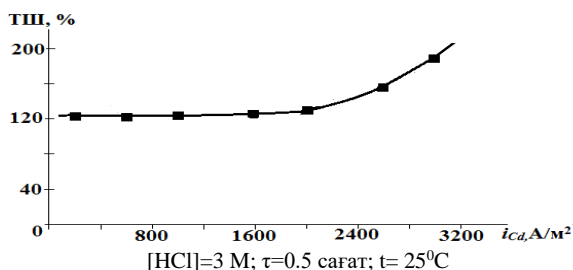


Нәтижесінде белгілі катод ток тығыздықтарында кадмий ұнтақтарының түзілуі байқалады. Ал егер электрод кеңістіктерін анионитті мембрана арқылы бөлсек, анод кеңістігінде кадмий хлориді қосылысы жинақталады..



Сурет 6 – Тұрақты анодты токпен поляризацияланған кадмий электродының еруінің ток бойынша шығымына анодтағы ток тығыздығының әсері.

Импульсті анодты токпен поляризациялау кезінде кадмий электродындағы ток тығыздығының артуымен кадмийдің еруінің ток бойынша шығымы да біртіндеп өсетіндігі анықталды (7-сурет). Кадмийдің анодты импульсті токпен поляризациясы кезінде де кадмийдің (1) реакция арқылы еріп, ал қарсы орналасқан титан электродында кадмий ұнтақтарының түзілуі орын алады. Бұл құбылысты кадмий электродын жиілігі 50 Гц анодты импульсті токпен поляризациялау кезінде, қарсы электрод осындай жиілікте катодты поляризацияға ие болатындығымен түсіндіріледі. Нәтижесінде анодта түзілген кадмий иондары бұл электродта металл ұнтақтарын түзе тотықсызданады.



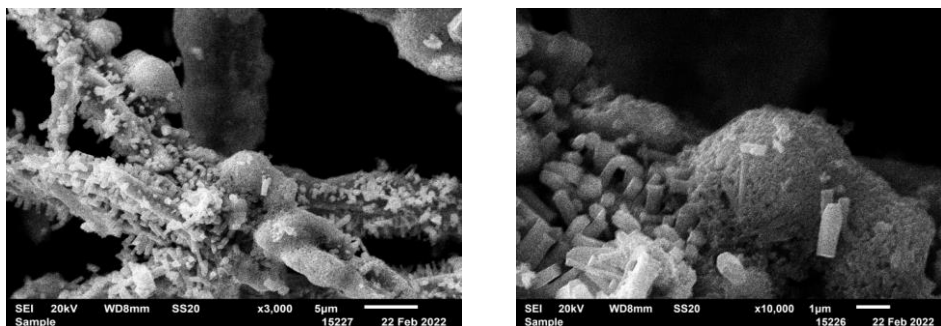
Сурет 7 – Тұз қышқылы ерітіндісінде анодтық импульсті токпен поляризацияланған кадмий электродындағы ток тығыздығының оның еруіне әсері.

Катодты импульсті токпен ұзақ уақыт жоғары ток тығыздықтарында поляризацияланған электродтың бетінде сутек газының бөлінуіне байланысты, бұл электродтың беткі аумағында электролиттің рН-ы жоғарылап, кадмий гидроксидінің түзілуіне мүмкіншілік береді де, нәтижесінде, түзілген кадмий ұнтағы кадмий гидроксидімен ласталады.

Тұз қышқылы ерітіндісінде кадмийдің анодтық импульсті токпен поляризациясы кезінде түзілген кадмийдің сұр түсті ұнтағын жуып, кептіріп, физика-химиялық анализ әдістерімен зерттеу жасалды. Түзілген ұнтақтың элементтік құрамының нәтижесі төменде келтірілген (2-кесте). Ал микрофотолардан байқағанымыз ұнтақ бөлшектерінің өлшемдері 1 және 5 мкм сәйкес екенін көруге болады (8-сурет).

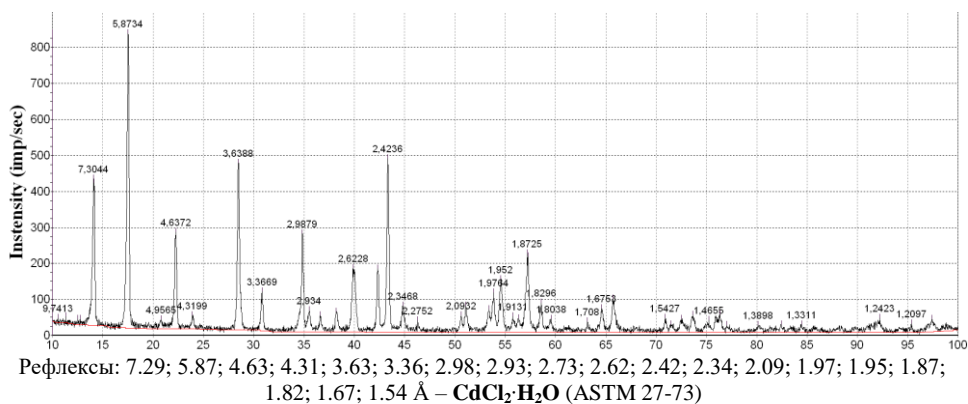
Кесте 2 – Электролиз нәтижесінде түзілген кадмий хлориді ұнтақтарының элементті құрамы

Спектр	O	Cl	Cd	Барлығы
Спектр 1	0.57	38.26	61.17	100.00
Спектр 2	0.70	38.25	61.05	100.00
Спектр 3	0.84	38.22	60.94	100.00
Орташа	0.70	38.24	61.06	100.00



Сурет 8 – Тұз қышқылы ерітіндісінде кадмийдің анодтық импульсті токпен поляризациясы кезіндегі түзілген жинақталған кадмий ұнтағының микрофотографиялары.

Тұз қышқылы ерітіндісінде кадмий электродын титан электродымен жұптастырып айнымалы токпен поляризациялау кезінде құрамында түзілген кадмий хлориді бар электролит бөлініп алынды. Электролизден кейін жиналған электролитті 100⁰С температурада буландырып, түзілген тұнбаны сүзіп, кептіріп, ерітінді құрамындағы кадмий хлориді ұнтағы бөлініп алынды. Түзілген гигроскопиялық ақ түсті ұнтақ рентгенофазалық анализ әдісімен ASTM 27-73 құрылғысында зерттелді (9-сурет). Рентгенофазалық зерттеу нәтижесі негізінде барлық рефлекстер түзілген ұнтақтың кадмий хлоридіне ($\text{CdCl}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$) сәйкес келетіндігін көрсетті.



Сурет 9 – Электролиз нәтижесінде түзілген кадмий хлоридінің рентгенограммасы.

4. Қорытынды

Айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының тұз қышқылы ерітіндісіндегі электрохимиялық қасиеті алғаш рет жан-жақты зерттелінді. Айнымалы, анодтық және де анодтық импульсті токтармен поляризациялау кезіндегі кадмийдің еруіне әр түрлі электрохимиялық параметрлердің әсерін салыстыра отырып, зерттелді. Стационарлы емес токтармен поляризациялау кезінде кадмий электродынан 100 % жоғары ток

бойынша шығымымен еритіндігін көрсетеді. Зерттеу нәтижелері негізінде кадмий хлоридінің синтездеудің жаңа әдісін жасауға болатындығын көрсетеді. Жан-жақты физика-химиялық анализ әдістерімен зерттеулер жүргізіліп, электролиз нәтижесінде кадмий хлоридінің $CdCl_2 \cdot H_2O$ түзілетіндігі дәлелденді.

Алғыс: Д.В.Сокольский атындағы ИТКЭ мекемесінің Физикалық зерттеу әдістері лабораториясының басшысы А.Р. Бродский мырзаға көрсеткен көмегі үшін алғыс білдіреміз.

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

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ КАДМИЯ В ВОДНЫХ СОЛЯНОКИСЛЫХ РАСТВОРАХ ПРИ ПОЛЯРИЗАЦИИ ПЕРЕМЕННЫМ ТОКОМ

А. Баешов^{1*}, А.И Сыдыкова², Х.Н. Жанбеков²

¹«Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», Алматы, Казахстан

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

*E-mail: bayeshov@mail.ru

Резюме. Введение. В данной работе приведены результаты исследования электрохимического поведения кадмиевого электрода в водных солянокислых растворах при поляризации стационарным и нестационарным токами и показана возможность синтеза его хлорида. *Цель работы* – изучение электрохимического поведения кадмия в водных солянокислых растворах при поляризации переменным током. *Методы.* В ходе исследования было установлено, что при поляризации двух кадмиевых электродов переменным током с частотой 50 Гц растворение их практически не происходит, однако при замене одного электрода на титановый с небольшой площадью поверхности, кадмий интенсивно растворяется. *Результаты и обсуждение:* Изучено влияние основных параметров, таких как продолжительность электролиза, плотность тока, концентрация и природа электролита на электрохимический процесс. Предложена принципиальная схема установки для растворения кадмия поляризацией нестационарным током. Показано, что при изменении плотности тока на титановом электроде в интервале 20-80 кА/м², выход по току растворения кадмиевого электрода постепенно возрастает, а при плотности тока, равной 80 кА/м², выход по току достигает 135%. *Заключение.* Показано, что при поляризации переменным током скорость химического растворения кадмия, как электроотрицательного металла, с выделением водорода возрастает. Для сравнения проведены процессы растворения кадмия при действии постоянного и импульсного анодного тока. В ходе эксперимента при поляризации кадмиевого электрода переменным током была показана возможность получения хлорида кадмия. Химическим и рентгенофазовым методами анализа было доказано, что кадмий образует соединение $CdCl_2 \cdot H_2O$.

Ключевые слова: кадмий, хлорид, электролиз, поляризация, переменный ток, импульсный ток, выход по току, соляная кислота.

Баешов Абдуали

Доктор химических наук, профессор,
академик НАН РК

Сыдыкова Айсауле Исламкызы

магистр, PhD

Жанбеков Хайрулла Нышанович

Доктор науки о Земле, профессор

Әдебиеттер тізімі

1. Высоцкая Н. А., Кабылбекова Б. Н., Айкозова Л. Д., Бекжигитова К. А. Качество кадмиевых покрытий, полученных из электролитов с серо-и фосфорсодержащими поверхностно-активными веществами. *Межд. Журн. Прикл. и фунд. Иссл.* **2020**, 1, 58-62.

2. Аверина Ю. М., Ныркoв Н. П., Шувалoв Д. А., Moисеева Н. А., Капустин Ю. И. Электрoлитическoe кадмирование. *Успехи в хим. и химич. Технол.* **2018**, 32(14), 57-59.
3. Dagdag O., El Harfi A., Safi Z., Guo L., Verma C., Ebenso E. E., El Gouri, M. Fabrication on designing of a macromolecular epoxy resin as anti-corrosive coating material for electrocatalytically deposited cadmium on 15CDV6 steel in 3% NaCl solution. *Jour. of Mat. Res. and Tech.* **2020**, 9(3), 5549-5563. doi:10.1016/j.jmrt.2020.03.080
4. Ахметзянов Б. Н., Васильева А. В., Гетьман А. А. Применение сплавов на основе кадмия. *Металлур. Машиностр.* **2020**, (4), 32-33.
5. Ганиев И. Н., Холoв Ё. Д., Джайлоев Д. Х., Ганиева Н. И., Абулхаев В. Д. Кинетика окисления алюминиевого проводникового сплава E-AlMgSi (алдрей) с кадмием в твердом состоянии. *Изв. высш. уч. завед.Мат. эл. тех.* **2021**, 24(2), 131-137.
6. Filimonov O. V., Galiullina I. F. Plotting phase diagrams of binary alloys and justification of their industrial use. *Jour. of Phys.: Conf. Series* **2020**, 1582(1). doi:10.1088/1742-6596/1582/1/012030
7. Башова А.К., Башoв А., Жұмабай Ф. М. Электрoхимический синтез соединений некоторых d- и p-металлов при поляризации переменным током. Монография. *Алматы: ИД «Жибек жoлы»* **2022**, 240.
8. Bayeshova A, Bayeshov A, Zhumabay F, Bayeshova S. Dissolution processes of metals during polarization with alternating current of industrial Frequency. *7th Edit. of Inter. Conf. on Catal.s, Chem. Eng. and Tech.* **2021**, 23.
9. Башoв А., Башова А.К. Электрoхимиялык процесстердi химия, гидрoметаллургия, экология жəне баска да салалардагы өндiрiстiк проблемаларды шешуде колдану. *Докл.нац. акад. наук РК* **2021**, 1, 94-113.
10. Башoв А., Башова А.К., Садыкова А.И. способ получения сульфида кадмия. Патент РК на полезную модель No.7908, от 29.12.2022
11. Wang Y, Xu W, Zhuo Q, Xu Z, Guo Q. Electrochemical recovery of metals from cadmium wastewater. *Chem. Letters* **2014**, 43(8). 1312-1314 <http://dx.doi.org/10.1246/cl.140372>
12. Xia L., Zhang W., Che J., Chen J, Wen P, Ma B, Wang C. Insights into the effect of cations on cathodic behavior and microstructure in cadmium electrochemical recovery process, *Chemosphere* **2022**, 292, 133423.2 <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133423>
13. Луценко Д. С., Гапанович, М. В., Новиков Г. Ф. Особенности активации фотопроводимости тонких пленок Cd-Te смесями галогенидов кадмия. *Вест. Моск. универ. Серия 2. Химия* **2020**, 61(2), 102-107.
14. Худойберганов О. И., Ибрагимов Б. Т., Хасанов Ш. Б., Атаниязов О. Н. Синтез и исследование координационного соединения хлорида кадмия (II) с моноэтаноламином и п-гидроксibenзойной кислотой. *Universum: химия и биология* **2021**, 6(84), 88-92.

AN ELECTROCHEMICAL METHOD FOR THE REGENERATION OF TRIVALENT IRON TO INCREASE THE EFFICIENCY OF IN-SITU LEACHING OF URANIUM

A. Bayeshov¹, A. Bayeshova², M. Turlybekova^{3*}, B. Myrzabekov⁴

¹ «National Center on Complex Processing of Mineral Raw Materials of the Republic of Kazakhstan», Almaty, Kazakhstan

² Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

³ Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

⁴ D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: m.t.89@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Due to the increasing demand for electricity with the development of production and general infrastructure, increasing the production of uranium as an economically and environmentally efficient source of energy is an urgent problem. *The purpose of this study* is to develop an electrochemical method for the regeneration of iron (III) ions used as a uranium oxidizer in the process of in-situ leaching of uranium minerals with sulfuric acid solutions. *Methods.* The mechanism of reactions in the iron (II)-iron (III) redox system was studied by recording potentiodynamic polarization curves and conducting electrolysis of the oxidation of divalent iron ions under galvanostatic conditions. *Results and discussion.* Cathode-anodic and anodic-cathode cyclic polarization curves taken on platinum electrodes showed that the redox reactions of iron ions are reversible and these reactions occur at a slight overvoltage. The influence of the main electrochemical parameters (current density, concentrations of iron (II) ions and sulfuric acid) on the oxidation of divalent iron ions was studied for the first time using granular anode electrodes, the electrode spaces of which are separated by an anionite membrane. It has been found that the use of granular graphite electrodes in the oxidation divalent iron ions increases the current output by more than 2 times compared to a plate graphite electrode. *Conclusion.* According to the results of the study, it was noted that under optimal conditions, the current output of the oxidation of divalent iron ions exceeds 90%. Extensive research has shown that trivalent iron ions, widely used in the in-situ leaching process for uranium production, can be regenerated by electrochemical methods.

Key words: iron (II) ions, oxidation, lump electrode, regeneration, in-situ leaching of uranium

Bayeshov Abduali

Doctor of Chemical Science, Professor, Academician of the National Academy of Sciences of the Republic Kazakhstan; e-mail: bayeshov@mail.ru

Bayeshova Azhar

Doctor of Technical Sciences, Professor, e-mail: azhar_b@bk.ru,

Turlybekova Makpal

PhD-doctoral student, research associate, e-mail: m.t.89@mail.ru,

Myrzabekov Bekzat

PhD, Senior researcher, e-mail: myrzabekbegzat@mail.ru

Citation: A. Bayeshov¹, A. Bayeshova², M. Turlybekova^{3*}, B. Myrzabekov. An electrochemical method for the regeneration of trivalent iron to increase the efficiency of in-situ leaching of uranium. *Chem. J. Kaz.*, 2024, 1(85), 142-153. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.14>

УРАН ӨНДІРІСІНДЕГІ ЖЕРАСТЫ ШАЙМАЛАУ ПРОЦЕСІНІҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН ҮШВАЛЕНТТІ ТЕМІРДІ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ӘДІСІ

А. Баешов¹, А. К.Баешова², М.Н.Турлыбекова^{3*}, Б.Э.Мырзабеков⁴

¹«Қазақстан Республикасының минералдық шикізатты кешенді қайта өңдеу жөніндегі ұлттық орталығы», Алматы, Қазақстан

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

³ Абай атындағы Қазақ Ұлттық педогогикалық Университеті, Алматы, Қазақстан

⁴Д.В. Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты, Алматы, Қазақстан

*E-mail: m.t.89@mail.ru

Түйіндемe. *Кіріспе.* Өндіріс пен жалпы инфрақұрылымның дамуымен электр энергиясына деген қажеттіліктің артуына байланысты энергия мөлшері көп, экономикалық, экологиялық тиімді энергия көзі ретінде уран өндірісін арттыру ақтуалды мәселе болып отыр. *Жұмыс мақсаты* – уран минералдарын күкірт қышқылды ерітінділермен жерасты шаймалау процесінде уран тотықтырғышы ретінде қолданылатын темір (III) иондарын регенерациялаудың электрохимиялық әдісін жасау. *Әдістер.* Темір (II)-темір (III) тотығу-тотықсыздану жүйесіндегі реакциялардың жүру механизмі потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру және екі валентті темір иондарының тотығуын гальваностатикалық жағдайда электролиз жүргізу арқылы зерттелді. *Нәтижелер және талқылау.* Платина электродтарында түсірілген катодты-анодты және анодты-катодты циклді поляризациялық қисықтар темір иондарының тотығу-тотықсыздану реакцияларының қайтымды екенін және бұл реакциялардың көп емес аса кернеулікпен жүретіндігін көрсетті. Электродтық кеңістіктері анионитті мембранамен бөлінген, түйіршікті анод электродтарын қолдану арқылы екі валентті темір иондарының тотығуына негізгі электрохимиялық параметрлердің (ток тығыздығы, темір (II) иондарының және күкірт қышқылының концентрациясы) әсері алғаш рет зерттелді. Екі валентті темір иондарын тотықтыруда түйіршікті графит электродтарын қолдану пластиналы графит электродпен салыстырғанда ток бойынша шығымды 2 еседен аса арттыратыны анықталды. *Тұжырым.* Зерттеу нәтижелерінен оптималды жағдайда екі валентті темір иондарының тотығуының ток бойынша шығымы 90 % жоғары болатындығы байқалды. Жан-жақты зерттеу жұмыстарының нәтижесінде уран өндірісінде жерасты шаймалау процесінде кеңінен қолданылып жүрген үш валентті темір иондарын электрохимиялық әдістер арқылы регенерациялауға болатындығы көрсетілді.

Кілт сөздер: темір (II) иондары, тотығу, түйіршікті электрод, регенерация, уранды жерасты шаймалау.

<i>Баешов Абдуали</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі</i>
<i>Баешова Ажар Коспановна</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Турлыбекова Макпал Нышанғалиевна</i>	<i>докторант, ғылыми қызметкер</i>
<i>Мырзабеков Бекзат</i>	<i>PhD, аға ғылыми қызметкер</i>

1. Кіріспе

Заманауи цивилизацияны электр энергиясыз елестету мүмкін емес. Өндіріс пен жалпы инфрақұрылымның дамуына байланысты электр энергиясына деген қажеттілік артуда. Бұл өз кезегінде жылдан жылға электр энергиясын көптеп өндіруге, сәйкесінше, оны өндіруге қолданылатын жанғыш пайдалы қазбалар кен орындарының қорының кедейленуіне және үлкен экологиялық шығындарға әкеліп соғуда.

Ядролық реакциялардан бөлінетін энергия мөлшері қарапайым химиялық реакцияларға (мысалы, жану реакциясы) қарағанда миллиондаған

есе жоғары. Оның үстіне, атом электр станциясының (АЭС) жылу электр станцияларынан (ЖЭС) көптеген экологиялық, экономикалық артықшылықтары бар. Сондықтан бүгінде уран өндірісінің қарқынды дамуына, соның ішінде, уранды минералдардан мейлінше жоғары мөлшерде өндіруге бағытталған тиімді әдістерді жасауға әкеліп отыр.

Жерасты шаймалау әдісімен игерілетін кен орындарында кездесетін уран минералдары негізінен уран тотықтары (настуран, уран қарасы) мен силикаттары (коффинит) болып табылады. Бұл минералдар құрамындағы уран төртвалентті (тотықсызданған) күйде болады [1-3].

Уран кен орындарын күкірт қышқылды ерітінділермен жерасты шаймалау кезінде ерітіндіден уранды бөліп алу оның жоғары тотығу дәрежесіне өтуіне байланысты қиындықтар тудырады. Бұл жағдайда шаймалау ерітінділерінің тотығу-тотықсыздану потенциалы (ТТП) мәні үлкен рөл атқарады. Іс жүзінде тотықтырғыштар ретінде H_2O_2 , O_2 , MnO_2 , $KMnO_4$, $K_3[Fe(CN)_6]$, $NaNO_2$, Fe^{3+} тұздары қолданылады [4]. Бұл тотықтырғыштардың кейбіреулерін қолдану олардың қымбаттылығына және тапшылығына байланысты, сондай-ақ, регенерациялауға қиын болғандықтан тиімсіз болып саналған. Уранның жерасты шаймалау ерітіндісінің құрамында табиғи кездесетін және тотығу процесін каталитикалық жылдамдататын темір (III) иондарын тотықтырғыш ретінде қолдану ерекше тиімді болып табылады.

Осы мақсатта жүргізілген зерттеулерде шаймалаушы ерітінді құрамына натрий нитритын енгізу темір (II) иондарының жылдам тотығуына әсер ететінін көрсетілген [5,6]. Дегенмен, зерттеулер нәтижесі натрий нитритін тотықтырғыш ретінде қолданудың біраз кемшіліктерін де көрсетті. $NaNO_2$ қолданғанда, тіпті күкірт қышқылының концентрациясын арттырғанның өзінде өндіру дәрежесінің артуына әсер етпеді, оның орнына ерітіндінің труба арқылы сүзілу жылдамдығы төмендеді. Соңғысы былай түсіндірілуі мүмкін: ерітіндінің қышқылдығы артқан кезде элементті күкірттің түзілуі мүмкін, ал ол, өз кезегінде, ерітіндінің сүзілуіне кедергі жасайды, сәйкесінше уранды шаймалау дәрежесі төмендейді.

АҚШ-та уран өндірісінде тотықтырғыш ретінде толығымен дерлік сутек пероксиді қолданылады. Тотықтырғыш ретінде H_2O_2 қолданудың өз артықшылықтары бар: суда жақсы еритін болғандықтан, оны жоғары концентрацияларда қолдануға болады. Сонымен қатар, тотықсыздандырғышпен әрекеттесу нәтижесінде экологиялық таза өнім - су түзіледі және реакция кезінде қышқылдың аз мөлшері жұмсалады. Дегенмен, күкірт қышқылы ерітіндісіне сутек пероксидін қосу ерітіндінің коррозиялық қасиеттерін жоғарылатып, қарапайым болат маркаларының коррозиясына алып келеді. Елімізде бұл реагенттің өндірілмейтінін ескеретін болсақ, оны уран өндірісінде қолдану шетелден тасымалдау құнымен қоса қымбаттай түсуімен рационалды емес шешім болар еді деп тұжырым жасалған [7].

Жер қойнауындағы уранды тотықтыру үшін сол кен құрамындағы темірдің қосылыстарын қолдану ең қарапайым, тиімді және арзан әдіс болып табылады. Жерасты шаймалау кезінде темір қосылыстары уранмен бірге ериді және әрбір ерітінді айналымы сайын оның мөлшері артады. Ерітіндідегі Fe (III) иондарының концентрациясы шамамен 1.2-2 г/л құрайды. Уранды тотықтыру үшін темір (III) иондарын қосымша ерітіндіге қосу экономикалық тұрғыдан тиімсіз. Сондықтан ерітіндідегі Fe (II) иондарын тотықтыру арқылы Fe (III) иондарын регенерациялауға арналған ұтымды технологиялар жасау қажет. Мысалы, Тәжікстанда уранды жерасты шаймалау процесін қолданатын кен орындарында темір (II) иондарын сулы-органикалық жүйелерді қолдану арқылы тотықтырудың жаңа гетерогенді автокаталитикалық әдісі іске асырылған [8-11].

Уранды өндірудің гидрометаллургиялық процестерінде темір иондарын қолдану маңыздылығын ескере отырып, бұл жұмыста шаймалаушы ерітінділер дайындау сатысында күкірт қышқылды ерітінділерде темір (II) иондарын үш валентті күйге дейін анодты тотықтыру арқылы Fe^{3+} иондарын регенерациялаудың электрохимиялық әдісі қарастырылды.

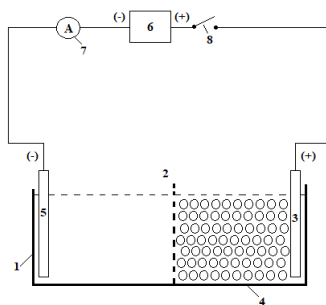
2. Зерттеу әдістері

Темір иондарының тотығу тотықсыздану механизмі «CorrTest Electrochemical Workstation» потенциостат-гальваностатында (сурет 1) потенциодинамикалық режимде анод-катодты циклді поляризациялық қисықтарын түсіру арқылы зерттелді. Поляризация қисықтары дербес компьютерде орнатылған CS Studio5 бағдарламасы арқылы жазылды. Негізгі поляризация қисықтары 50 мВ/с потенциал беру жылдамдығында тіркелді.



Сурет 1 – «CorrTest Electrochemical Workstation» потенциостат-гальваностаты: 1-потенциостат; 2-дербес ноутбук; 3- электрохимиялық ұяшық; 4-жұмысшы электрод; 5-салыстырмалы электрод (күмісхлор); 6-көмекші электрод (платина).

Алдын ала жүргізілген күкірт қышқылды ерітінділерде екі валентті темір иондарын электрохимиялық тотықтыруға бағытталған зерттеу нәтижелері кеңістігі диафрагмамен бөлінбеген электролизерде темір (II) иондарының эффективті тотығуы жүрмейтінін көрсетті. Себебі, анодта түзілген темір (III) иондары катодта қайтадан тотықсызданып, қайтымды процесс орын алады. Сондықтан, процесс өнімділігін арттыру үшін зерттеулер арнайы конструкциялы, кеңістіктері диафрагмамен бөлінген электролизерде беттік ауданы дамытылған графит немесе қорғасыннан жасалған түйіршікті электродтарды қолдану арқылы жүргізілді. Электролизердің принципалды схемасы 2-суретте көрсетілген. Бұл әдістің жұмыс істеу принципі келесідей: анионитті мембранамен (2) бөлінген электролизердің (1) анодты кеңістігіне пластиналы графит электродын (3) салып, оған ауданы дамытылған графит түйіршікті электродтар (4) орналастырады. Катод (5) ретінде графит немесе титан электроды қолданылды. Анодтық кеңістік құрамында темір (II) иондары бар күкірт қышқылды ерітінді, ал катод кеңістігі күкірт қышқылы ерітіндісімен толтырылады.

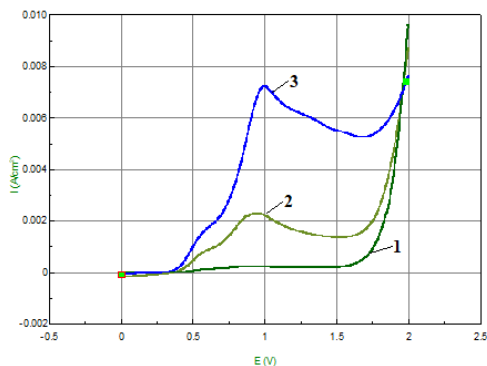


Сурет 2 - Екі валентті темір иондарын үш валентті күйге дейін тотықтыруға арналған қондырғының принципалды схемасы: 1-электродтық кеңістіктері бөлінген электролизер, 2-диафрагма- МА-40 анионитті мембрана, 3-пластиналы графит электроды, 4- түйіршікті графит электродтар, 5-титан катоды, 6-В-24 ток көзі, 7-амперметр, 8-кілт.

3. Зерттеу нәтижелері мен талқылануы

Темір (II)-темір (III) тотығу-тотықсыздану жүйесіндегі реакциялардың жүру механизмін түсіну мақсатында күкірт қышқылы ерітіндісінде платина электродының катодты және анодты-катодты, катодты-анодты циклді поляризациялық қисықтары түсірілді.

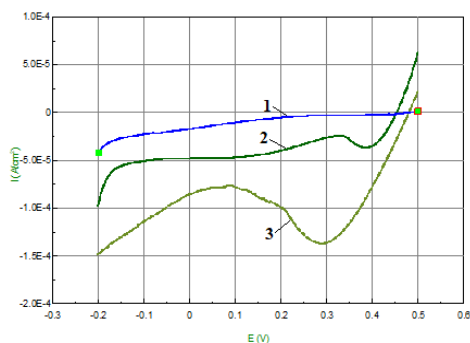
Анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықта «плюс» 0.4-0.5 В потенциалдарынан бастап екі валентті темір иондарының тотығуы, ал 1.75 В потенциалдар аумағында оттегі газының бөліну токтары тіркелді (сурет 3).



Сурет 3 - Платина электродының анодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтары: 1) $C[Fe^{2+}]$ -0.1 г/л, 2) $C[Fe^{2+}]$ -1 г/л, 3) $C[Fe^{2+}]$ -5 г/л, сканерлеу жылдамдығы 50 мВ/с.

Тотығу тогының максимумдарының мәні темір (II) иондарының концентрацияларының артуына байланысты өседі.

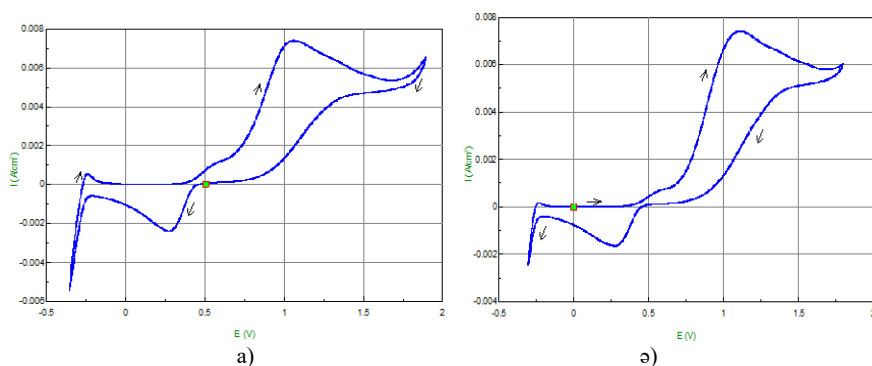
4-суретте платина электродында түсірілген үш валентті темір иондарының катодты поляризациялық қисықтары келтірілген.



Сурет 4 - Платина электродының катодты потенциодинамикалық поляризациялық қисықтары: 1) $C[Fe^{3+}]$ -0.1 г/л, 2) $C[Fe^{3+}]$ -1 г/л, 3) $C[Fe^{3+}]$ -5 г/л, сканерлеу жылдамдығы 50 мВ/с.

«Плюс» 0.5 потенциал мәнінен бастап темір (III) иондарының тотықсыздану токтарының иаксимумдары E-J қисығында тіркелді. «Плюс» 0.15 В потенциалдар аймағында сутек газының бөліну тогы байқалады. Темір (III) иондарының тотықсыздану максимумдарының биіктігі иондардың концентрациясына байланысты өседі.

Платина электродтарында түсірілген катодты-анодты және анодты-катодты циклді поляризациялық қисықтар темір иондарының тотығу-тотықсыздану реакцияларының қайтымды екенін және бұл реакциялардың көп емес аса кернеулікпен жүретіндігін көрсетіп отыр (сурет 5а, 5ә).



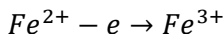
Сурет 5 - Платина электродының а) катодты-анодты және б) анодты-катодты потенциалдинамикалық поляризациялық қисықтары: $C[Fe^{3+}]$ -5 г/л, сканерлеу жылдамдығы 50 мВ/с.

Демек, бұл иондарды катодты және анодты поляризациялау арқылы әртүрлі валентті жағдайға оңай өткізуге болатындығын көрсетеді.

Келесі зерттеулерімізде екі валентті темір иондарының тотығуын гальваностатикалық жағдайда электролиз жүргізу арқылы іске асырылды.

Fe^{3+} иондарын электрохимиялық регенерациялау процесі жүруінің негізгі параметрлерін анықтау бойынша моделді ерітінділерді қолдана отырып лабораториялық зерттеулер жүргізілді.

Электролиз кезінде графит немесе қорғасын анодында темір (II) иондары үшвалентті күйге дейін тотығады:



Алғашқы эксперименттер жалпы көлемі 1 л болатын электролизерде стационарлы жағдайда 30 мин бойы жүргізілді. Анодты кеңістікке құрамында 20 г/л күкірт қышқылы мен 3 г/л екі валентті темір иондары бар моделді ерітінді құйылды. 1-кестеде пластиналы графит анодындағы ток тығыздығының темір (II) иондарының үш валентті күйге дейін тотығу процесінің ток бойынша шығымына әсерін көрсететін мәліметтер келтірілген.

Кесте 1 - Пластиналы графит анодындағы ток тығыздығының темір (II) иондарының тотығу процесінің ток бойынша шығымына әсері: H_2SO_4 -20 г/л, Fe^{2+} -3 г/л, τ =30 мин, t =25°C

$i, A/m^2$	0	25	50	100	150	200	250
ТШ, %	0	98.1	81.3	69.7	49.8	33.9	29.4

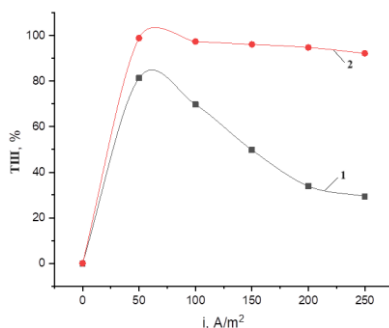
Эксперимент нәтижелерінен көрініп тұрғандай, темір (II) иондарының тотығуының ток бойынша шығымы тек ток тығыздығының мәні 25-50 A/m^2 болғанда ғана 80%-дан асады, ал одан жоғары ток тығыздықтарында бұл көрсеткіш төмен мәнге ие, 200 A/m^2 ток тығыздығында тіпті 40 %-дан да аспайды. Бұл тізбек арқылы өтетін токтың 40 %-ы ғана екі валентті темір

иондарын тотықтыруға жұмсалатынын көрсетеді. Темір (II) иондарының тотығуының ток бойынша шығымын арттыру мақсатында эксперименттерде алғаш рет ішіне орташа өлшемдері 5-10 мм болатын аудандары дамытылған түйіршіктелген графит электродтар орналастырылған пластиналы графит электрод қолданылды (кесте 2).

Кесте 2 - Түйіршікті электродтар қатысында пластиналы графит электродтағы анодты ток тығыздығының темір (II) иондарының тотығуының ток бойынша шығымына әсері: H_2SO_4 -20 г/л, Fe^{2+} -3 г/л, $\tau=30$ мин, $t=25^\circ C$

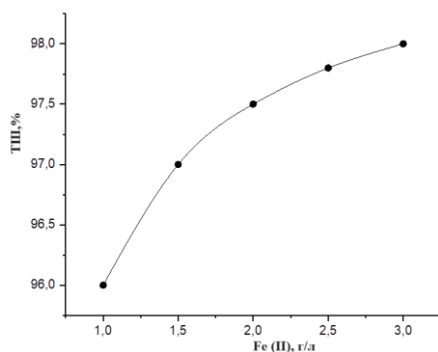
i , A/m^2	0	50	100	150	200	250
ТШ, %	0	98.9	97.4	96.1	94.8	92.2

Зерттеу нәтижелерінен ауданы дамытылған түйіршікті электродтарды қолданғанда тіпті $200 A/m^2$ -ден асқан ток тығыздықтарында темір (II) иондарының 90 %-дан асатын өте жоғары ток бойынша шығымымен тотығатынын байқауға болады. Демек пластиналы электродтағы тотығу процесімен салыстырғанда темір (II) иондарының тотығуының тиімділігі іс жүзінде екі еседен аса артады (сурет 7).



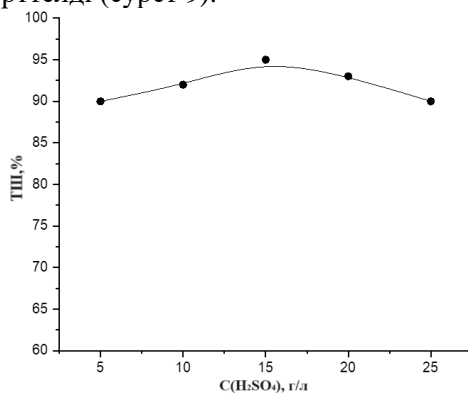
Сурет 7 - Темір (II) иондарының тотығуының ток бойынша шығымының ток тығыздығына тәуілділігі: 1- пластиналы графит электродында, 2- түйіршікті графит салынған электродта.

Темір (II) иондарының бастапқы концентрациясы бойынша оның түйіршікті графит электродтардағы тотығуының ток бойынша шығымы анықталды. Ерітіндідегі темір (II) иондарының концентрациясының 1-3 г/л аралығында артуымен осы иондардың анодты кеңістікте тотығуының ток бойынша шығымы 98 %-ға дейін артатыны байқалды (сурет 8). Бұл зерттеулердің нәтижелері екі валентті темір иондарының тотығуы жоғары ток тығыздықтарымен жүретінін көрсетеді.



Сурет 8 - Темір (II) иондары тотығуының ток бойынша шығымының темір (II) иондарының бастапқы концентрациясына тәуілділігі.

Күкірт қышқылының 5-25 г/л аралығындағы концентрациясының темір иондарының түйіршікті графит электродтарында тотығуының ток бойынша шығымына әсері зерттелді (сурет 9).



Сурет 9 - Темір (II) иондары тотығуының ток бойынша шығымының күкірт қышқылы концентрациясына тәуелділігі.

Концентрацияның өзгеруі ток бойынша шығым мәніне аздап ғана әсер етті, максималды ток бойынша шығым 95 % 15 г/л H_2SO_4 концентрацияда тіркелсе, басқа концентрацияларда оның мәні максималдыдан сәл ғана өзгеріп, 90-93 %-ды құрады.

4. Қорытынды

Уран кен орындарының минералдарын шаймалау әдісі арқылы уран иондарын ерітіндіге өткізу кезінде қолданылатын үш валентті темір иондарының электрохимиялық қасиеті потенциодинамикалық поляризациялық қисықтар түсіру және гальваностатикалық жағдайда электролиз жүргізу арқылы зерттелді. Зерттеу нәтижелері темір (II)-темір

(II) тотығу-тотықсыздану реакцияларының қайтымды екенін және бұл реакцияларды көп емес аса кернеулікпен жүретіндігін көрсетті.

Электродтық кеңістіктері анионитті мембранамен бөлінген, түйіршікті анод электродтарын қолдану арқылы екі валентті темір иондарының тотығуына негізгі электрохимиялық параметрлердің әсері алғаш рет зерттелді. Оптималды жағдайда екі валентті темір иондарының тотығуының ток бойынша шығымы 90 % жоғары болатындығын зерттеу нәтижелері көрсетті.

Жүргізілген жан-жақты зерттеу жұмыстары уран өндірісінде жерасты шаймалау процесінде кеңінен қолданылып жүрген үш валентті темір иондарын электрохимиялық әдістер арқылы іске асыруға болатындығын көрсетті.

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

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ СПОСОБ РЕГЕНЕРАЦИИ ТРЕХВАЛЕНТНОГО ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ УРАНА

А. Баешов¹, А. К.Баешова², М.Н.Турлыбекова^{3}, Б.Э.Мырзабеков⁴*

¹«Национальный центр по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан», Алматы, Казахстан

²Казахский Национальный Университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан

³Казахский Национальный педагогический Университет имени Абая, Алматы, Казахстан

⁴Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

*E-mail: m.t.89@mail.ru

Резюме. *Введение.* В связи с увеличением потребности в электроэнергии с развитием производства и общей инфраструктуры увеличение добычи урана как экономически и экологически эффективного источника энергии является актуальной проблемой. *Целью данной работы* является разработка электрохимического метода регенерации ионов железа (III), используемых в качестве окислителя урана в процессе подземного выщелачивания урановых минералов растворами серной кислоты. *Методы.* Механизм реакций в окислительно-восстановительной системе железо (II)-железо (III) изучен методом снятия потенциодинамических поляризационных кривых и электролиза в гальваностатических условиях. *Результаты и обсуждение.* Катодно-анодные и анодно-катодные циклические поляризационные кривые, снятые на платиновых электродах, показали, что окислительно-восстановительные реакции ионов железа обратимы и эти реакции протекают при незначительном перенапряжении. Влияние основных электрохимических параметров (плотность тока, концентрации ионов железа (II) и серной кислоты) на окисление ионов двухвалентного железа впервые исследовано с использованием гранулированных анодных электродов, электродные пространства которых разделены анионитовой мембраной. Установлено, что использование гранулированных графитовых электродов при окислении ионов двухвалентного железа увеличивает выход по току более чем в 2 раза по сравнению с пластинчатым графитовым электродом. *Заключение.* По результатам исследования замечено, что в оптимальных условиях выход по току окисления ионов двухвалентного железа превышает 90%. В результате всесторонних исследований было показано, что ионы трехвалентного железа, широко используемые в процессе подземного выщелачивания при производстве урана, можно регенерировать электрохимическими методами.

Ключевые слова: ионы железа (II), окисление, кусковой электрод, регенерация, подземное выщелачивание урана.

Баешов Абдуали	Доктор химических наук, профессор, академик НАН РК
Баешова Ажар Коспановна	Доктор технических наук, профессор
Турлыбекова Макпал Нышангалиевна	Докторант, научный сотрудник
Мырзабеков Бекзат	PhD, старший научный сотрудник

Әдебиеттер тізімі

1. Ергожин Е.Е., Мухитдинова Б.А., Шекеева Б.Ж. Подземное выщелачивание урана (обзор). *Хим. Жур. Каз.* **2008**, 2, 5-28.
2. Turganaliyev C. et al. Physico-chemical aspects of uranium extraction for investigation of underground well leaching control systems. *Compl. use of min. resour.* **2024**, 329(2), 5-16. DOI: <https://doi.org/10.31643/2024/6445.12>
3. Аликулов Ш. Ш., Ибрагимов Р. Р., Хамидов Р. А. Исследования интенсификации процесса скважинного подземного выщелачивания урана из слабопроницаемых руд при воздействии на них различными физическими методами. *Mining Inform. and Anal. Bull.* **2023**, 2, 111-126. DOI: [10.25018/0236_1493_2023_2_0_111](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2023_2_0_111)
4. Носков М.Д. Добыча урана методом скважинного подземного выщелачивания. *Изв-во СТИ НИЯУ МИФИ*, **2010**, 83.
5. Пастухов А.М., Рычков В.Н. и др. Термодинамическое моделирование процесса скважинного подземного выщелачивания урана. *Изв. Выс. завед. Горн. Журн.* **2014**, 7, 120-126. ISSN: 0536-1028
6. Рычков В.Н., Пастухов А.М. Применение искусственных окислителей для интенсификации процесса подземного выщелачивания урана. *Отч. о науч.-исслед. раб. УРФУ.* **2013**, 21. <http://elar.urfu.ru/handle/10995/21454>
7. Дуйсебаев М.О., Мукушева А.С., Батыршаева Г.С., Полиновский К.Д. Перспективы применения пероксосерных кислот при ПСВ урана. *Горн. инфор.-анал. бюлл.* **2008**, 8, 312-314. [Перспективы применения пероксосерных кислот при ПСВ урана \(elibrary.ru\)](http://elibrary.ru)
8. Sharafutdinov U. Z. et al. Applying the Fe⁺³ oxidizer as an improvement in the efficiency of uranium extraction. *Turkish Jour. of Comp. and Math. Edu. (TURCOMAT)* **2021**, 12(7), 384-386. DOI: <https://doi.org/10.17762/TURCOMAT.V12I7.2592>
9. de Moraes M. L. B., Ladeira A. C. Q. The role of iron in the rare earth elements and uranium scavenging by Fe-Al-precipitates in acid mine drainage. *Chemosphere* **2021**, 277, 130-131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130131>
10. Loreggian L. et al. Role of iron sulfide phases in the stability of noncrystalline tetravalent uranium in sediments. *Environ. Sci. & tech.* **2020**, 54(8), 4840-4846. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07186>
11. Rakishev B. et al. Improving the efficiency of downhole uranium production using oxygen as an oxidizer. *Minerals* **2022**, 12(8), 1005. DOI: <https://doi.org/10.3390/min12081005>

References

1. Ergozhin E.E., Muhitdinova B.A., Shekeeva B.Zh. Podzemnoye vyshelachivaniye urana (review). *Chem.J.Kaz.* **2008**, 2, 5-28. (In Russ)
2. Turganaliyev C. et al. Physico-chemical aspects of uranium extraction for investigation of underground well leaching control systems. *Compl. use of min. resour.* **2024**, 329(2), 5-16. DOI: <https://doi.org/10.31643/2024/6445.12>
3. Alikulov Sh. Sh., Ibragimov R. R., Hamidov R. A. Issledovaniya intensivatsii processa skvazhinogo podzemnogo vyshelachivaniya urana iz slabopronicaemyh rud pri vozdeystvii na nih razlichnymi fizicheskimi metodami. *Mining Inform. and Anal. Bull.* **2023**, 2, 111-126. (In Russ) DOI: [10.25018/0236_1493_2023_2_0_111](https://doi.org/10.25018/0236_1493_2023_2_0_111)
4. Noskov M.D. Dobycha urana metodom skvazhinogo podzemnogo vyshelachivaniya. *Seversk: Publish. House of the Nat. Research Inst. of MEFPh* **2010**, 83. (In Russ)
5. Pastuhov A.M., Ryckov V.N. i dr. Termodinomicheskoe modelirovaniye processa skvazhinogo podzemnogo vyshelachivaniya urana. *News of High.Edu.Institut. Mining.Jour.* **2014**, 7, 120-126. (In Russ) ISSN: 0536-1028

6. Rychkov V.N., Pastuhov A.M. Primenenie iskusstvennyh okislitelej dlya intensifikacii processa podzemnogo vyshelachivaniya urana. *URFU Research Report*. **2013**, 21. <http://elar.urfu.ru/handle/10995/21454>
7. Dujsebaev M.O., Mukusheva A.S., Batyrshaeva G.S., Polinovskij K.D. Perspektivy primeneniya peroksosemyh kislot pri PSV urana. *Mining.Infor.Anal.Bull.* **2008**, 8, 312-314. Perspektivy primeneniya peroksosemyh kislot pri PSV urana (elibrary.ru) (In Russ)
8. Sharafutdinov U. Z. et al. Applying the Fe^{+3} oxidizer as an improvement in the efficiency of uranium extraction. *Turkish Jour. of Comp. and Math. Edu. (TURCOMAT)* **2021**, 12(7), 384-386. DOI: <https://doi.org/10.17762/TURCOMAT.V12I7.2592>
9. de Moraes M. L. B., Ladeira A. C. Q. The role of iron in the rare earth elements and uranium scavenging by Fe–Al-precipitates in acid mine drainage. *Chemosphere* **2021**, 277, 130-131. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.130131>
10. Loreggian L. et al. Role of iron sulfide phases in the stability of noncrystalline tetravalent uranium in sediments. *Environ. Sci. & tech.*, **2020**, 54(8), 4840-4846. DOI: <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b07186>
11. Rakishev B. et al. Improving the efficiency of downhole uranium production using oxygen as an oxidizer. *Minerals* **2022**, 12(8), 1005. DOI: <https://doi.org/10.3390/min12081005>

SYNTHESIS OF QUATERNARY AMMONIUM SALTS ISONICOTINIC AND NICOTINIC HYDRAZONES ACIDS AND THEIR ANTI-INFLAMMATORY ACTIVITY

O. A. Nurkenov ^{1,2}, A. Zh. Mendibayeva ^{1,2}, S. D. Fazylov ^{1*}, T. M. Seilkhanov ³,
S. K. Kabieva ², E. M. Satbayeva ⁴, G. Zh. Karipova ¹, A. K. Syzdykov ^{1,2}

¹ Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry
of the Republic of Kazakhstan, Karaganda, Kazakhstan.

² Karaganda Industrial University, Kazakhstan, Temirtau, Kazakhstan.

³ Sh. Ualikhanov Kokshetau University, Kokshetau, Kazakhstan.

⁴ S.D. Asfendiyarov Kazakh National Medical University, Almaty, Kazakhstan.

*E-mail: iosu8990@mail.ru

Abstract: *Introduction.* Currently, the number of infections caused by strains of bacteria that are not sensitive to antibiotics and antiseptics is growing worldwide. A similar increase in bacterial resistance is observed for both nosocomial infections and community-acquired human-to-human infections. An important task for chemists and pharmacologists is the synthesis of new compounds and the establishment of a structure-bioactivity relationship. The purpose of this work is to study the effect of the structure of quaternary ammonium derivatives of hydrazones of isonicotinic and nicotinic acids on the manifestation of their anti-inflammatory properties. *Results and discussion.* The alkylation of nicotinic acid hydrazones produced their new quaternary ammonium salts (43.7-70.7%). The methodology for the synthesis of quaternary ammonium compounds of hydrazones included obtaining a variety of structures by introducing one or two fluorine and bromine-containing fragments into their structure. The structure of compounds was confirmed by ¹H, ¹³C NMR spectroscopy. *Conclusion.* New quaternary ammonium salts of nicotinic acid hydrazones have been obtained. The study of anti-inflammatory activity was carried out using the method of formalin paw edema in rats. The acute inflammatory reaction was reproduced by subplantar administration of 2% formalin solution. Compared with ibuprofen at a dosage of 100 mg/kg, these compounds were ineffective (p₂<0.05). According to the results of the analysis of possible pharmacological effects, it was also revealed that new compounds may have an effect on the regulation and production of ketone bodies, the enzymatic activity of transaminases. New alkylated hydrazones of isonicotinic and nicotinic acids may be of interest for studying their antituberculous and antiviral activities.

Keywords: quaternary ammonium salts, isonicotinic and nicotinic acid hydrazones, alkyl iodides, structure-bioactivity relationship, anti-inflammatory activity.

Citation: Nurkenov O.A., Mendibayeva A.Zh., Fazylov S.D., Seilkhanov T. M., Kabieva S.K., Satbayeva E.M., Karipova G.Zh., Syzdykov A.K. Synthesis of quaternary ammonium salts isonicotinic and nicotinic hydrazones acids and their anti-inflammatory activity. *Chem. J. Kaz.*, **2024**, 1(85), 154-166. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2024-1.2710-1185.15>

<i>Nurkenov Oralgazy Aktayevich</i>	<i>Doctor of chemical sciences, e-mail: nurkenov_oral@mail.ru</i>
<i>Mendibayeva Anel Zhanatovna</i>	<i>Junior researcher, e-mail: anenyawa@mail.ru</i>
<i>Fazylov Serik Drahmetovich</i>	<i>Doctor of chemical sciences, chief scientific officer, e-mail: iosu8990@mail.ru</i>
<i>Seilkhanov Tulegen Muratovich</i>	<i>Candidate of chemical sciences, e-mail: tseilkhanov@mail.ru</i>
<i>Kabieva Saule Kazjanovna</i>	<i>Candidate of chemical sciences, e-mail: kabieva.s@mail.ru</i>
<i>Satbayeva Elmira Maratovna</i>	<i>Candidate of medical sciences, e.satbaeva@mail.ru</i>
<i>Karipova Gulzhanat Zhumazhanovna</i>	<i>researcher, e-mail: gulja_1708@mail.ru</i>
<i>Syzdykov Ardak Kanagatuly</i>	<i>Junior researcher, e-mail: ardak.syzdykov.96@inbox.ru</i>

СИНТЕЗ ЧЕТВЕРТИЧНЫХ АММОНИЕВЫХ СОЛЕЙ ГИДРАЗОНОВ ИЗОНИКОТИНОВОЙ И НИКОТИНОВОЙ КИСЛОТ И ИХ ПРОТИВОВОСПАЛИТЕЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ

О. А. Нуркенов^{1,2}, А. Ж. Мендибаева^{1,2}, С. Д. Фазылов^{1}, Т. М. Сейлханов³, С. К. Кабиева²,
Э. М. Сатбаева⁴, Г. Ж. Карипова¹, А. К. Сыздыков^{1,2}*

¹*Институт органического синтеза и углехимии Республики Казахстан, Караганда, Казахстан*

²*Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан*

³*Кокшетауский университет имени Ш. Уалиханова, Кокшетау, Казахстан*

⁴*Казахский национальный медицинский университет имени С.Д. Асфендиярова, Алматы, Казахстан*

*E-mail: iosu8990@mail.ru

Резюме. *Введение.* В настоящее время во всем мире растет число инфекций, вызываемых не чувствительными к антибиотикам и антисептикам штаммами бактерий. Подобный рост резистентности бактерии наблюдается как для внутрибольничных инфекций, так и для внебольничных случаев заражения от человека к человеку. Важной задачей химиков и фармакологов является синтез новых соединений и установления закономерностей взаимосвязи «структура-биоактивность». *Целью данной работы* является изучение влияния строения четвертичных аммониевых соединений потенциально биологически активных гидразонов изоникотиновой и никотиновой кислот на проявление ими противовоспалительных свойств. *Результаты и обсуждение.* В настоящей работе реакцией алкилирования гидразонов изоникотиновой и никотиновой кислот с алкилйодидами получены их новые четвертичные аммониевые соли с выходами 43.7-70.7%. Методология синтеза четвертичных аммониевых соединений гидразонов включала получение разнообразных структур, в которых осуществлялось варьирование целого ряда структурных параметров введением одного или двух фтор- и бром-содержащих фрагментов в их структуру. Строение новых соединений подтверждены методами ЯМР ¹H и ¹³C спектроскопии, а также данными двумерных спектров COSY (¹H-¹H) и HMQC (¹H-¹³C). *Заключение.* Получены новые четвертичные аммониевые соли гидразонов изоникотиновой и никотиновой кислот. Исследование противовоспалительной активности проводилось по методу формалинового отека лапы на крысах. Острую воспалительную реакция была воспроизведена субплантарным (под подошвенный или плантарный апоневроз) введением 2% раствора формалина. В сравнении с ибупрофеном в дозировке 100 мг/кг данные соединения оказались неэффективными (p<0.05). По результатам анализа возможных фармакологических эффектов выявлено, что новые соединения могут обладать влиянием на регуляцию и продукцию кетоновых тел (HMGCS2 expression enhancer), ферментативную активность трансаминаз (Glutamine-phenylpyruvate transaminase inhibitor). Полученные данные позволяют сделать вывод о том, что алкилированные гидразоны изоникотиновой и никотиновой кислот могут представлять интерес для изучения их на противотуберкулезную и противовирусную виды активностей.

Ключевые слова: четвертичные аммониевые соли, гидразоны изоникотиновой и никотиновой кислот, алкилйодиды, взаимосвязь «структура-биоактивность», противовоспалительная активность.

<i>Нуркенов Оралгазы Актаевич</i>	<i>доктор химических наук</i>
<i>Мендибаева Анель Жанатовна</i>	<i>младший научный сотрудник</i>
<i>Фазылов Серик Драхметович</i>	<i>доктор химических наук, главный научный сотрудник</i>
<i>Тулеген Муратович</i>	<i>кандидат химических наук</i>
<i>Кабиева Сауле Казжановна</i>	<i>кандидат химических наук</i>
<i>Сатбаева Эльмира Маратовна</i>	<i>кандидат медицинских наук</i>
<i>Карипова Гульжанат Жумажановна</i>	<i>научный сотрудник</i>
<i>Сыздықов Ардак Канагатулы</i>	<i>младший научный сотрудник</i>

1. Введение

Профилактика и лечение инфекционных заболеваний является одной из важнейших задач современного здравоохранения. Несмотря на то, что четвертичные аммониевые соли используются в клинической практике более века [1,2], поиск новых фармакологически активных соединений, обладающих высокой противомикробной активностью в отношении резистентных штаммов микроорганизмов, продолжает оставаться важнейшей задачей медицинской химии. В последние годы во всем мире растет число инфекций, вызываемых не чувствительными к антибиотикам и антисептикам штаммами бактерий. Подобный рост резистентности бактерии наблюдается как для внутрибольничных инфекций, так и для внебольничных случаев заражения [3,4]. Между тем, отсутствие систематических исследований взаимосвязи структуры веществ и их биологической активности сдерживает целенаправленный синтез новых высокоэффективных соединений, обладающих как бактерицидными свойствами, так и низкой токсичностью по отношению к теплокровным организмам.

По данным официальной статистики ежегодно только в России регистрируется от 50 до 60 тысяч случаев внутрибольничных инфекций, однако, по расчетным данным, эта цифра в 40–50 раз выше [5-7]. Учитывая широкую распространенность и тяжесть последствий бактериальных инфекций, разработка безопасных высокоактивных препаратов с новыми механизмами антибактериального действия, эффективных в отношении, прежде всего, резистентных штаммов бактерий, является одной из важнейших задач медицинской химии [5-9]. В настоящее время водорастворимые четвертичные аммониевые соли (ЧАС) часто привлекают внимание многих учёных мира. К сожалению, в литературе мало подробных данных о механизмах биоцидной активности направленной против дрожжей и нитчатых грибов. Тем не менее, попытки представить информацию о методах синтеза новых поверхностно-активных веществ и их поверхностной активности продолжают.

2. Экспериментальная часть

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C снимали на спектрометре JNM-ECA 400 (399.78 и 100.53 МГц соответственно) с использованием растворителя ДМСО- d_6 . Контроль за ходом реакции и чистотой полученных соединений осуществляли методом тонкослойной хроматографии на пластинках Silufol UV-254 в системах изопропиловый спирт-бензол-аммиак (10:5:2) (проявление парами йода).

Методики синтеза четвертичных аммониевых солей гидразонов изоникотиновой и никотиновой кислот 5-11 [10].

4-(2-(4-Фторбензилиден)гидразинкарбонил)-1-метилпиридин йодид (5). Смесь гидразона изоникотиновой кислоты (1 ммоль) и метилйодида (1,5 ммоль) в ацетонитриле (30 мл) кипятили с обратным холодильником в течение 5 часов. Выпавший продукт реакции выделили и очистили перекристаллизацией из изопропилового спирта. Выход 62.7 %, желтоватый порошок, т. пл. 259-261°C. Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д., (J , Гц): 4.38 с (3H, $\text{H}^{9,9}$), 7.25-7.29 м (2H, $\text{H}^{15,17}$), 7.78-7.81 м (2H, $\text{H}^{14,18}$), 8.42-8.45 м (3H, $\text{H}^{1,5,12}$), 9.15-9.17 м (2H, $\text{H}^{2,4}$), 12.42 с (1H, H^9). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ_{C} , м.д.: 48.85 (C^9). Спектр ЯМР COSY: $\text{H}^{15,17} \rightarrow \text{H}^{14,18}$, $\text{H}^{1,5} \rightarrow \text{H}^{2,4}$. Спектр ЯМР НМҚС: $\text{H}^9 \rightarrow \text{C}^9$.

1-Этил-4-(2-(4-фторбензилиден)гидразинкарбонил)пиридин-1-ий йодид (6) получали аналогично соединению 5. Выход 43.7 %, светло-желтый порошок, т. пл. 224-226°C. Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д., (J , Гц): 1.52-1.56 м (3H, $\text{H}^{10,10,10}$), 4.55-4.69 м (2H, $\text{H}^{9,9}$), 7.26-7.31 м (2H, $\text{H}^{16,18}$), 7.79-7.81 м (2H, $\text{H}^{15,19}$), 8.46-8.47 м (2H, $\text{H}^{2,4}$), 9.29-9.30 м (2H, $\text{H}^{1,5}$), 8.45-8.47 м (1H, H^{13}), 12.42 с (1H, H^{11}). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ_{C} , м.д.: 16.82 (C^{10}), 57.24 (C^9), 116.63 ($\text{C}^{16,18}$), 127.61 ($\text{C}^{2,4}$), 130.38 ($\text{C}^{14,15,19}$), 146.06 ($\text{C}^{1,3,5}$), 147.76 (C^{13}), 150.01 (C^{17}), 165.29 (C^7). Спектр ЯМР COSY: $\text{H}^{10} \rightarrow \text{H}^9$, $\text{H}^{16,18} \rightarrow \text{H}^{15,19}$, $\text{H}^{2,4} \rightarrow \text{H}^{1,5}$. Спектр ЯМР НМҚС: $\text{H}^{10} \rightarrow \text{C}^{10}$, $\text{H}^9 \rightarrow \text{C}^9$, $\text{H}^{16,18} \rightarrow \text{C}^{16,18}$, $\text{H}^{15,19} \rightarrow \text{C}^{15,19}$, $\text{H}^{13} \rightarrow \text{C}^{13}$, $\text{H}^{2,4} \rightarrow \text{C}^{2,4}$, $\text{H}^{1,5} \rightarrow \text{C}^{1,5}$. Спектр ЯМР НМВС: $\text{H}^{10} \rightarrow \text{C}^9$; $\text{H}^9 \rightarrow \text{C}^{10}$; $\text{H}^{16,18} \rightarrow \text{C}^{15,19}$, C^7 ; $\text{H}^{13} \rightarrow \text{C}^{14}$, $\text{H}^{11} \rightarrow \text{C}^{1,5}$, C^7 .

4-(2-(4-Фторбензилиден)гидразинкарбонил)-1-пропилпиридин-1-ий йодид (7) получали аналогично соединению 5 (кипячение в течение 15 часов). Выход 68.2 %, светло-желтый порошок, т. пл. 183-185°C. Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д., (J , Гц): 0.83-0.87 м (3H, $\text{H}^{11,11,11}$), 1.89-1.98 м (2H, $\text{H}^{10,10}$), 4.62 д (2H, $\text{H}^{9,9}$, 3J 6.8), 7.25-7.29 м (2H, $\text{H}^{17,19}$), 7.78-7.81 м (2H, $\text{H}^{16,20}$), 8.43-8.48 м (3H, $\text{H}^{2,4,14}$), 9.29-30 м (2H, $\text{H}^{1,5}$, 3J 5.2), 12.41 с (1H, H^{12}). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ_{C} , м.д.: 10.90 (C^{11}), 24.67 (C^{10}), 159.38 (C^7). Спектр ЯМР COSY: $\text{H}^{11} \rightarrow \text{H}^{10}$, $\text{H}^{10} \rightarrow \text{H}^9$, $\text{H}^{17,19} \rightarrow \text{H}^{16,20}$, $\text{H}^{2,4} \rightarrow \text{H}^{1,5}$.

1-Этил-4-(2-(3-фторбензилиден)гидразинкарбонил)пиридин-1-ий йодид (8) получали аналогично соединению 5. Выход 55.4 %, светло-желтый порошок, т. пл. 258-259°C. Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д., (J , Гц): 1.51-1.52 м (3H, $\text{H}^{10,10,10}$), 4.65-4.71 м (2H, $\text{H}^{9,9}$), 7.16-7.44 м (2H, $\text{H}^{15,17}$), 7.47-7.59 м (2H, $\text{H}^{18,19}$), 8.45-8.47 м (3H, $\text{H}^{2,4,13}$), 9.29-9.30 м (2H, $\text{H}^{1,5}$), 12.49 с (1H, H^{11}).

Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ_{C} , м.д.: 16.27 (C^{10}), 57.23 (C^9), 136.48 ($\text{C}^{2,4}$), 147.59 ($\text{C}^{1,5}$), 159.37 (C^7). Спектр ЯМР COSY: $\text{H}^{10} \rightarrow \text{H}^{2,4}$.

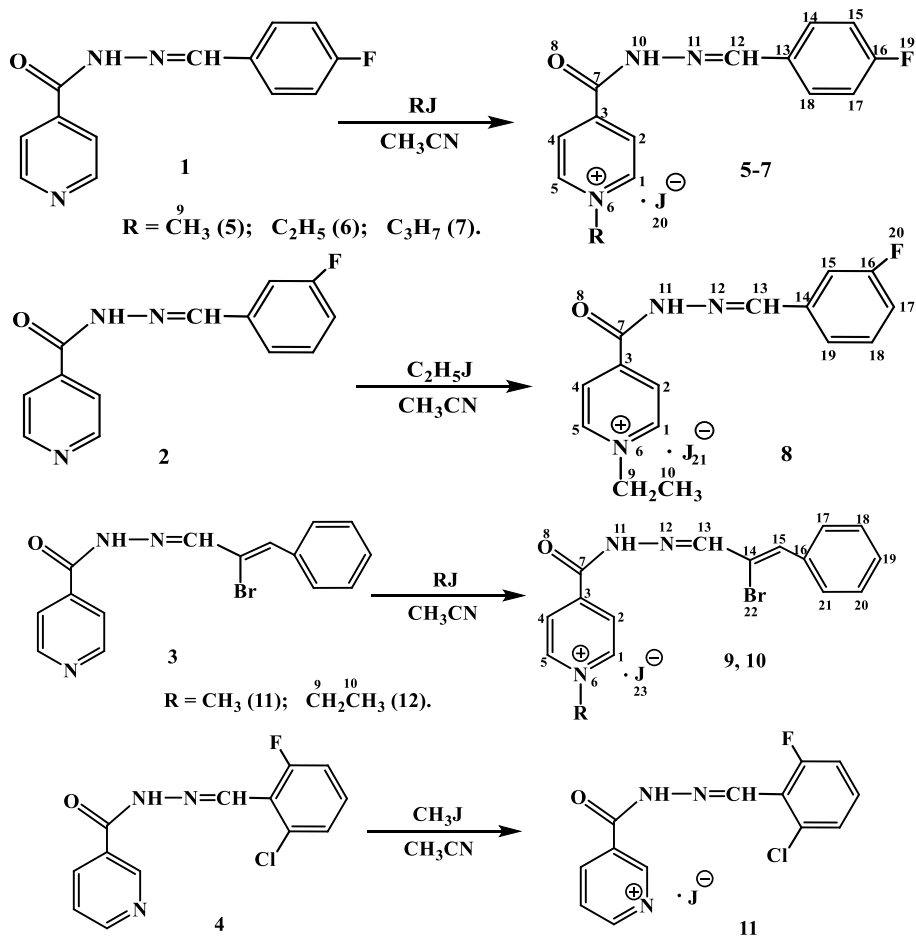
4-(2-((z)-2-Бром-3-фенилаллилиден)гидразинкарбонил)-1-метилпиридин-1-ий йодид (9) получали аналогично соединению 5. Выход 70.7 %, светло-желтый порошок, т. пл. 240-241°C. Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д., (J , Гц): 4.36 с (3H, $\text{H}^{9,9}$), 7.37-7.42 м (3H, $\text{H}^{17,19,12}$), 7.67-7.94 м (3H, $\text{H}^{16,20,14}$), 8.32-8.40 м (3H, $\text{H}^{2,4,12}$), 9.07-9.14 м (2H, $\text{H}^{1,5}$), 12.61 с (1H, H^{10}). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ_{C} , м.д.: 48.66 (C^9), 126.45 ($\text{C}^{2,4}$), 129.19 ($\text{C}^{17,19}$), 140.46 (C^{14}), 147.93 ($\text{C}^{1,5}$), 151.09 (C^{12}). Спектр ЯМР COSY: $\text{H}^{17,19} \rightarrow \text{H}^{18,20}$, $\text{H}^{2,4} \rightarrow \text{H}^{1,5}$. Спектр ЯМР НМҚС: $\text{H}^9 \rightarrow \text{C}^9$, $\text{H}^{2,4} \rightarrow \text{C}^{2,4}$, $\text{H}^{1,5} \rightarrow \text{C}^{1,5}$, $\text{H}^{17,19} \rightarrow \text{C}^{17,19}$, $\text{H}^{14} \rightarrow \text{C}^{14}$, $\text{H}^{12} \rightarrow \text{C}^{12}$, $\text{H}^2 \rightarrow \text{C}^2$, $\text{H}^{11} \rightarrow \text{C}^{11}$, $\text{H}^6 \rightarrow \text{C}^6$. Спектр ЯМР НМВС: $\text{H}^9 \rightarrow \text{C}^{1,5}$.

4-(2-((z)-2-бром-3-фенилаллилиден)гидразинкарбонил)-1-этилпиридин-1-ий йодид (10) получали аналогично соединению 5. Выход 53.4 %, светло-желтый порошок, т. пл. 225-227°C. Спектр ЯМР ^1H (ДМСО- d_6), δ , м.д., (J , Гц): 1.52-1.56 м (3H, $\text{H}^{10,10,10}$), 4.66-4.69 м (2H, $\text{H}^{9,9}$), 7.36-7.45 м (4H, $\text{H}^{18,19,20,13}$), 7.77-7.79 м (1H, H^{15}), 7.85-7.87 м (2H, $\text{H}^{17,21}$), 8.44-8.46 м (2H, $\text{H}^{2,4}$), 9.29-9.30 м (2H, $\text{H}^{1,5}$), 12.48 с (1H, H^{11}). Спектр ЯМР ^{13}C (ДМСО- d_6), δ_{C} , м.д.: 16.75 (C^{10}), 57.27 (C^9), 119.29 (C^{14}), 126.66 ($\text{C}^{2,4}$), 128.21 (C^{19}), 129.05 ($\text{C}^{18,20}$), 130.23 ($\text{C}^{17,21}$), 134.89 (C^{16}), 140.52 (C^{15}), 145.22 и 146.09 ($\text{C}^{1,5}$), 147.68 (C^3), 150.99 (C^{13}), 159.45 (C^7). Спектр ЯМР COSY: $\text{H}^{10} \rightarrow \text{H}^9$, $\text{H}^{18,20} \rightarrow \text{H}^{17,21}$, $\text{H}^{2,4} \rightarrow \text{H}^{1,5}$. Спектр ЯМР НМҚС: $\text{H}^{10} \rightarrow \text{C}^{10}$, $\text{H}^9 \rightarrow \text{C}^9$, $\text{H}^{18,19,20} \rightarrow \text{C}^{18,19,20}$, $\text{H}^{17,21} \rightarrow \text{C}^{17,21}$, $\text{H}^{13} \rightarrow \text{C}^{13}$, $\text{H}^{2,4} \rightarrow \text{C}^{2,4}$, $\text{H}^{1,5} \rightarrow \text{C}^{1,5}$, $\text{H}^{15} \rightarrow \text{C}^{15}$. Спектр ЯМР НМВС: $\text{H}^{10} \rightarrow \text{C}^9$; $\text{H}^{2,4} \rightarrow \text{C}^3$; $\text{H}^{1,5} \rightarrow \text{C}^{2,4}$, C^3 .

3-(2-(2-Хлор-6-фторбензилиден)гидразинкарбонил)-1-метилпиридин-1-ий йодид (11) получали взаимодействием гидразона никотиновой кислоты 4 с метилйодидом в среде сухого ацетонитрила при перемешивании и нагревании в течение 6 ч. Выход 77.1 %, бледно белый порошок, т. пл. 255-260°C.

3. Результаты и обсуждение.

Нами в течение ряда лет активно проводятся исследования по синтезу и изучению антибактериальных свойств среди новых производных изоникотиновой и никотиновой кислот [11-15]. В целях расширения арсенала биоактивных веществ и увеличения растворимости производных изоникотиновой и никотиновой кислот, осуществлен синтез их четвертичных аммониевых солей **5-11**. Методология синтеза ЧАС включала получение разнообразных структур, в которых осуществлялось варьирование целого ряда структурных параметров: введением одного или двух фтор- и бром-содержащих фрагментов в их структуре (рисунок 1). Синтетический подход включает использование традиционного метода путем алкилированием гидразонов изоникотиновой и никотиновой кислот **1-4** с алкилйодидом.



Синтезированные соединения **5-11** представляют собой кристаллические вещества, растворимые в воде и спирте. Структура соединений **5-11** была подтверждена методами ЯМР¹H-, ¹³C- и двумерной спектроскопии НМРС (¹H-¹³C), позволяющей установить спин-спиновые взаимодействия протонов с атомами углерода гетероядерной природы. Так, в спектре ЯМР ¹H соединения **6** метильные протоны Н-10,10,10 N-этильного фрагмента регистрировались трехпротонным мультиплетом при 1.52-1.56 м.д. (рисунок 1). Метиленовые протоны Н-9,9 N-этильного фрагмента проявились двухпротонным мультиплетом при 4.66-4.69 м.д. Ароматические протоны фторфенильного цикла Н-16, Н-18 и Н-15, Н-19 проявились мультиплетами при 7.18-7.31 и 7.31-7.81 м.д. соответственно. Пиридиновые протоны Н-2, Н-4 и Н-1, Н-5 регистрировались мультиплетами при 8.11-8.47 и 9.19-9.30 м.д. соответственно. Непредельный протон Н-13 резонировал мультиплетом при 8.46-8.47 м.д. Гидразинный протон Н-11 резонировал мультиплетом при 12.42-12.43 м.д.

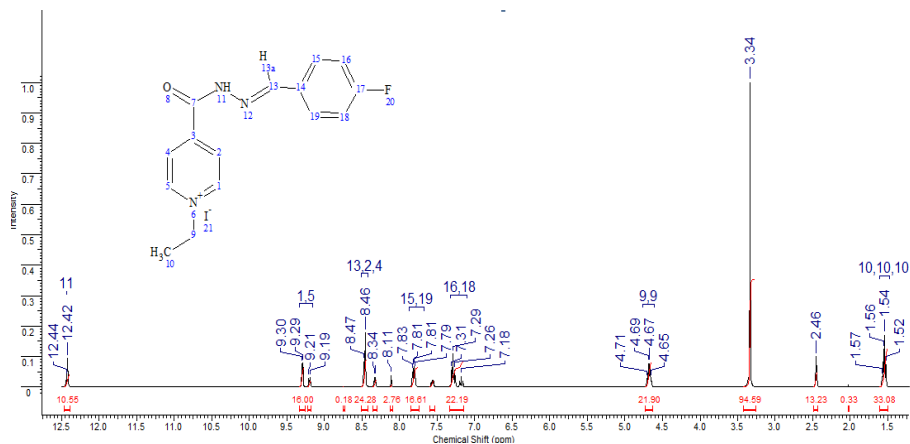


Рисунок 1 - Спектр ЯМР ^1H 1-этил-4-(4-фторбензил)-гидразинкарбонил)-пиридин-1-ий йодида (6).

В спектре ЯМР ^{13}C соединения **6** сигналы углеродных атомов N-этильного фрагмента регистрировались при 16.82 (C-10) и 57.24 (C-9) м.д. Углеродные атомы фторбензилиденового фрагмента проявились при 116.63 (C-16, C-18), 130.38 (C-14, C-15, C-19), 147.76 (C-13) и 150.01 (C-17) м.д. Пиридиновые углеродные атомы проявились при 146.06 (C-1, C-3, C-5) и 127.61 (C-2, C-4) м.д. Карбонильный углеродный атом C-7 резонировал при 165.29 м.д. Строение соединения **6** было подтверждено также методами двумерной спектроскопии ЯМР COSY (^1H - ^1H), HMQC (^1H - ^{13}C) и HMBC (^1H - ^{13}C) позволяющей установить спин-спиновые взаимодействия гомо- и гетеро-ядерной природы. Некоторые наблюдаемые корреляции в молекуле представлены на рисунке 2. В спектрах ^1H - ^1H COSY соединения наблюдаются спин-спиновые корреляции через три связи протонов соседних метил-метиленовых H^{10} - H^9 (1.52, 4.68 и 4.68, 1.52) и метин-метинных ароматических групп $\text{H}^{16,18}$ - $\text{H}^{15,19}$ (7.27, 7.79 и 7.79, 7.27) и $\text{H}^{2,4}$ - $\text{H}^{1,5}$ (8.45, 9.28 и 9.28, 8.45) м.д. Гетероядерные взаимодействия протонов с атомами углерода через одну связь были установлены с помощью спектроскопии ^1H - ^{13}C HMQC для следующих присутствующих в соединении пар: H^{10} -C¹⁰ (1.53, 16.48), H^9 -C⁹ (4.65, 57.42), H^{13} -C¹³ (8.44, 150.08), $\text{H}^{16,18}$ -C^{16,18} (7.28, 116.80), $\text{H}^{15,19}$ -C^{15,19} (7.79, 130.74), $\text{H}^{2,4}$ -C^{2,4} (8.45, 127.14) и $\text{H}^{1,5}$ -C^{1,5} (9.27, 146.26) м.д.

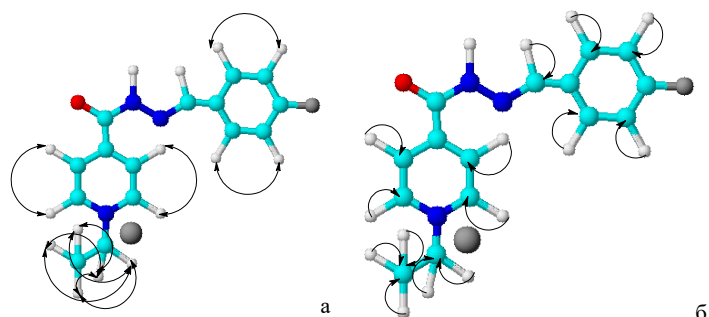


Рисунок 2 - Схема корреляций в спектрах COSY (а) и HMQC (б) соединений **6**.

Гетероядерные взаимодействия протонов с атомами углерода через две и более связи были установлены с помощью спектроскопии ^1H - ^{13}C HMBC для следующих присутствующих в соединении пар: H^{10} - C^9 (1.523, 57.52); H^9 - C^{10} (4.64, 16.76); $\text{H}^{16,18}$ - $\text{C}^{15,19}$ (7.27, 130.44), $\text{H}^{16,18}$ - C^7 (7.27, 166.53); H^{13} - C^{14} (8.44, 130.94); H^{11} - $\text{C}^{1,5}$ (12.41, 150.33), H^{11} - C^7 (12.40, 165.80) м.д.

С целью изучения фармакологической активности проведен биоскрининг четвертичных аммониевых солей гидразонов изоникотиновой и никотиновой кислот **5-11** на противовоспалительную активность на базе Казахского национального медицинского университета им. С.Д. Асфендиярова (г. Алматы). Исследование противовоспалительной активности проводилось по методу формалинового отека лапы на крысах. Острая воспалительная реакция была воспроизведена субплантарным (под подошвенный или плантарный апоневроз) введением 0.1 мл 2% раствора формалина. Выраженность воспалительной реакции оценивалась через 30 мин, 1, 2, 3 часа после индукции воспаления по изменению объема лапы (онкометрически). Исследуемые вещества вводились зондом в желудок за 1 ч до введения формалина в дозе 100 мг/кг, в виде 2% раствора. Противовоспалительный эффект, был оценен по уменьшению отека, выражен в процентах к контролю. В качестве отрицательного контроля был использован растворитель - 35% водно-спиртовой раствор, положительного контроля - ибупрофен в дозе 100 мг/кг.

По результатам исследования острой токсичности испытуемые соединения можно разделить на малотоксичные (соед. **7**), умеренно токсичные (соед. **5**, **6**, соед. **8**, **11**) и высокотоксичные (соед. **9**, **10**). В соед. **9,10** цепь фторбензилидена заменена на бром-фенилаллилидена. Замена данной цепи предположительно привела к повышению токсичности. Другие соединения отличаются радикалами при азоте в кольце пиридина, чем и обусловлен разброс токсичности от 644 до 5299 мг/кг. По результатам анализа возможных фармакологических эффектов данные соединения могут обладать влиянием на регуляцию и продукцию кетоновых тел (HMGCS2 expression enhancer), ферментативную активность трансаминаз (Glutamine-phenylpyruvate transaminase inhibitor), все соединения потенциально обладают противотуберкулезной и противовирусной активностью.

Результаты исследования противовоспалительной активности на модели формалинового отека лапы крысы образцов четвертичных аммониевых солей **5-11** приведены в таблице. Таким образом, по результатам исследования острой токсичности испытуемые соединения можно разделить на малотоксичные (соед. **7**), умеренно токсичные (соед. **5, 6, 8, 11**) и высокотоксичные (соед. **9, 10**). Данные соединения могут обладать влиянием на регуляцию и продукцию кетоновых тел, ферментативную активность трансаминаз, все соединения потенциально обладают противотуберкулезной и противовирусной активностью. По полученным данным опытные соединения **5-11** можно разделить на следующие группы:

- с отрицательным эффектом - соед. **5, 6, 11**;
- не оказывающее влияние на воспаление - соед. **8, 9, 10**;
- с незначительным противовоспалительным эффектом соед. **7**, индекс ингибирования которого составил 40.7%.

Таким образом, в сравнении с ибупрофеном в дозировке 100 мг/кг данные соединения оказались неэффективными ($p_2 < 0.05$). Установлено, что соед. **7** через 3 часа после введения оказывает противовоспалительное действие. Образцы соединений **5, 6, 11** осложняют симптомы воспаления, так как их процент ингибирования составляет -183.3, -97.5 и -108.3 соответственно.

4. Заключение

Осуществлен синтез новых четвертичных аммониевых солей гидразонов изоникотиновой и никотиновой кислот. Рассмотрены закономерности влияния строения синтезированных четвертичных аммониевых солей новых гидразонов на характер их острой токсичности. Установлено, что при изучении противовоспалительных свойств новых четвертичных аммониевых солей гидразонов, введение субплантарным способом 0.1 мл 2% раствора формалина (под подошвенный или плантарный апоневроз) способствовало получению воспроизводимых воспалительных реакций. Выраженность воспалительной реакции оценивалась через определенные промежутки времени после индукции воспаления по изменению объема лапы (онкометрически). Показано, что новые гидразоны обладают влиянием на регуляцию и продукцию кетоновых тел, а также на ферментативную активность трансаминаз. Полученные результаты представляют интерес для изучения их на противотуберкулезную и противовирусную активности, а также установления закономерностей взаимосвязи «структура-активность».

Соблюдение этических стандартов: Проведение данных исследований было одобрено локальной этической комиссией НИИ фундаментальной и прикладной медицины им. Б. Атчабарова Казахского национального медицинского университета им. С.Д. Асфендиярова.

Финансирование: Научно-исследовательская работа осуществлена в рамках ГФ АР14869941 Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Таблица 1 - Противовоспалительная активность образцов четвертичных аммониевых солей 5-11

№	Исследуемое соединение	Дозировка, мг/кг	Средний объем лапы					Увеличение объема стопы по отношению к исходному значению		Процент ингибирования (%)
			До инъекции	30 мин	1 час	2 час	3 часа	мл	%	
1	трицательный кон-троль (растворитель)	-	1.42±0.02	1.58±0.02	1.84±0.02	1.80±0.02	1.71±0.02	0.29	20.4	-
2	Положительный контроль (ибупрофен)	100	1.40±0.1	1.70±0.13 p ₁ <0.05	1.61±0.16 p ₁ <0.05	1.40±0.08 p ₁ <0.05	1.47±0.09 p ₁ <0.05	0.07	5	75.5
3	НКП-11 (соед. 5)	100	1.21±0.02	1.66±0.16 p ₁ <0.05 p ₂ >0.05	1.85±0.21 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	2.01±0.13 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	1.91±0.24 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	0.7	57.8	-183.3
4	НКП-12 (соед. 6)	100	1.29±0.05	1.70±0.09 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	1.88±0.17 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	1.85±0.06 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	1.81±0.06 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	0.52	40.3	-97.5
5	НКП-13 (соед. 7)	100	1.57±0.05	1.71±0.12 p ₁ >0.05 p ₂ <0.05	1.76±0.07 p ₁ <0.05 p ₂ >0.05	1.92±0.14 p ₁ >0.05 p ₂ <0.05	1.76±0.04 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	0.19	12.1	40.7
6	НКП-15 (соед. 8)	100	1.44±0.1	1.66±0.07 p ₁ <0.05 p ₂ >0.05	1.73±0.2 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05	1.69±0.07 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	1.68±0.08 p ₁ >0.05 p ₂ <0.05	0.24	16.7	18.1
7	НКП-19 (соед. 9)	100	1.53±0.2	1.83±0.1 p ₁ <0.05 p ₂ >0.05	1.91±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ <0.05	2.0±0.13 p ₁ >0.05 p ₂ <0.05	1.8±0.11 p ₁ >0.05 p ₂ <0.05	0.27	17.6	13.7
8	НКП-14 (соед. 10)	100	1.51±0.14	1.79±0.1 p ₁ <0.05 p ₂ >0.05	1.89±0.07 p ₁ >0.05 p ₂ <0.05	1.85±0.08 p ₁ >0.05 p ₂ <0.05	1.76±0.03 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	0.25	16.5	19.1
9	НКП-21 (соед. 11)	100	1.46±0.19	1.64±0.21 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05	1.86±0.22 p ₁ >0.05 p ₂ >0.05	2.05±0.37 p ₁ >0.05 p ₂ <0.05	2.08±0.15 p ₁ <0.05 p ₂ <0.05	0.62	42.5	-108.3

Примечание - p₁ – коэффициент корреляции по сравнению с отрицательным контролем; p₂ – коэффициент корреляции по сравнению с положительным контролем.

ИЗОНИКОТИН ЖӘНЕ НИКОТИН ҚЫШҚЫЛДАРЫ ГИДРАЗОНДАРЫНЫҢ ТӨРТТІК АММОНИЙ ТҰЗДАРЫНЫҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАБЫНУҒА ҚАРСЫ БЕЛСЕНДІЛІГІ

О. А. Нүркенов^{1,2}, Ә. Ж. Меңдібаева^{1,2}, С. Д. Фазылов^{1*}, Т. М. Сейілханов³, С. Қ. Қабиева²,
Э. М. Сәтбаева⁴, Г. Ж. Кәріпова¹, А. К. Сыздықов^{1,2}

¹ Қазақстан Республикасының Органикалық синтез және көмір химиясы институты, Қарағанды, Қазақстан

² Қарағанды индустриалды университеті, Теміртау, Қазақстан

³ Ш. Уәлиханов атындағы Көкшетау университеті, Көкшетау, Қазақстан

⁴ С. Д. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті, Алматы, Қазақстан

*E-mail: iosu8990@mail.ru

Түйіндемe: *Kіріспе.* Қазіргі уақытта бүкіл әлемде антибиотиктер мен антисептиктерге сезімтал емес бактерия штаммдары тудыратын инфекциялар саны артып келеді. Бактерияға төзімділіктің ұқсас өсуі ауруханаішілік инфекциялар үшін де, инфекцияның адамнан адамға ауруханадан тыс жағдайларда жұғуы кезінде де байқалады. Осыған байланысты химик-синтетиктер мен фармакологтардың маңызды міндеті - жаңа қосылыстарды синтездеу және "химиялық құрылым - биологиялық белсенділік" қатынастарының заңдылықтарын құру. Бұл жұмыстың мақсаты изоникотин және никотин қышқылдарының потенциалды биологиялық белсенді гидразондарының төрттік аммоний қосылыстарының құрылымының олардың қабынуға қарсы қасиеттерін көрсетуге әсерін зерттеу болып табылады. *Нәтижелер және талқылау.* Бұл жұмыста изоникотин және никотин қышқылдарының гидразондарын алкилиодидтермен алкилдеу реакциясы арқылы шығымдары 43.7-70.7% құрайтын олардың жаңа төрттік аммоний тұздары алынды. Төрттік аммоний қосылыстарының синтездеу әдістемесі әртүрлі құрылымдық көрсеткіштердің өзгеруін жүзеге асыратын әртүрлі құрылымдарды алуға мүмкіншілік жасады: олардың әртүрлі құрылымдарына бір немесе екі фтор- және бром-фрагменттерін енгізу. Жаңа қосылыстардың құрылыстары ЯМР ¹H және ¹³C спектроскопия әдістерімен, сондай-ақ COSY (¹H-¹H) және НМҚС (¹H-¹³C) екі өлшемді спектрлерінің деректерімен расталған. *Қорытынды.* Изоникотин және никотин қышқылдарының гидразондарының жаңа төрттік аммоний тұздары алынды. Қабынуға қарсы белсенділікті зерттеу егеуқұйрықтың табанының формалинді ісіну әдісі арқылы жүргізілді. Жедел қабыну реакциясы 0.1 мл 2% формалин ерітіндісін енгізу арқылы субплантарлы (плантарлы немесе плантарлы апоневроз астында) қайталанды. Ибупрофенмен салыстырғанда 100 мг/кг дозада бұл қосылыстар тиімсіз болып шықты (p₂<0.05). Ықтимал фармакологиялық әсерлерді талдау нәтижелері бойынша жаңа қосылыстар кетон денелерінің (HMGCS2 expression enhancer) реттелуіне және өндірісіне, трансминазалардың ферментативті белсенділігіне (Glutamine-phenylruvate transaminase inhibitor) әсер етуі мүмкін екендігі анықталды. Алынған нәтижелер бойынша изоникотин және никотин қышқылдарының алкилденген гидразондары, оларды туберкулезге және вирусқа қарсы белсенділік түрлеріне зерттеуге қызығушылық тудыруы мүмкін деген қорытынды жасауға болады.

Түйінді сөздер: төрттік аммоний тұздары, изоникотин және никотин қышқылдарының гидразондары, алкилиодидтер, «құрылым-биобелсенділік» байланысы, қабынуға қарсы белсенділік.

<i>Нүркенов Оралғазы Ақтайұлы</i>	<i>химия ғылымдарының докторы</i>
<i>Меңдібаева Әнел Жанатқызы</i>	<i>кіші ғылыми қызметкері</i>
<i>Фазылов Серік Драхметұлы</i>	<i>химия ғылымдарының докторы, бас ғылыми қызметкер</i>
<i>Сейілханов Төлеген Мұратұлы</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Қабиева Сәуле Қазжанқызы</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>

Сатбаева Эльмира Маратқызы

медицина ғылымдарының кандидаты

Кәріпова Гүлжанат Жұмажанқызы

ғылыми қызметкері

Сыздықов Ардақ Қанагатұлы

кіші ғылыми қызметкері

Список литературы:

1. Oblak E, Futoma-Kołoch B, Wieczynska A. **Biological activity of quaternary ammonium salts and resistance of microorganisms to these compounds.** *World J Microbiol Biotechnol.* **2021**, Jan 11, 37(2), 22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02978-0>
2. Kwasniewska D., Chen Y.L., Wieczorek D. Biological Activity of Quaternary Ammonium Salts and Their Derivatives. *Pathogens.* **2020**, 9, 459-470. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens9060459>
3. Morandini A., Leonetti B., Riello P., Sole R., Gatto V., Caligiuri I., Rizzolio F., Beghetto V. Synthesis and Antimicrobial Evaluation of Bis-morpholine Triazine Quaternary Ammonium Salts. *ChemMedChem* **2021**, 16, 3172-3176. DOI: <https://doi.org/10.1002/cmdc.202100409>
4. Badura A., Krysinski J., Nowaczyk A., Bucinski A. Prediction of the antimicrobial activity of quaternary ammonium salts against *Staphylococcus aureus* using artificial neural networks. *Arabian J. of Chemistry.* **2021**, 14, 103233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103233>
5. Guzmán-Trampe S., Ceapa C.D., Manzo-Ruiz M., Sánchez S. Synthetic biology era: Improving antibiotic's world. *Biochemical Pharmacology.* **2017**, 134, 99-113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2017.01.015>
6. Rewak-Soroczyńska J, Paluch E, Siebert A, Szalkiewicz K, Oblak E. **Biological activity of glycine and alanine derivatives of quaternary ammonium salts (QASs) against micro-organisms.** *Lett Appl Microbiol.* **2019**, 69(3):212-220. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.13195>
7. Oblak E., Piecuch A., Rewak-Soroczyńska J., Paluch E. Activity of gemini quaternary ammonium salts against microorganisms. *Appl Microbiol Biotechnol.* **2019**, 103(2), 625-632. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9523-2>
8. Collabrators A.R. Articles Global Burden of Bacterial Antimicrobial Resistance in 2019: A Systematic Analysis. *Lancet.* **2022**, 399, 629-655. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
9. Sapozhnikov S.V., Shtyrlin A.R., Kayumov A.E. New quaternary ammonium pyridoxine derivatives: synthesis and antibacterial activity. *Med. Chem. Research.* **2017**, 26,12, 3188-3202. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00044-017-2012-9>
10. Нуркенов О.А., Фазылов С.Д., Қарипова Г.Ж. *Гидразид изоникотиновой кислоты и их производные.* Караганда, Гласир, **2019**, 156.
11. Fazylov S.D., Nurkenov O.A., Mukasheva A.Zh., Seilkhanov T.M., Shulgau Z.T., Zhanzhuman A.M. Supramolecular inclusion complexes of functionally substituted N-benzylidene and allylidene isonicotinohydrazides with oligosaccharides and their properties. *Bull. of the Karaganda university. Chem. Ser.* **2020**, 2, 22-34. DOI: <https://doi.org/10.31489/2020Ch2/22-34>
12. Haktaniyan M., Sharma R., Bradley M. Size-Controlled Ammonium-Based Homopolymers as Broad-Spectrum Antibacterials. *Antibiotics (Basel).* **2023**, 16, 12(8):1320.
13. Yu X., Yang Y., Yang W., Wang X., Liu X., Zhou F., Zhao Y. One-Step Zwitterionization and Quaternization of Thick PDMAEMA Layer Grafted through Subsurface-Initiated ATRP for Robust Antibiofouling and Antibacterial Coating on PDMS. *J. Colloid Interface Sci.* **2022**, 610, 234-245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2021.12.038>
14. Gneushev I.M., Katunina N.P., Novikov V.E., Senzherzhova E.V. (2019). The effect of a new nicotinic acid derivative with antihypoxic activity on the functions of the central nervous system. *Rev of clinic pharm drug ther*, 17(1), 45-52. DOI: [10.17816/RCF17145-52](https://doi.org/10.17816/RCF17145-52).
15. Haktaniyan Meltem, Sharma Richa, Bradley Mark. Size-Controlled Ammonium-Based Homopolymers as Broad-Spectrum Antibacterials. *Antibiotics.* **2023**, 16, 12(8), 1320. DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics12081320>

References

1. Oblak E, Futoma-Kołoch B, Wieczynska A. **Biological activity of quaternary ammonium salts and resistance of microorganisms to these compounds.** *World J Microbiol Biotechnol.* **2021**, Jan 11, 37(2), 22. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11274-020-02978-0>

2. Kwasniewska D., Chen Y.L., Wieczorek D. Biological Activity of Quaternary Ammonium Salts and Their Derivatives. *Pathogens*. **2020**, 9, 459–470. DOI: <https://doi.org/10.3390/pathogens9060459>
3. Morandini A., Leonetti B., Riello P., Sole R., Gatto V., Caligiuri I., Rizzolio F., Beghetto V. Synthesis and Antimicrobial Evaluation of Bis-morpholine Triazine Quaternary Ammonium Salts. *ChemMedChem*, **2021**, 16, 3172–3176. DOI: <https://doi.org/10.1002/cmdc.202100409>
4. Badura A., Krysinski J., Nowaczyk A., Bucinski A. Prediction of the antimicrobial activity of quaternary ammonium salts against *Staphylococcus aureus* using artificial neural networks. *Arabian J. of Chemistry*. **2021**, 14, 103233. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103233>
5. Guzmán-Trampe S., Ceapa C.D., Manzo-Ruiz M., Sánchez S. Synthetic biology era: Improving antibiotic's world. *Biochemical Pharmacology*. **2017**, 134, 99–113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcp.2017.01.015>
6. Rewak-Soroczyńska J, Paluch E, Siebert A, Szalkiewicz K, Oślak E. **Biological activity of glycine and alanine derivatives of quaternary ammonium salts (QASs) against micro-organisms.** *Lett Appl Microbiol*. **2019**, 69(3), 212–220. DOI: <https://doi.org/10.1111/lam.13195>
7. Oślak E., Piecuch A., Rewak-Soroczyńska J., Paluch E. Activity of gemini quaternary ammonium salts against microorganisms. *Appl Microbiol Biotechnol*. **2019**, 103(2), 625–632. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00253-018-9523-2>
8. Collaborators A.R. Articles Global Burden of Bacterial Antimicrobial Resistance in 2019: A Systematic Analysis. *Lancet*. **2022**, 399, 629–655. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(21\)02724-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(21)02724-0)
9. Sapozhnikov S.V., Shtyrlin A.R., Kayumov A.E. New quaternary ammonium pyridoxine derivatives: synthesis and antibacterial activity. *Med. Chem. Research*. **2017**, 26,12, 3188–3202. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00044-017-2012-9>
10. Nurkenov O.A., Fazylov S.D., Karipova G.Zh. *Gidrazid izonikotinovoy kisloty i ih proizvodnye*. Karaganda, Glasir, **2019**, 156.
11. Fazylov S.D., Nurkenov O.A., Mukasheva A.Zh., Seilkhanov T.M., Shulgau Z.T., Zhanzhuman A.M. Supramolecular inclusion complexes of functionally substituted N-benzylidene and allylidene isonicotinohydrazides with oligosaccharides and their properties. *Bull.of the Karaganda university. Chem. Ser.* **2020**, 2, 22–34. DOI: <https://doi.org/10.31489/2020Ch2/22-34>
12. Haktaniyan M., Sharma R., Bradley M. Size-Controlled Ammonium-Based Homopolymers as Broad-Spectrum Antibacterials. *Antibiotics (Basel)*. **2023**, 16, 12(8), 1320.
13. Yu X., Yang Y., Yang W., Wang X., Liu X., Zhou F., Zhao Y. One-Step Zwitterionization and Quaternization of Thick PDMAEMA Layer Grafted through Subsurface-Initiated ATRP for Robust Antibiofouling and Antibacterial Coating on PDMS. *J. Colloid Interface Sci.* **2022**, 610, 234–245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2021.12.038>
14. Gneushev I.M., Katunina N.P., Novikov V.E., Senzherzhova E.V. (2019). The effect of a new nicotinic acid derivative with antihypoxic activity on the functions of the central nervous system. *Rev of clinic pharm drug ther*, 17(1), 45–52. DOI: [10.17816/RCF17145-52](https://doi.org/10.17816/RCF17145-52).
15. Haktaniyan Meltem, Sharma Richa, Bradley Mark. Size-Controlled Ammonium-Based Homopolymers as Broad-Spectrum Antibacterials. *Antibiotics*. **2023**, 16, 12(8), 1320. DOI: <https://doi.org/10.3390/antibiotics12081320>

МАЗМҰНЫ

<i>Т.К.Джумадилов, М.Т. Сулейменова, Х. Химэрсэн, Б. Тотхусқызы, Г.Т. Дюсембаева, Ю.В. Гражулявичюс</i> Полиакрил қышқылы негізінде құрылған интергельді жүйелердің электрохимиялық қасиеттерін зерттеу	5
<i>Р.А.Қайынбаева, Г.Ш.Сұлтанбаева, Р.М.Чернякова, Ө.Ж. Жүсіпбеков, Н.Н. Қожабекова, А.Қ. Шакирова</i> Құрамында фосфор композиттық материалдарды алу.....	17
<i>М.А. Рябичева, Я.С. Жигаленок, Ф.И. Мальчик</i> Қабаттық өткізгіш жабынудың $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$ катодты материалдың электрохимиялық сипаттамасындағы әсері	28
<i>Б.А. Әсетова, А. Айтуарова, Г.Е. Жусупова</i> <i>Rosa beggeriana schrenk</i> өсімдігінен биологиялық белсенді заттардың құрғақ кешенін алу технологиясы	38
<i>Т.К. Джумадилов, Х. Химэрсэн, А.М. Имангазы, Ю. Хапонюк</i> Амберлит IR-120-AB-17-8 интерполимер жүйесімен сирек жер металдарын сорбциялау кезінде сору дәрежесіне нондық радиустың әсері	48
<i>Ү.Нақан, М.Е.Ермағанбетов, М.Е.Нурсұлтанов, А.Ж.Керимкулова, М.Б. Жүрсінбаева, А. Қыдырхан</i> Құрамында күміс нанобөлшегі бар n-изопропилакриламид негізіндегі сополимерлердің синтезі және сипаттамасы	58
<i>М.Қ.Құрманалиев, Н.А.Бектенов, Қ.А. Садыков, Қ.Ж.Базарбаева</i> Тиакраун-эфир тобы бар жаңа полимерлік сорбенттер	67
<i>Н. Болатқызы, А.С. Нурмаханова, Г.Е. Берганаева, М.А. Дюсебаева</i> <i>Rubus Vulgaris</i> өсімдігінің химиялық құрамын зерттеу.....	77
<i>Г.Е. Берганаева, Б.Е. Дюсебаев, С.А. Сыдықбаева, М.А. Дюсебаева</i> <i>Acroptilon Repens</i> өсімдігінің химиялық құрамын зерттеу	88
<i>Э.А. Камбарова, Н.А. Бектенов, М.А. Гавриленко, Г.Е. Абдралиева</i> Эпоксидті шайырдың беткі қабатының рөлі	99
<i>М.М. Матаев, А.М. Мадиярова, Г.С. Патрин, М.Р. Абдраймова, М.А. Нурбекова, Ж.И. Турсинова</i> $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$ күрделі ферритін синтездеу және физика – химиялық сипаттамалары.....	109
<i>Д.Н. Махаева, Г.С. Ирмухаметова, Ә.Қ.Тоқтабаева, Р.К. Рахметуллаева</i> Қант қызылшасының тұқымын дражирлеу үшін табиғи полимерлерге негізделген гидрогельдерді алу	119
<i>А. Баешов, А.И. Сыдыкова, Х.Н. Жанбеков</i> Айнымалы токпен поляризацияланған кадмий электродының тұз қышқылы ерітіндісіндегі электрохимиялық қасиеттері	130
<i>А. Баешов, А. К.Баешова, М.Н.Турлыбекова, Б.Э.Мырзабеков</i> Уран өндірісіндегі жерасты шаймалау процесінің тиімділігін арттыру үшін үшвалентті темірді қалпына келтірудің электрохимиялық әдісі	142
<i>О. А. Нүркенов, Ә. Ж. Меңдібаева, С. Д. Фазылов, Т. М. Сейілханов, С. Қ. Қабиева, Э. М. Сәтбаева, Г. Ж. Кәріпова, А. К. Сыздықов</i> Изоникотин және никотин қышқылдары гидразондарының төрттік аммоний тұздарының синтезі және олардың қабынуға қарсы белсенділігі.....	154

СОДЕРЖАНИЕ

<i>Т.К. Джумадилов, М.Т. Сулейменова, Х. Химэрсэн, Б. Тотхусқызы, Г.Т. Дюсембаева, Ю.В. Гражжулявичюс</i> Изучение электрохимических свойств интергелевых систем, созданных на основе полиакриловой кислоты	5
<i>Р.А. Кайынбаева, Г. Ш. Султанбаева, Р.М. Чернякова, У.Ж. Джусипбеков, Н.Н. Кожабекова, А.К. Шакирова</i> Получение фосфорсодержащих композиционных материалов...	17
<i>М.А. Рябичева, Я.С. Жигаленок, Ф.И. Мальчик</i> Влияние слоистых проводящих покрытий на электрохимические характеристики катодного материала $\text{NaFe}(\text{SO}_4)_2$	28
<i>Б.А. Асетова, А. Айтуарова, Г.Е. Жусупова</i> технология получения сухого комплекса биологически активных веществ из растений вида <i>Rosa Beggeriana Schrenk</i>	38
<i>Т.К. Джумадилов, Х., Химэрсэн, А.М. Имангазы, Ю. Ханонюк</i> Влияние ионных радиусов на степень извлечения редкоземельных металлов при сорбции интерполимерной системой амберлайт IR-120 – АВ-17-8	48
<i>У.Нақан, М.Е.Ермаганбетов, М.Е.Нурсултанов, А.Ж. Керимкулова, М.Б. Журсинбаева, А. Кыдырхан</i> Синтез и характеристика сополимеров на основе n-изопропилакриламида с наночастицами серебра	58
<i>М.К. Курманалиев, Н.А. Бектенов, К.А. Садыков, К.Ж. Базарбаева</i> Новые полимерные сорбенты с тиакраун-эфирными группами	67
<i>Н. Болаткызы, А.С. Нурмаханова, Г.Е. Берганаева, М.А. Дюсебаева</i> Изучение химического состава растения <i>Rubus Vulgaris</i>	77
<i>Г.Е. Берганаева, Б.Е. Дюсебаев, С.А. Сыдыкбаева, М.А. Дюсебаева</i> Изучение химического состава растения <i>Ascorptilon Repens</i>	88
<i>Э.А. Камбарова, Н.А. Бектенов, М.А. Гавриленко, Г.Е. Абдралиева</i> Роль поверхностного слоя эпоксидной смолы	99
<i>М.М. Матаев, А.М. Мадиярова, Г.С. Патрин, М.Р. Абдраймова, М.А. Нурбекова, Ж.И. Турсинова</i> Синтез и физико – химические характеристики сложного феррита $\text{CrNaFe}_2\text{O}_5$	109
<i>Д.Н. Махаева, Г.С. Ирмухаметова, А.К.Токтабаева, Р.К. Рахметуллаева</i> Получение гидрогелей на основе природных полимеров для дражирования семян сахарной свеклы.....	119
<i>А. Баешов, А.И. Сыдыкова, Х.Н. Жанбеков</i> Электрохимическое поведение кадмия в водных солянокислых растворах при поляризации переменным током.....	130
<i>А. Баешов, А. К.Баешова, М.Н.Турлыбекова, Б.Э.Мырзабеков</i> Электрохимический способ регенерации трехвалентного железа для повышения эффективности подземного выщелачивания урана	142
<i>О.А. Нуркенов, А. Ж. Мендибаева, С. Д. Фазылов, Т. М. Сейлханов, С. К. Кабиева, Э. М. Сатбаева, Г. Ж. Карипова, А. К. Сыздыков</i> Синтез четвертичных аммониевых солей гидразонов изоникотиновой и никотиновой кислот и их противовоспалительная активность ..	154

CONTENTS

<i>T.K. Jumadilov, M.T. Suleimenova, Kh. Khimersen, B. Totkhuskyzy, G.T. Dyussebaeva, J.V. Gražulevicius</i> Investigation of electrochemical characteristics of intergel systems based on polyacrylic acid	5
<i>R.A. Kaiynbayeva, G. Sh. Sultanbayeva, R.M. Chernyakova, U.Zh. Jussipbekov, N.N. Kozhabekova, A.K. Shakirova</i> Influence of additive on the process of producing phosphorus-containing composite materials	17
<i>M. Ryabicheva, Ya. Zhigalyonok, F. Malchik</i> Influence of layered conductive coatings on electrochemical characteristics of NaFe(SO ₄) ₂ cathode material	28
<i>B.A. Assetova, A. Aituarova, G.E. Zhusupova</i> Technology for obtaining a dry complex of biologically active compounds from a plant of the species <i>Rosa Beggeriana Schrenk</i>	38
<i>T.K. Jumadilov, Kh. Khimersen, A.M. Imangazy, J. Haponiuk</i> Influence of ionic radius on the degree of extraction of rare earth metals during sorption by the interpolymer system amberlite IR-120 – AB-17-8	48
<i>U.Nakan, M.E.Yermaganbetov, M.E.Nursultanov, A.Zh.Kerimkulova, M.B. Zhursumbayeva, A. Kydyrkhan</i> Synthesis and characterization of n-isopropylacrylamide based copolymers with silver nanoparticles	58
<i>M.K. Kurmanaliev, N.A. Bektenov, K.A. Sadykov, K.Zh. Bazarbaeva</i> New polymeric sorbents with thiocrown-ether groups	67
<i>N. Bolatkyzy, A.S. Nurmakanova, G.E. Berganaeva, M.A. Dyusebaeva</i> Study of the chemical composition of the <i>Rubus Vulgaris</i> plant	77
<i>G.E. Berganayeva, B.E. Dyussebayev, S.A. Sydykbayeva, M.A. Dyusebaeva</i> Study of the chemical composition of the acroptilon repens plant	88
<i>E.A. Kambarova, N.A.Bektenov, M.A. Gavrilenko, G.E. Abdraliyeva</i> Role of the surface layer of epoxy resin	99
<i>M.M. Mataev, A.M.Madiyarova, G.S.Patrin, M.R. Abdraimova, M.A.Nurbekova, Zh.I.Tursinova</i> Synthesis and physico – chemical characteristics of complex ferrite CrNaFe ₂ O ₅ ..	109
<i>D.N. Makhayeva, G.S. Irmukhametova, A.K.Toktabayeva, R.K. Rakhmetullayeva</i> Preparation of hydrogels based on natural polymers for pelleting of sugar beet seeds	119
<i>A. Bayeshov, A.I. Sydykova, Kh.N. Zhanbekov</i> Electrochemical behavior of cadmium by alternating current polarization in hydrochloric acid solution	130
<i>A. Bayeshov, A. Bayeshova, M. Turlybekova, B. Myrzabekov</i> An electrochemical method for the regeneration of trivalent iron to increase the efficiency of in-situ leaching of uranium	142
<i>O. A. Nurkenov, A. Zh. Mendibayeva, S. D. Fazylov, T. M. Seilkanov, S. K. Kabieva, E. M. Satbayeva, G. Zh. Karipova, A. K. Syzdykov</i> Synthesis of quaternary ammonium salts isonicotinic and nicotinic hydrazones acids and their anti-inflammatory activity	154

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(ий)** 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 поддаваться 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 **заключение**, 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. Статя 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: zimirabkz@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: zimirabkz@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 , H_2O , $80\text{ }^\circ\text{C}$, 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 абзачного 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); Å (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), $^\circ\text{C}$ (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, С₅Н₅Н.НCl). Пример записи констант и данных элементного анализа: т.кип. 78°C (100 мм рт. ст.), т.пл. 50°C (EtOH), d₄²⁰0.9809, n²⁰1.5256; Найдено, %: С 59.06; Н 7.05; I 21.00; N 8.01. С_aН_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), λ_{\max} , нм (lg ϵ): 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, $J=8.2$, $J=2.3$, H-5); 11.13 (1H, с, NH).

Спектр ЯМР¹³C (100 МГц, DMSO-*d*₆), 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 «Каз. 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, Radioisvaz' 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. *Metodikavypolneniia 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/ijaer13n7_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-veshchestv-dlya-likvidatsii-posledstvii> (accessed on 2 April 2021).
9. Teas Ch., Kalligeros S., Zanikos 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 neftezagrjaznennyh gruntov, sposob obezvrezhivaniya otrabotannyh burovyyh 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-humic 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 құпиялығына 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 редколлекцией 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 секретарь: *Ж.Б.Узакова*

Подписано в печать 11.03.2024г.
Формат 70x100 $\frac{1}{16}$. 11.81 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