

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(89)

ЯНВАРЬ – МАРТ 2025 г.

ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА

ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2025

Журналдың бас редакторы

Директор

Тасибеков Х.С. - х.ғ.к., ассоц. проф.

Редакция кеңесінің мүшелері:

Айдемир М., Ph.D., проф., (Туркия); **Бүркітбаев М.М.**, ҚР ҰҒА академигі, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Дембицкий В.М.**, РЖҒА академигі, х.ғ.д., проф. (Канада); **Дергунов С.А.**, Ph.D., проф. (АҚШ); **Джумадилов Т.Қ.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Журинов М.Ж.**, ҚР ҰҒА академигі, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Жүсіпбеков Ө.Ж.**, ҚР ҰҒА академигі, т.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Зейналов Э.Б.**, Әзірбайжан ҰҒА корр.-мүшесі, х.ғ.д., проф. (Әзірбайжан); **Ибрагимов А.Б.**, х.ғ.д., проф. (Узбекистан); **Қадырбеков Қ.А.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Каюкова Л.А.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Малмакова А.Е.**, Ph.D., қауымдастырылған проф. (Қазақстан); **Мун Г.А.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Пралиев К.Д.**, ҚР ҰҒА академигі, х.ғ.д. проф. (Қазақстан); **Салахутдинов Н.Ф.**, РҒА корр.-мүшесі, х.ғ.д., проф. (Ресей); **Темель Хамди**, Ph.D., проф. (Түркия); **Фазылов С.Д.**, х.ғ.д., проф., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан); **Ю В.К.**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан); **Жанпейісов Н.Ұ.**, х.ғ.к., проф., (Жапония); **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,
Нұрмақов, көш. 26/195-49; iparuna@yandex.ru

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

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

Главный редактор

Директор

Тасибеков Х.С. - к.х.н., ассоц. проф.

Редакционная коллегия:

Айдемир М., Ph.D., проф., (Турция); **Буркитбаев М.М.**, академик НАН РК, д.х.н., проф. (Казахстан); **Дембицкий В.М.**, академик РАЕН, д.х.н. проф. (Канада); **Дергунов С.А.**, Ph.D., проф. (США); **Джумадилов Т.К.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Джусипбеков У.Ж.**, академик НАН РК, д.т.н., проф. (Казахстан); **Журинов М.Ж.**, академик НАН РК, д.х.н., проф. (Казахстан); **Зейналов Э.Б.**, член-корр. НАНА, д.х.н., проф. (Азербайджан); **Ибрагимов А.Б.**, д.х.н., проф. (Узбекистан); **Кадирбеков К.А.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Каюкова Л.А.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Малмакова А.Е.**, Ph.D., ассоц. проф. (Казахстан); **Мун Г.А.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Пралиев К.Д.**, академик НАН РК, д.х.н., проф. (Казахстан); **Салахутдинов Н.Ф.**, член-корр. РАН, д.х.н., проф. (Россия); **Темель Хамди**, Ph.D., проф. (Турция); **Фазылов С.Д.**, д.х.н., проф., академик НАН РК (Казахстан); **Ю В.К.**, д.х.н., проф. (Казахстан); **Жанпеисов Н.У.**, к.х.н., проф. (Япония); **Узакова Ж.Б.** (Технический 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», 2025

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

Editor-in-Chief

Director

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

Editorial Board:

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

Ti₃C₂/TiO₂ COMPOSITE CATALYST FOR HYDROGEN EVOLUTION REACTION PRODUCED BY SELF-OXIDATION METHOD

Ryabicheva¹ M.A., Skakov² M.K., Miniyafov³ A.Zh., Zhanbolatova³ G.K., Malchik^{1*} F.I.

¹al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²RSE “National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan”, Kurchatov, Kazakhstan

³Branch “Institute of Atomic Energy” of the RSE “National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan”, Kurchatov, Kazakhstan

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

Abstract: *Introduction.* The layered material MXene (Ti₃C₂T_x) has a high specific surface area and variable surface functional groups, which creates the possibility of its application in various directions. One of them is the water electrolysis to produce ‘green’ hydrogen. However, in its pure form, MXene has low catalytic activity for this process, so it is modified by varying both the functional groups and additional active components. Titanium dioxide (TiO₂) has previously been used as an effective hydrogen evolution reaction (HER) catalyst, both pure and in combination with MXene materials, showing synergistic effects and increasing the HER performance. Moreover, TiO₂ is formed by oxidation of Ti₃C₂T_x on the surface of this material layers, which is a simple and affordable way to obtain a modified catalyst. *The purpose.* To develop an efficient catalyst for HER based on MXene layered material and titanium dioxide. *Methodology.* The MXene/TiO₂ composite catalyst was prepared by controlled oxidation of MXene suspension with air oxygen. The composition and structure of the synthesized catalyst samples were confirmed by X-ray diffraction analysis, Raman spectroscopy and transmission electron microscopy. The catalytic activity of MXene/TiO₂ was determined by linear voltammetry. *Results and Discussion.* With increasing oxidation duration, an increase and then a decrease in the catalyst efficiency was first observed. The optimum oxidation time was 48 hours, and the hydrogen evolution overpotential was -301 mV at 10 mA/cm². *Conclusion.* The composite catalyst based on MXene/TiO₂ obtained by the method of oxygen-air oxidation has acceptable catalytic activity for the HER.

Key words: hydrogen evolution reaction, water electrolysis, alkaline electrolyte, electrocatalyst, 2D materials, MXene, titanium dioxide.

Ryabicheva Margarita	Master, junior researcher; E-mail: maga050198@gmail.com
Skakov Mazhyn	Doctor of Physics and Mathematics, Professor, Chief Researcher; E-mail: skakovmk@mail.ru
Miniyafov Arman	PhD, Director; E-mail: miniyafov@nnc.kz
Zhanbolatova Gainiya	PhD, Senior Researcher; E-mail: kaiyrdy@nnc.kz
Malchik Fyodor	PhD, Assoc. Professor, Leading Researcher, Head of the Laboratory of EPT; E-mail: frodo-007@mail.ru

Citation: Ryabicheva M.A., Skakov M.K., Miniyafov A.Zh., Zhanbolatova G.K., Malchik F.I. Ti₃C₂/TiO₂ composite catalyst for hydrogen evolution reaction produced by self-oxidation method. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 5-14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.01>

КОМПОЗИТНЫЙ КАТАЛИЗАТОР $\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{TiO}_2$ ДЛЯ РЕАКЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА, ПОЛУЧЕННЫЙ МЕТОДОМ САМООКИСЛЕНИЯ**М.А. Рябичева¹, М. К. Скаков², А. Ж. Миниязов³, Ғ. Қ. Жанболатова³, Ф.И. Мальчик^{1*}**¹Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан²РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан³Филиал «Институт атомной энергетики» РГП «Национальный ядерный центр Республики Казахстан», Курчатов, Казахстан

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

Резюме: Введение. Слоистый материал MXene ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) обладает высокой удельной площадью поверхности и варьируемыми поверхностными функциональными группами, что создает возможность его применения в различных направлениях. Одним из них является электролиз воды с целью получения «зеленого» водорода. Однако в чистом виде MXene обладает низкой каталитической активностью для данного процесса, поэтому его модифицируют, варьируя как функциональные группы, так и дополнительные активные компоненты. Диоксид титана (TiO_2) ранее уже применялся в качестве эффективного катализатора реакции выделения водорода как в чистом виде, так и в комбинации с материалами MXene, показывая синергетический эффект и увеличивая показатели реакции выделения водорода. Более того, TiO_2 образуется при окислении $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ на поверхности слоев этого материала, что является простым и доступным способом получения модифицированного катализатора. Цель. разработать эффективный катализатор реакции выделения водорода на основе слоистого материала MXene и диоксида титана. Методология. Композитный катализатор MXene/ TiO_2 был получен путем контролируемого окисления суспензии MXene кислородом воздуха. Состав и структура синтезированных образцов катализатора были подтверждены методами рентгенофазового анализа, рамановской спектроскопии и просвечивающей электронной микроскопией. Каталитическая активность MXene/ TiO_2 была определена методом линейной вольтамперометрии. Результаты и обсуждение. При увеличении продолжительности окисления наблюдается сначала рост, а затем снижение эффективности катализатора. Оптимальное время окисления составило 48 часов, перенапряжение выделения водорода – -301 мВ при 10 мА/см². Заключение. Композитный катализатор на основе MXene/ TiO_2 , полученный методом окисления кислородом воздуха, имеет приемлемую каталитическую активность для реакции выделения водорода.

Ключевые слова: реакция выделения водорода, электролиз воды, щелочной электролит, электрокатализатор, 2D материалы, MXene, диоксид титана.

Рябичева Маргарита Александровна	Магистр химии, младший научный сотрудник.
Скаков Мажын Каналинович	Доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник
Миниязов Арман Жанарбекович	PhD, директор Центра технологических компетенций в сфере водородной энергетики
Жанболатова Ғайния Қайырдықызы	PhD, старший научный сотрудник
Мальчик Федор Игоревич	PhD ведущий научный сотрудник

1. Введение

В настоящее время большой интерес вызывают слоистые (2D) материалы благодаря высокой удельной площади поверхности, что дает им возможность как выступать в роли самостоятельного электрода или катализатора, так и легко покрывать другие соединения благодаря своей смазывающей способности [1]. Отдельного внимания заслуживает класс слоистых материалов MXene, представляющих собой карбиды и нитриды переходных металлов. Как правило, синтез MXene заключается в селективном выщелачивании слоев элемента А из соответствующих MAX

фаз (где М – переходный металл, А – р-элемент (Al, Si и др.) и Х – углерод или азот), в результате чего образуются единичные лепестки материала. В зависимости от выщелачивающего агента на поверхности каждого единичного слоя образуются различные функциональные группы (F, Cl, O, OH, Li) [2], что позволяет материалам класса MXene применяться в различных сферах [2].

Так, карбид титана, $Ti_3C_2T_x$ (где T_x – функциональные группы), достаточно широко изучен в качестве катализатора реакции выделения водорода (РВВ) [3–8]. Поскольку в исходном виде данный материал проявляет недостаточную каталитическую активность для РВВ (высокое перенапряжение данного процесса) [3], предпринимались разнообразные попытки его модификации: изменение функциональных групп, внедрение наночастиц и даже отдельных атомов в его межслоевое пространство. В частности, обжиг в атмосфере аммиака при 600°C позволил получить образец с наличием N-групп на поверхности, показавший перенапряжение РВВ в -198 мВ при плотности тока 10 мА/см², тогда как исходный MXene практически не проявил каталитической активности – то же значение тока не было достигнуто даже при потенциале -600 мВ [3]. Еще лучших результатов удалось добиться благодаря модификации MXene наночастицами золота, синтезированными на его поверхности прямым восстановлением $AuCl_4$ – перенапряжение РВВ составило -179.9 мВ при плотности тока 10 мА/см² [4]. Композитный электрод, состоящий из наночастиц более сложного состава (сплав оксидов платины и палладия (PtO_aPdO_b) и $Ti_3C_2T_x$), показал перенапряжение РВВ -63 мВ при той же плотности тока [5]. Заслуживающим внимания подходом является закрепление на поверхности листов MXene отдельных атомов металлов с высокой каталитической активностью по РВВ. Так, атомы рутения были связаны с поверхностью MXene атомами азота и серы, что дало перенапряжение РВВ -76 мВ [6]. В другом примере MXene состава $Mo_2TiC_2T_x$, с атомами платины на электрохимически созданных на нем вакансиях Мо в кислой среде продемонстрировал перенапряжение РВВ -30 мВ [7], что даже ниже показателя коммерческого платинового катализатора Pt/C (20% Pt, -37 мВ) [8]. Следовательно, допирование простыми или сложными веществами, а также модификация функциональных групп MXene является весьма перспективным подходом для повышения его каталитической активности. Высокую каталитическую активность в РВВ среди катализаторов, не содержащих благородные металлы, проявляют различные соединения переходных металлов [9–11]. Оксид титана (TiO_2) широко известен в качестве фотокатализатора, в том числе реакции фотоэлектролиза воды [12]. В работе [13] он был использован в качестве покрытия на каталитически неактивном по отношению к РВВ гидроксиде карбоната кобальта ($CoCH$) на подложке из углеродной бумаги, при этом перенапряжение РВВ составило -75 мВ. В другом примере TiO_2 был использован также для выделения водорода, но в композиции с никелем на

подложке из никелевой пены, при этом была выявлена наибольшая каталитическая активность образца с соотношением $\text{Ni}:\text{TiO}_2$ равным 3:1 [14]. Перенапряжение РВВ составило -46 мВ при 10 мА/см², ниже, чем для материала с CoSn , что делает его более перспективным в качестве допанта к МХене. Однако вышеперечисленные методики пригодны в основном для получения данного материала в виде готового электрода для РВВ, тогда как в качестве допирующей добавки их применение затруднительно.

В данной работе мы впервые использовали простой и доступный метод окисления материала МХене ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) для получения композита МХене/ TiO_2 , который использовали в качестве катализатора для РВВ. Высокая электропроводность МХене и каталитическая активность TiO_2 позволили получить более низкое перенапряжение РВВ – -301 мВ при 10 мА/см², тогда как чистый МХене практически не проявляет каталитической активности для данного процесса. Кроме того, благодаря слоистой структуре, катализатор из МХене сохранил высокую механическую стабильность после окисления, причем разрушения электрода не произошло даже после проведения процесса электролиза. Совокупность характеристик процесса РВВ, полученных на композитном катализаторе МХене/ TiO_2 указывает на перспективу его использования для получения водорода.

2. Экспериментальная часть

Получение модифицированного оксидом титана МХене (МХене/ TiO_2) производилось путем контролируемого окисления суспензии МХене (методика синтеза описана в работе [15]) на песчаной бане при температуре 35°C и перемешивании. Пробы суспензии отбирались через 24, 48 и 72 часа, после чего разбавлялись и отфильтровывались для получения диска.

В качестве контрольного катализатора использовался платиновый катализатор Pt/C , приготовленный путем смешивания коммерческого материала Pt/C (20% Pt) со связующим ПВДФ (поливинилиденфторид) в соотношении 90:10 по массе в растворе *n*-метилпирролидона (НМП), после чего полученная паста была нанесена на стекло и высушена в вакуумном сушильном шкафу при 80°C в течение 12 часов.

Рентгенофазовый анализ (РФА) был проведен на дифрактометре ДРОН-4 (Россия) в цифровом виде с применением медного излучения. Просвечивающая электронная микроскопия (ПЭМ) проводилась в Назарбаев Университете при напряжении 200 кВ с использованием JEOL ARM200F (Япония), пробоподготовка осуществлялась путем нанесения разбавленной этанолом до концентрации 0.01 мг/мл суспензии МХене на медную сетку (TEM copper Grids) и высушиванием. Рамановские спектры образцов были получены с использованием интегрированного лазера на длине волны возбуждения $\lambda_{\text{ex}} = 532$ нм. Длительность сбора данных составляла 100 секунд на измерение с использованием решетки с плотностью канавок 600 г/мм.

Линейную вольтамперометрию проводили на потенциостате Biologic SP-300 (Франция). В качестве рабочего электрода (РЭ, катод), который представлял собой закрепленную в специальном самодельном держателе полоску материала с рабочей площадью 0.5 см^2 , использовались исследуемые материалы. Стеклографитовый стакан и насыщенный каломельный электрод (НКЭ) являлись вспомогательным электродом (ВЭ) и электродом сравнения (ЭС), соответственно. Все эксперименты проводились в трехкратном повторении в электролите 1 М КОН.

Пересчет измеряемого потенциала относительно стандартного водородного электрода (СВЭ) проводился по формуле (1):

$$E_{(\text{vs СВЭ})} = E_{(\text{vs НКЭ})} + 0.242 + 0.059 \cdot (14 - \text{pOH}) \quad (1)$$

3. Результаты и обсуждение

Известно, что МХепе ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) частично подвергается окислению кислородом воздуха или при взаимодействии с водой или другим окислителем [16]. Продуктом окисления является оксид титана. Реакцию окисления в упрощенном виде можно записать как:



При частичном окислении на поверхности лепестков МХепе образуются частицы TiO_2 , что не разрушает структуру МХепе. Поэтому нами было предложено исследовать частично окисленный МХепе ($\text{МХепе}/\text{TiO}_2$) как катализатор реакции выделения водорода. Также имеется опыт синтеза $\text{МХепе}/\text{TiO}_2$ контролируемым окислением кислородом воздуха [15].

Проведено контролируемое окисление суспензии $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ с целью получения композитов $\text{МХепе}/\text{TiO}_2$ с различным массовым содержанием TiO_2 для установления его влияния на каталитическую эффективность процесса выделения водорода методом электролиза щелочных растворов. Невысокая температура окисления – 35°C , выбрана для более равномерного окисления лепестков материала по всему объему суспензии. Образцы суспензии отбирались через каждые 24 часа, из которых и изготавливались электроды.

Из Рамановских спектров (рисунок 1 а) видно, что частично окисленные образцы отличаются от свежеприготовленных наличием пика 151 см^{-1} , характеризующего присутствие TiO_2 . Интенсивность данного пика возрастает с увеличением времени окисления, свидетельствуя об увеличении содержания TiO_2 . Рентгенограммы $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$, исходного материала для его синтеза Ti_3AlC_2 и образца, окисленного воздухом ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x/\text{TiO}_2$, 72 часа), показаны на рисунке 1 б, где четко видно что появляется дополнительный пик в районе 25° , также свидетельствующий о наличии оксида титана в форме анатаз (JCPDS № 21-1272).

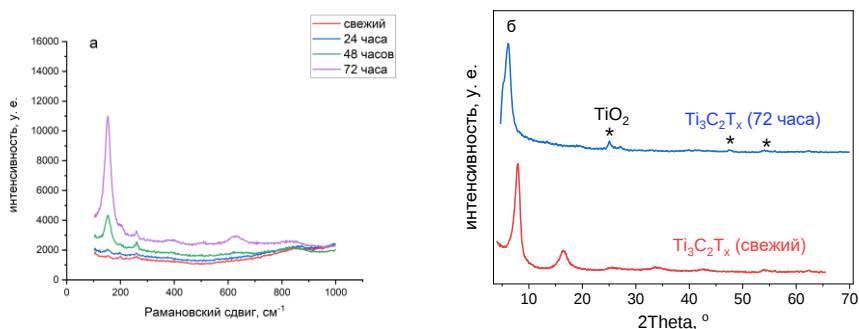


Рисунок 1 – а) Рамановские спектры свежесинтезированного и окисленных образцов $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$; б) рентгенограмма $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ и окисленного в течение 72 часов образца $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$. Присутствие TiO_2 помечено *

Морфология полученных композитов $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x/\text{TiO}_2$, а также неокисленного $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ охарактеризована с помощью ПЭМ (рисунок 2). Как видно, неокисленный MXene не имеет дефектов, поверхность плоская и чистая, а окисленные образцы имеют удлиненные частицы, закрепленные на поверхности, которые представляют собой анатаз TiO_2 , как было обнаружено ранее с помощью рентгенофазового анализа и рамановской спектроскопии. Поверхностная концентрация и размер частиц постепенно увеличиваются с увеличением времени окисления. Таким образом, мы подтвердили наличие оксида титана в исследуемых образцах, которые предположительно должны положительно повлиять на РВВ.

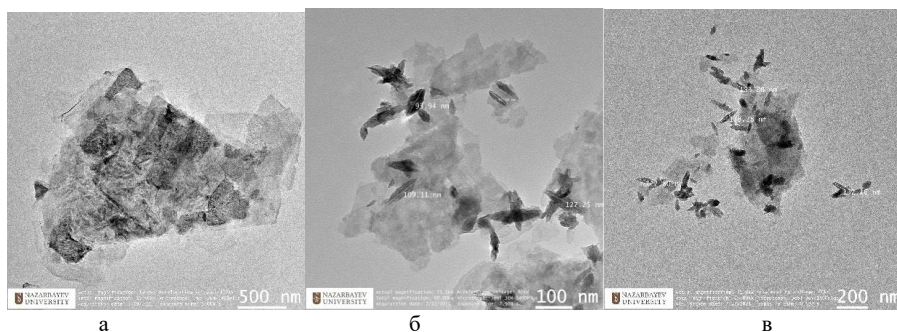


Рисунок 2 – ПЭМ-изображения композитов $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x/\text{TiO}_2$, при разном времени окисления: а) неокисленный; б) 48 часов; в) 72 часа.

Поляризационные кривые, полученные после окисления в течение 24, 48 и 72 часов, представлены на рисунке 3 а. Заметно значительное снижение перенапряжения катализаторов из MXene, окисленных в течение 24 (-994 мВ) и 48 часов (-372 мВ), по сравнению с исходным материалом, где перенапряжение выделения водорода намного больше -1000 мВ при токе 10

мА/см² (при экстраполяции кривой), однако проба, отобранная через 72 часа, показала худший результат, чем неокисленный МХеpe.

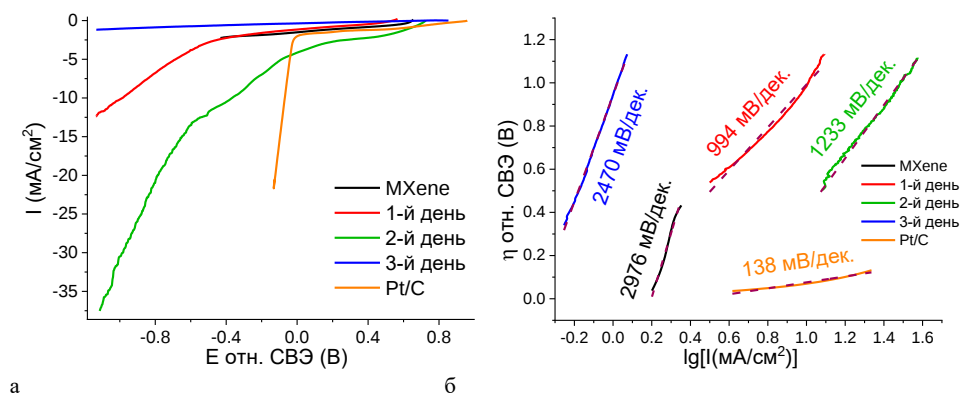


Рисунок 3 - Поляризационные кривые (а) и кривые Тафеля (б) для процесса РВВ на дисках МХеpe/TiO₂, при скорости развертки 5 мВ/с при различных сроках окисления суспензии МХеpe

Предположительно, при значительном времени окисления материала МХеpe и избыточном формировании TiO₂ на его поверхности полученный композит теряет электрическую проводимость и механическую прочность в связи с тем, что TiO₂ является диэлектриком и формируется из самого материала Ti₃C₂T_x. Уменьшение электрохимической активности также доказывается увеличением наклона Тафеля (чем меньше наклон, тем легче кинетика процесса) для образцов, полученных через 48 (1233 мВ/дек) и 72 часа (2470 мВ/дек) окисления (рисунок 3 б). Приближенным к идеальным параметрам наблюдаемой кинетики является материал Pt/C с углом наклона Тафеля 138 мВ/дек, измеренный в идентичных условиях и представленный для сравнения.

Избыточное содержание оксида титана, отрицательно влияющее на механическую прочность и электрохимическую активность материала, косвенно подтверждается изменением цвета суспензии МХеpe после окисления в течение 72 часов (молочный цвет) по сравнению с неокисленной суспензией (темный цвет) – рисунок 4.

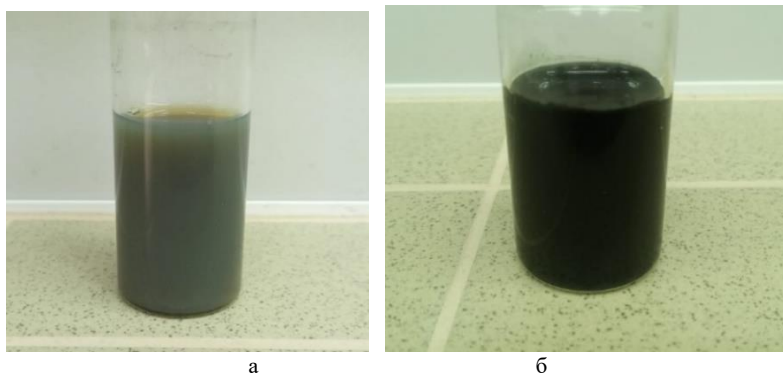


Рисунок 4 – а) Вид суспензии МХене после окисления в течение 72 часов;
б) неокисленная суспензия МХене.

Таким образом, наиболее активным и механически прочным катализатором является образец, полученный после 48 часов окисления МХене, так как он обладает наименьшими значениями перенапряжения РВВ (-301 мВ при 10 мА/см²) и наклона Тафеля (1233 мВ/дек.) среди изученных катализаторов.

4. Заключение

Таким образом, были получены катализаторы для процесса выделения водорода на основе композитного слоистого материала МХене/ TiO_2 , допированного оксидом титана путем контролируемого окисления МХене в атмосфере воздуха. Наличие допанта в модифицированном материале было подтверждено методами рентгеноструктурного анализа и рамановской спектроскопии, а результаты электрохимических испытаний показали, что наибольшей каталитической активностью по РВВ среди изученных катализаторов обладает МХене, окисленный в течение 48 часов (перенапряжение -372 мВ при 10 мА/см²). Несмотря на то, что показатели перенапряжения выше, чем для платинового катализатора (-68 мВ), они все же ниже, чем для таких благородных металлов, как золото, серебро и палладий – -720 , -700 и -400 мВ, соответственно [17]. Это говорит как о достаточно высокой эффективности полученных в данной работе катализаторов, так и о необходимости продолжать исследования для достижения еще большей эффективности, в частности по повышению механической прочности и снижению перенапряжения РВВ.

Финансирование: данное исследование финансируется Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № BR21882200).

Конфликт интересов: в работе отсутствует конфликт интересов между авторами.

СУТЕГІ БӨЛІНУ РЕАКЦИЯСЫНА АРНАЛҒАН ӨЗДІГІНЕН ТОТЫҒУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН $\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{TiO}_2$ КОМПОЗИТТІ КАТАЛИЗАТОРЫ

М.А. Рябичев¹, М. К. Скаков², А. Ж. Миниязов³, Ф. Қ. Жанболатова³, Ф.И. Мальчик^{1*}

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

²ҚР ҰЯО РМК, Курчатова, Қазақстан

³ҚР ҰЯО РМК-ның "Атом энергетикасы институты" филиалы, Курчатова, Қазақстан

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

Түйіндемe: *Kipіcne.* МХене ($\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$) қабатты материалы жоғары меншікті беткі ауданымен және өзгермелі беткі функционалды топтарымен ерекшеленеді, бұл оны әртүрлі бағыттарда қолдануға мүмкіндік береді. Соның бірі – «жасыл» сутегі алу мақсатында судың электролизі. Алайда, таза күйінде МХене бұл процесс үшін төмен каталитикалық белсенділікке ие, сондықтан оны функционалды топтары мен қосымша белсенді компоненттерін өзгерту арқылы модификациялайды. Титан диоксиді (TiO_2) бұрын сутегі бөліну реакциясының тиімді катализаторы ретінде, әрі таза күйінде, әрі МХене материалдарымен біріктірілген күйінде қолданылған, және синергетикалық әсер көрсетіп, сутегі бөліну реакциясының көрсеткіштерін арттырған. Сонымен қатар, титан диоксиді $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ материал қабаттарының бетінде тотығу кезінде түзіледі, бұл модификацияланған катализаторды алудың қарапайым әрі қолжетімді әдісі болып табылады. *Мақсаты.* МХене қабатты материалы мен титан диоксидіне негізделген сутегі бөліну реакциясына арналған тиімді катализатор жасау. *Әдістеме.* МХене/ TiO_2 композитті катализаторы МХене суспензиясын ауадағы оттегімен бақылған тотықтыру әдісі арқылы алынды. Синтезделген катализатор үлгілерінің құрамы мен құрылымы рентгенфазалық талдау, рамандық спектроскопия және трансмиссиялық электронды микроскопия әдістерімен расталды. МХене/ TiO_2 катализаторының каталитикалық белсенділігі сызықтық вольтамперометрия әдісімен анықталды. *Нәтижелер мен талқылау.* Тотығу ұзақтығының артуымен катализатор тиімділігі алдымен өсіп, кейін төмендейтіні анықталды. Оптималды тотығу уақыты – 48 сағат, сутегі бөлінуінің асқын кернеуі – -301 мВ 10 мА/см² кезінде. *Қорытынды.* Ауадағы оттегімен тотығу әдісі арқылы алынған МХене/ TiO_2 композитті катализаторы сутегі бөліну реакциясы үшін қанағаттанарлық каталитикалық белсенділік көрсетті.

Түйінді сөздер: сутегі эволюциясы реакциясы, су электролизі, сілтілі электролит, электрокатализатор, 2D материалдар, МХене, титан диоксиді.

Рябичева Маргарита Александровна	<i>Химия магистрі, кіші ғылыми қызметкер</i>
Скаков Мажын Канопинович	<i>Физика-математика ғылымдарының докторы, бас ғылыми қызметкер</i>
Миниязов Арман Жанарбекович	<i>PhD, Сутегі энергетикасы саласындағы технологиялық құзыреттер орталығының директоры</i>
Жанболатова Ғайния Қайырдықызы	<i>PhD, аға ғылыми қызметкер</i>
Мальчик Федор Игоревич	<i>PhD, жетекші ғылыми қызметкер</i>

References

- Shanmugam V., Mensah R.A., Babu K., Gawusu S., Chanda A., Tu Y., Neisiany R.E., Försth M., Sas G., Das O. A Review of the Synthesis, Properties, and Applications of 2D Materials. *Part. Part. Syst. Charact.*, **2022**, 39, No. 6, 2200031. DOI: 10.1002/ppsc.202200031.
- Meng D., Xu M., Li S., Ganesan M., Ruan X., Ravi S.K., Cui X. Functional MXenes: Progress and Perspectives on Synthetic Strategies and Structure–Property Interplay for Next-Generation Technologies. *Small*, **2024**, 20, No. 4, 2304483. DOI: 10.1002/sml.202304483.
- Le T.A., Bui Q.V., Tran N.Q., Cho Y., Hong Y., Kawazoe Y., Lee H. Synergistic Effects of Nitrogen Doping on MXene for Enhancement of Hydrogen Evolution Reaction: research-article. *ACS Sustain. Chem. Eng.*, **2019**, 7, No. 19, 16879–16888. DOI: 10.1021/acssuschemeng.9b04470.
- Kadja G.T.M., Natalya S.A.C., Balqis F., Azhari N.J., Nurdini N., Sumboja A., Rahayu R.S., Pratomo U., Khalil M., Irkham Gold nanoparticles–supported Ti_3C_2 MXene nanosheets for enhanced

electrocatalytic hydrogen evolution reaction. *Nano-Structures & Nano-Objects*, **2023**, 36, No. October, 101059. DOI: 10.1016/j.nanoso.2023.101059.

5. Cui B., Hu B., Liu J., Wang M., Song Y., Tian K., Zhang Z., He L. Solution-Plasma-Assisted Bimetallic Oxide Alloy Nanoparticles of Pt and Pd Embedded within Two-Dimensional $\text{Ti}_3\text{C}_2\text{T}_x$ Nanosheets as Highly Active Electrocatalysts for Overall Water Splitting. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2018**, 10, No. 28, 23858–23873. DOI: 10.1021/acsami.8b06568.

6. Ramalingam V., Varadhan P., Fu H., Kim H., Zhang D., Chen S., Song L., Ma D., Wang Y., Alshareef H.N., He J. Heteroatom-Mediated Interactions between Ruthenium Single Atoms and an MXene Support for Efficient Hydrogen Evolution. *Adv. Mater.*, **2019**, 31, No. 48, 1903841. DOI: 10.1002/adma.201903841.

7. Zhang J., Zhao Y., Guo X., Chen C., Dong C.-L., Liu R.-S., Han C.-P., Li Y., Gogotsi Y., Wang G. Single platinum atoms immobilized on an MXene as an efficient catalyst for the hydrogen evolution reaction. *Nat. Catal.*, **2018**, 1, No. 12, 985–992. DOI: 10.1038/s41929-018-0195-1.

8. Geng S., Yang W., Yu Y. Fabrication of NiC/MoC/NiMoO₄ Heterostructured Nanorod Arrays as Stable Bifunctional Electrocatalysts for Efficient Overall Water Splitting. *Chem. – An. Asian J.*, **2019**, 14, No. 7, 1013–1020. DOI: 10.1002/asia.201801871.

9. Zhang J., Wang T., Liu P., Liao Z., Liu S., Zhuang X., Chen M., Zschech E., Feng X. Efficient hydrogen production on MoNi₄ electrocatalysts with fast water dissociation kinetics. *Nat. Commun.*, **2017**, 8, No. 1, 15437. DOI: 10.1038/ncomms15437.

10. Ha Y., Shi L., Yan X., Chen Z., Li Y., Xu W., Wu R. Multifunctional Electrocatalysis on a Porous N-Doped NiCo₂O₄@C Nanonetwork. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, **2019**, 11, No. 49, 45546–45553. DOI: 10.1021/acsami.9b13580.

11. Wang J., Zhang Z., Song H., Zhang B., Liu J., Shai X., Miao L. Water Dissociation Kinetic-Oriented Design of Nickel Sulfides via Tailored Dual Sites for Efficient Alkaline Hydrogen Evolution. *Adv. Funct. Mater.*, **2021**, 31, No. 9, 2008578. DOI: 10.1002/adfm.202008578.

12. Schubert J.S., Doloszeski E., Ayala P., Myakala S.N., Rath J., Fickl B., Giesriegl A., Apaydin D.H., Bayer B.C., Kashiwaya S., Cherevan A., Eder D. Nature of the Active Ni State for Photocatalytic Hydrogen Generation. *Adv. Mater. Interfaces*, **2024**, 11, No. 3, 2300695. DOI: 10.1002/admi.202300695.

13. Yuan L., Liu S., Xu S., Yang X., Bian J., Lv C., Yu Z., He T., Huang Z., Boukhvalov D.W., Cheng C., Huang Y., Zhang C. Modulation of Volmer step for efficient alkaline water splitting implemented by titanium oxide promoting surface reconstruction of cobalt carbonate hydroxide. *Nano Energy*, **2021**, 82, No. December 2020, 105732. DOI: 10.1016/j.nanoen.2020.105732.

14. Zhou P., Wang S., Zhai G., Lv X., Liu Y., Wang P., Zheng Z., Cheng H., Dai Y., Huang B. Host dependent electrocatalytic hydrogen evolution of Ni/TiO₂ composites. *J Mater. Chem. A*, **2021**, 9, No. 10, 6325–6334. DOI: 10.1039/d0ta09604k.

15. Malchik F., Maldybayev K., Kan T., Kokhmetova S., Chae M.S., Kurbatov A., Galejeva A., Kaupbay O., Nimkar A., Bergman G., Levi N., Zhang H., Jin Q., Lin Z., Shpigel N., Mandler D. Boosting the capacity of MXene electrodes in neutral aqueous electrolytes. *Cell Reports Phys. Sci.*, **2023**, 4, No. 7, 101507. DOI: 10.1016/j.xcrp.2023.101507.

16. Ahmed B., Anjum D.H., Hedhili M.N., Gogotsi Y., Alshareef H.N. H₂O₂ assisted room temperature oxidation of Ti₂C MXene for Li-ion battery anodes. *Nanoscale*, **2016**, 8, No. 14, 7580–7587. DOI: 10.1039/c6nr00002a.

17. Sheng W., Myint M., Chen J.G., Yan Y. Correlating the hydrogen evolution reaction activity in alkaline electrolytes with the hydrogen binding energy on monometallic surfaces. *Energy Environ. Sci.*, **2013**, 6, No. 6, 1509–1512. DOI: 10.1039/c3ee00045a.

SYNTHESIS AND BACTERICIDAL ACTIVITY OF NOVEL BISPIDINONE DERIVATIVES

N.A. Togyzbaeva¹, T.K. Iskakova², A.E. Malmakova^{3,4*}

¹ Korkyt ata Kyzylorda University, Kyzylorda, Kazakhstan

² Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

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

⁴ Kazakh-British Technical University», Almaty, Kazakhstan

*E-mail: malmakova@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The fact that no new anti-tuberculosis drugs have been launched on the market in the last decades, as well as the fact that tuberculosis bacilli have special properties of sensitivity with a change in living conditions in the human body, clarify the importance of the synthesis of new anti-tuberculosis drugs. The experimental findings from this research enrich with the latest information on modern chemistry of development and antibacterial activity of a promising class of chemical compounds - bispidinone derivatives. The compound we have obtained has bactericidal activity and can become the basis for the development of a new domestic safe drug. *The aim of the work* is to study the physico-chemical and biological properties of novel bispidinone. *Results and discussion.* Bispidinone was synthesized by Mannich condensation and further heated in an alcohol medium in the presence of hydrochloride of hydroxylamine and pyridine and acylated to the corresponding oxime with a high yield of 91.5%. The targeted *O*-benzoyloxime has been obtained with 72.2% by heating oxime. The β -cyclodextrin complex of *O*-benzoyloxime (TK-1) was screened for *in vitro* bactericidal properties. *Conclusion.* The *O*-Benzoyloxime molecule (TK-1) has proven to be a highly effective compound in various experiments examining its bactericidal activity against strains of wild sensitive tuberculosis mycobacteria. An acute toxicity study following a single subcutaneous injection in white-seeded mice demonstrated that the new 3,7-substituted bispidinone (TK-1) exhibited low toxicity when compared to rifampicin, a standard anti-tuberculosis medication.

Keywords: bispidinone derivatives, *O*-benzoyloxime, complexation, local bactericidal activity, acute toxicity.

<i>Togyzbaeva Nurila Abylkaiyrkyzy</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences; E-mail: nurila2009@mail.ru</i>
--	---

<i>Iskakova Tynyshlyk Kadyrovna</i>	<i>Doctor of chemical sciences, professor; E-mail: t.iskakova@satbayev.university</i>
-------------------------------------	---

<i>Malmakova Aigul Erbosynovna</i>	<i>PhD, associated professor; E-mail: malmakova@mail.ru</i>
------------------------------------	---

Citation: Togyzbaeva N.A., Iskakova T.K., Malmakova A.E. Synthesis and bactericidal activity of novel bispidinone derivatives. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 1(89), 15-24. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.02>

ЖАҢА БИСПИДИНОН ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ БАКТЕРИЦИДТІК БЕЛСЕНДІЛІГІ

Н.Ә. Тогызбаева¹, Т.К. Искакова², А.Е. Малмакова^{3,4*}¹ Қорқыт Ата атындағы Қызылорда Университеті, Қызылорда, Қазақстан² Қ. И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан³ Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты, Алматы, Қазақстан,⁴ Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

* E-mail: malmakova@mail.ru

Түйіндеме. *Кіріспе.* Соңғы он жылдықтарда нарыққа туберкулезге қарсы жаңа препараттар шығарылмауы, сондай-ақ туберкулез таяқшаларының адам ағзасындағы өмір сүру жағдайларының өзгеруімен сезімталдықтың ерекше қасиеттеріне ие екендігі жаңа туберкулезге қарсы препараттарды синтездеудің маңыздылығын нақтылайды. Жұмыс барысында алынған эксперименттік нәтижелер заманауи химиялық қосылыстардың перспективті класы биспидинон туындылары дамуы мен антибактериялдық белсенділік туралы жаңа ақпаратпен байытады. Біз алған қосылыс бактерицидтік белсенділікке ие және жаңа отандық қауіпсіз препаратты жасауға негіз болады. *Жұмыстың мақсаты* жаңа биспидинондар физика-химиялық және биологиялық қасиеттерін зерттеу болып табылады. *Нәтижелер және талқылау.* Биспидинон Манних конденсациясы жағдайында синтезделіп, одан әрі қарай пиридин мен гидроксиламиннің гидрохлориді катысында спиртті ортада қыздырылып, сәйкес оксимге дейін 91.5% жоғары шығыммен оксимилірленді. Оксим қыздырылып 72.2 % шығыммен мақсатты О-бензоилоксим алынды. Синтезделген О-бензоилоксим β-циклодекстринді кешенінің (ТК-1) *in vitro* бактерицидтік қасиеттері зерттелді. *Қорытынды.* О-Бензоилоксим молекуласы (ТК-1) жабайы сезімтал туберкулез микобактерияларының штамдарына қарсы бактерицидтік белсенділігі зерттелген әртүрлі эксперименттерде жоғары тиімді қосылыс екенін дәлелдеді. Ақ тұқымды тышқандарға тері астына бір рет енгізгеннен кейін жедел уыттылықты зерттеу жаңа 3,7-диорынбасқан биспидинонның (ТК-1) туберкулезге қарсы стандартты препарат рифампицинмен салыстырғанда улылығы төмен екенін көрсетті.

Түйінді сөздер: биспидинон туындылары, О-бензоилоксим, комплекстеу, жергілікті бактерицидтік белсенділік, жедел уыттылық.

<i>Тогызбаева Нұрила Абылқайырқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Ысқақова Тыныштық Қадырқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Малмакова Айгүл Ербосынқызы</i>	<i>PhD, қауымдастырылған профессор</i>

1. Кіріспе

Туберкулез – адамзаттың азаптануы мен өліміне әкелетін қауіпті инфекциялық аурулардың бірі. Шамамен үш жылға созылған коронавирус инфекциясы (COVID-19) өлім көрсеткіштері бойынша туберкулезді артқа тастағанмен, 2022 жылы 7.5 млн. адамға туберкулез диагнозы қойылды. Бұл - ДДҰ 1995 жылдан бері жүргізіп келе жатқан туберкулез бойынша жағдайды жаһандық мониторингтеудің барлық кезеңінде рекордтық жоғары көрсеткіш. 2023 жылы туберкулезден қайтыс болғандар саны 1.25 миллион адамды (оның ішінде АИТВ жұқтырған 161 000 адам) құрады. Туберкулезбен науқастанған адамдар санының жыл сайын еселеп артуы АИТВ-инфекциясын жұқтыру және туберкулез ауруы қоздырғыштарының микробқа қарсы препараттарға төзімділігінің күшеюімен түсіндіріледі [1,2].

БҰҰ қабылдаған орнықты даму саласындағы мақсаттар аясында

денсаулық сақтау саласындағы міндеттердің бірі 2030 жылға қарай туберкулез эпидемиясын тоқтату екенін ескерсек, туберкулезге қарсы қолданылатын препараттардың гепатоуыттылық, иммунды-аллергиялық асқынулар, жалған тұмау синдромы, гемолиз, өткір бүйрек-бауыр жеткіліксіздігі сияқты және т.б. жанама әсерлерімен бірге туберкулез микобактерияларының (ТМБ) дәрілік тұрақтылығы туберкулезге қарсы жаңа препараттар іздеу өзектілігін айқындай түседі [3].

3,7-Диазабицикло[3.3.1]нонан қаңқасы - медицинада, супрамолекулалық химияда және катализде кеңінен қолданылып жүрген, биологиялық белсенділік спектрінің ауқымдылығы ғалымдардар қызығушылығын өзіне тартатын бициклді диамин [4-7]. 3,7-Диазабицикло[3.3.1]нонан қаңқасының 9-жағдайына оксим фрагментін енгізу молекуланың микробқа қарсы белсенділігін арттырып, әртүрлі бактериялар мен саңырауқұлақтарға қарсы белсенді жетекші қосылыстардың анықталуына мүмкіндік берсе [8], кейбір фенил фрагментті 3,7-диазабицикло[3.3.1]нонандардың *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* және *Escherichia coli* қарсы белсенділігі мен тиімділігі стрептомицинмен салыстырғанда жоғары болды [9].

Биспидинондар туралы тың ғылыми деректер негізіне сүйеніп, осы қосылыстар қатары қорын кеңейту және отандық туберкулезге қарсы, уыттылығы төмен дәрілік заттарды конструирлеу қажеттілігін ескере отырып, жаңа биспидинон қосылыстары синтезделіп, биологиялық қасиеттері зерттелді.

2. Тәжірибелік бөлім

Химиялық бөлім

Реакциялар жүру барысы жұқа қабатты хроматография әдісі көмегімен екінші дәрежелі белсенділікке ие алюминий оксидін қолданып жүзеге асырылды. Қосылыстардың сыну көрсеткіштері Refracto 30PX рефрактометрмен өлшеніп, ИҚ спектрлері Nicolet 5700 FT-IR-спектрометрінде, ЯМР спектрлер Mercury-300-спектрометрінде (300 және 100 МГц) түсірілді. Ішкі стандарт - $(\text{CH}_3)_4\text{Si}$. Оттегі және/немесе суға сезімталдығы жоғары синтездер инертті газ ортасында құрғақ еріткіштермен орындалды.

3-(3-Изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-он және оның туындыларын алу [4-6] жұмыстарымызда сипатталған әдістемелермен жүргізілді.

3-(3-Изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло-[3.3.1]нонан-9-он (2). 7 мл (0.0403 М) 1-(3-морфолинопропил)амин, 10 г (0.3616 М) формальдегид пен 7 г (0.0403 М) 1-(3-изопропоксипропил)пиперидинон-4-тен (1) $t_{\text{қайн.}} = 225-230\text{ }^\circ\text{C}$ (1-2 мм сынап бағаны), R_f 0.37 (Al_2O_3 бензол:изопропанол, 6:1), n_D^{20} 1.4983, 7,01 г (46.8% теор.шығым) 3-(3-изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-он (2) синтезделді.

Есептелгені, % : С 60.45; Н 9.31; N 10.57.

Табылғаны, % : С 60.44; Н 9.30; N 10.55. $C_{20}H_{37}N_3O_3$.

ИҚ спектрі, ν , cm^{-1} : 1736 (C=O), 1112 (C-O-C).

ЯМР 1H спектрі (400 МГц, $CDCl_3$), δ , м.д. (J , Гц): 2.58 (2H, м, $H_{e-1,5}$, CH); 2.91 (2H, д.д., $J=6.0$, $H_{a-2,4}$, CH_2); 3.01 (2H, д.д., $J=11.1$, 6.0, $H_{e-2,4}$, CH_2); 2.79 (4H, д.д., $J=6.0$, $H_{a-6,8}$, CH_2); 3.01 (4H, кең д., $J=11.1$, $H_{e-6,8}$, CH_2); 2.62 (2H, т, $J=6.0$, H-10, CH_2); 1.69 (2H, квинт., $J=6.0$, H-11, CH_2); 3.46 (2H, м, $J=6.0$, H-12, CH_2); 3.55 (2H, т, $J=6.9$, H-13, CH_2); 1.15 (2H, м, $J=6.0$, H-14, CH_2); 2.55 (2H, м, H-15, CH_2); 1.64 (2H, м, H-16, CH_2); 2.55 (2H, м, H-17, CH_2); 3.69 (4H, т, $J=4.5$, H-18, 20, CH_2); 2.46 (4H, т, $J=4.5$, H-19, 21, CH_2).

ЯМР ^{13}C спектрі (100 МГц, $CDCl_3$), δ , м.д. (J , Гц): 46.6 (C-1,5); 58.1 (C-2,4); 58.1 (C-6,8); 214.5 (C-9); 53.1 (C-10); 27.4 (C-11); 65.6 (C-12); 71.0 (C-13); 21.8 (C-14); 54.5 (C-15); 24.2 (C-16); 56.8 (C-17); 66.9 (C-18); 53.7 (C-19); 53.7 (C-20); 66.9 (C-21).

3-(3-Изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-он оксими (3). 2 г (0.0055 М) биспидинонға (2) 40 мл этанол, 1.03 г (0.012 М) пиридин және 0.98 г (0.0142 М) тұз қышқылды гидроксилламин қосып 20 сағат 85-90 °C қыздыру R_f 0.53 1.9 г (91.5% теор. шығым) сарғыш түсті май тәріздес 3-(3-изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-он оксимиінің (3) алынуына әкелді.

Есептелгені, % : С 62.82; Н 9.94; N 14.65.

Табылғаны, % : С 62.89; Н 10.19; N 14.78. $C_{20}H_{38}N_4O_3$.

ИҚ спектрі, ν , cm^{-1} : 1675 (C=N).

ЯМР ^{13}C спектрі (100 МГц, $CDCl_3$), δ , м.д. (J , Гц): 30.6 (C-1); 37.6 (C-5); 58.5 (C-2); 57.5 (C-4); 58.5 (C-6); 59.5 (C-8); 161.5 (C-9).

3-(3-Изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло-[3.3.1]нонан-9-он О-бензоилоксими (4). 1 г (0.0026 М) оксимге (3) 10 мл абсолюттелген бензолдағы 0.30 мл (0.0026 М) хлорлы бензоил қосылып 5 сағ қыздырғанда, R_f 0.89 0.92 г (72.2% теор.шығым) О-бензоилоксим (4) сарғыш май түрінде алынды.

Есептелгені, % : С 66.66; Н 8.64; N 11.52.

Табылғаны, % : С 66.13; Н 8.87; N 11.60. $C_{27}H_{42}N_4O_4$.

ИҚ спектрі, ν , cm^{-1} : 1743 (C=N), 1675 (C=N).

ЯМР ^{13}C спектрі (100 МГц, $CDCl_3$), δ , м.д. (J , Гц): 34.1 (C-1); 37.2 (C-5); 58.2 (C-2); 58.3 (C-8); 56.0 (C-4); 55.9 (C-6); 164.52 (C-9); 171.3 (C=O); 133.0, 129.5, 128.3, 127.1 (Ar).

3-(3-Изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло-[3.3.1]нонан-9-он О-бензоилоксими β -циклодекстринді кешені (5). 13 мл этанолдағы 0.26 г (0.0005 М) О-бензоилоксим (4) ерітіндісіне 40 мл судағы 0.60 г (0.0002 М) β -циклодекстрин ерітіндісі қосылып 50-55 °C кептіргіш шкафта кептірілген соң, 0.86 г О-бензоилоксим β -циклодекстринмен кешені синтезделді.

Есептелгені, % : С 51.11; Н 6.91.

Табылғаны, % : С 51.20; Н 6.98. $C_{69}H_{112}N_4O_{39}$.

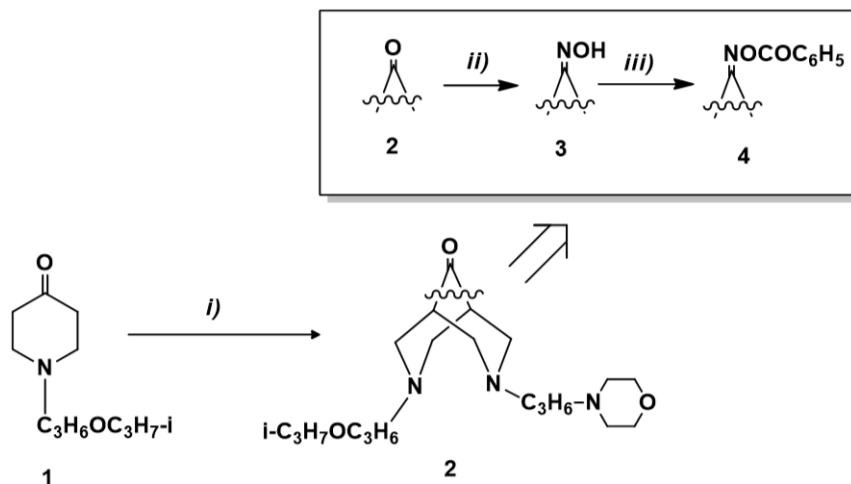
Биологиялық бөлім

Мак-Фарланд №1 оптикалық стандартты лайылық бойынша 5×10^8 (500 млн. микробтық дене) зерттелуші түрлер өлшеніп алынды. 100, 50, 20, 10, 5, 2, 1, 0.1 және 0.01 мкг/мл концентрацияларында ТК-1 препараты қосылған және препаратсыз бақыланатын Школьников сұйық қоректену ортасы бар пробиркаларға музейлік түрлер (0.2 мл-ден) орналастырылып, термостатта 37 °С 28 күн инкубацияланды. Көрсетілген мерзім өткеннен кейін тәжірибелік және бақылау үлгілерінің жуылған тұнбаларын Левенштейн-Йенсен тығыз сіңіруші орталарда қайта себу жүргізілді. Екі (тәжірибелік және бақылау) үлгілері тұнбасының қалған бөлігінен препараттар дайындалып, Циль-Нильсен бойынша боялды. Боялған препараттардың микроскопиясы көрсеткендей барлық дайындалған тәжірибелік үлгілерде МБТ болады, препарат қосылған және бақылау үлгілерінде 10 және одан да көп таяқшалар кездеседі. Термостатта 37 °С температурада 28 күн үлгілер қайта инкубацияланды. Тәжірибелер 3 реттік қайталанумен 2 серияда жүргізілді.

ТК-1 өткір уыттылығына зерттеу 18-25 г массадағы ақ тұқымсыз тышқандарға тері астына енгізу арқылы [11, 12] протоколдарға сәйкес зерттелді.

3. Нәтижелер мен талқылау

Манних конденсациясы жағдайында 1-(3-изопропоксипропил)пиперидин-4-он **(1)** 1-(3-морфолинопропил)амин және параформмен циклдену нәтижесінде бициклді кетон - 3-(3-изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-он **(2)** синтезделді. Күшті оксимидеуші агент қатысуымен бициклді кетон **(2)** 20 сағ спиртті ортада қыздырылып, сәйкес оксимге **(3)** дейін 91.5% жоғары шығыммен оксимиленді. Алынған оксимді **(3)** хлорлы бензоилмен 5 сағ абсолютті бензол қатысында ацирлегенде О-бензоилоксимнің **(4)** 72.2 % шығыммен алынуына әкелді.



1-сызбанұсқа – Жаңа 3-(3-изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабцикло[3.3.1]нонан-9-он және оның туындылары синтезі: *i)* 1-(3-морфолинопропил)амин, (CH₂O)_n, CH₃OH, HCl, CH₃COOH, 65 °C, 12 сағ; *ii)* NH₂OH-HCl, пиридин, этанол, 85-90 °C, 20 сағ; *iii)* C₆H₅COCl, C₆H₆, 90 °C, 5 сағ.

Бициклді кетон (2) ¹H ЯМР спектрінің 2.79-2.91 м.ү. аймағында аксиалды 2,4Н және 6,8Н дублеттер дублетінің спин-спин әрекеттесу константалары (²J=11.1 Гц; ³J= 6.0 Гц) мәндері күшті геминалды және аксиалды-экваториалды әсерлесулердің жүзеге асатындығын көрсетті. 2,4Н және 6,8Н экваториалды сигналдары 3.01 м.ү. аймағында дублеттер дублеті (²J=11.1 Гц; ³J=6.0 Гц) түрінде байқалды. 2,4,6,8Н протондары спин-спиндік әрекеттесу константалары пиперидин сақиналарының «кресло» конформациясын қабылдайтынын айқындайды. ¹³C ЯМР спектрде С=О көміртегі атомына тиесілі әлсіз сигнал 214.5 м.ү. аймағында синглет, 1,5 С көміртегі атомдары сигналы 46.6 м.ү. аймағында дублет және 2,4 С мен 6,8 С сигналдары 58.1 м.ү. екі еселік интенсиивтілігімен триплет түрінде көрінуі, мақсатты биспидинонның (2) алынғандығын растайды.

Бициклді оксимнің (3) ИҚ-спектрінде биспидинонға тән С=О жұтылу жолағы жойылып, 1675 см⁻¹ аймағында С=N байланысының жұтылу жолақтары түзіледі. ¹³C ЯМР деректері көрсеткендей С=О сәйкес көміртегі атомына тән сигнал жойылып, 161.5 м.ү. аймағында С=N көміртегі атомына сәйкес сигнал пайда болады. 9-жағдайдағы С=О байланысын оксим тобымен алмастыру биспидинон (1) молекуласының симметриясын бұзып, С₁ мен С₅ көміртегілері сигналдары бастапқы биспидинон (1) көміртегі сигналдарына қарағанда әлсіз өрісте (30.6 және 37.6 м.ү.) байқалады. Оксимнің (3) ПМР спектрінің күшті өрісінде 1Н және 5Н сигналдары 2.66 және 3.66 м.ү. жеке жеке байқалса, 9.78 м.ү. аймағында NOH тобының кеңейген сигналы пайда болады. Бұл мақсатты оксимнің синтезделгенін дәлелдейді.

Бициклді *O*-бензоилоксим (4) ИҚ спектрінде $C=O$ байланысы мен C_6H_5- тобына тән жұтылу жолақтары түзілсе, ^{13}C ЯМР спектрінде C_9 көміртек атомы сигналы 164.2 м.ү. әлсіз өріске ығысып, $C=O$ тобына сәйкес 171.3 м.ү. сигнал пайда болады. Фенил көміртек атомдары сигналдары 133.0, 129.5, 128.3, 127.1 м.ү. аймағында байқалады. Бұл мәліметтер бициклді *O*-бензоилоксимнің (4) түзілгендігін растайды.

Май түрінде синтезделген *O*-бензоилоксим (4) фармакологиялық зерттеулерге жіберу алдында β -циклодекстринге отырғызылды. Циклодекстриннің тотығу, ылғал мен жарық әсеріне қарсы тұрақтылыққа ынтықтығы дәрілік формаларды ұзақ сақтау, тасымалдау және оларды ағзаның мақсатты ауру орнына дейін дәлдеп жеткізу тұрғысында таптырмайтын молекулалық қасиеттер береді [10].

Жалпы генетика және цитология институтында **ТК-1** шифрімен алынған 3-(3-изопропоксипропил)-7-(2-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-он *O*-бензоилоксимінің β -циклодекстринмен кешенінің қарапайым және дәрілерге резистентті стафилокок, сальмонелла, ішек таяқшалары, туберкулез $H_{37} Rv$ микобактериялар (ТМБ) түрлеріне (20 штамм Қазақстан Республикасының Туберкулез мәселелері Ұлттық орталығындағының туберкулезбен сырқаттанушыларынан сынамалар ретінде алынған) *in vitro* бактерицидтік және бактериостатикалық әсері мен өткір уыттылығы тестіленіп, нәтижелер медицина практикасында туберкулезге қарсы қолданылатын антибиотик рифампицин көрсеткіштерімен салыстырылды. Нәтижесінде **ТК-1** ≥ 1 мкг/мл көлемінде алу грам оң (*S. aureus*) және грам теріс (*E.coli*, *S.haemolyticus*, *S.typhimurium*) микроағзаларға қарсы оң нәтиже берді. **ТК-1** туберкулез $H_{37} Rv$ микобактерияларының сезімтал түріне қарсы әсер көрсетті. LD_{50} уыттылығы (325+17.8 мг/кг) медицинада қолданылатын препарат – рифампициннен (LD_{50} 268.0 мг/кг) 1.5 есе төмен болды.

Бактериялар штамдарына рифампицин әсерін зерттегенде оның 100-1 мкг/мл аралығындағы бактерицидтік белсенділікке ие болса, 0.1 мкг/мл ТБМ шекті өскендігі байқалды. **ТК-1** 100-5 мкг/мл аралығындағы концентрация мөлшерінде бактерицидтік белсенділігі болса, 2 мен 1 мкг/мл аралығында төменгі шектеулі өсім болатындығы анықталды.

Осыған сәйкес, **ТК-1** препараты 5-2 мкг/мл концентрациялары мәндерінде жабайы сезімтал ТМБ қатысты бактерицидтік қасиеті бар екендігі нақтыланды.

4. Қорытынды

ТК-1 зертханалық белгісімен 3-(3-изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-он *O*-бензоилоксимі β -циклодекстринмен кешенінің биологиялық белсенділігі зерттеліп, LD_{50} уыттылығы рифампициннен 1.5 есе төмен болатындығы анықталды. Биологиялық зерттеу нәтижесінде туберкулезге қарсы белсенділік көрсеткен

3-(3-изопропоксипропил)-7-(3-морфолинопропил)-3,7-диазабицикло[3.3.1]нонан-9-он *O*-бензоилоксимінің β-циклодекстринмен кешені одан ары қарай тереңдетілген биозерттеулерге кандидат қосылыс ретінде ұсынылды.

Қаржыландыру: Бұл зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитетімен қаржыландырылған (грант № AP22685628).

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

СИНТЕЗ И БАКТЕРИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ БИСПИДИНОНА

Тогызбаева Н.А.¹, Искакова Т.К.², Малмакова А.Е.^{3,4}*

¹Кызылординский университет имени Коркыт Ата, Кызылорда, Казахстан

²Satbayev University, Алматы, Казахстан

³Институт химических наук имени А.Б. Бектұрова, Алматы, Казахстан

⁴Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

*E-mail: malmakova@mail.ru

Резюме. Введение. Учитывая то, что за последние десятилетия не было разработано новых противотуберкулёзных препаратов, а также тот факт, что туберкулёзная палочка обладает особыми свойствами повышенной восприимчивости при изменении условий её жизнедеятельности в организме человека, это подчёркивает важность синтеза новых противотуберкулёзных средств. Экспериментальные результаты, полученные в ходе исследований, обогащают новейшей информацией о современной химии развития и антибактериальной активности перспективного класса химических соединений - производных биспидинонов. Полученное нами соединение обладает бактерицидной активностью и может стать основой для разработки нового отечественного безопасного препарата. *Целью данной работы* является изучение физико-химических и биологических свойств новых биспидинонов. *Результаты и обсуждение.* Биспидинон синтезируется в условиях конденсации Манниха и далее нагреваясь в спиртовой среде в присутствии гидрохлорида гидроксилamina и пиридина оксимилируется до соответствующего оксима с высоким выходом 91.5%. Нагреванием оксима получают целевой *O*-бензоилоксим с выходом 72.2%. β-Циклодекстриновый комплекс *O*-бензоилоксима (ТК-1) исследован на *in vitro* бактерицидные свойства. *Вывод.* *O*-Бензоилоксим (ТК-1) зарекомендовал себя как высокоактивное соединение в серии экспериментов, изучающих бактерицидную активность в отношении штаммов диких чувствительных микобактерий туберкулеза. Результаты исследования острой токсичности после однократного подкожного введения мышам белой породы показали, что *O*-бензоилоксим представляет собой соединение с низкой токсичностью по сравнению с рифампицином.

Ключевые слова: производные биспидинона, *O*-бензоилоксим, комплексирование, местная бактерицидная активность, острая токсичность.

<i>Тогызбаева Нурила Абылхайровна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Искакова Тыныштык Кадыровна</i>	<i>Доктор химических наук, профессор</i>
<i>Малмакова Айгул Ербосыновна</i>	<i>PhD, ассоциированный профессор</i>

Әдебиеттер тізімі

1. Dye C, Maher D, Weil D, Espinal M, Ravigione M. Targets for global tuberculosis control. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.*, **2006**, *10*, 460–462.
2. World Health Organization. 2016. *Global Tuberculosis Report 2016*. WHO/HTM/TB/2016.13. World Health Organization, Geneva, Switzerland.

3. Yee D., Valiquette C., Pelletier M., Parisien I., Rocher I., Menzies D. Incidence of serious side effects from first-line antituberculosis drugs among patients treated for active tuberculosis. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* **2003**, 167(11), 1472-7. DOI: 10.1164/rccm.200206-626OC.
4. Malmakova A.E., Yu V.K., T.K. Isakova. Study of the physicochemical and biological properties of a new bispidine with a morpholine fragment. *Chem. J. Kaz.*, **2024**, 3(87), 5-13. DOI: 10.51580/2024-3.2710-1185.28
5. Neborak E. V., Kaldybayeva A.B., Bey L., Malmakova A.Y., Tveritinova A.S., Hilal A., Yu V.K., Ploskonos M. V., Komarova M. V., Agostinelli E. Anticancer cytotoxic activity of bispidine derivatives associated with the increasing catabolism of polyamines. *Molecules*, **2022**, 27, 3872. DOI: 10.3390/molecules27123872.
6. Kaldybayeva A.B., Yu V.K., Malmakova A.E., Li T., Ten A.Y., Seilkhanov T.M., Praliyev K.D., Berlin K.D. Novel complexes of 3-[3-(1H-imidazol-1-yl)propyl]-3,7-diaza-bispidines and β -cyclodextrin as coatings to protect and stimulate sprouting wheat seeds. *Molecules*, **2022**, 27, 7406. DOI: 10.3390/molecules27217406.
7. Breuning M., Steiner M., Mehler C., Paasche A., Hein D. A flexible route to chiral 2-endo substituted 9-oxabispidines and their application in the enantioselective oxidation of secondary alcohols. *J. Org. Chem.*, **2009**, 74, No. 3, 1407–1410. DOI: 10.1021/jo802409x
8. Parthiban P., Kabilan S., Ramkumar V., Jeong Y.T. Stereocontrolled facile synthesis and antimicrobial activity of oximes and oxime ethers of diversely substituted bispidines. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **2010**, 20, No. 22, 6452–6458. DOI: 10.1016/j.bmcl.2010.09.079
9. Balaji G.L., Rajesh K., Janardhan R., Vijayakumar V. Synthesis of novel 9-((arylidene)hydrazono)-2,4,6,8-tetrakis(4-methoxyphenyl)-3,7-diazabicyclo[3.3.1]nonane azines as potential antibacterial agents. *Res. Chem. Intermed.*, **2015**, 41, No. 9, 6497–6509. DOI: 10.1007/s11164-014-1756-9
10. Bungarung L., Gutmann A., Nidetzky, B. β -Cyclodextrin improves solubility and enzymatic C-glucosylation of the flavonoid phloretin. *Adv. Synth. Catal.*, **2015**, 358(3), 486–493. DOI: 10.1002/adsc.201500838
11. Миронов А.Н. Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств. Часть первая. Методические рекомендации по доклиническому изучению противосудорожной активности лекарственных средств. Москва, ЗАО «Гриф и К», 2012, 339-340 с.
12. Handbook: good laboratory practice (GLP): quality practices for regulated non-clinical research and development - 2nd ed. UNDP/World Bank/WHO Special Programme for Research and Training in Tropical Diseases (TDR), 243 p. Available at: <https://iris.who.int/handle/10665/66894>.

References

1. Dye C, Maher D, Weil D, Espinal M, Raviglion M. Targets for global tuberculosis control. *Int. J. Tuberc. Lung Dis.*, **2006**, 10, 460–462.
2. World Health Organization. 2016. *Global Tuberculosis Report 2016*. WHO/HTM/TB/2016.13. World Health Organization, Geneva, Switzerland.
3. Yee D., Valiquette C., Pelletier M., Parisien I., Rocher I., Menzies D. Incidence of serious side effects from first-line antituberculosis drugs among patients treated for active tuberculosis. *Am. J. Respir. Crit. Care Med.* **2003**, 167(11), 1472-7. DOI: 10.1164/rccm.200206-626OC.
4. Malmakova A.E., Yu V.K., T.K. Isakova. Study of the physicochemical and biological properties of a new bispidine with a morpholine fragment. *Chem. J. Kaz.*, **2024**, 3(87), 5-13. DOI: 10.51580/2024-3.2710-1185.28
5. Neborak E. V., Kaldybayeva A.B., Bey L., Malmakova A.Y., Tveritinova A.S., Hilal A., Yu V.K., Ploskonos M. V., Komarova M. V., Agostinelli E. Anticancer cytotoxic activity of bispidine derivatives associated with the increasing catabolism of polyamines. *Molecules*, **2022**, 27, 3872. DOI: 10.3390/molecules27123872.
6. Kaldybayeva A.B., Yu V.K., Malmakova A.E., Li T., Ten A.Y., Seilkhanov T.M., Praliyev K.D., Berlin K.D. Novel complexes of 3-[3-(1H-imidazol-1-yl)propyl]-3,7-diaza-bispidines and β -cyclodextrin as coatings to protect and stimulate sprouting wheat seeds. *Molecules*, **2022**, 27, 7406. DOI: 10.3390/molecules27217406.
7. Breuning M., Steiner M., Mehler C., Paasche A., Hein D. A flexible route to chiral 2-endo substituted 9-oxabispidines and their application in the enantioselective oxidation of secondary alcohols. *J. Org. Chem.*, **2009**, 74, No. 3, 1407–1410. DOI: 10.1021/jo802409x

8. Parthiban P., Kabilan S., Ramkumar V., Jeong Y.T. Stereocontrolled facile synthesis and antimicrobial activity of oximes and oxime ethers of diversely substituted bispidines. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, **2010**, 20, No. 22, 6452–6458. DOI: 10.1016/j.bmcl.2010.09.079

9. Balaji G.L., Rajesh K., Janardhan R., Vijayakumar V. Synthesis of novel 9-((arylidene)hydrazono)-2,4,6,8-tetrakis(4-methoxyphenyl)-3,7-diazabicyclo[3.3.1]nonane azines as potential antibacterial agents. *Res. Chem. Intermed.*, **2015**, 41, No. 9, 6497–6509. DOI: 10.1007/s11164-014-1756-9

10. Bungaruang L., Gutmann A., Nidetzky, B. β -Cyclodextrin improves solubility and enzymatic C-glucosylation of the flavonoid phloretin. *Adv. Synth. Catal.*, **2015**, 358(3), 486–493. DOI: 10.1002/adsc.201500838

11. Mironov A.N. Rukovodstvo po provedeniyu doklinicheskikh issledovanij lekarstvennykh sredstv. Chast' pervaya. Metodicheskie rekomendacii po doklinicheskomu izucheniyu protivosudorozhnoj aktivnosti lekarstvennykh sredstv. Moskva, ZAO «Grif i K», **2012**, 339-340.

12. Handbook: good laboratory practice (GLP): quality practices for regulated non-clinical research and development - 2nd ed. UNDP/World Bank/WHO Special programme for research and training in tropical diseases (TDR), 243 p. Available at: <https://iris.who.int/handle/10665/66894>.

CLATHRATE COMPLEXES OF HYDRAZONES OF 2- AND 4-HYDROXYBENZOIC ACIDS WITH CYCLODEXTRINS AND THEIR PROPERTIES

S.D. Fazylov^{1*}, O.A. Nurkenov¹, I.A. Pustolaikina², A.Zh. Sarsenbekova², Zh.B. Satpayeva²,
R.E. Bakirova³, A.K. Svidersky⁴, A.Zh. Mendibayeva¹, B.Zh. Ashirbekova³

¹Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry, Karaganda, Kazakhstan

²Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan

³Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan

⁴Zhezkazgan University named after Omirkhan Baikonurov, Zhezkazgan, Kazakhstan

*E-mail: iosu8990@mail.ru

Abstract: *Goals and objectives.* The paper presents the results of a study on the preparation of water-soluble complexes of inclusions of 4- and 2-hydroxyhydrazides of benzoic acid and their hydrazones with cyclodextrins (β -CD, γ -CD) in an aqueous alcohol solution. *Methods.* The complexation of the obtained hydrazones with α -, β -, γ -cyclodextrins was studied *in silico* using molecular docking and modeling methods. *Results and discussion.* All the investigated hydrazones demonstrated the best value of binding affinity with β -cyclodextrin. The efficiency of binding of the studied hydrazones to cyclodextrins is provided primarily by the correspondence of the geometric parameters of the "guest" and "host" molecules, as well as the formation of intermolecular hydrogen bonds. The complexation of the studied γ -CD hydrazones proceeds with the participation of both internal protons of the cyclodextrin cavity and those located on the outer surface of the conical cone to form mixed supramolecular complexes. The spectral and thermochemical properties of the inclusion complexes were characterized using IR, ¹H, and ¹³C NMR spectroscopy. *Conclusion.* The optimal conditions proposed in the work for the encapsulation of hydrazone derivatives of benzoic acid can be used in the preparation of water-soluble forms of similar compounds.

Key words: benzoic acid hydrazide, hydrazones, cyclodextrins, supramolecular complex, thermographic analysis.

Fazylov Serik Drakhmetovich	Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: iosu8990@mail.ru
Nurkenov Oralgazy Aktayevich	Doctor of chemical sciences, Professor, head of laboratory; E-mail: nurkenov_oral@mail.ru
Pustolaikina Irina Anatolevna	Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; E-mail: ipustolaikina@gmail.com
Sarsenbekova Akmaral Zhakanovna	Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor; E-mail: chem_akmaral@mail.ru

Citation: Fazylov S.D., Nurkenov O.A., Pustolaikina I.A., Sarsenbekova A.Zh., Satpayeva Zh.B., Bakirova R.E., Svidersky A.K., Mendibayeva A.Zh., Ashirbekova B.Zh. Clathrate complexes of hydrazones of 2- and 4-hydroxybenzoic acids with Cyclodextrins and their properties. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 25-36. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.03>

Satpaveva Zhanarkul Bolsynbekovna	Junior researcher; E-mail: satpaveva_zh@mail.ru
Bakirova Ryszhan Emelevna	Doctor of Medical sciences, Professor; E-mail: bakir15@mail.ru
Svidersky Aleksandr Konstantinovich	Doctor of chemical sciences, Professor; E-mail: katsostud@mail.ru
Mendibayeva Anel Zhanatovna	Junior researcher; E-mail: anenyawa@mail.ru
Ashirbekova Bolatkul Dzhuzbaevna	Junior researcher; E-mail: ashirbekova@qmu.kz

КЛАТРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ГИДРАЗОНОВ 2- И 4- ГИДРОКСИБЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ И ИХ СВОЙСТВА

С.Д. Фазылов^{1*}, О.А. Нуркенов¹, И.А. Пустолайкина², А.Ж.Сарсенбекова², Ж.Б. Сатпаева², Р.Е. Бакирова³, А.К.Свидерский⁴, А.Ж. Мендибаева¹, Б.Ж. Аширбекова³

¹Институт органического синтеза и углехимии РК, Караганда, Казахстан

²Карагандинский университет им. Е.А. Букетова, Караганда, Казахстан

³Медицинский университет Караганды, Караганда, Казахстан

⁴Жезказганский университет им.О.Байконурова, Жезказган, Казахстан

*E-mail: iosu8990@mail.ru

Резюме. Цели и задачи. В работе представлены результаты исследования по получению водорастворимых комплексов включений 4- и 2-гидроксигидразидов бензойной и их гидразонов с циклодекстринами (β -ЦД, γ -ЦД) в водно-спиртовой среде. Методы. Методами молекулярного докинга и моделирования выполнено *in silico* исследование комплексообразования полученных гидразонов с α -, β -, γ -циклодекстринами. Результаты. Все исследуемые гидразоны продемонстрировали наилучшее значение афинности связывания с β -циклодекстрином. Эффективность связывания исследуемых гидразонов с циклодекстринами обеспечивается прежде всего соответствием геометрических параметров молекул «гостя» и «хозяина», а также образованием межмолекулярных водородных связей. Комплексообразование изучаемых гидразонов с γ -ЦД-ном протекает с участием как внутренних протонов циклодекстриновой полости, так и расположенных на внешней поверхности конического конуса с образованием смешанных супрамолекулярных комплексов. Спектральные и термодинамические свойства комплексов включений были охарактеризованы с помощью ИК-, ^1H и ^{13}C ЯМР-спектроскопии. Заключение. Предложенные в работе оптимальные условия инкапсулирования гидразоновых производных бензойной кислоты могут быть использованы при получении водорастворимых форм аналогичных соединений.

Ключевые слова: Гидразид бензойной кислоты, гидразоны, циклодекстрины, супрамолекулярный комплекс, термографический анализ.

Фазылов Серик Драгметович	Академик НАН РК, доктор химических наук, профессор
Нуркенов Оралгазы Ақтаевич	Доктор химических наук, профессор, заведующий лабораторией
Пустолайкина Ирина Анатольевна	Кандидат химических наук, ассоциированный профессор
Сарсенбекова Акмарал Жақановна	Кандидат химических наук, ассоциированный профессор
Сатпаева Жанаркуль Болсынбековна	Младший научный сотрудник
Бакирова Рысжан Емельевна	Доктор медицинских наук, профессор
Свидерский Александр Константинович	Доктор химических наук, профессор

*Мендибаева Анель Жанатовна**Младший научный сотрудник*

*Аширбекова Болаткуль Жүзбаевна**Младший научный сотрудник*

1. Введение

Высокая биологическая активность гидразоновых производных бензойной кислоты (рис. 1) стимулирует поиск и синтез их новых производных. Хорошо известно, что группа гидразона играет важную роль в антимикробной активности. Гидразид-гидразоны представляют собой класс органических соединений, который привлекает внимание химиков-медиков тем, что они содержат азометиновую группу ($-\text{NH}-\text{N}=\text{CH}-$), связанную с карбонильной группой, которая делает возможным синтез различных гетероциклических структур [1]. Многие гидразид-гидразоновые соединения известны как антибактериальные [1-4], антитуберкулезные [5-6], противомаларийные [7], противовоспалительные [8-10] препараты. Это вызывает интерес как к разработке методов синтеза, так и к закономерностям количественного соотношения структура-активность.

Привлекательность гидразид-гидразонов как биоактивных соединений обусловлена также многогранностью их реакционной способности в создании новых биоактивных средств [11]. Однако многие производные гидразонов характеризуются низкой растворимостью в водной среде, что не позволяет провести широкие изучение их биологических свойств. Образование комплексов включений «гость-хозяин» с циклодекстринами может повысить растворимость и стабильность молекулы «гостя» [12]. В связи с этим перспективно использование олигосахаридов циклического строения α -, β - и γ -циклодекстринов (ЦД) в поиске новых биоактивных соединений [12, 13]. В литературе имеются лишь несколько данных, касающихся комплексообразования циклодекстринов с гостевыми структурами, сходными со структурой 2- и 4-гидроксibenзойной кислоты [14-17]. Комплексное исследование и установление взаимосвязи между термодинамическими и структурными характеристиками природных α -, β - и γ -ЦД с рассматриваемыми в работе производными гидразидов 2- и 4-гидроксibenзойной кислоты ранее не проводились.

2. Экспериментальная часть

В качестве субстратов для получения комплексов включений были использованы синтезированные нами [18] гидразиды (1 и 2), а также их гидразоновые производные: N-(4-(диэтиламино)-2-гидроксibenзилиден)-2-гидроксibenзогидразид (3), N-(4-(диэтиламино)-2-гидроксibenзилиден)-4-гидроксibenзогидразид (4). В качестве комплексообразователя был выбран β -ЦД производства “Fluka” (США) (чистота 99%). Физико-химические характеристики и данные спектров ЯМР ^1H и ^{13}C комплексов гидразидов снимали на спектрометре JNM-ECA 400 (399.78 и 100.53 МГц соответственно) с использованием растворителя $\text{DMSO}-d_6$.

Термогравиметрический (ТГ), дифференциальный термический (ДТГ) и дифференциально-сканирующий калориметрический (ДСК) анализ проводили на оборудовании ДТА/ДСК (Labsys EVO, Setaram, Франция) в динамическом режиме в диапазоне температур 30-500°C при скорости нагрева 100°C/мин в атмосфере азота и воздуха.

Исследования молекулярного докинга

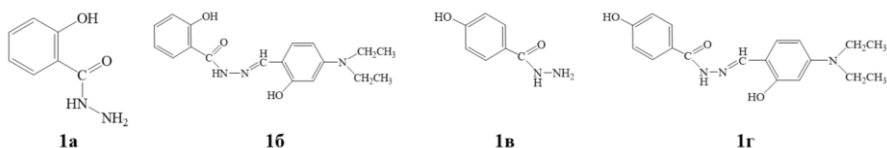
Структуры молекул α -, β -, γ -ЦД были скачаны из базы данных PubChem Substance and Compound (<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/>): 444913 - α -ЦД, 444041 β -ЦД, 5287407 γ -ЦД. Молекулярные структуры ЦД, гидразидов и гидразонов **1a-d** были экспортированы в 2D-редактор ChemDraw [19]. Процедура молекулярного докинга проводилась с использованием программного обеспечения AutoDock Vina и AutoDock MGL Tools 1.5. [19,20] и использовали следующие сетчатые координаты активного рецептора: ($x = -0,0148$, $y = -0,11$, $z = -0,03$) для структуры α -ЦД, ($x = -26,173$, $y = -30,009$, $z = -13,283$) для структуры β - ЦД, и ($x = -0,927$, $y = 5,86$, $z = 3,612$) для γ - ЦД. На основании результатов докинга был выполнен сравнительный анализ афинности связывания и межмолекулярных взаимодействий образующихся комплексов включения.

Термографические измерения

Термодеструкцию образцов **1a-г** проводили с помощью дифференциального сканирующего калориметра LabsysEvoTG-DTA/DSC в корундовых тиглях в интервале температур от 30 до 700°C в потоке аргона (при скорости потока защитного и продувочного газа 20 и 50 мл в минуту соответственно). Обработка результатов измерений была выполнена с помощью пакета программ «OriginLab» и дистрибутива «Python Anaconda 3».

3. Результаты и обсуждение

В данной работе в качестве гостевых субстратов были взяты гидразиды и гидразоны 2- и 4-гидроксibenзойной кислоты [18].



Исследования молекулярного докинга

С целью выбора наиболее эффективного комплексообразующего агента из трех ЦД было выполнено исследование комплексов «хозяин-гость» для системы циклодекстрин-гидразон с молярным соотношением 1:1 (схема 1) методом молекулярного докинга с оценкой афинности связывания. В качестве объектов исследования выступили молекулы гидразонов **1a-1g**

(«гости»), а также молекулярные контейнеры α -, β - и γ -циклодекстринов («хозяева»).

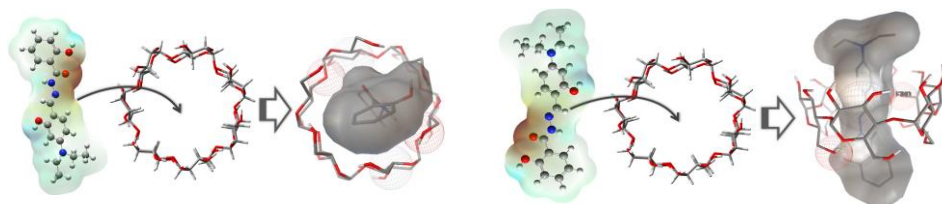


Схема 1 - Схемы образования молекулярных контейнеров гидразона **1b** с β -циклодекстрином

В рамках подготовки молекулярных структур объектов исследования к докингу их геометрия была первоначально оптимизирована методом DFT RB3LYP/6-31G CPCM (water) для определения наиболее устойчивых конформаций и оценки их параметров. На рис. 1 представлены полученные в результате полной оптимизации геометрии наиболее устойчивые конформации молекул гидразонов **1a-г**, а также α -, β - и γ -ЦД.

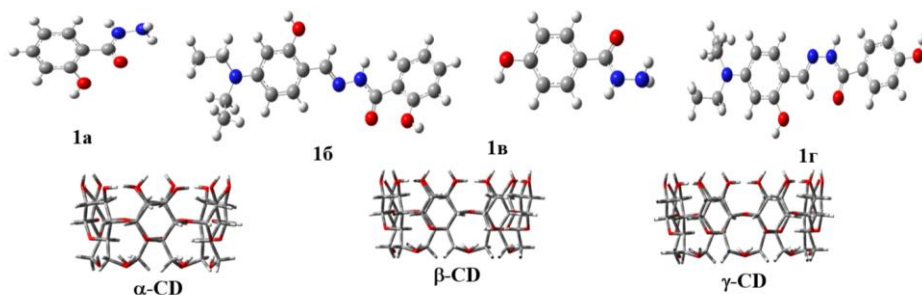


Рисунок 1 - Оптимизированные геометрии объектов исследования

Как видно из представленных на рис. 1 данных, каркас молекул гидразонов характеризуется определенной жесткостью благодаря наличию устойчивых к конформационной деформации бензольных колец, а также наличию препятствующей свободному вращению $C=NN$ -группы. Двойственная природа ЦД позволяет им включать гидрофобные молекулы-гости внутри себя, улучшая их растворимость и стабильность в водных растворах. Соотношение геометрических параметров молекул гидразонов в качестве «гостей» с размерами полостей молекул α -, β - и γ -ЦД позволяет предположить наиболее эффективное связывание с β - и γ -ЦД, так как «контейнер» молекулы α -ЦД слишком мал для вмещения молекул исследуемых гидразонов.

Полученные в результате оптимизации геометрии объектов исследования были сконвертированы в *.pdb формат и использованы для выполнения процедуры молекулярного докинга комплексов включения по типу «хозяин-гость» с молярным соотношением 1:1. Полученные в результате молекулярного докинга афинности связывания представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Афинность связывания для комплексов гидразон - ЦД (1:1)

Циклодекстрин Гидразон	α -ЦД	β - ЦД	γ - ЦД
1a	-4.2	-5.0	-4.5
1b	-5.3	-5.7	-5.1
1c	-5.0	-5.3	-4.8
1d	-4.2	-5.7	-4.3

Как следует из представленных в таблице 1 данных, наилучшее связывание все гидразоны проявили с β -ЦД, чуть менее эффективное связывание в большинстве случаев было продемонстрировано с γ -ЦД, за исключением гидразонов **1б** и **1в**, которые после β -ЦД более эффективно взаимодействовали с α -ЦД. Наилучшее значение афинности связывания от -5,0 до -5,7 ккал/моль гидразоны **1а-г** продемонстрировали с β -ЦД. Наихудшее связывание продемонстрировали гидразоны **1а** и **1г** с α - ЦД, показав афинность связывания -4,2 ккал/моль. Достаточно эффективное взаимодействие гидразонов **1б** и **1в** (афинность связывания -5,3 и -5,0 ккал/моль соответственно) с α -ЦД, что по-видимому, обусловлено наличием в них длинного -C-N-N=C- мостика, а также полярных -C=O и -C-O-H, обеспечивающих проникновение и закрепление молекулы гостя в полость хозяина. Анализ представленных на рис.2 с геометрией комплексов гидразон-циклодекстрин показывает, что с α -ЦД гидразоны **1а** имеют поверхностное связывание, без проникновения молекулы гостя в полость хозяина, что проявляется в низких значениях афинности связывания. Интересно отметить, что в случае с γ -ЦД, несмотря на проникновение молекул «гостей» внутрь полости тора, исследуемые гидразоны демонстрируют менее эффективное связывание, чем в случае с β -ЦД. Это обусловлено, по-видимому, несоответствием размера полости тора γ -ЦД геометрическим параметрам молекул гидразонов - в ряде случаев можно отметить, как молекула «гостя» буквально «проваливается» сквозь полость γ -ЦД (рисунок 2).

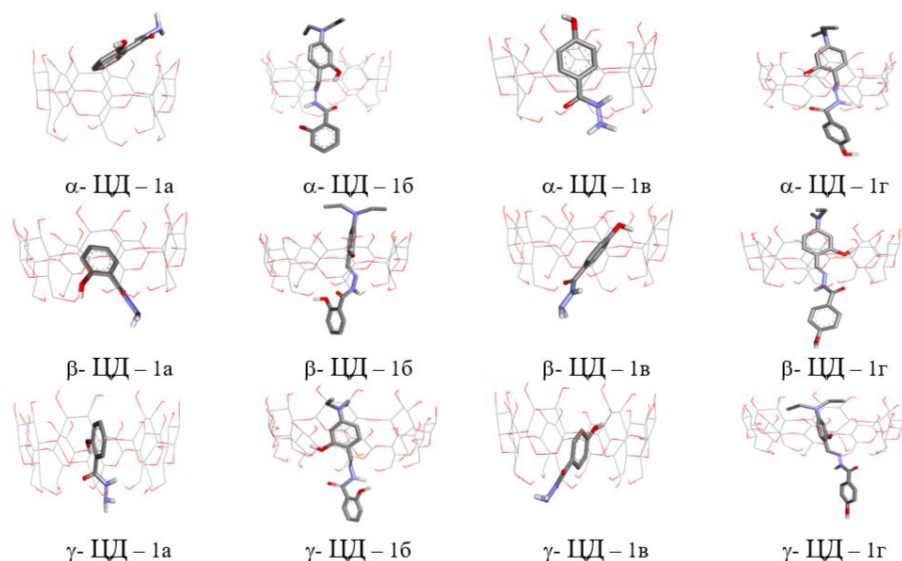


Рисунок 2 - Лучшие позы связывания гидразонов **1а-г** с α -, β - и γ - ЦД

В целом, моделирование с помощью инструментов молекулярного докинга позволило выявить β - ЦД как наиболее эффективный комплексообразующий агент для исследуемых гидразонов. Все исследуемые гидразоны продемонстрировали наилучшее значение аффинности связывания с β - ЦД. При этом для молекул **1б**, **1в** комплексообразователем второго выбора может быть рекомендован α - ЦД, а для остальных - γ - ЦД. Эффективность связывания исследуемых гидразонов с ЦД обеспечивается прежде всего соответствием геометрических параметров молекул «гостя» и «хозяина», а также наличием и положением функциональных, способных к возникновению межмолекулярных взаимодействий между ними.

Термическая стабильность.

Термическая стабильность образованных комплексов включения гидразидов и их гидразоновых производных с β -ЦД были исследованы методом термогравиметрического анализа (ТГА). Метод ТГА позволяет учитывать изменение массы супрамолекулярных комплексов включением субстратов от температуры (рисунок 3) и на основе ее пиков точно определять скорость термического разложения изучаемых образцов.

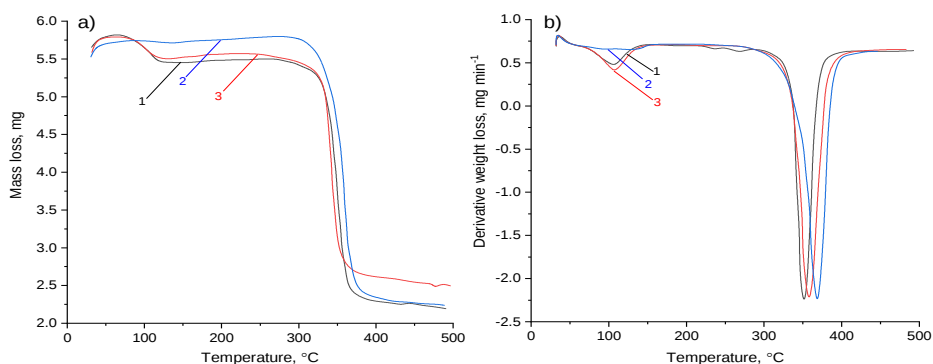


Рисунок 3 - Термогравиметрические кривые ЦД (1), физические смеси ЦД с гидразином (2) и комплекс включения ЦД:1d (3)

Кривые, представленные на рисунке 3, отображают результаты ТГА и производного термогравиметрического анализа (ДТГ) для различных образцов: ЦД, его физических смесей с гидразином, а также комплекса включения ЦД:1d. На ТГА-кривых (рисунок 3, а) показано изменение массы образцов (ТГ, мг) в зависимости от температуры (°C), а на ДТГ-кривых (рисунок 3, б) - скорость изменения массы (мг/мин) по мере нагревания. Процесс термической деструкции ЦД, а также физических смесей ЦД с гидразином и комплексным ЦД:1d протекает в несколько стадий, сопровождающихся потерями массы, фиксируемыми на кривых ТГ и ДТГ. Как видно из рисунка 3, для ЦД и физических смесей с гидразином потеря массы, связанная с удалением воды, происходит при ~100°C (3.80 мг, 3.50 мг), тогда как для комплекса включения ЦД:1d - при 115°C (4.20 мг), что свидетельствует о более сильном связывании воды в комплексе. Это подтверждается более выраженным низкотемпературным пиком на ДТГ-кривой (рисунок 3, б). В интервале температуры 305-365°C для 1-го образца (ЦД), 305-375°C для 3-го образца (ЦД:1d), а также 305-385°C для физической смеси ЦД с гидразином наблюдаются эффекты, сопровождающиеся резкой потерей массы, что свидетельствует о начале процесса термической деструкции и разделения компонентов комплексов (рисунок 3), при этом ТГ- и ДТГ-кривые показывают, что основные разложения комплекса включения ЦД:1d начинаются при более низкой температуре (ДТГ max=357°C), чем для физических смесей ЦД с гидразином (ДТГ max=367°C), что свидетельствует о снижении термической устойчивости комплекса включения ЦД:1d по сравнению с физическими смесями ЦД с гидразином. Однако наблюдается, что комплекс включения ЦД:1d способствует уменьшению термической стабильности самого ЦД (таблица 2).

Таблица 2 - Данные термограмм комплексов β -ЦД, физические смеси ЦД с гидразоном и комплекса включения ЦД: 1г

Параметр	β -ЦД	Физическая смесь ЦД с гидразоном	Комплекс включения ЦД: 1г
Температура начала потери массы, °C	100°C	115°C	100°C
Температура максимальная скорость разложения (ДТГ max), °C	°C	357°C	°C
Потеря массы на начальном этапе (до 150°C), %	63.33%/3.80 мг	58.33%/3.50 мг	70.00%/4.20 мг
Температурный диапазон основных разложений, °C	305–376°C	305–400°C	305–393°C
Остаточная масса, %	36.66%/2.2 мг	41.67%/2.5 мг	30.0%/1.8 мг

4. Заключение

Гидразоны 2- и 4-гидроксibenзойной кислоты с β - и γ -ЦД образуются комплексы включения субстратов с молекулами β - и γ -ЦД. Процесс комплексообразования субстратов протекает в одинаковой степени с участием как внутренних протонов циклодекстриновой полости, так и расположенных на внешней поверхности с образованием смешанных супрамолекулярных комплексов. Соотношение геометрических параметров молекул гидразонов в качестве «гостей» с размерами полостей молекул α -, β - и γ -ЦД позволяет предположить наиболее эффективное связывание с β - и γ -ЦД. Результаты анализов термодеструкции комплексов свидетельствуют о повышении термостабильности молекулы ЦД при включении в его полость биологически активного компонента.

Финансирование: Приводится информация о финансировании исследований.

Благодарности: Выражается благодарность тем, кто помог вам в подготовке вашей работы.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов между авторами.

2 - ЖӘНЕ 4-ГИДРОКСИБЕНЗОЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ ГИДРАЗОНДАРЫНЫҢ ЦИКЛОДЕКСТРИНДЕРМЕН КЛАТРАТ КЕШЕНДЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ

С. Д. Фазылов^{1*}, О. А. Нұркенов¹, И. А. Пустолайкина², А. Ж. Сәрсенбекова²,
Ж. Б. Сәтбаева², Р. Е. Бакирова³, А. К. Сви́дeрский⁴, А. Ж. Меңдібаева¹,
Б. Ж. Аширбекова³

¹ҚР органикалық синтез және көмір химиясы институты, Қарағанды, Қазақстан

²Е. А. Бөкетов атындағы Қарағанды университеті, Қарағанды, Қазақстан

³Қарағанды медициналық университеті, Қарағанды, Қазақстан

⁴О. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Жезқазған, Қазақстан

*E-mail: iosu8990@mail.ru

Түйіндемe. *Мақсаттары мен міндеттері.* Жұмыста сулы - спиртті ортада циклодекстриндері (β -ЦД, γ -ЦД) бар бензойдың 4-және 2-гидроксигидразидтері мен олардың гидразондарының суда еритін қосындыларын алу бойынша зерттеу нәтижелері келтірілген. *Әдістері.* Молекулалық қондыру және модельдеу әдістерімен алынған гидразондардың α -, β -, γ -циклодекстриндермен күрделі кешен түзілуін *in silico* зерттеуі жүргізілді. *Нәтижелер.* Барлық зерттелген гидразондар β -циклодекстринмен байланысу афиналығының ең жақсы мәнін көрсетті. Зерттелетін гидразондарды циклодекстринмен байланыстыру тиімділігі, ең алдымен, "қонақ" және "қожайын" молекулаларының геометриялық параметрлерінің сәйкестігімен, сондай-ақ молекулааралық сутегі байланыстарының түзілуімен қамтамасыз етіледі. Зерттелетін гидразондардың комплекс түзілуі циклодекстрин қуысының ішкі протондарының қатысуымен, қонустың сыртқы бетінде орналасқан, аралас супрамолекулалық кешендер түзеді. Алынған кешендердің спектрлік және термохимиялық қасиеттері ИҚ-, ^1H және ^{13}C ЯМР спектроскопиясымен сипатталды. *Қорытынды.* Жұмыста ұсынылған бензой қышқылының гидразон туындыларын инкапсуляциялаудың оңтайлы шарттары ұқсас қосылыстардың суда еритін түрлерін алу кезінде пайдаланылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: бензой қышқылының гидразиді, гидразондар, циклодекстриндер, супрамолекулалық кешен, термографиялық талдау.

Фазылов Серік Драхметұлы	ҚР ҰҒА Академигі, химия ғылымдарының докторы, профессор
Нұркенов Оралғазы Ақтайұлы	Химия ғылымдарының докторы, профессор, зертхана меңгерушісі
Пустолайкина Ирина Анатольевна	Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
Сәрсенбекова Акмарал Жақановна	Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
Сәтбаева Жанаркүл Болсынбековна	Кіші ғылыми қызметкер
Бакирова Рысжан Емельевна	Медицина ғылымдарының докторы, профессор
Свидерский Александр Константинович	Химия ғылымдарының докторы, профессор
Меңдібаева Анель Жанатовна	Кіші ғылыми қызметкер
Аширбекова Болаткүл Жүзбаевна	Кіші ғылыми қызметкер

Список литературы

1. Popiolek L. Hydrazide-hydrazones as potential antimicrobial agents: overview of the literature since 2010. *Med Chem. Res.* **2016**, 26, №2, 287–301. DOI: 10.1007/s00044-016-1756-y
2. Papakonstantinou-Garoufalias S., Pouli N., Marakos P., ChytiroglouLadas A. *Farmaco*, **2002**, 57, 973–977.
3. Belyaeva E.R., Yu V., Myasoedova N.M., Ishmuratova G., Ishmuratov Yu. Synthesis and Biological Activity of N-Acylhydrazones. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, **2022**, 48, 1123. DOI: 10.1134/S1068162022060085
4. Vicini P., Zani F., Cozzini P., Doytchinova I. Hydrazones of 1,2-benzisothiazole hydrazides: synthesis, antimicrobial activity and QSAR investigations. *Eur J. Med. Chem.* **2002**, 37, 553–564. DOI: 10.1016/s0223-5234(02)01378-8
5. Kaymakçioğlu B.K., Rollas S. Synthesis, characterization and evaluation of antituberculosis activity of some hydrazones. *Farmaco*, **2002**, 57, 595–599. DOI: 10.1016/s0014-827x(02)01255-7
6. Maccari R., Ottanà R., Vigorita M.G. Chiral 3,3'-(1,2-ethanediy)l-bis[2-(3,4-dimethoxyphenyl)-4-thiazolidinones] with anti-inflammatory activity. Part 11: evaluation of COX-2 selectivity and modeling. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2005**, 15, 2509–2513. DOI: 10.1016/s0968-0896(02)00518-7
7. Melnyk P., Leroux V., Sergheraert C., Grellier P. Design, synthesis and *in vitro* antimalarial activity of an acylhydrazone library. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2006**, 16, 31–35. DOI: 10.1016/j.bmcl.2005.09.058

8. Todeschini A.R., Miranda A.L.P., Silva K.C.M., Parrini S.C., Barreiro E.J. Synthesis and evaluation of analgesic, anti-inflammatory and antiplatelet properties of new 2-pyridylarylhydrazone derivatives. *Eur. J. Med. Chem.* **1998**, 33, 189-199. DOI: 10.1016/s0223-5234(98)80008-1
9. Abdel-Aziz H.A., Aboul-Fadl T., Al-Obaid A.R., Ghazzali M., Al-Dhfyhan A., Contini A. Design, synthesis and pharmacophoric model building of novel substituted nicotinic acid hydrazones with potential antiproliferative activity. *Archives of pharmacal research.* **2012**, 35, 1543. DOI:10.1007/s12272-012-0904-2
10. Rhalil N.A., Ahmed E.M., Zaitone S.A. Synthesis of new nicotinic acid derivatives and their evaluation as analgesic and antiinflammatory agents. *Chemical and pharmaceutical Bulletin*, **2013**, 61, 33. DOI:10.1248/cpb.c13-00261
11. Verma G., Marella A., Shaquiquzzaman M., Akhtar M., Rahmat M., Alam M.M. A review exploring biological activities of hydrazones. *Journal of pharmacy and bioallied sciences*, **2014**, 6, 69. DOI:10.4103/0975-7406.129170
12. Jansook P., Ogawa N., Loftsson T. Cyclodextrins: structure, physicochemical properties and pharmaceutical applications. *International Journal of Pharmaceutics*, **2018**, 5, 535. DOI:10.1016/j.ijpharm.2017.11.018
13. T. Endo, H. Ueda. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, **2004**, 29, 1
14. Pinho E., Soares G., Henriques M. Evaluation of antibacterial activity of caffeic acid encapsulated by β -cyclodextrins. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, **2015**, 81, 205-2014.
15. Borges A., Ferreira C., Saavedra C., Simoes M. Micro. Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. *Drug. Resist.* **2013**, 19, 256-265. DOI: 10.1089/mdr.2012.0244
16. Funk Schwabe, L.K.H. Fro'mming. Composition and properties of freeze-dried products of nicotinic acid with 3-Cyclodextrin and heptakis (2,6-0-dimethyl)-3-cyclodextrin. *Journal of inclusion phenomena and macrocyclic chemistry*, **1993**, 16, DOI:10.1007/BF00708711
17. Zhdanov Y.A., Alekseev Y.E., Kompantseva E.V., Vergeichik E.N. Induced optical activity in cyclodextrin complexes. *Russian chemical reviews*, **1992**, 61(6), 563-575. DOI: 10.1070/RC1992v061n06ABEH000984
18. Nurkenov O.A., Fazylov S.D., Satpaeva Zh., Seilkhanov T.M., Turdybekov D.M., Mendibaeva A.Zh., Akhmetova S.B., Shulgau Z.T., Alkhimova L.E., Kulakov I.V. Synthesis, structure and biological activity of hydrazones derived from 2- and 4-hydroxybenzoic acid hydrazides. *Chemical Data Collections*, **2023**, 48, 1-13. DOI: 10.1016/j.cdc.2023.101089
19. Evans D. A. History of the Harvard ChemDraw Project. *Angewandte Chemie International Edition*, **2014**, 53(42), 11140. DOI:10.1002/anie.201405820.
20. Castronuovo G., Niccoli M. Thermodynamics of inclusion complexes of natural and modified cyclodextrins with acetylsalicylic acid and ibuprofen in aqueous solution at 298 K. *Thermochimica Acta*, **2013**, 557, 44-49. DOI: 10.1016/j.tca.2013.01.037

References

1. Popiolek L. Hydrazone-hydrazones as potential antimicrobial agents: overview of the literature since 2010. *Med Chem. Res.* **2016**, 26, №2, 287–301. DOI: 10.1007/s00044-016-1756-y
2. Papakonstantinou-Garoufalios S., Pouli N., Marakos P., ChytyroglouLadas A. *Farmaco*, **2002**, 57, 973–977.
3. Belyaeva E.R., Yu V., Myasoedova N.M., Ishmuratova G., Ishmuratov Yu. Synthesis and Biological Activity of N-Acylhydrazones. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, **2022**, 48, 1123. DOI: 10.1134/S1068162022060085
4. Vicini P., Zani F., Cozzini P., Doytchinova I. Hydrazones of 1,2-benzisothiazole hydrazides: synthesis, antimicrobial activity and QSAR investigations. *Eur J. Med. Chem.* **2002**, 37, 553–564. DOI: 10.1016/s0223-5234(02)01378-8
5. Kaymakçioğlu B.K., Rollas S. Synthesis, characterization and evaluation of antituberculosis activity of some hydrazones. *Farmaco*. **2002**, 57, 595-599. DOI: 10.1016/s0014-827x(02)01255-7
6. Maccari R., Ottanà R., Vigorita M.G. Chiral 3,3'-(1,2-ethanediyl)-bis[2-(3,4-dimethoxyphenyl)-4-thiazolidinones] with anti-inflammatory activity. Part 11: evaluation of COX-2 selectivity and modeling. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2005**, 15, 2509-2513. DOI: 10.1016/s0968-0896(02)00518-7

7. Melnyk P., Leroux V., Sergheraert C., Grellier P. Design, synthesis and *in vitro* antimalarial activity of an acylhydrazone library. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* **2006**, 16, 31-35. DOI: 10.1016/j.bmcl.2005.09.058
8. Todeschini A.R., Miranda A.L.P., Silva K.C.M., Parrini S.C., Barreiro E.J. Synthesis and evaluation of analgesic, anti-inflammatory and antiplatelet properties of new 2-pyridylarylhydrazone derivatives. *Eur. J. Med. Chem.* **1998**, 33, 189-199. DOI: 10.1016/s0223-5234(98)80008-1
9. Abdel-Aziz H.A., Aboul-Fadl T., Al-Obaid A.R., Ghazzali M., Al-Dhfyhan A., Contini A. Design, synthesis and pharmacophoric model building of novel substituted nicotinic acid hydrazones with potential antiproliferative activity. *Archives of pharmacol research.* **2012**, 35, 1543. DOI:10.1007/s12272-012-0904-2
10. Rhalil N.A., Ahmed E.M., Zaitone S.A. Synthesis of new nicotinic acid derivatives and their evaluation as analgesic and antiinflammatory agents. *Chemical and pharmaceutical Bulletin*, **2013**, 61, 33. DOI:10.1248/cpb.c13-00261
11. Verma G., Marella A., Shaquiquzzaman M., Akhtar M., Rahmat M., Alam M.M. A review exploring biological activities of hydrazones. *Journal of pharmacy and bioallied sciences*, **2014**, 6, 69. DOI:10.4103/0975-7406.129170
12. Jansook P., Ogawa N., Loftsson T. Cyclodextrins: structure, physicochemical properties and pharmaceutical applications. *International Journal of Pharmaceutics*, **2018**, 5, 535. DOI:10.1016/j.ijpharm. 2017.11.018
13. T. Endo, H. Ueda. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, **2004**, 29, 1
14. Pinho E., Soares G., Henriques M. Evaluation of antibacterial activity of caffeic acid encapsulated by β -cyclodextrins. *Journal of Inclusion Phenomena and Macrocyclic Chemistry*, **2015**, 81, 205-2014.
15. Borges A., Ferreira C., Saavedra C., Simoes M. Micro. Antibacterial activity and mode of action of ferulic and gallic acids against pathogenic bacteria. *Drug. Resist.* **2013**, 19, 256-265. DOI: 10.1089/mdr.2012.0244
16. Funk Schwabe, L.K.H. Fro"mming. Composition and properties of freeze-dried products of nicotinic acid with 3-Cyclodextrin and heptakis (2,6-0-dimethyl)-3-cyclodextrin. *Journal of inclusion phenomena and macrocyclic chemistry*, **1993**, 16, DOI:10.1007/BF00708711
17. Zhdanov Y.A., Alekseev Y.E., Kompantseva E.V., Vergeichik E.N. Induced optical activity in cyclodextrin complexes. *Russian chemical reviews*, **1992**, 61(6), 563-575. DOI: 10.1070/RC1992v061n06ABEH000984
18. Nurkenov O.A., Fazylov S.D., Satpaeva Zh., Seilkhanov T.M., Turdybekov D.M., Mendibaeva A.Zh., Akhmetova S.B., Shulgau Z.T., Alkhimova L.E., Kulakov I.V. Synthesis, structure and biological activity of hydrazones derived from 2- and 4-hydroxybenzoic acid hydrazides. *Chemical Data Collections*, **2023**, 48, 1-13. DOI: 10.1016/j.cdc.2023.101089
19. Evans D. A. History of the Harvard ChemDraw Project. *Angewandte Chemie International Edition*, **2014**, 53(42), 11140. DOI:10.1002/anie.201405820
20. Castronuovo G., Niccoli M. Thermodynamics of inclusion complexes of natural and modified cyclodextrins with acetylsalicylic acid and ibuprofen in aqueous solution at 298 K. *Thermochimica Acta*, **2013**, 557, 44-49. DOI: 10.1016/j.tca.2013.01.037

OBTAINING LIQUID MINERAL FERTILIZERS FROM PRE-PURIFIED EPA BY NATURAL ZEOLITE

R.M. Chernyakova¹, G.Sh. Sultanbayeva^{1*}, R.A. Kaiynbayeva¹,
U.Zh. Dzhusypbekov¹, N.N. Kozhabekova²

¹A.B. Bekturov Institute of Chemical Science, Almaty, Kazakhstan

² Kazakh National Pedagogical University, Abay Almaty, Kazakhstan

*E-mail: sultanbaeva@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Wide application of extraction phosphoric acid (EPA) is mainly associated with obtaining mineral fertilizers from it. Currently, the main raw material for obtaining EPA is phosphorites of the Kistas deposit. *The aim of the work* is to purify the plant extraction phosphoric acid (EPA) and obtain liquid N-P-containing fertilizers from it. *Results and discussion.* The influence of zeolite consumption, time and temperature on the process of acid purification from suspensions was studied. Analysis of the obtained results showed that transparent EPA was obtained regardless of the zeolite rate, duration and temperature of the process. Optimum conditions for the sorption process of EPA purification with natural Shankanai zeolite were determined: S:L = 15:100, ToC – (25–30)°C, τ – 30 min., ensuring complete absorption of suspensions and an increase in P_2O_5 in EPA by 2.2–2.4%. The process is preferably carried out with a zeolite consumption of 15 g per 100 g of the purified solution. The effect of time on the purification of EFA was studied at constant process factors: temperature – 22 °C and T:L = 1:15 with a process duration of 5 to 90 min. It was shown that in the range from 15 to 45 min, the P_2O_5 content in EFA increases by (1.59–2.37)% of the initial value. Optimum conditions for concentrating the acid were established: temperature – 40 °C, time – 60 minutes, with the production of EFA with P_2O_5 (42.90%). *Conclusion.* For the first time, liquid NP fertilizer was obtained from purified and evaporated phosphorite from Koksui field under conditions of ammonia ammoniation with the ratio N:P=(0.19–0.23):1 and the sum of nutrient components ($N+P_2O_5$) equal to (44.15–44.25)%. Optimum conditions for obtaining liquid NP fertilizers were identified: T=25 °C, pH 3.34–3.64.

Key words: extraction phosphoric acid, purification, zeolite, liquid mineral fertilizers.

Raissa Michailovna Chernyakova	Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher; E-mail: chernyakova1947@mail.ru
Gita Shamilyevna Sultanbayeva	Candidate of technical sciences; Senior Researcher; E-mail: sultanbaeva@mail.ru
Raushan Alibekovna Kaiynbaeva	Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher; E-mail: raushan_1972@mail.ru
Umirzak Zhumasilovich Jussipbekov	Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Chemistry of Fertilizers and Salts; E-mail: jussipbekov@mail.ru
Nazym Nurgudyrovna Kozhabekova	Candidate of Chemical Sciences, Researcher; E-mail: kojabekova@mail.ru

Citation: Chernyakova R.M., Sultanbayeva G.Sh., Kaiynbayeva R.A., Jussipbekov U.Zh., Kozhabekova N.N. Obtaining liquid mineral fertilizers from EPA purified with natural zeolite. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 37-47. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.04>

ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ИЗ ЭФК ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОЧИЩЕННОЙ ПРИРОДНЫМ ЦЕОЛИТОМ

**Р.М.Чернякова¹, Г.Ш.Султанбаева^{1*}, Р.А.Кайынбаева¹,
У.Ж.Джусипбеков¹, Н.Н.Кожобекова²**

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

²Казахский национальный педагогический университет им.Абая, г. Алматы, Казахстан

*E-mail: sultanbaeva@mail.ru

Резюме. *Введение.* Широкое использование экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) в основном связано с получением из нее минеральных удобрений. В настоящее время основным сырьем для получения ЭФК являются фосфориты месторождения Кистас. *Целью работы* является очистки заводской экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) и получение из нее жидких N-P-содержащих удобрений. *Результаты и обсуждение.* Исследовано влияние расхода цеолита, времени и температуры на процесс очистки кислоты от взвесей. Анализ полученных результатов показал, что независимо от нормы цеолита, длительности и температуры процесса получена прозрачная ЭФК. Определены оптимальные условия сорбционного процесса очистки ЭФК природным шанканайским цеолитом: Т:Ж = 15:100, Т°С – (25-30)°С, τ – 30 мин., обеспечивающие полное поглощение взвесей и повышение P₂O₅ в ЭФК на 2.2-2.4 %. Процесс предпочтительнее проводить при расходе цеолита 15 г на 100 г очищаемого раствора. Изучение влияния времени на очистку ЭФК осуществляли при постоянных факторах процесса: температура – 22°С и Т:Ж=1:15 при продолжительности процесса от 5 до 90 мин. Показано, что в интервале от 15 до 45 мин содержание P₂O₅ в ЭФК увеличивается на (1.59-2.37)% от первоначального значения. Установлены оптимальные условия концентрирования кислоты: температура – 40°С, время – 60 минут, с получением ЭФК с P₂O₅ (42.90%). *Заключение.* Впервые получено жидкое NP-удобрение из очищенной и упаренной ЭФК из фосфоритов м. Коксу в условиях аммонизации водным аммиаком с соотношением N:P=(0.19-0.23):1 и суммой питательных компонентов(N+P₂O₅) равной (44.15-44.25) %. Выявлены оптимальные условия получения жидких NP-удобрений: T=25 °C, pH 3.34-3.64.

Ключевые слова: экстракционная фосфорная кислота, очистка, цеолит, жидкие минеральные удобрения.

<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Доктор технических наук</i>
<i>Гита Шамильевна Султанбаева</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Раушан Алибековна Кайынбаева</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Умирзак Жумасилович Джусипбеков</i>	<i>Доктор технических наук</i>
<i>Назым Нургудыровна Кожобекова</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

1. Введение.

В настоящее время ЭФК имеет широкий спектр областей применения [1,2], кроме того используется для получения аммофоса [3-5] и жидких NP-содержащих удобрений [6]. ЭФК получают из различного фосфорсодержащего сырья [7-8], но основным сырьевым источником ее получения остаются фосфориты и апатиты [4,5]. В РК наиболее крупным месторождением является Каратауский фосфоритоносный бассейн [9]. На ТОО «Минеральные удобрения» (г.Тараз) получение ЭФК осуществляется

из фосфоритов Каратау дигидратным методом [4,5]. В последнее время сырьем для ЭФК являются фосфориты месторождения Кистас.

Минеральные удобрения относятся к основным средствам получения высоких и качественных урожаев сельскохозяйственной продукции, а также увеличения содержания, усвояемых растениями питательных элементов в почвах и улучшения их плодородия [10]. Жидкие минеральные удобрения относятся к высокоэффективным экономически-целесообразным комплексным удобрениям, предназначенным для внесения под различные сельскохозяйственные культуры и практически в любые грунты. Современная агрохимическая наука предполагает применение удобрений с широким диапазоном соотношения питательных веществ N:P:K.

2. Экспериментальная часть

В работе использовали ЭФК, полученную из фосфоритов месторождения Кистас (ТОО «Минеральные удобрения», г.Тараз). ЭФК с $d=1.24$ г/мл содержит 18.55 % P_2O_5 и 0.86 % нерастворимого остатка темного цвета (взвеси).

Для очистки ЭФК от взвесей использовали природный цеолит Шанканайского месторождения с масс. %: SiO_2 –65, 28; Al_2O_3 –10.81; K_2O –1.38; Na_2O –0.95; Fe_2O_3 –1.60; CaO –2.32; MgO –0.93; п.п.п–18.15 $Si/Al=5.4$ и Ca–K, Na-формой клиноптилолита ($CaO/(Na_2O+K_2O)=1$).

Процесс очистки ЭФК цеолитом и ее нейтрализации осуществляли в термостатированном реакторе при заданной температуре в статических условиях. Контроль за процессом очистки осуществляли по содержанию P_2O_5 в ЭФК после контакта с цеолитом и путем визуального наблюдения наличия взвесей. Влияние нормы цеолита на очистку ЭФК изучали при 22°C в течение 30 мин. Расход цеолита варьировали от 1.5 до 30 г на 100 г очищаемой кислоты. Влияние температуры на содержание P_2O_5 в ЭФК изучали при T:Ж=1:15 и 45 мин контакта цеолита с кислотой в интервале от 25 до 90°C.

Содержание общего, усвояемого P_2O_5 и аммиачного азота определяли фотоколориметрическим методом анализа [11].

Определение элементов в ЭФК и кислотном растворе после разложения образцов в минеральных кислотах проводили на приборе - АЭС индуктивно связанной плазмой (ICAPPROXP «ThermoScientific») (Германия).

Измерение величины pH проводили на pH метре 150 МИ погрешность составляет ± 0.05 отн. %. Плотность пульпы определяли пикнометрическим методом с точностью измерений ± 0.05 отн.%. Определение кинематической вязкости проводили капиллярным методом на стеклянном вискозиметре ВПЖ-2м LABTEX с погрешностью ± 0.2 отн.% .

3. Результаты и обсуждение

Прямое использование ЭФК для получения ЖУ ограничено наличием взвесей и низким содержанием P_2O_5 . ИКС исследование взвесей в ЭФК

приведено на рисунке 1 и таблице 1. В ИК спектре взвесей в области колебаний ОН групп от 3500 до 3666.7 см^{-1} прописываются две частоты у 3616.4 см^{-1} и 3565.3 см^{-1} , соответствующие $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, и которому принадлежат также полосы поглощения у 1621.2 см^{-1} ; 1115.4 см^{-1} слабой интенсивности и средней у 671.4 см^{-1} и 597.7 см^{-1} . Во взвесах присутствуют SiO_2 (500.03 см^{-1} ; 480.3 см^{-1} ; 744.0 см^{-1}) [9],[12]. В ИК спектре исследуемого образца частота у 2925,4 см^{-1} обусловлена наличием Р-ОН связи [13]. Самая интенсивная частота в спектре взвесей у 1153.9 см^{-1} располагается в низковолновой области по отношению к колебаниям SO_4^{2-} (1130-1080 см^{-1}), и PO_4^{3-} (1100 - 970) см^{-1} групп, а также силиката (1100 см^{-1}). Частота с максимумом у 1153.9 см^{-1} сдвигается на (23.9-183.9) см^{-1} по отношению к указанным ионам. Пик у 1153.9 см^{-1} может быть обусловлен как поглощением сульфатов, так и примесей, таких как фосфаты и силикаты, которые сильно поглощают в этой области.

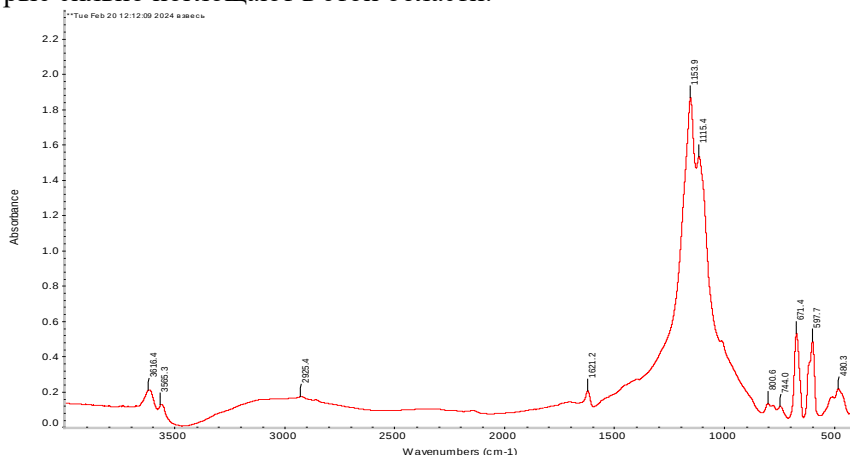


Рисунок 1 – ИК спектр взвесей

Темные взвеси, выделенные из ЭФК, имеют сложный состав, в котором присутствуют кальций, фосфор-, серо-, и кремнийсодержащие соединения. Четко идентифицируется дигидросульфат кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и диоксид кремния SiO_2 . Исходя из данных ИКС и литературных данных [9, 13] проведен фазовый расчет основных фаз присутствующих во взвесах. Согласно проведенным расчетам во взвесах присутствует 10 фаз (таблица 1). Основной фазой во взвесах является дигидросульфат кальция $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (78.1%). В ощутимых количествах присутствует малорастворимый фосфат кальция $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ (7.8 %), SiO_2 (4.49 %) и KPO_3 (1.3%). Темный цвет взвесей, а также высокое содержание в них кальция, фосфора, фтора и присутствие железа обусловлено присутствием фосфорита [9], в нашем случае - фторапатита, Sr-содержащего (2.19 %).

Таблица 1 – Фазовый состав взвесей из ЭФК

минерал	формула	С, %
Фторапатит, Sr-содержащий	$(\text{Ca}_{9,71}\text{Sr}_{0,29})(\text{PO}_4)_6(\text{F}_{1,78}(\text{OH})_{0,22})$	2.19
Сульфат кальция дигидрат (гипс)	$\text{Ca}(\text{SO}_4) \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	78.01
Фосфат железа (III), ортофосфат железа	FePO_4	0.49
Фосфат алюминия, ортофосфат алюминия III	AlPO_4	1.58
Фосфат магния, фосфат тримагния, ортофосфат магния	$\text{Mg}_3(\text{PO}_4)_2$	1.55
Метафосфат калия	KPO_3	1.30
Фосфат кальция, ортофосфат кальция, трикальцийфосфат (фосфорит, апатит)	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	7.80
Гексафторосиликат натрия, натрий кремнефтористый, фторсиликат натрия	Na_2SiF_6	0.53
Гексафторосиликат калия, калий кремнефтористый, фторсиликат калия	K_2SiF_6	2.01
Диоксид кремния, оксид кремния (IV) (кварц)	SiO_2	4.49

Железо и алюминий находится в виде малорастворимых фосфатов Fe и Al, а сера связана с кальцием виде сульфата кальция с небольшой примесью фосфогипса. Прямое использование ЭФК для получения ЖУ ограничено наличием взвесей и низким содержанием P_2O_5 .

Исследовано влияние расхода цеолита, времени и температуры на процесс очистки кислоты от взвесей. Анализ полученных результатов показал, что независимо от нормы цеолита, длительности и температуры процесса получена прозрачная ЭФК (таблицы 2). Выявлено, что концентрация P_2O_5 в ЭФК с повышением расхода цеолита до 15 г на 100 г ЭФК возрастает на 2.25%. Процесс предпочтительнее проводить при расходе цеолита 15 г на 100 г очищаемого раствора.

Изучение влияние времени на очистку ЭФК осуществляли при постоянных факторах процесса: температура – 22°C и Т:Ж=1:15 при продолжительности процесса от 5 до 90 мин. Показано, что в интервале от 15 до 45 мин содержание P_2O_5 в ЭФК увеличивается на (1.59-2.37)% от первоначального значения (таблица 3). Дальнейшее повышение времени инициирует процесс десорбции P_2O_5 из цеолита в кислоту. Оптимальным временем процесса очистки является 45 мин.

Таблица 2 – Влияние исследуемых факторов процесса очистки на содержание P_2O_5 в ЭФК. $P_2O_{5\text{исх}} = 18.55\%$.

Значения параметра	Содержание P_2O_5 после сорбции, %	Повышение $C_{P_2O_5}$ после сорбции, %
Т:Ж, масс.ч	Влияние расхода цеолита	
1,5:100	18,66	0.11
2,5:100	18,95	0.40
5:100	19,19	0.64
10:100	19,70	1.15
15:100	20,80	2.25
20:100	20,84	2.30
30:100	20.79	2.24
τ, мин	Влияние времени	
15	20,14	1.59
30	20,81	2.26
45	20,92	2.37
60	19,93	1.38
75	19,33	0.78
90	19.05	0.50
Т °С	Влияние температуры	
25	20,85	2.30
40	21,60	3.05
50	22,17	3.62
60	23,37	4.82
80	26,21	7.66
90	28,19	9.64

Очистку ЭФК от взвесей рационально проводить при расходе цеолита 15 г на 100 г кислоты при (25-30)°С в течение 30 минут, в условиях, обеспечивающих полное поглощение взвесей. Причем, по данным химического анализа и АЭС концентрация P_2O_5 в ЭФК повышается на (2.2-2.2) %. В лабораторных условиях получено 2,0 л очищенной цеолитом ЭФК с содержанием 20.50 % P_2O_5 и плотностью 1.24 г/см³. Получение качественных жидких фосфорных удобрений из очищенной ЭФК с таким содержанием P_2O_5 недостаточно, поэтому необходимо ее предварительное концентрирование (упаривание) [14, 15].

В таблице 3 приведены данные по влиянию температуры и времени упаривания на качественные показатели ЭФК. Во всем исследуемом интервале времени повышение температуры увеличивает концентрацию P_2O_5 , плотность и кислотность ЭФК. Причем для всех температур до 40 мин, а также при 60 мин процесса до 40°С растворы ЭФК остаются прозрачными. При 60 мин и 50°С в кислоте образуется муть, а при 60°С выпадает осадок. При этом в ЭФК несколько снижается содержание P_2O_5 . Оптимальными

условиями концентрирования кислоты являются: $T - 40^{\circ}\text{C}$, $\tau - 60$ минут, в указанных условиях получается ЭФК с 42.90%-ным содержанием P_2O_5 .

Таблица 3 – Влияние температуры и времени на концентрирование ЭФК. $\text{P}_2\text{O}_{5\text{исх.}} - 20.5\%$; $d - 1.24 \text{ г/см}^3$; $\text{pH} - 2.21$

Время, мин	Параметры	$T^{\circ}\text{C}$			
		30	40	50	60
30	P_2O_5 , %	20.65	21.38	22.06	22.96
	d , г/см^3	1.240	1.240	1.243	1.243
	pH	2.21	2.20	2.18	2.17
	состояние	прозр.	прозр.	прозр.	прозр.
40	P_2O_5 , %	20.77	24.74		
	d , г/см^3	1.240	1.247	1.250	1.254
	pH	2.22	2.19	2.19	2.17
	состояние	прозр.	прозр.	прозр.	прозр.
60	P_2O_5 , %	22.85	42.89	42.43	42.00
	d , г/см^3	1.240	1.300	1.265	2.16
	pH	2.22	2.16	2.16	2.15
	состояние	прозр.	прозр.	муть	осадок

Для получения NP жидких удобрений из предварительно очищенной цеолитом ЭФК в оптимальных условиях наработано 2.5 л упаренной ЭФК с содержанием 42.89% P_2O_5 ($d - 1.300 \text{ г/см}^3$, $\text{pH} - 2.11$).

Таблица 4 – Влияние расхода компонентов на свойства аммонизированной фосфатно-кислой смеси при 25°C . $\text{P}_2\text{O}_{5\text{исх.}} - 42.90\%$; $d - 1.300 \text{ г/см}^3$; $\text{pH} - 2.11$

№	$V_{\text{ЭФК}}:V_{\text{N}}_{\text{H}_4\text{OH}}$, мл	pH	d , г/см^3	Время, сек	$v_{\text{м}}$ Па·с	P_2O_5 , %	N, %	N: P_2O_5	Σ N+ P_2O_5	Внешний вид
1	2 5: 2.0	2.59	1.282	32.18	3.48	40.85	3.21	0.08: 1	44.06	прозрач.
2	25: 4.0	3.06	1.268	32.78	3.54	39.25	6.48	0.17: 1	45.73	прозрач.
3	25: 6.0	3.64	1.259	36.18	3.91	35.89	8.26	0.23: 1	44.15	прозрач.
4	25: 8.0	3.97	1.257	42.60	4.40	33.40	9.15	0.28: 1	42.55	мут. осад.
5	25: 8.5	4.41	1.258	44.44	4.57	31.23	10.95	0.35: 1	42.18	сильн.ос-к

Таблица 5 – Влияние расхода компонентов на свойства аммонизированной фосфатно-кислой смеси при 40°C. $P_2O_{5\text{исх.}}$ – 42.90 %; d – 1.300 г/см³; pH – 2.11

№	Соотношение $V_{\text{ЭФК}}: V_{\text{NH}_4\text{OH}}$, мл	pH	d , г/см ³	Время , сек	v , мП а·с	P_2O_5 , %	N, %	N: P_2O_5	Σ N+ P_2O_5	Внешний вид
1	2 5: 2.0	2.32	1.240	26.09	2.79	40.64	3.94	0.10: 1	44.58	прозрач.
2	25: 4.0	2.80	1.230	24.50	2.97	38.25	5.48	0.14: 1	43.73	прозрач.
3	25: 6.0	3.33	1.227	29.80	3.39	35.89	8.26	0.23: 1	44.15	свет. муть
4	25: 8.0	3.89	1.230	52.42	5.97	35.04	9.43	0.27: 1	44.47	мут.осадок
5	25: 9.0	4.08	1.235	56.55	6.44	34.52	9.65	0.28: 1	44.17	мут.осадок

Нейтрализацию полученной ЭФК проводили водным раствором аммиака. Результаты исследования pH и расхода водного аммиака на реологические и химические свойства аммонизированной фосфатно-кислой пульпы для 25, 40 и 60°C представлены в таблицах 4-6.

Таблица 6 – Влияние расхода компонентов на свойства аммонизированной фосфатно-кислой смеси при 60°C. $P_2O_{5\text{исх.}}$ – 42.90 %; d – 1.300 г/см³; pH – 2.11

№	$V_{\text{ЭФК}}: V_{\text{NH}_4\text{OH}}$, мл	pH	d , г/см ³	Время, сек	v , мП а·с	P_2O_5 , %	N, %	N: P_2O_5	Σ N+ P_2O_5	Внешний вид
1	2 5: 1.0	2.14	1.335	39.95	4.55	42.01	1.62	0.04: 1	43.63	прозрач.
2	2 5: 2.0	2.23	1.330	39.47	4.49	40.85	2.72	0.07: 1	43.57	прозрач.
3	2 5: 3.0	2.30	1.320	39.59	4.51	40.06	4.84	0.12: 1	44.90	прозрач.
4	25: 4.0	2.43	1.310	39.75	4.53	39.25	5.43	0.14: 1	44.68	прозрач.
5	25: 5.0	2.59	1.305	40.01	4.56	38.67	6.79	0.18: 1	45.46	прозрач.
6	25: 6.0	2.76	1.299	41.73	4.75	38.09	8.15	0. 21:1	46.24	прозрач.
7	25: 7.0	2.95	1.304	42.12	4.80	37.52	9.00	0.25:1	46.52	свет. муть
8	25: 8.0	3.14	1.305	44.69	5.09	35.05	9.11	0.26:1	44.28	мут. осадок
9	25: 9.0	3.33	1.306	81.21	9.25	34.00	9.23	0.27:1	43.00	мут. осадок
10	25: 10	3.55	1.307	95.66	9.76	32.05	9.91	0.31: 1	41.96	мут.осадок

Во всем исследуемом интервале температур повышение нормы водного раствора аммиака увеличивает щелочность и вязкость растворов. Независимо от температуры аммонизации помутнение растворов начинается при соотношении $V_{\text{ЭФК}}: V_{\text{NH}_4\text{OH}}=25:6$ мл. Для всех температур с ростом нормы водного аммиака содержание в смеси азота возрастает, а P_2O_5 уменьшается.

Исходя из реологических характеристик и содержания питательных компонентов (N и P_2O_5), для использования в качестве жидких NP-удобрений перспективны аммонизированные смеси, полученные при 25°C с

pH 3.34-3.64 и массовом соотношении N:P=(0.19-0.23):1, которые имеют $d=(1.259-1.265) \text{ г/см}^3$, $\nu = (3.79-3.91) \text{ мПа}\cdot\text{с}$ и $\Sigma \text{ N}+\text{P}_2\text{O}_5=(44.15-44.25)\%$. При 40°C эффективны растворы с pH 3.06-3.33, N:P=(0.20-0.23), $d=(1.225-1.227) \text{ г/см}^3$ и $\nu=(3.11-3.39) \text{ мПа}\cdot\text{с}$ и $\Sigma \text{ N}+\text{P}_2\text{O}_5=(44.15-44.16)\%$, а при 60°C – с pH=2.59-2.95, N:P=(0.18-0.25), $d=(1,299-1,305)\text{ г/см}^3$, $\nu=(4.56-4.80) \text{ мПа}\cdot\text{с}$ и $\Sigma \text{ N}+\text{P}_2\text{O}_5=(45.46-46.63)\%$. Оптимальной температурой аммонизации является не выше 25°C при соотношении $V_{\text{ЭФК}}:V_{\text{NH}_4\text{OH}}=25:(5-6) \text{ мл}$. В результате получено жидкое азот-фосфорсодержащее удобрение с массовым соотношением N:P=(0.19-0.23):1 и $\Sigma \text{ N}+\text{P}_2\text{O}_5=(44.15-44.25)\%$. Полученное на основе ЭФК жидкое NP-удобрение по содержанию питательных компонентов является близким к аммофосу.

4. Заключение.

Определены оптимальные условия сорбционного процесса очистки ЭФК природным цеолитом: Т:Ж =15:100, Т°С – (25-30)°С, τ – 30 мин., обеспечивающих полное поглощение взвесей и повышение P_2O_5 в ЭФК на 2.2-2.4 %. Исследован процесс концентрирования ЭФК и выявлено, что при 40°C за 60 мин кислота упаривается до содержания 42.89% P_2O_5 . Впервые из предварительно очищенной и упаренной ЭФК из фосфоритов м.Коксу получено жидкое NP-удобрение в условиях аммонизации водным аммиаком с массовым соотношением N:P=(0.19-0.23):1 и суммой питательных компонентов ($\text{N}+\text{P}_2\text{O}_5$) равной (44.15-44.25) %. Оптимальными условиями его получения являются: Т – 25 °С, pH 3.34-3.64; плотность (1.259-1.265) г/см^3 ; вязкость аммонизированного раствора – (3.79-3.91) $\text{мПа}\cdot\text{с}$.

Финансирование. Данная работа выполнена по ПЦФ BR21882220 «Синтез и создание технологий удобрений, композиций, препаратов и материалов многофункционального действия для применения на пустынных и деградированных землях», финансируемым Комитетом науки Министерства науки и высшего образования РК.

Конфликт интересов: конфликт интересов между авторами отсутствует.

ТАБИҒИ ЦЕОЛИТМЕН АЛДЫН-АЛА ТАЗАРТЫЛҒАН ЭФҚ СҰЙЫҚ МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАР АЛУ

Р.М.Чернякова¹, Г.Ш.Сұлтанбаева^{1}, Р.Ә.Қайынбаева¹,
Ө.Ж.Жүсіпбеков¹, Н.Н.Қожабекова²*

*1 «А.Ә.Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан,
2 Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: sultanbaeva@mail.ru

Түйіндеме. *Кіріспе.* Экстракциялық фосфор қышқылын (ЭФҚ) кеңінен қолдану негізінен одан минералды тыңайтқыштар алумен байланысты. Қазіргі уақытта ЭФҚ алудың негізгі шикізаты Қыстақ кен орнының фосфориттері болып табылады. *Жұмыстың мақсаты* – зауыттық экстракциялық фосфор қышқылын (ЭФҚ) тазарту және одан сұйық N-P бар тыңайтқыштар алу. *Нәтижелер мен пікірталас.* Цеолит шығынының, уақыт пен температураның тұнбалы қышқылды тазарту процесіне әсері зерттелді. Алынған нәтижелердің талдауы цеолит мөлшеріне, процесінің

ұзақтығына және температурасына қарамастан мөлдір ЭФҚ алынғанын көрсетті. Табиғи Шанканай цеолитін пайдалана отырып ЭФҚ тазартудың сорбциялық процесінің оңтайлы шарттары анықталды: $K:C = 15:100$, $T^{\circ}C = (25-30)^{\circ}C$, $\tau = 30$ мин., тұнбаның толық жұтылуын және ЭФҚ құрамындағы P_2O_5 2.2-2.4%-ға артуына әкеледі. Процесті тазартылатын ерітіндінің 100 г үшін 15 г цеолит шығынымен жүргізген дұрыс. ЭФҚ тазартуға уақыттың әсерін зерттеу тұрақты технологиялық факторлармен: температура - $22^{\circ}C$ және $K:C = 1:15$ процесс ұзақтығы 5-тен 90 минутқа дейін жүргізілді. ЭФҚ құрамындағы P_2O_5 мөлшері 15-тен 45 минутқа дейінгі аралықта бастапқы мәннен (1.59-2.37)%-ға өсетіні көрсетілді. Қышқылды концентрлеудің оңтайлы жағдайлары: температура - $40^{\circ}C$, уақыт - 60 минут, P_2O_5 (42.90%) бар ЭФҚ алу белгіленді. *Қорытынды.* Алғаш рет Көксу кен орнының фосфориттерінен тазартылған және буланған ЭФҚ-дан $N:P = (0.19-0.23):1$ қатынасында сулы аммиакпен аммонизациялау жағдайында және қоректік компоненттердің ($N + P_2O_5$) қосындысы (44.15-44.25)% тең сұйық NP тыңайтқышы алынды. Сұйық NP тыңайтқышын алудың оңтайлы шарттары анықталды: $T=25^{\circ}C$, pH 3.34-3.64.

Түйін сөздер: экстракциялық фосфор қышқылы, тазарту, цеолит, сұйық минералды тыңайтқыштар.

<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Гита Шамильевна Султанбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Раушан Алибековна Кайынбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Умирзак Жұмасилович Джусипбеков</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Назым Нургудыровна Қожабекова</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>

References:

1. Electronic resource: <https://lindpack.ru/info/articles/sypuchie-gruzy/innovatsionnye-tehnologii-perevozka-sypuchikh-gruzov/>
2. Electronic resource: <https://hothim.ru/articles/primeneniye-ortofosfornoj-kisloty>
3. Shlyakhtyuk N.R., Bulanov T.V. Processing of phosphogypsum in the production of extraction phosphoric acid. XIII All-Russian scientific and practical conference of young scientists "Young Russia". 2021. Electronic resource: <https://science.kuzstu.ru/wp-content/Events/Conference/RM/2021/RM21/pages/Articles/073720.pdf>
4. Vorobyov N.I. Technology of phosphorus and complex fertilizers. Minsk: BSTU, 2015. 177 p. ISBN 978-985-530-432-7. <https://e-catalog.nlb.by/Record/BY-NLB-br0001218078>
5. Kochetkov S.L., Smirnov N.N., Ilyin A.P. Concentration and purification of extraction phosphoric acid. Ivonovo: GOUVPO, 2007. 304 p. <https://knigogid.ru/books/1900556-koncentrirovaniye-i-ochistka-ekstrakcionnoy-fosfornoj-kisloty>
6. Bakhritirov N.S. Liquid complex fertilizers based on extraction phosphoric acid" science time. Electronic resource: <https://cyberleninka.ru/article/n/zhidkie-kompleksnye-udobreniya-na-osnove-ekstraktsionnoy-fosfornoj-kisloty>
7. Shamshidinov I. T., Mamadzhano Z. N., Arislanov A. S., Mamadaliev A. T. A method for producing liquid complex fertilizers from industrial waste. Universum. Technical Sciences. No. 4 (109). 2023. pp. 164-169. <https://cyberleninka.ru/article/n/sposob-polucheniya-zhidkih-kompleksnyh-udobreniy-iz-promyshlennyh-othodov>
8. Khurramov N.I., Nurmurodov T.I., Erkaev A.U. Study of the process of obtaining extraction phosphoric acid from washed dried phosphorites. Universum: technical sciences: electronic scientific journal. 2021. 2(83). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11290>
9. Ryashko A. I. Development of resource-saving technology of extraction phosphoric acid from Koks phosphorites: diss. Cand. Engineering: 05.17.01 - TNV: FGBOU HPE "D. I. Mendeleyev University of Chemical Technology of Russia" and JSC "Research Institute of Utilities named after prof. Ya. V. Samoilov". Moscow, 2015. 147 p. <https://www.disserscat.com/content/razrabotka-resursosberegayushchei-tehnologii-ekstraktsionnoi-fosfornoj-kisloty-iz-fosforito>

10. Zavyalova N.E., Shishkov D.G. The influence of mineral fertilizers on the yield and quality of agricultural crops in a long-term stationary experiment in the climatic conditions of the Urals. Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. . **2020**. Issue 5. Pp. 5-15. DOI: 10.26897/0021-342X-220-5-5-17
11. Methods of analysis of phosphate raw materials, phosphorus and complex fertilizers, feed phosphates. Moscow: "Chemistry", **1975**. 134 p.
12. Bozorov A.T., Sottikulov E.S., Karimov M.U. Study of silicon (IV) oxide synthesized by a new method by infrared spectroscopy and thermal analysis. Universum: chemistry and biology: electronic scientific journal. **2023**. 3(105). Electronic resource: URL: <https://universum.com/ru/nature/archive/item/15104>
13. Sysoeva T.S., Petkov V.I., Kurazhkovskaya V.S. Synthesis and study of phase formation of complex phosphates $B_{0.5(1+x)}Al_xTi_{2-x}(PO_4)_3$ (b = Mg, Ca, Sr, Ba, Pb). Bulletin of the Lobachevsky University of Nizhny Novgorod. **2007**. Electronic resource: cyberleninka.ru/article/n/sintez-i-izuchenie-...
14. Namazov Sh.S., Seitnazarov A.R., Beglov B.M., Volynskova N.V., Sadykov B.S., Mirzakulov H.Ch. Processing of a new type of phosphorus concentrate of phosphorites of the Central Kyzylkum Desert containing 26% P_2O_5 into extraction phosphoric acid, ammophos and diamphos. Chemical Journal of Kazakhstan. **2014**. No. 3, pp. 158-167.
15. Yusupov B.O., Namazov Sh.S., Turdialieva Sh.I., Seitnazarov A.R., Reymov A.M. "Concentration of extraction phosphoric acid and ammonium phosphates based on it". UNIVERSUM: technical sciences. **2021**. No. 2 (83). P. 104-110. DOI: 10.32743/UniTech.2021.83.2-2.104-110

**BIOPHARMACEUTICAL POTENTIAL OF AMINOPHOSPHONATES
BASED ON MORPHOLINOETHYLAMINE**

**A.Yu. Ten^{1,2*}, A.A. Dauletbakov², M.A. Gubenko³, Ye.O. Belyankova², S. Bayazit²,
S.Ye. Assylbekova², D.S. Zolotareva², V.K. Yu^{1,2}**

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

²Kazakh-British Technical University, Almaty, Kazakhstan

³Akhmet Baitursynuly Kostanay Regional University, Kostanay, Kazakhstan

*E-mail: ten-assel@mail.ru

Abstract. Morpholine derivatives play an important role in modern pharmaceuticals due to their wide spectrum of biological activity. In this regard, the aim of this study is to investigate the properties of new synthesized aminophosphonates based on morpholinoethylamine, including the study of their biological activity. Aminophosphonates were synthesized by the Kabachnik-Fields reaction, purified and characterized using IR and NMR spectroscopy. Biological activity was studied in vitro and in vivo: myelostimulating effect on laboratory rats and the effect on plant growth during the treatment of wheat seeds were assessed. In addition, the possibility of obtaining ionic liquids based on these compounds was assessed using quantum chemical calculations. One of the compounds increased platelet indices, which may indicate its potential as a stimulator of thrombocytopoiesis. Two of the three compounds activated plant growth, exceeding the control samples. Quantum chemical calculations confirmed the possibility of obtaining ionic liquids, opening up prospects for further study. The obtained compounds can find application in medicine (in particular, in stimulating thrombocytopoiesis) and agriculture (as plant growth stimulants).

Key words: morpholinoethylamine, aminophosphonates, ionic liquids, myelostimulating activity, plant growth stimulating action.

Ten Assel Yurevna	Candidate of Chemical Sciences, Associate professor; E-mail: ten-assel@mail.ru
Dauletbakov Anuar Ametovich	Phd, senior researcher; E-mail: dayletbakovanuar@gmail.com
Gubenko Maxim Andreevich	Master of Chemistry, Senior Lecture; E-mail: gubenko_kspi@mail.ru
Belyankova Yelizaveta Olegovna	Phd student, Senior Lecturer; E-mail: belyankovae@gmail.com
Bayazit Sarah	PhD student, researcher; E-mail: bayazitsarah@gmail.com

Citation: Ten A.Yu., Dauletbakov A.A., Gubenko M.A., Belyankova Ye.O., Bayazit S., Assylbekova S.Ye., Zolotareva D.S., Yu V.K. Biopharmaceutical potential of aminophosphonates based on morpholinoethylamine. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 1(89), 48-58. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.05>

Assylbekova Saniya Yerzhanovna	PhD student, researcher; E-mail: erzhanovnasss@gmail.com
Zolotareva Darya Sergeevna	Master of Chemistry, researcher; E-mail: zolotareva.2909@mail.ru
Yu Valentina Konstantinovna	Doctor of Chemical Sciences, Full Professor; E-mail: yu_vk@mail.ru

БИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ АМИНОФОСФОНАТОВ НА ОСНОВЕ МОРФОЛИНОЭТИЛАМИНА

**А.Ю. Тен^{1,2*}, А.А. Даулетбаков², М.А. Губенко³, Е.О. Белянкова², С. Баязит²,
С.Е. Асылбекова², Д.С. Золотарева², В.К. Ю^{1,2}**

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

²Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Казахстан

³Костанайский региональный университет имени Ахмет Байтұрсынұлы, Костанай, Казахстан

*E-mail: ten-assel@mail.ru

Резюме. Производные морфолина играют важную роль в современной фармацевтике благодаря их широкому спектру биологической активности. В связи с этим целью данного исследования является изучение свойств синтезированных новых аминокислот на основе морфолиноэтиламина, в том числе изучение их биологической активности. Аминокислоты синтезированы по реакции Кабачника-Филдса, очищены и охарактеризованы с помощью ИК- и ЯМР-спектроскопии. Биологическую активность изучали *in vitro* и *in vivo*: оценивали миелостимулирующее действие на лабораторных крысах и влияние на рост растений при обработке семян пшеницы. Дополнительно была проведена оценка возможности получения ионных жидкостей на основе данных соединений с использованием квантово-химических расчетов. Одно из соединений увеличивало тромбоцитарные показатели, что может свидетельствовать о его потенциале как стимулятора тромбоцитопоэза. Два из трех соединений активировали рост растений, превышая контрольные образцы. Квантово-химические расчеты подтвердили возможность получения ионных жидкостей, открывая перспективы для дальнейшего изучения. Полученные соединения могут найти применение в медицине (в частности, в стимуляции тромбоцитопоэза) и сельском хозяйстве (как стимуляторы роста растений).

Ключевые слова: морфолиноэтиламин, аминокислоты, ионные жидкости, миелостимулирующая активность, стимулирующее рост растений действие.

Тен Асель Юрьевна	Кандидат химических наук, ассоциированный профессор
Даулетбаков Ануар Аметович	Phd, старший научный сотрудник
Губенко Максим Андреевич	Магистр химии, старший преподаватель
Белянкова Елизавета Олеговна	Phd-студент, сеньор-лектор
Баязит Сара	Phd-студент, научный сотрудник
Асылбекова Сания Ержановна	Phd-студент, научный сотрудник
Золотарева Дарья Сергеевна	Магистр химии, научный сотрудник
Ю Валентина Константиновна	Доктор химических наук, профессор

1. Введение

Производные морфолина входят в топ-25 наиболее часто встречающихся N-гетероциклов в препаратах, одобренных Управлением по санитарному надзору за качеством пищевых продуктов и медикаментов США, занимая около 48% мирового рынка. Они обладают широким спектром биологической активности: например в психофармакологии активно используются различные производные морфолина - антидепрессанты и психостимуляторы **I-V** (Рисунок 1) [1]. Морфолины эффективны как антибиотики для лечения тяжёлых инфекций (**VI**), местные анестетики и противозудные средства (**VII**), миорелаксанты (**VIII**), а также фунгициды, применяемые в медицине (**IX**) и сельском хозяйстве (**X, XI**), особенно для защиты зерновых культур, таких как пшеница [2-4].

В связи с вышесказанным поиск новых биологически активных веществ в ряду производных морфолина несомненно актуален и перспективен.

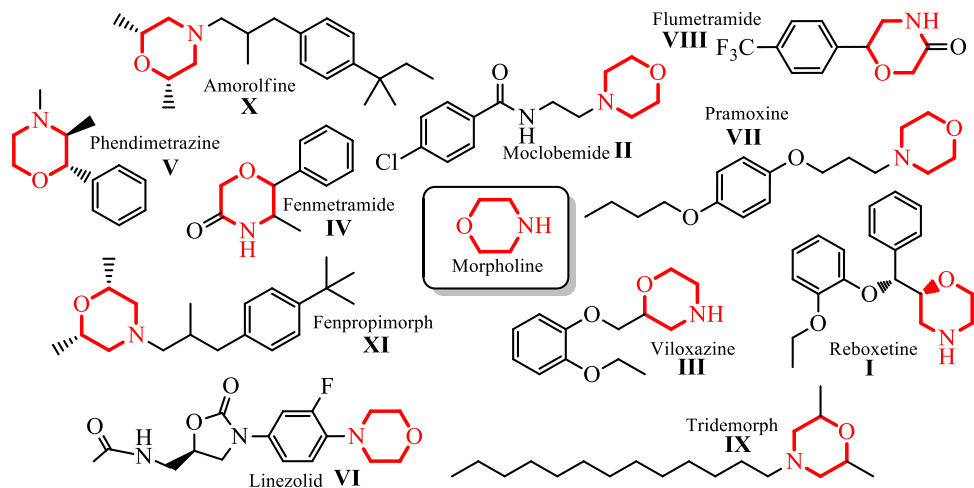


Рисунок 1 – Морфолинсодержащие лекарственные препараты.

1. Экспериментальная часть

ИК спектры записаны на спектрометре «Nicolet 5 700 FT-IR» в пленке. Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C снимали на спектрометре Jeol JNM-ECA 400 в CDCl_3 .

Общая методика получения аминофосфонатов 1-3. В колбу, снабженную мешалкой, насадкой Дина-Старка с обратным холодильником, помещают 0.0154 моль 2-морфолиноэтиламина в 150 мл абс. бензола. Затем последовательно добавляют 0.0154 моль фторбензальдегида и 0.0231 моль диметилфосфита. Реакционную смесь нагревают при температуре кипения бензола в течение 36-48 часов. По окончании реакции, растворитель отгоняют, продукт выделяют методом колоночной хроматографии на Al_2O_3 элюированием смесью хлороформ:ацетон (15:1), собирая вторую фракцию и

получают аминоксифонаты **1-3** в виде желтого масла с 58-65% (Индивидуальные характеристики представлены в таблице 1).

*Общая методика получения комплексов включения соединений **1-3** с β -циклодекстрином.* Смешивают растворы 0.01 моль соединения **1-3** в 30 мл этилового спирта и 0.01 моль β -циклодекстрина в 90 мл дистиллированной воды. Выпаривают этанол и воду при 50-55°C в сушильном шкафу. Получают комплексы включения в виде белого порошка с $T_{пл}$ выше 250°C.

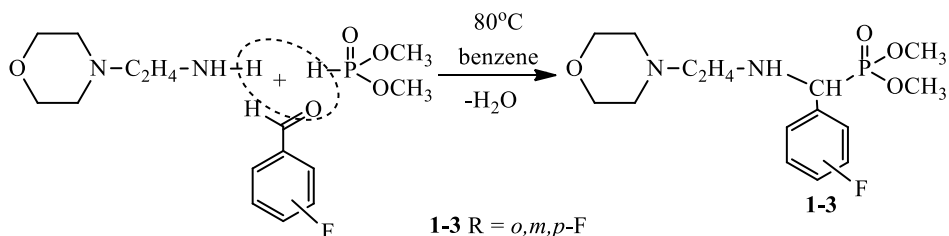
Энергию прорастания, лабораторную всхожесть и интенсивность прорастания семян пшеницы (сорт Стекловидная 24) определяют согласно ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести и ГОСТ Р 52325-2005 "Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества".

Исследования на миелостимулирующую (эритропоэз-, лейкопоэз- и тромбоцитопоэзстимулирующую) активность исследуют белых лабораторных крысах-самках, 12-16- недельного возраста, массой тела 210-280 г. Анализ крови осуществляют на гематологическом анализаторе «Abacus junior vet» (пр-во Diatron, Дания). Контроль лейкограммы крови проводят микроскопированием мазка, окрашенного по Романовскому-Гимза на микроскопе SA3300C под иммерсией по 500 клеток на каждом мазке. Миелосупрессию вызывают введением цитостатика циклофосаида в дозе 30 мг/кг веса животного. Далее на 6, 8, 10 сутки наблюдения один раз в сутки внутримышечно вводят: с 1 группы по 3 группу исследуемые соединения под шифром БИВ в дозе 5 мг/кг в объеме 0.5 мл, 4 группе животных вводят препарат сравнения метилурацил в дозе 0.4 мг/кг в объеме 0.5 мл, 5 группе - плацебо (физ. раствор) в объеме 0.5 мл, и 6 группа является интактной.

3. Результаты и их обсуждение

Оказалось, что ранее синтезированные нами пиперазин-содержащие аминоксифонаты проявили биологическую активность [5]. Замена пиперазинового фрагмента аминоксифоната на морфолиновый цикл позволит получить новые, возможно более активные соединения.

Аминоксифонаты на основе морфолиноэтиламина получали по трехкомпонентной «one-pot» реакции Кабачника-Филдса. В ходе этой реакции, проводимой при кипячении в бензоле с использованием насадки Дина-Старка для удаления воды из реакционной смеси, были получены аминоксифонаты **1-3**. Продолжительность реакции составила от 36 до 48 часов. По завершении реакции целевой продукт выделяют с помощью колоночной хроматографии на Al_2O_3 , элюируя смесью хлороформ:ацетон (15:1). Полученные представляют собой желтое масло.



Выходы и физико-химические характеристики аминофосфонатов на основе морфолиноэтиламина **1-3** представлены в Таблице 1.

Таблица 1 – Выходы и физико-химические характеристики соединений **1-3**

№	Выход, %	Время реакции, ч	n_D^{20}	α_D^{20}	ИК-спектр, cm^{-1}					
					P=O	P-O-CH ₃	Ph	C-F	C-O-C	N-H
1	65	41	1.512	0.32	1242	1141	1603, 1457, 762	1117	1054	3414
2	61	36	1.471	0.33	1224	1142	1589, 1451, 789	1117	1054	3411
3	58	48	1.513	0.37	1228	1144	1585, 1455, 762	1117	1051	3443

* - Элюент: хлороформ:ацетон= 15:1

В ИК спектрах соединений **1-3** наблюдаются полосы поглощения N-H-группы при 3443-3411 cm^{-1} , а также полосы поглощения C-O-C-группы морфолинового цикла при 1054-1050 cm^{-1} . Полосы поглощения связей диметоксифосфорильного фрагмента P=O и P-O-CH₃ наблюдаются при 1242-1228 cm^{-1} и 1144-1141 cm^{-1} , соответственно. Фенильные заместители дают сигнал в области 1603-1585 cm^{-1} , 1458-1451 cm^{-1} , а также при 789-760 cm^{-1} .

В спектре ЯМР ^1H соединений **1-3** морфолиновые протоны метиленовых групп CH₂(N), а также аминный протон проявились пятипротонным мультиплетом при 2.26-2.34 м.д. (**1**), 2.27-2.33 м.д. (**2**) и пятипротонным синглетом при 2.24 м.д. (**3**). Десятипротонный мультиплет при 3.17-3.77 м.д. (**1**), 3.18-3.64 м.д. (**2**) и 3.12-3.65 м.д. (**3**) отнесен к сигналам протонов морфолинового цикла CH₂(O) и метоксипроtons OCH₃. Метиленовые протоны C₂H₄ регистрировались двумя двухпротонными мультиплетами при 2.41-2.50 и 2.55-2.90 м.д. (**1**), 2.40-2.50 и 2.68-2.97 м.д. (**2**), 2.37-2.46 и 2.70-2.78 м.д. (**3**). Метинный протон CH(P) проявился однопротонным мультиплетом при 4.21-4.67 м.д. (**1**), 3.95-4.29 м.д. (**2**), 3.78-4.21 м.д. (**3**). Ароматические протоны фторфенильного фрагмента соединений **1-3** проявились однопротонными и двухпротонными мультиплетами в области при 6.96-8.06 м.д., 6.80-7.33 м.д. и 6.91-7.58 м.д., соответственно.

В спектре ЯМР ^{13}C соединений **1-3** сигналы углеродных атомов морфолинового фрагмента проявились при 53.88, 53.74 и 53.70 м.д.

(CH₂(N)), а также при 66.79, 66.97 и 66.94 м.д. (CH₂(O)), соответственно. Атомы углерода метоксигрупп проявились при 52.68 и 52.80 м.д. (1), 53.19 и 54.44 м.д. (2), а также при 53.19 и 54.42 м.д. (3). Метинный углерод резонировал при 57.79 (1), 57.76 (2), 57.73 м.д. (3), а алифатические метиленовые углеродные атомы в области 44.11-44.28 м.д. и 50.12-51.44 м.д., соответственно. Углеродные атомы фторфенильного фрагмента без F-заместителя производных **1-3** резонировали в области 114.99-131.70 м.д., для углерода группы C-F наблюдается расщепление сигнала со значениями 159.58 и 162.24 м.д. (1), 161.73 и 164.17 м.д. (2), 161.27 и 163.69 м.д. (3).

Так как полученные соединения нерастворимы в воде, для проведения фармакологического скрининга были получены их водорастворимые формы в виде комплексов с β-циклодекстрином (**1β-ЦД**, **2β-ЦД**, **3β-ЦД**).

Комплексы соединений (**1β-ЦД** и **2β-ЦД**) исследованы на миелостимулирующую активность (стимулирующий эффект, оказывающий влияние на пролиферативную активность эритро-, тромбоцито- и лейкопоэза) под шифрами БИВ-284 и БИВ-283, соответственно (таблица 2).

Таблица 2 – Показатели гемограммы крови

Показатели крови	БИВ-283	БИВ-284	Контрольная группа	Группа плацебо	Интактная группа
PLT. · 10 ⁹ /L	954±19.85	463±16.54	521±135.33	422±41.33	690±166.33
PCT. %	0.8±0.01	0.35±0.01	0.2815±0.07	0.23±0.02	0.372±0.08
MPV. фл	8.4±0.01	7.5±0.01	6.1±0.47	5.5±0.13	7.4±0.30
PDW. %	13.15±0.01	13.7±0.01	12.25±0.57	11.25±0.23	11.4±0.43

Результаты показали, что **1β-ЦД** и **2β-ЦД** не обладают заметной миелостимулирующей активностью. Однако по развернутому анализу крови животных видно, что **2β-ЦД** существенно увеличивает тромбоцитарные показатели: количество тромбокрита (PCT), средний объем тромбоцитов (MPV), широта распределения тромбоцитов (PDW), в сравнении с интактной группой, группой плацебо и контрольной группой (таблица 2). Исходя из этих данных соединение **2** можно рекомендовать к дальнейшему исследованию как стимулятор тромбопоэза для лечения тромбоцитопении и гемофилии.

Также комплексы соединений **1-3** с β-циклодекстрином исследованы в лабораторных условиях на стимулирующую рост растений активность (энергия прорастания, лабораторная всхожесть и интенсивность прорастания семян пшеницы сорта Стекловидная 24).

Таблица 3 – Посевные качества семян пшеницы

Варианты	Энергия прорастания семян, %	Интенсивность заражения	Количество больных семян и проростков, %
Контроль	90	++	40
Эталон	95	++	45
1β-ЦД	100		10
2β-ЦД	90	++	55
3β-ЦД	95	+	25
+++ высоко заражены, ++ средне заражены, + слабо заражены			

Исследования посевных качеств семян (таблица 3) показали, что **1β-ЦД** демонстрирует наилучшие результаты по энергии прорастания. Минимальный уровень заражения микрофлорой (рисунок 2) свидетельствует о наличии противомикробных и/или противогрибковых свойств. **3β-ЦД** имеет лучшие показатели по сравнению с эталоном (КН-2 (гидрохлорид 1-метил-4-(3-нафт-1-ил)пиперидин-4-ол) — регулятор роста растений предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур) и контролем (вода), в отличие от **2β-ЦД**, значения которого сравнимы с контролем.

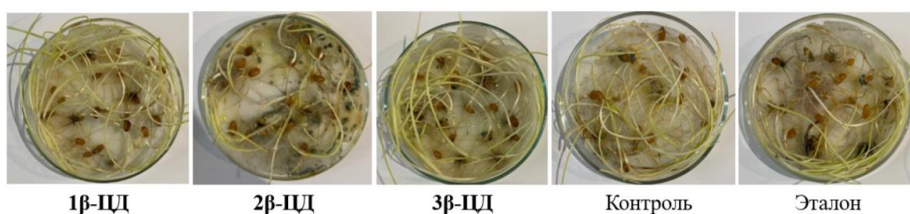


Рисунок 2 – Зараженность семян пшеницы грибной и бактериальной микрофлорой на 14 день проращивания

На 14 день проращивания были сделаны замеры длины стеблей всех пророщенных семян и выведено их среднее значение (Таблица 4).

Таблица 4 – Средняя длина стеблей на 14 день проращивания

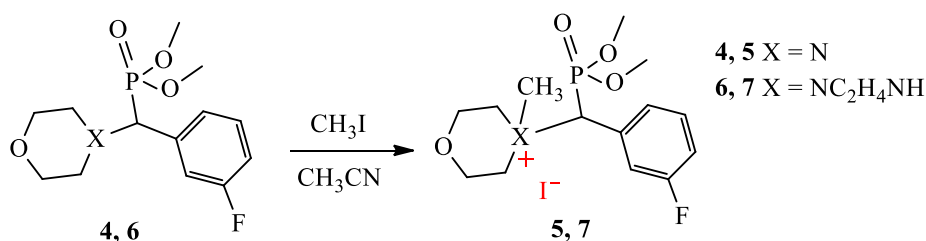
Образцы	Контроль	Эталон	Соединение		
			1β-ЦД	2β-ЦД	3β-ЦД
Средняя длина стебля, см	12.9	11.3	15.3	7.2	13.7

Наибольшее значение средней длины стебля наблюдается у ростков пшеницы, обработанных **1β-ЦД** – 15.3 см, данные **3β-ЦД** также превышают значения эталона и контроля. Длина ростков семян, обработанных **2β-ЦД** значительно ниже эталона и контроля, скорее всего это связано с их высокой зараженностью микрофлорой.

Ионные жидкости (ИЖ) — солеподобные ионные соединения, жидкие при низких температурах ($T_{пл} < 100^{\circ}\text{C}$) [6]. Благодаря нелетучести и

негорючести их рассматривали как замену органическим растворителям. Однако уникальные физико-химические и биологические свойства ИЖ делают их перспективными компонентами лекарств. Наши исследования подтверждают актуальность поиска новых БАВ в этом направлении [7].

Наиболее распространённые ИЖ получают через N-алкилирование гетероциклических соединений (например, имидозолиевых или пиперидиновых колец) с галогеналканами. Однако кватернизация морфолинпроизводных с галоидными алкилами чувствительна к стерическим препятствиям. Попытки кватернизации аминофосфонатов на основе морфолина (аналогов соединений **1-3**), включая соединение **4**, не увенчались успехом. Поэтому перед получением и выделением четвертичных солей производных морфолиноэтиламина **1-3** целесообразно провести квантово-химические расчеты термодинамических параметров реакции кватернизации морфолина **4** и морфолиноэтиламина **6** с получением продуктов **5** и **7**, как показано на схеме:



Полная оптимизация молекулярной геометрии и расчеты выполнялись в программе Gaussian 09 с применением метода DFT/B3LYP и базиса SDD, который подходит для тяжелых атомов, таких как йод [8]. Изменение свободной энергии системы (ΔG реакции, вычисленное по уравнению Гесса как разница между суммами свободных энергий реагентов и свободных энергий продуктов) позволяет оценить принципиальную возможность протекания химической реакции в заданных условиях. Поскольку среда (ацетонитрил) оказывает важное влияние на протекание химических процессов [9], при расчетах нами учитывалось влияние среды и температуры – стандартные условия синтеза ИЖ на основе гетероциклических БАВ. Результаты расчетов представлены в таблице 5.

В случае продукта **5** – реакция не идет, ΔG реакции > 0 и составляет 32.17 кДж/моль. ΔG реакции образования продукта **7** отрицательна (-33.79 кДж/моль), что свидетельствует о самопроизвольном протекании реакции. Результаты расчетов согласуются с экспериментом и позволяют прогнозировать процессы кватернизации различных аминофосфонатов. Значение ΔG подтверждает термодинамическую стабильность соединения **7**, что является ключевым свойством для создания ИЖ.

Таблица 5 – Результаты расчетов ΔG реакции образования продуктов **5** и **7**

Соединения	Свободная энергия Гиббса, Хартри	ΔG реакции, Хартри	ΔG реакции, кДж/моль
CH ₃ I	-51.2885	-	-
4	-968.4071	-	-
5	-1019.6833	0.01225	32.17
6	-1102.2762	-	-
7	-1153.5777	-0.0129	-33.79

Для оценки реакционной способности соединения 7 проведен анализ ВЗМО и НСМО его катионной части. Энергетический зазор между энергиями НСМО и ВЗМО составляет 5.84 эВ, что указывает на высокую стабильность катиона и его устойчивость к химическим превращениям. Умеренно низкая энергия ВЗМО (-0.28217 Хартри) свидетельствует об ограниченной склонности к окислению, а относительно высокая энергия НСМО (-0.06768 Хартри) указывает на умеренную способность к восстановлению. Эти характеристики подтверждают общую стабильность соединения и его перспективность для использования в ИЖ.

Таким образом, проведенные квантово-химические расчеты соединения 7 подтверждают высокую вероятность успешного получения ИЖ на основе соединений 1-3 как потенциальных БАВ.

4. Заключение

Синтезированы новые *o,m,p*-F-фенильные аминоксифонаты на основе морфолинэтиламина (1-3), получены их водорастворимые комплексы с β -циклодекстрином. Исследование биологической активности показало, что два из трех соединений стимулируют рост растений на семенах пшеницы (сорт Стекловидная 24). Хотя соединения не проявили миелостимулирующей активности, комплекс соединения 2 значительно увеличивает тромбоцитарные показатели по сравнению с интактной группой, группой плацебо и контрольной, что может свидетельствовать о его потенциале как стимулятора тромбопоэза. Квантово-химические расчеты теоретически оценили возможность получения ИЖ на основе аминоксифонатов морфолинэтиламина 1-3, что показало высокую вероятность их успешного получения в качестве перспективных БАВ.

Финансирование: Данное исследование финансируется КН МНиВО РК (№ гранта АР19578051). Работа выполнена в АО «КБТУ» в сотрудничестве с лабораторией химии синтетических и природных лекарственных веществ АО «ИХН им. А.Б. Бектурова».

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

МОРФОЛИНОЭТИЛАМИН НЕГІЗІНДЕГІ АМИНОКСИФОНАТТАРДЫҢ БИОФАРМАЦЕВТИКАЛЫҚ ӘЛЕУЕТІ

А.Ю. Тен^{1,2*}, А.А. Даулетбаков², М.А. Губенко³, Е.О. Беляникова², С. Баязит², С.Е. Асылбекова², Д.С. Золотарева², В.К. Ю^{1,2}

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

²Қазақ-Британ техникалық университеті, Алматы, Қазақстан

³Ахмет Байтұрсынұлы атындағы Қостанай өңірлік университеті, Қостанай, Қазақстан

*E-mail: ten-assel@mail.ru

Түйіндемe. Морфолин туындылары биологиялық белсенділіктің кең спектріне байланысты қазіргі фармацевтикада маңызды рөл атқарады. Осыған байланысты бұл зерттеудің мақсаты морфолиноэтиламин негізінде синтезделген жаңа аминфосфонаттардың қасиеттерін зерттеу, оның ішінде олардың биологиялық белсенділігін зерттеу болып табылады. Аминофосфонаттар Кабачник-Филдс реакциясы арқылы синтезделді, тазартылды және ИҚ және ЯМР спектроскопиясы арқылы сипатталды. Биологиялық белсенділік *in vitro* және *in vivo* зерттелді: зертханалық егеуқұйрықтарға миелоэнталандырғыш әсер және бидай тұқымдарын өңдеу кезінде өсімдік өсуіне әсері бағаланды. Сонымен қатар, кванттық химиялық есептеулер арқылы осы қосылыстар негізінде иондық сұйықтықтарды алу мүмкіндігін бағалау жүргізілді. Қосылыстардың бірі тромбоциттердің индекстерін арттырды, бұл оның тромбоцитопозэ ынталандырғышы ретіндегі потенциалын көрсетуі мүмкін. Үш қосылыстың екеуі бақылау үлгілерінен асып түсіп, өсімдіктердің өсуін белсендірді. Кванттық химиялық есептеулер иондық сұйықтықтарды алу мүмкіндігін растады, әрі қарай зерттеу мүмкіндіктерін ашады. Алынған қосылыстар медицинада (атап айтқанда, тромбоцитопозді ынталандыруда) және ауыл шаруашылығында (өсімдіктердің өсуін ынталандырушы ретінде) қолданылуы мүмкін.

Түйін сөздер: морфолиноэтиламин, аминфосфонаттар, иондық сұйықтықтар, миелоэнталандырғыш белсенділік, өсімдіктердің өсу белсенділігін ынталандыру.

Тен Асель Юрьевна	Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
Даулетбаков Ануар Аметович	Phd, аға ғылыми қызметкер
Губенко Максим Андреевич	Химия ғылымдарының магистрі, аға оқытушы
Белянкова Елизавета Олеговна	Phd-студент, сеньор-лектор
Баязит Сара	Phd-студент, ғылыми қызметкер
Асылбекова Сания Ержановна	Phd-студент, ғылыми қызметкер
Золотарева Дарья Сергеевна	Химия ғылымдарының магистрі, ғылыми қызметкер
Ю Валентина Константиновна	Химия ғылымдарының докторы, профессор

Список литературы

1. Козловский В.И., Яколевич М.И. Производные морфолина в психофармакологии. *Вестник Гродненского государственного медицинского университета*, **2022**, 20(3), 249–254. DOI:10.25298/2221-8785-2022-20-3-249-254
2. Хамитова А., Берилло Д., Жумашова Г. Обзор номенклатуры лекарственных средств на основе пиперидина и морфолина. *Фармация Казахстана*, **2024**, 6, 289–302. DOI:10.53511/pharmkaz.2024.36.16.038
3. Kumari A., Singh R.K. Morpholine as ubiquitous pharmacophore in medicinal chemistry: Deep insight into the structure-activity relationship (SAR). *Bioorganic Chemistry*, **2020**, 96, 103578. DOI:10.1016/j.bioorg.2020.103578
4. Kourounakis A.P., Xanthopoulos D., Tzara A. Morpholine as a privileged structure: A review on the medicinal chemistry and pharmacological activity of morpholine containing bioactive molecules. *Medicinal Research*, **2019**, Reviews, 40(2), 709–752. DOI:10.1002/med.21634
5. Тен А.Ю., Бисенбай Д., Тұрсынова Б.Ғ., Ю В.К. Синтез некоторых аминфосфонатов на основе пиримидинилпиперазина. *Известия НТО "Кахак"*, **2023**, 1(79), 75–82.

6. Ten A., Zazybin A., Zolotareva D., Dauletbakov A., Rafikova K., Yu V., & Giner B.. Ionic liquids in agrochemistry. *Current Organic Chemistry*, **2020**, 24(11), 1181–1195. DOI: 10.2174/1385272824999200608135522

7. Патент РК на полезную модель №9743. 4-(2-(((Диметоксифосфорил)(3-фенокси-фенил)метил)амино)этил)-4-метилморфолин-4-ий йодид, обладающий антирадикальной активностью Тен А.Ю., Жарқынбек Т.Е., Белянкова Е.О., Даулетбаков А.А., Ю В.К., Сейлханов Т.М., **2024**. <https://gosreestr.kazpatent.kz/Utilitymodel/Details?docNumber=405799> (дата обращения 26 февраля 2025).

8. Robidas R., Legault C.Y. How to obtain accurate results with molecular iodine and density functional theory? *International Journal of Quantum Chemistry*, **2023**, 124(1). DOI:10.1002/qua.27277

9. Sirotkin V.A., Zazybin A.G., Osipova O.L., Solomonov B.N., Faizullin D.A., Fedotov V.D. Solubility and secondary structure of bovine pancreatic α -chymotrypsin in water–acetonitrile mixtures. *Vestn. Mosk. U. Khim.*, **2000**, 41(6), 114–117. <https://www.chem.msu.ru/eng/journals/vmgu/00add/114.pdf>

References

1. Kozlovski V.I., Yakoltsevich M.I. Morpholine derivatives in psychopharmacology. *Journal of the Grodno State Medical University*, **2022**, 20(3), 249–254. (In Russ.). DOI:10.25298/2221-8785-2022-20-3-249-254

2. Khamitova A., Berillo D., Zhumashova G. Review of the nomenclature of drugs based on piperidine and morpholine. *Farmaciâ Kazahstana*, **2024**, 6, 289–302. (In Russ.). DOI:10.53511/pharmkaz.2024.36.16.038

3. Kumari A., Singh R.K. Morpholine as ubiquitous pharmacophore in medicinal chemistry: Deep insight into the structure-activity relationship (SAR). *Bioorganic Chemistry*, **2020**, 96, 103578. DOI:10.1016/j.bioorg.2020.103578

4. Kourounakis A.P., Xanthopoulos D., Tzara A. Morpholine as a privileged structure: A review on the medicinal chemistry and pharmacological activity of morpholine containing bioactive molecules. *Medicinal Research*, **2019**, Reviews, 40(2), 709–752. DOI:10.1002/med.21634

5. Ten A.Yu., Bisenbay D., Tursynova B.G., Yu V.K. Synthesis of some aminophosphonates based on pyrimidinylpiperazine. *News of the STS “Kahak”*, **2023**, 1(79), 75–82. (In Russ.).

6. Ten A., Zazybin A., Zolotareva D., Dauletbakov A., Rafikova K., Yu V., & Giner B.. Ionic liquids in agrochemistry. *Current Organic Chemistry*, **2020**, 24(11), 1181–1195. DOI:10.2174/1385272824999200608135522

7. Patent of the RK for a utility model №9743. 4-(2-(((Dimetoksifosforil)(3-fenoksi-fenil)metil)amino)etil)-4-metilmorfolin-4-ii iodid, obladaushchii antiradikalnoi aktivnostiu [4-(2-(((Dimethoxyphosphoryl)(3-phenoxy-phenyl)methyl)amino)ethyl)-4-methylmorpholine-4-ium iodide, which has antiradical activity]. Ten A.Yu., Zharkynbek T.E., Belyankova E.O., Dauletbakov A.A., Yu V.K., Seilkhanov T.M., **2024**. <https://gosreestr.kazpatent.kz/Utilitymodel/Details?docNumber=405799> (accessed on 26 February 2025).

8. Robidas R., Legault C.Y. How to obtain accurate results with molecular iodine and density functional theory? *International Journal of Quantum Chemistry*, **2023**, 124(1). DOI:10.1002/qua.27277

9. Sirotkin V.A., Zazybin A.G., Osipova O.L., Solomonov B.N., Faizullin D.A., Fedotov V.D. Solubility and secondary structure of bovine pancreatic α -chymotrypsin in water–acetonitrile mixtures. *Vestn. Mosk. U. Khim.*, **2000**, 41(6), 114–117. <https://www.chem.msu.ru/eng/journals/vmgu/00add/114.pdf>

TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RUBBER COMPOUNDS FOR HYDRAULIC SEALS (Part 1)

**B.Sh. Khassankhodzhaeva¹, G.F. Sagitova^{1*}, A.S. Sidikov², A.Sh. Kydyralieva¹, A.U. Sarsenbayeva¹,
E.A. Tusupkaliyev³, Zh.N. Kainarbayeva³, M.N. Baiymbetov³**

¹M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Republic of Kazakhstan

²Branch of Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NRU), Tashkent, Uzbekistan

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

*E-mail: t_ersin@mail.ru, guzalita.f1978@mail.ru

Abstract. *Introduction.* This study investigates the technological properties of rubber compounds intended for the manufacture of water lock seals. The formulation is based on a rubber compound in which PN-6SH oil was replaced with an organic component extracted from oil sludge provided by Petro Kazakhstan Oil Products LLP. Additionally, the traditional filler (white carbon black) was replaced with zeolite from the Chankanai deposit, which resulted in satisfactory technological properties. *The aim* of the work was to study the properties of rubber compounds modified by the introduction of the organic part of oil sludge and zeolite, as well as to determine the optimal dosages of these components to improve the compound's characteristics. *Methodology.* The rubber compound was modified by adding the organic part of the oil sludge in an amount of 1.0–6.0 parts by weight. Zeolite was added in amounts of 3.0–20.0 parts by weight per 100 parts by weight of rubber. Five samples of rubber compounds were prepared. The technological properties of the mixtures were determined. *Results and Discussion.* It was established that increasing the content of the plasticizer (up to 6.0 parts by weight) and filler (up to 20.0 parts by weight) leads to an increase in the Mooney viscosity of the mixture. Optimal technological indicators were observed at a dosage of 6.0 parts by weight of the organic part of the oil sludge and 20.0 parts by weight of zeolite. The tests demonstrated that replacing traditional components with the proposed modifications ensures that the properties of the rubber compounds meet the control standards for water lock seals. *Conclusion.* The use of the organic part of oil sludge and zeolite in the formulation of rubber compounds allows the replacement of traditional plasticizers and fillers without compromising the properties of the mixtures intended for hydraulic seals, as confirmed by compliance with control standards.

Keywords: isoprene rubber, water lock seals, Mooney viscosity, plasticity, rubber.

Khassankhojayeva Bibi-Mariyam	PhD doctoral student; E-mail: bibi-mariyam93@mail.ru
Sagitova Guzaliya	Candidate of technical sciences, professor; E-mail: guzalita.f1978@mail.ru
Sidikov Abduljalol	Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: sidikov_a@mail.ru

Citation: Khassankhodzhaeva B.Sh., Sagitova G.F., Sidikov A.S., Kydyralieva A.Sh., Sarsenbayeva A.U., Tusupkaliyev E.A., Kainarbayeva Zh.N., Baiymbetov M.N. Technological properties of rubber compounds for hydraulic seals (part 1). *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 59-68. DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.06>

Kydyraliyeva Aigul Shazhalievna	PhD doctoral student; E-mail: aigul.ukgu@mail.ru
Sarsenbayeva Aizada	Master; E-mail: aizada-uzakbaikyzy@mail.ru
Tusupkaliyev Ersin Adietovich	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: t_ersin@mail.ru
Kainarbayeva Zhaniya Nurbekovna	Master; E-mail: zhaniya.kn@gmail.com
Baiymbetov Mizambek Nurbayevich	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: bmizam@mail.ru

1. Introduction

To explore the relationships between the components of rubber compounds and their technical characteristics, the authors [1] utilized a combination of the Plackett–Burman and Box–Behnken methods. Optimization of rubber compound formulations is performed using an integrated genetic algorithm based on support vector regression to minimize the mixture cost. Twelve components potentially affecting the technical properties of the rubber compound—namely, natural rubber, carbon black, white filler, stearic acid, zinc oxide, antiozonant, antioxidant, processing oil, curing retarder, curing agent, and accelerator - were selected using the Plackett–Burman system to determine significant variables.

One of the key technological parameters characterizing the properties of rubbers and rubber compounds is Mooney viscosity. Viscosity refers to the resistance of a material (e.g., rubber) to deformation or flow under external load. Mathematically, viscosity (η) is defined as the ratio of shear stress to shear rate. This parameter significantly depends on temperature: as temperature increases, material viscosity decreases [2].

The viscosity of the processed material plays a crucial role in the dynamics of the technological process, as it determines the forces required to achieve a given flow rate at various stages of processing. Exceeding permissible viscosity values can make rubber compound processing not only economically unfeasible but also technically impossible [3].

The technological assessment of Mooney viscosity provides insights into various aspects of the rubber mixing process. For example, high initial rubber viscosity increases energy consumption for preparing a quality rubber compound. At the same time, higher viscosity leads to greater shear stresses during rotor mixing, which improves the dispersion of powdered components and, consequently, enhances the quality of the final product. However, high initial rubber viscosity, all else being equal, results in greater heating of the rubber compound, necessitating additional measures to prevent premature vulcanization [4].

The Mooney viscosity parameter is invariably included in the technical specifications (TS) of all rubbers and serves as an important criterion for evaluating their properties. For instance, for isoprene rubber SKI-3 produced by Public Joint Stock Company Nizhnekamskneftekhim (PJSC NKNK), Mooney

viscosity values vary depending on the group: for the first group, the range is 75–85 units, and for the second, 65–74 units [5].

This parameter significantly influences the technological parameters of semi-finished rubber product manufacturing processes, such as the temperature and speed of extrusion or calendaring operations.

In this regard, an important scientific and practical task arises: to establish the relationship between the weight-average molecular weight (M_w) of SKI-3 rubber and the Mooney viscosity (η_m) of rubber compounds made from it. In previous studies by the authors [6–9], quantitative relationships were determined between the intrinsic viscosity and molecular weight of polymers, as well as between the initial viscosity (η_0) and weight-average molecular weight (M_w).

Considering environmental aspects associated with the use of white filler and PN-6SH oil, as well as their scarcity, the development of new rubber compound formulations becomes relevant. Of particular interest are mixtures containing the organic fraction of oil sludge (OFS) and zeolite from the Chankanay deposit, which can be used for sealants in hydraulic locks.

The purpose of this study is to investigate changes in the technological properties of rubber compounds incorporating OFS and Chankanay deposit zeolite and to develop new environmentally friendly formulations with improved characteristics.

2. Experimental part

The objects of the study are:

- Zeolite from the Chankanay deposit as a filler;
- Oil sludge from LOO "PKOP" as a plasticizer;
- Rubber compounds based on SKI-3 for manufacturing hydraulic seals.

In previous studies, the organic fraction of the oil sludge (OFS) was extracted.

The process of plasticizing isoprene rubber SKI-3 was carried out in a laboratory-scale closed rubber mixer. During the experiments, the rotors of the device rotated at a frequency of 30 revolutions per minute. The temperature and duration of the plasticizing process were varied within the ranges of 30 to 600 seconds and 30 to 130°C, respectively. After the plasticizing process, the resulting SKI-3 samples were used to prepare rubber compounds formulated for the production of hydraulic seals [10].

The rubber compound was prepared on rolling mills (in accordance with GOST 14333-79E Rubber Processing Mills).

The plastoelastic properties of the rubber were determined using a plastometer [11].

Mooney viscosity was measured using the rotational viscometry method, following the requirements of GOST R 54552–2011 [12].

3. Results and Discussion

The modern industry has a limited selection of plasticizers and fillers, necessitating the development and implementation of new components. Solving this problem is crucial for improving production efficiency.

The use of petroleum industry waste and natural minerals as ingredients in rubber compounds creates opportunities to expand the range of plasticizers and fillers. Furthermore, it allows the replacement of costly and scarce materials used in technical rubbers, significantly reducing production costs.

In line with the research objective, our study focused on examining the changes in the technological properties of rubber compounds when incorporating the organic fraction of oil sludge (OFS) and zeolite from the Chankanay deposit. A rubber compound formulation was developed based on a standard recipe for manufacturing hydraulic seals. In this formulation, PN-6SH oil was replaced with the organic fraction of oil sludge extracted from the petroleum waste of LOO "PKOP," and white carbon black was substituted with zeolite from the Chankanay deposit, while maintaining a satisfactory set of technological characteristics.

The developed mixtures included OFS in amounts ranging from 1.0 to 6.0 parts by weight and zeolite in amounts ranging from 3.0 to 20.0 parts by weight per 100 parts by weight of rubber. As a result, five rubber compound samples were prepared with varying component dosages. A comparative formulation of the reference and experimental rubber compounds for manufacturing hydraulic seals is presented in Table 1.

Table 1 – Rubber compound formulation for manufacturing hydraulic seals

Name of ingredients	Parts by weight per 100 parts of rubber					
	Прототип	1	2	3	4	5
SKI-3 (1st Grade)	100	100	100	100	100	100
Technical Sulfur	4	4	4	4	4	4
Sulfenamide M	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Santoguard PVJ	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Zinc White (Zinc Oxide)	5	5	5	5	5	5
Stearic Acid	2	2	2	2	2	2
Pine Rosin	2	2	2	2	2	2
ACMG Plasticizer	3	3	3	3	3	3
PN-6SH Oil	6	4	3	1	0	5
OFS	0	2	3	5	6	1
Protective Microcrystalline Wax 3B-1	1	1	1	1	1	1
Acetonanil R	2	2	2	2	2	2
Diafen FP	2	2	2	2	2	2
Technical Carbon P-220	60	60	60	60	60	60
White Silica	20	15	10	5	0	17
Zeolite	0	5	10	15	20	3
Total	208	208	208	208	208	208

A key technological parameter that characterizes the properties of rubbers and rubber compounds is Mooney viscosity. This parameter largely depends on the nature of the rubber used, as well as on the composition and quantity of the injected ingredients [13]. Mathematical models were used to analyze the Mooney viscosity data obtained experimentally at different temperatures of SKI-3 plasticization. At temperatures of plasticization up to 100 °C, the viscosity was described by equation (1), and for temperatures above 100 °C, equation (2) was applied. These models allowed us to determine the K_{st} constants with minimal confidence intervals, ensuring high accuracy in describing experimental data:

$$\eta_M = \eta_{M0} \cdot M_{w0}^{K_{\eta} \cdot lgt}, \quad (1)$$

$$\eta_M = \eta_{M0} \cdot M_{w0}^{0,5K_{\eta} \cdot (lgt) \cdot (lgt)}, \quad (2)$$

where η_{m0} is the viscosity of the rubber compound based on SKI-3 before plasticization, and K_{η} is the plasticization rate constant for the "Mooney viscosity" parameter.

Table 2 presents the obtained values of K_{η} and E_{eff} for the plasticization process of SKI-3 at different temperatures.

Table 2 – Values of K_{η} and E_{eff} for the plasticization process of SKI-3 at different temperatures

Indicator	$K_{\eta} \cdot 10^3, \text{ c}^{-1}$	$E_{eff}, \text{ kJ/mol}$	$K_{\eta} \cdot 10^3, \text{ c}^{-1}$	$E_{eff}, \text{ kJ/mol}$
At a temperature of, °C:				
30	$-7,99 \pm 0,33$	-	-	
45	$-6,14 \pm 0,26$	15,3	-	
55	$-5,1 \pm 0,23$	16,4	-	
65	$-4,57 \pm 0,18$	14,28	-	
80	$-3,78 \pm 0,17$	10,3	-	
100	$-7,99 \pm 0,33$	0,4	$-3,36 \pm 0,25$	
115	$-4,45 \pm 0,57$	-	$-3,78 \pm 0,23$	-14,7
125	$-4,95 \pm 0,73$	-	$-4,18 \pm 0,27$	-18,5
130	$-5,57 \pm 0,91$	-	$-4,69 \pm 0,33$	-18,8

Note: The values of K_{η} and E_{eff} presented in the first and second columns of the table are calculated using Equation (1), while the values in the third and fourth columns are derived using Equation (2).

The confidence intervals for the determined values of the constants K_{η} do not exceed $\pm 6\text{--}8\%$. Within the temperature range of 30 to 130 °C, the activation energy values for the Mooney viscosity plasticization process of the rubber compound were calculated. Analysis of these data showed that within the temperature range of 30 to 100 °C, the effective activation energy (E_{eff}) has a

positive value, reaching its maximum at 55°C. However, as the temperature increases to 100°C, E_{eff} significantly decreases to 0.4 kJ/mol.

This phenomenon is attributed to the shifting balance between the mechanical and oxidative degradation processes of rubber macromolecules during plasticization at temperatures from 80 to 100°C [14–17]. At temperatures above 80°C, oxidative degradation processes begin to dominate, with mechanisms and kinetics distinct from those of mechanical degradation. This likely explains the form of equation (2), which describes the plasticization behavior of SKI-3 at higher temperatures.

Figure 1 presents the experimental data alongside the calculated results obtained using equations (1) and (2), illustrating the dependence of the viscosity (η_m) of the mixtures on the plasticization time of SKI-3 at various temperatures.

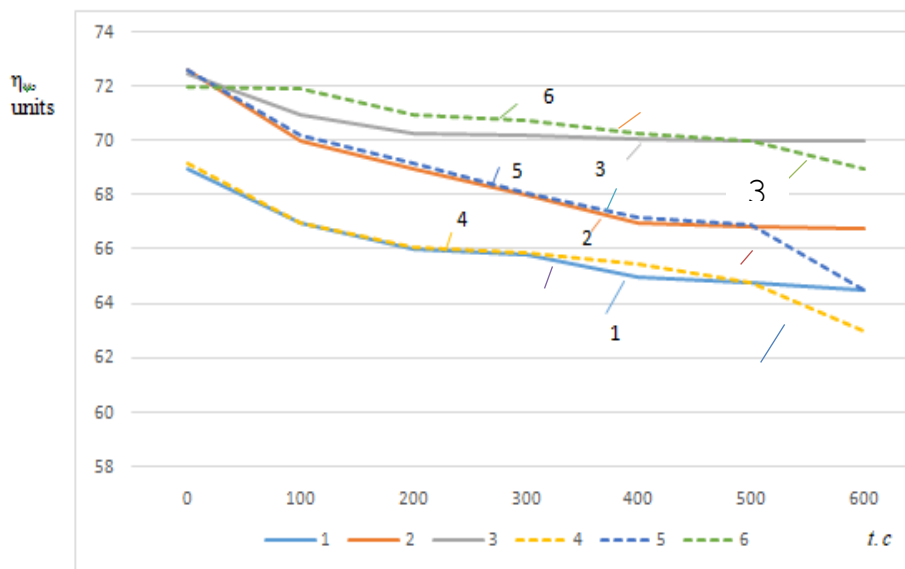


Figure 1 – Dependence of Mooney Viscosity (η_m) of rubber compounds on SKI-3 plasticization time: calculated data (1, 2, 3) and experimental data (4, 5, 6) at various temperatures (°C): 30 – (1, 4), 80 – (3, 6), 130 – (2, 5).

There is excellent agreement between the experimental results and the calculated data. This allows the use of equations (1) and (2) to calculate the Mooney viscosity of the finished rubber compound with high accuracy for any temperature and pre-plasticization time of SKI-3 within the investigated ranges.

In the course of further research, the technological properties of raw rubber compounds were analyzed. It was established that the organic fraction of oil sludge and zeolite positively influence the characteristics of these compounds.

Figure 2 illustrates the dependence of the Mooney viscosity of the rubber compound on the content of the plasticizer and filler for the developed formulations.

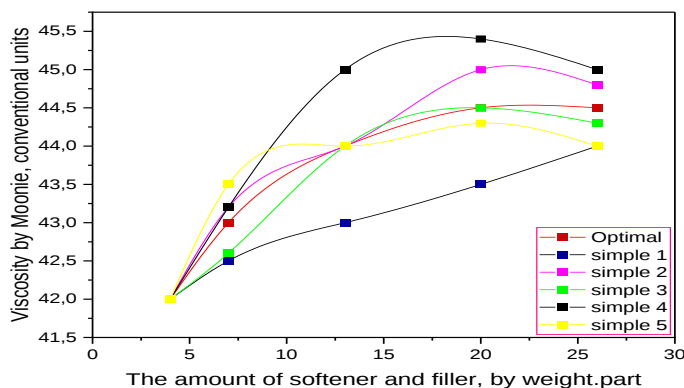


Figure 2 – Dependence of Mooney Viscosity on the Amount of Plasticizer and Filler Additives in Rubber Compounds for hydraulic seals.

An analysis of the viscous properties of rubber compounds shows that the effect of softeners and fillers on these characteristics is similar, which indicates the same mechanism of their action. According to the data shown in Figure 2, with an increase in the dosage of the softener (up to 6.0 wt.%) and filler (up to 20.0 wt.%) there is an increase in the Mooney viscosity. Optimal technological parameters for rubber compounds were achieved at a dosage of 6.0 wt.% of the organic part of the oil sludge and 20.0 wt.% of zeolite per 100 wt.% rubber, which meets the requirements for seals of hydraulic seals.

The test results of the technological properties of rubber compounds show that when replacing traditional softeners with the organic part of oil sludge and conventional fillers with zeolite, the properties of mixtures for sealing seals fully comply with regulatory requirements. In the future, the physico-mechanical properties of these rubbers will be investigated (Part 2).

4. Conclusions

Based on the study, the following was established:

1. Replacement of components: The use of PH and zeolite instead of traditional materials ensures environmental safety and reduces production costs.
2. Effect on viscosity: With an increase in the content of the softener to 6.0 wt.% and filler up to 20.0 wt.% increase in Mooney viscosity is observed, which improves the technological properties of the mixtures.
3. Optimal parameters: At a dosage of 6.0 wt.% PH and 20.0 wt.% zeolite achieves optimal performance for use in water locks.

The developed formulations of rubber compounds demonstrate competitive technological performance that meets regulatory requirements. These results highlight the promise of introducing new components into industrial production.

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the project of the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under the project: № BR21882220.

Conflict of interests: The authors declare that there is no conflict of interest between the authors that requires disclosure in this article.

ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ТЫҒЫЗДАҒЫШТАРҒА АРНАЛҒАН РЕЗИНА ҚОСПАЛАРЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ (І БӨЛІМ)

Б.Ш. Хасанходжаева¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, С.С. Сидиков², А.Ш. Кыдыралиева¹, А.У. Сарсенбаева¹, Е.А. Тусупкалиев³, Ж.Н. Кайнарбаева³, М.Н. Баимбетов³

¹М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан Республикасы

²И.М. Губкин атындағы Ресей мемлекеттік мұнай және газ университетінің филиалы, Ташкент, Өзбекстан Республикасы

³«А.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

*E-mail: t_ersin@mail.ru, guzalita.1978@mail.ru

Резюме: Кіріспе. Бұл жұмыста гидрозатворлардың тығыздағыштарын дайындауға арналған резина қоспаларының технологиялық қасиеттері зерттелді. Рецепттің негізі ретінде «Petro Kazakhstan Oil Products» ЖШС мұнайшламынан бөлінген органикалық бөлігімен ПН-6Ш майы алмастырылған резина қоспасы пайдаланылды. Сонымен қатар, толықтырғыш ретінде дәстүрлі қолданылатын ақ күйе Шанқанай кен орнының цеолитімен алмастырылып, қанағаттанарлық технологиялық көрсеткіштерге қол жеткізілді. Жұмыстың мақсаты – мұнайшламның органикалық бөлігі мен цеолитті қосу арқылы модификацияланған резина қоспаларының қасиеттерін зерттеу, сондай-ақ осы компоненттердің қоспаларының сипаттамаларын жақсарту үшін оңтайлы мөлшерін анықтау. Әдістер. Резина қоспасына мұнайшламының органикалық бөлігі 1,0–6,0 массалық үлестегі мөлшері енгізілді. Цеолит каучуктің 100 массалық үлесіне 3,0–20,0 массалық үлесі мөлшерінде қосылды. Резина қоспаларының бес үлгісі дайындалды. Қоспалардың технологиялық қасиеттері анықталды. Нәтижелер мен талқылау. Жұмсартқыштың (6,0 масс. ү. дейін) және толықтырғыштың (20,0 масс. ү. дейін) мөлшері артқан сайын Муни бойынша қоспа тұтқырлығының өсуі анықталды. Технологиялық оңтайлы көрсеткіштер мұнайшламының органикалық бөлігін 6,0 масс. ү. және цеолитті 20,0 масс. ү. мөлшерінде қолданғанда байқалды. Сынақ нәтижелері көрсеткендей, дәстүрлі компоненттерді ұсынылған модификацияларға ауыстыру резина қоспаларының қасиеттерінің бақылау нормаларына сәйкес келуін қамтамасыз етеді. Қорытындылар. Мұнайшламының органикалық бөлігін және цеолитті резина қоспаларының рецептіне қосу жұмсартқыштар мен толықтырғыштарды дәстүрлі түрде алмастыруға мүмкіндік береді, сонымен қатар гидрозатворлардың тығыздағыштарына арналған қоспалардың қасиеттеріне зиян келтірмейді. Бұл бақылау нормаларына сәйкестігімен расталады.

Түйін сөздер: изопренді каучук, гидрозатворлардың резина тығыздағыштары, Муни бойынша тұтқырлық, иілмділігі, резина.

<i>Хасанходжаева Биби-Мариам Шералиқызы</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Сагитова Гузалия Фаритовна</i>	<i>техника ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Сидиков Абдужалол Сидикович</i>	<i>химия ғылымының докторы, профессор</i>
<i>Кыдыралиева Айгүл Шажалиевна</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Сарсенбаева Айзада Узахбаевна</i>	<i>магистр</i>
<i>Тусупкалиев Ерсин Адиевич</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Кайнарбаева Жания Нурбековна</i>	<i>Магистр</i>
<i>Баимбетов Мизамбек Нурбаевич</i>	<i>Кандидат технических наук</i>

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЙ ГИДРОЗАТВОРОВ (Часть 1)

Б.Ш. Хасанходжаева¹, Г.Ф. Сагитова^{1*}, С.С. Сидиков², А.Ш. Кыдыралиева¹, А.У. Сарсенбаева¹, Тусупкалиев Е.А.³, Кайнарбаева Ж.Н.³, Баимбетов М.Н.³

¹Южно-Казахстанский университет им. М. Ауезова, Шымкент, Республика Казахстан

²Филиал РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина, Ташкент, Республика Узбекистан

³«А.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

*E-mail: t_ersin@mail.ru, guzalita.f1978@mail.ru

Резюме. *Введение.* В данной работе исследованы технологические свойства резиновых смесей, предназначенных для изготовления уплотнений гидрозатворов. В качестве основы рецептуры использована резиновая смесь, в которое масло ПН-6Ш заменено органической частью, выделенной из нефтешлама ТОО «Петро Казахстан Ойл Продактс». Кроме того, белую сажу, традиционно используемую в качестве наполнителя, заменили на цеолит Чанканайского месторождения, что позволило достичь удовлетворительных технологических показателей. *Целью работы* было изучение свойств резиновых смесей, модифицированных введением органической части нефтешлама и цеолита, а также определение оптимальных дозировок данных компонентов для улучшения характеристик смесей. *Методология.* В резиновую смесь вводили органическую часть нефтешлама в количестве 1,0–6,0 масс.ч. Цеолит добавляли в количестве 3,0–20,0 масс.ч. на 100 масс.ч. каучука. Было приготовлено пять образцов резиновых смесей. Определялись технологические свойства смесей. *Результаты и обсуждение.* Установлено, что увеличение содержания пластификатора (до 6,0 масс.ч.) и наполнителя (до 20,0 масс.ч.) приводит к росту вязкости смеси по Муни. Оптимальные технологические показатели наблюдались при дозировке 6,0 масс.ч. органической части нефтешлама и 20,0 масс.ч. цеолита. Испытания показали, что замена традиционных компонентов на предложенные модификации обеспечивает соответствие свойств резиновых смесей требованиям норм контроля. *Выводы.* Применение органической части нефтешлама и цеолита в рецептуре резиновых смесей позволяет заменить традиционные мягчители и наполнители без ущерба для свойств смесей, предназначенных для уплотнений гидрозатворов, что подтверждается соответствием контрольным нормам.

Ключевые слова: изопреновый каучук, резиновые уплотнений гидрозатворов, вязкость по Муни, пластичность, резина.

<i>Хасанходжаева Биби-Мариям Шераликызы</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Сагитова Гузалия Фаритовна</i>	<i>кандидат технических наук, профессор</i>
<i>Сидиков Абдужалол Сидикович</i>	<i>доктор химических наук, профессор</i>
<i>Кыдыралиева Айгуль Шажалиевна</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Сарсенбаева Айзада Узахбаевна</i>	<i>магистр</i>
<i>Тусупкалиев Ерсин Адиетович</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Кайнарбаева Жания Нурбековна</i>	<i>Магистр</i>
<i>Баимбетов Мизамбек Нурбаевич</i>	<i>Кандидат технических наук</i>

References

1. Uruk Z., Kiraz A., Karaağaç B. Optimization of rubber mixture production using a validated technological sequence of methods. *Polymer Engineering & Science*, **2024**, No. 64, 5435-5449. DOI: <https://doi.org/10.1002/pen.26926>
2. John S. Dick. Rubber Technology: Formulations and Testing. Saint Petersburg: Scientific Foundations and Technologies, **2010**, 617 p.
<https://search.rsl.ru/ru/record/01004727085> (accessed on 6 February 2025).
3. Shashok Z. S., Kasperovich A. V. Elastomer Technology. In 2 parts. Part 2: Laboratory Practicum. Minsk: BSTU, **2006**, 67 p.
4. Dorozhkin V. P., Mokhnatkina E. G., Zemsky D. N., Valiev A. D., Gabdrakhmanova A. S. Influence of isoprene rubber plasticization on the Mooney viscosity of rubber compounds based on it. *Rubber and Rubber Materials*, **2020**, 79, No. 5, 244–248.

- DOI: <https://doi.org/10.47664/0022-9466-2020-79-5-244-248>.
5. Technical Specifications TU 2294-141-05766801-2007. SKI-3 Rubber. Sanitary Conclusion 16.11.10.229.T.000020.01.08.
6. Yasuda G., Maekawa E., Homma T., K. Ninomiya. Molecular weight dependence of relaxation spectra of amorphous polymers in the rubber region. *Rubber Chem. And Technol*, **1967**, 40. No.2, 484. DOI: <https://doi.org/10.5254/1.3539156>
7. Holden G. Molecular weight Polyisoprene Rubber. *J.Appl.Polym. Sci.*, **1965**, No. 9, 2911.
8. Ayad E., Cayla A., Rault F., Gonthier A., Campagne C., Devaux E. Effect of viscosity ratio of two immiscible polymers on morphology in bicomponent melt spinning fibers. *Advances in Polymer Technology*, **2016**, 40. No. 2, 951-1243. DOI: <https://doi.org/10.1002/adv.21772>
9. Fatma Sahin-Dinc, Ugur Yahsi, Tomas Sedlacek. Interrelationships of Pressure-Dependent Hole Fraction and Elongational Viscosity in Polymer Melt. *Advances in Polymer Technology*, **2019**, 15 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2019/9493769>
10. Khasankhodzhaeva B. Sh., Sagitova G. F., Tileuberdi A. N. Investigation of the Possibility of Using the Organic Component of Oil Sludge in the Formulation of Rubber Seals. *Oil and Gas*, **2024**, 231–243. DOI: <https://doi.org/10.37878/2708-0080/2024-6.15>.
11. GOST 415-75. Rubbers and Rubber Compounds. Method for Determining Plasticoelastic Properties Using a Plastometer. Moscow: Standards Publishing, **2002**, 6 p. DOI: <https://internet-law.ru/gosts/gost/41066/> (accessed on 6 February 2025).
12. GOST R 54552-2011. Rubbers and Rubber Compounds. Determination of Viscosity, Stress Relaxation, and Pre-vulcanization Characteristics Using a Mooney Viscometer. — Moscow: Standartinform, **2013**, 26 p. <https://internet-law.ru/gosts/gost/53194/> (accessed on 6 February 2025).
13. Kayushnikov S. N., Prokopchuk N. R. Technological Properties of Tire Rubber Compounds with a Composite Activator. *Materials, Technologies, Tools*, **2014**, 19, No. 3, 66–70. https://elib.belstu.by/bitstream/123456789/25993/1/Kayushnikov_Tekhnologicheskie.pdf (accessed on 6 February 2025).
14. Na Lu, Mei Shen, Juan Liu, K. Prakashan, Zhenxiang Xin. Effects of Posttreatments on the Storage Stability of Reclaimed Rubber. *Advances in Polymer Technology*, **2021**, 8 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2021/6617666>
15. José Antonio Malmonge, Egiane Carla Camillo, Rogério Manoel Biagi Moreno, Luiz Henrique Capparelli Mattoso, Colleen Marie Mc Mahan. Comparative study on the technological properties of latex and natural rubber from *Hancornia speciosa* Gomes and *Hevea brasiliensis*. *Journal of Applied Polymer Science*, **2008**, 111. No. 6, 2986-2991. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.29316>
16. Shaji P. Thomas, Saliney Thomas, C. V. Marykutty, E. J. Mathew. Evaluation of Effect of Various Nanofillers on Technological Properties of NBR/NR Blend Vulcanized Using BIAT-CBS System. *Journal of Polymers*, **2013**, 1, 10 p. DOI: <https://doi.org/10.1155/2013/798232>
17. Anna Sowińska-Baranowska, Magdalena Maciejewska. Effect of dispersants on the hydroxyapatite-filled natural rubber biocomposites with enhanced functional properties. *Journal of Applied Polymer Science*, **2024**, 141, No 20. DOI: <https://doi.org/10.1002/app.55367>

SYNTHESIS AND STUDY OF PROPERTIES OF POLYMER IMPRINTED ON LEAD IONS

A.Kh Zhakina*, O.V. Arnt, Ye.P. Vassilets, A.M. Zhakin

LLP «Institute of Organic Synthesis and Coal Chemistry of the Republic of Kazakhstan»,
Karaganda, Kazakhstan

*E-mail: alzhakina@mail.ru

Abstract. *Introduction.* With the development of modern technologies, there is a growing interest of researchers in the synthesis of molecularly imprinted polymers (MIPs). Due to their unique properties and ability to molecular recognition, MIPs find increasingly wider areas of application. Recently, humic acids (HA) have attracted increasing attention in the development of polymeric materials due to their availability and prospects from both a scientific and practical point of view. *The aim of the work* was to chemically synthesize lead-imprinted polymer (PbIP) and non-imprinted polymer (NIP) based on humic acids, capable of molecular recognition of lead, to obtain physicochemical characteristics, study sorption properties and evaluate their application as a sorption material. *The methodology of the work* includes the synthesis of PbIP and NIP, determination of their composition using the methods of elemental analysis, IR-spectroscopy, conductometry, scanning electron microscope and determination of the adsorption capacity of PbIP and NIP using an atomic emission spectrometer with inductively coupled plasma. *The results* showed that PbIP has a higher sorption capacity for Pb^{2+} ions than NIP. The degree of extraction of Pb^{2+} ions for PbIP was 71%, while for NIP it was 55%. This indicates that PbIP shows good characteristics due to the selective active centers formed in the process of molecular imprinting and confirms the prospects of its use. *Conclusion.* The obtained PbIP demonstrated high sorption capacity for lead compared to NIP and can be recommended as a selective sorption material.

Key words: lead-imprinted polymer, humic acids, template, purification, sorption.

Alma Khassenovna Zhakina	<i>Candidate of Chemical Sciences, Assoc. Professor; E-mail: alzhakina@mail.ru</i>
Oxana Vasilievna Arnt	<i>Master of Technical Sciences, Researcher; E-mail: oxana230590@mail.ru</i>
Yevgeniy Petrovich Vassilets	<i>Master of Pedagogical Sciences, Researcher; E-mail: vassilets88@mail.ru</i>
Almat Maulenuly Zhakin	<i>Master of Technical Sciences, Researcher; E-mail: zhakin-almat@mail.ru</i>

Citation: Zhakina A.Kh., Arnt O.V., Vassilets Ye.P., Zhakin A.M. Synthesis and study of properties of polymer imprinted on lead ions. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 69-77. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.07>

СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРА, ИМПРИНТИРОВАННОГО НА ИОНЫ СВИНЦА**А.Х. Жакина*, О.В. Арип, Е.П. Василец, А.М. Жакин***«ТОО Институт органического синтеза и углехимии РК», Караганда, Казахстан***E-mail: alzhakina@mail.ru*

Резюме. *Введение.* С развитием современных технологий наблюдается рост интереса исследователей к синтезу молекулярно-импринтированных полимеров (МИП). Благодаря уникальным свойствам и способности к молекулярному распознаванию, МИП находят все более широкие области применения. В последнее время гуминовые кислоты (ГК) привлекают все большее внимание при разработке полимерных материалов, благодаря своей доступности и перспективности как с научной, так и с практической точки зрения. *Цель работы* заключалась в химическом синтезе цинк-импринтированного полимера (PbIP) и неимпринтированного полимера (NIP) на основе гуминовых кислот, способные к молекулярному распознаванию свинца, получения физико-химических характеристик, изучении сорбционных свойств и оценке их применения в качестве сорбционного материала. *Методология работы* включает синтез PbIP и NIP, установлении их состава с использованием методов элементного анализа, ИК-Фурье спектроскопии, кондуктометрии, сканирующего электронного микроскопа и определении адсорбционной способности PbIP и NIP, с использованием атомно-эмиссионного спектрометра с индуктивно-связанной плазмой. *Результаты* показали, что PbIP обладают более высокой сорбционной способностью к ионам Pb^{2+} , чем NIP. Степень извлечения ионов Pb^{2+} для PbIP составила 71%, в то время как для NIP – 55%. Это свидетельствует о том, что PbIP показывают хорошие характеристики благодаря селективным активным центрам, сформированным в процессе молекулярного импринтинга и подтверждает перспективу его использования. *Заключение.* Полученный PbIP продемонстрировал высокую сорбционную способность по свинцу по сравнению с NIP и может быть рекомендован в качестве селективного сорбционного материала.

Ключевые слова: свинец-импринтированный полимер, гуминовые кислоты, темплат очистка, сорбция

<i>Жакина Алма Хасеновна</i>	<i>Кандидат химических наук, ассоциированный профессор</i>
<i>Арип Оксана Васильевна</i>	<i>Магистр технических наук, научный сотрудник</i>
<i>Василец Евгений Петрович</i>	<i>Магистр педагогических наук, научный сотрудник</i>
<i>Жакин Алмат Мауленулы</i>	<i>Магистр технических наук, младший научный сотрудник</i>

1. Введение

Загрязнение воды тяжелыми металлами является одной из экологических проблем XXI века. Поэтому поиск новых материалов, позволяющих эффективно очищать воду от тяжелых металлов очень важен. В настоящее время, с развитием современных технологий неуклонно растет интерес исследователей к проблемам синтеза молекулярно-импринтированных полимеров (МИП). МИП представляют собой искусственные полимерные молекулы-отпечатки, получаемые в результате сополимеризации мономеров в присутствии определенных молекул-шаблонов. Благодаря уникальным свойствам и способности МИП к молекулярному распознаванию данные полимеры находят новые области применения. Образование МИП и удаление шаблона из полимерной матрицы позволяет контролировать процесс формирования и создавать

новые полимерные материалы с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Такие полимеры, распознающие целевые молекулы, являясь актуальными и привлекают все большее внимание [1-3].

Полимерные материалы на основе природных соединений, полученные с использованием метода молекулярного импринтинга, широко и успешно применяются в таких отраслях промышленности, как химическая, фармацевтическая, биотехнологическая, и, в первую очередь, на стадиях очистки конечного продукта [3-5]. В последнее время при создании полимерных материалов большое внимание стали уделять гуминовым кислотам (ГК) как доступным и перспективным в научном и практическом плане природным соединениям [6-8]. По структуре они относятся к классу конденсированных ароматических полимеров, содержащих разнообразные кислородсодержащие функциональные группы (фенольные, хиноидные, карбоксильные, метоксильные, кетонные, эфирные). Их ароматические ядра содержат от 2 до 6 конденсированных бензольных колец. Сырьем для их производства служат торф, угли, сапропели.

Теоретические исследования и прикладное значение гуминовых кислот возрастают буквально с каждым годом. Гуминовые кислоты являются природными детоксикантами. Ароматические ядра гуминовых кислот, содержащие огромное количество карбоксильных, гидроксильных, хиноидных групп, позволяют им участвовать в разнообразных реакциях: ионных, окислительно-восстановительных и комплексообразования. Однако процессы получения МИП на основе гуминовых кислот почти не изучены.

Ранее нами были синтезированы молекулярно-импринтированные полимеры на основе гуминовых кислот, выделенных из углей месторождения Шубарколь, и показана их возможность применения в качестве сорбционного материала для очистки воды от тяжелых металлов. [9-10].

Продолжая исследования по разработке МИП, в настоящей работе осуществлен синтез свинец-импринтированного полимера (PbIP) на основе гуминовых кислот (ГК), способных к молекулярному распознаванию свинца, и изучение его свойств для дальнейшего применения в качестве сорбционного материала для очистки воды от ионов свинца.

2. Экспериментальная часть

2.1 Материалы

В качестве исходного сырья в синтезе МИП использованы ГК, выделенные из угля Шубаркольского месторождения (г. Караганда, Казахстан) методом щелочной экстракции с дальнейшим осаждением минеральной кислотой и имеющие следующие характеристики, %: W^a –12,1; A^a –22,0; C^r –36,3; H^r –3,73; N^r –0,70; S^r –1,02; O^r –58,9. В качестве функционального мономера использовали метакриловую кислоту (МАО) (Merck, Darmstadt, Germany; CAS:79-41-4), шаблона – ацетат свинца (II) тригидрат (Merck, Darmstadt, Germany; CAS:6080-56-4), сшивающего агента

– формальдегид, (37% водный раствор, $d=1.09$ г/см³, производство Sigma-Aldrich), инициатора реакции – бензоил пероксид (БПО) (Merck, Darmstadt, Germany; CAS:94-36-0).

2.2 Синтез свинец-импринтированного полимера

Синтез свинец-импринтированного полимера (PbIP) осуществляли по ранее разработанной нами методике методом нековалентного импринтинга по механизму радикальной полимеризации [9-10]. К водному раствору ГК (1 ммоль) прибавляли раствор $Pb(CH_3COO)_2$ (0.1 ммоль/л) при этом смесь облучали ультразвуком при перемешивании до образования устойчивого предполимеризационного комплекса между молекулами гуминовой кислоты и шаблона. В качестве источника ультразвука использован Ultrasonic Homogenizer JY92-IIDN с максимальной мощностью 900 Вт, частотой 25 кГц (Scientz, КНР). Далее, к предполимеризационному комплексу добавляли мономер (метакриловая кислота, 1 ммоль), сшивающий агент (формальдегид, 10 ммоль) и инициатор (БПО, 0,1 ммоль). Далее полимеризацию проводили в течение 180 минут в термостате («Termex», Tomsk, Russia) при температуре 60°C. По окончании процесса сополимеризации полученный продукт центрифугировали на центрифуге (Hermle Labortechnik GmbH, Wehingen, Germany) при скорости 14 000 об/мин, промывали водой до нейтральной среды, сушили, размельчали на измельчителе (IKA-Werke GmbH & Co., Staufen Germany), просеивали на лабораторных ситах и отбирали фракцию с размером частиц 200-400 мкм. Полученный промежуточный продукт подвергали кислотному гидролизу 0.1 н раствором HCl, при нагревании до 50-60°C и выдерживании в течение 30 минут. Полученный продукт отфильтровывали и осадок промывали водой до исчезновения Cl⁻ ионов. По аналогичной методике без добавления свинца и без стадии кислотного гидролиза получали полимер сравнения (NIP).

2.3. Экспериментальное оборудование и методы изучения PbIP и NIP

Для контроля реакции методом обратного титрования определяли содержание кислородсодержащих групп в PbIP и NIP с помощью лабораторного кондуктометра Анион-4100 (Infraspec-Analyte, Novosibirsk, Russia). Измерения проводили последовательно с тремя навесками образцов, за конечное значение принимали среднее значение трех опытов.

Элементный анализ содержания углерода, водорода, азота и кислорода в PbIP и NIP проводился с использованием элементного анализатора (Elementar Unicube, Langensfeld, Germany).

Текстурные характеристики с топографическим контрастом были получены с помощью сканирующего электронного микроскопа MIRA 3 (Tescan Orsay Holding, Brno-Kohoutovice, Czech Republic), оснащенного детектором вторичных электронов. Элементный состав образцов определялся путем квартования на различных участках поверхности образцов с использованием рентгеновского энергодисперсионного микроанализа X-Act (Oxford Instruments)

Состав полученных синтезированных полимеров подтверждали данными ИК-спектроскопии, выполненной на ИК-Фурье-спектрометре ФСМ-1201 (Infraspec Company, St. Petersburg, Russia) в диапазоне волновых чисел 4000-400 см⁻¹, погрешность не превышает 2 см⁻¹.

2.4. Метод изучения сорбционных свойств PbIP и NIP

Сорбционные свойства PbIP и NIP проводили в статическом режиме. Для этого в плоскодонную колбу с притертой пробкой помещали навеску сорбционного материала массой 1.0 г. Далее в колбы приливалось по 100 см³ раствора ацетата свинца (концентрация 100 мг/дм³). Растворы перемешивали в течение 8 ч с помощью лабораторного шейкера (PE-6410, St. Petersburg, Russia). После установления адсорбционного равновесия отделяли осадок от раствора путем фильтрации. Далее определение равновесных концентраций ионов Pb²⁺ в фильтрате проводили на атомно-эмиссионном спектрометре с индуктивно-связанной плазмой iCAP6500 (SPECTRO ARCOS EOP SPECTRO Analytical instruments GmbH, Germany).

Степень извлечения (R, %) ионов Pb²⁺ адсорбированных на PbIP рассчитывали по уравнению:

$$R = \frac{c_0 - c}{c_n} \cdot 100\% \quad (1)$$

где: R – степень извлечения (%); C₀ – начальная молярная концентрация ионов металла (мг/дм³); C – равновесная молярная концентрация ионов металла (мг/дм³).

3. Результаты и обсуждение

В таблице 1 приведено сравнение физико-химических характеристик, синтезированных PbIP и NIP.

Таблица 1 – Характеристики синтезированных полимеров

Образец	C ^r , %	H ^r , %	N ^r , %	O ^r , %	Σ(COOH+OH) мг-экв/г	Выход, %
PbIP	60.99±0.2	3.95±0.1	0.68±0.1	34.38±0.4	4.51±0.2	75.62
NIP	57.38±0.2	3.73±0.1	0.67±0.1	38.22±0.4	4.12±0.2	73.46

Как видно из таблицы 1 с введением в состав PbIP свинца снижается содержание кислорода на 3.84%, что свидетельствует о возможности связывания ионов свинца по карбоксильным и гидроксильным группам. Снижение содержание кислородсодержащих групп в PbIP по сравнению с NIP также дает возможность предположения связывания их с ионами свинца по механизму комплексообразования. Так, в PbIP их содержание составляет 4.51 мг-экв/г, а в NIP – 4.12 мг-экв/г. Выход PbIP составляет 75.62%, а для NIP – 73.46%.

ИК-спектры PbIP и NIP представлены на рисунке 1.

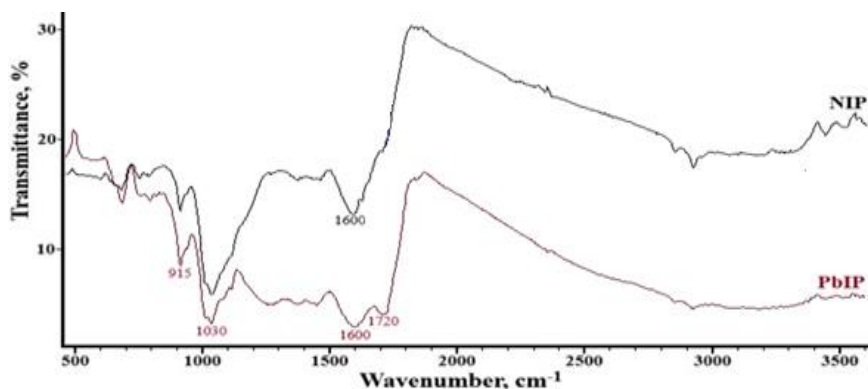


Рисунок 1 – ИК-спектры синтезированных полимеров

Обнаружено, что ИК-спектры полученных PbIP и NIP, были очень похожи, поскольку данные образцы были синтезированы с использованием одинаковой методологии и исходных реагентов. Снимки образцов PbIP и NIP показали пики в области 915-1030 cm^{-1} , которые соответствуют растяжению связей C–O углеводов, спиртовых и эфирных групп, что указывает на наличие этих функциональных групп в полимерах. Полосы с максимумом при 915 cm^{-1} связаны с наличием замещенных ароматических структур. Появление полосы в области 1600-1650 cm^{-1} как в PbIP, так и в NIP связана с колебаниями двойной связи C=C метакриловой кислоты. Наличие полосы поглощения в области 1700-1720 cm^{-1} в ИК-спектре PbIP свидетельствует о возможном образовании координационного комплекса. Растяжение пиков в области 3000-3560 cm^{-1} , характерные для гидроксильных групп, присутствуют как в PbIP, так и в NIP.

Текстурная характеристика PbIP и NIP с топографическим контрастом получена с использованием растрового электронного микроскопа MIRA 3 фирмы TESCAN (рисунок 2). Методом квартования в различных областях поверхности образца, с использованием рентгеновского энергодисперсионного микроанализа X-Act (Oxford Instruments) определен элементный состав образцов.

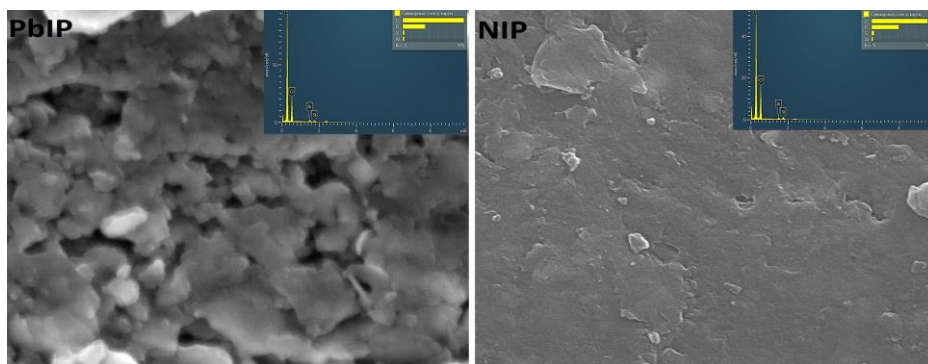


Рисунок 2 – Микроструктура PbIP и NIP с элементным анализом

Сравнительный анализ микроснимков PbIP и NIP, указывает на различие морфологии их поверхности. Следует отметить, что удаление шаблона из полимерной сетки раскупоривает дополнительные поры, что хорошо видно на снимках, зарегистрированных методом растровой электронной микроскопии. Элементный состав и многослойная ЭДС-карта подтверждают состав полученных продуктов, а распределение химических элементов на микроструктуре подтверждает наличие элементов, входящих в состав как PbIP, так и NIP.

Для исследования связывающей способности PbIP и NIP были проведены эксперименты по статической адсорбции ионов свинца (рисунок 3).

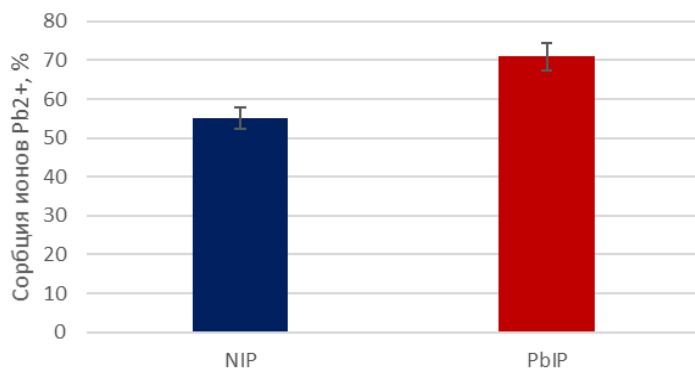


Рисунок 3 – Результаты сорбции PbIP и NIP

Исследование сорбционных свойств PbIP показало увеличение сорбционной емкости по сравнению с NIP. Максимальная сорбционная емкость по Pb²⁺ составляет 71% для PbIP и 55% для NIP. Это подтверждает предположение, что в системе существуют полости, которые соответствуют

ионному радиусу металла и об эффективности полимера, настроенного на сорбируемый ион.

4. Заключение

Таким образом, с использованием метода молекулярного импринтинга, синтезирован PbIP, специально настроенный на сорбирование ионов Pb^{2+} , а также NIP для сравнительного анализа, не содержащий молекулярных отпечатков. Состав и структура PbIP и NIP были подтверждены с использованием современных физико-химических методов: элементного анализа, кондуктометрии, ИК-Фурье спектроскопии, растровой электронной микроскопии. Проведена оценка способности полученных полимеров к молекулярному распознаванию свинца. На основе экспериментальных данных по статической адсорбции была определена адсорбционная способность PbIP и NIP. Результаты исследования показали, что PbIP обладают более высокой сорбционной способностью к ионам Pb^{2+} по сравнению с NIP. Степень извлечения ионов Pb^{2+} для PbIP составила 71%, для NIP 55%. Это подтверждает, что PbIP демонстрируют хорошие характеристики, обусловленные селективными активными центрами, созданными в процессе молекулярного импринтинга. В связи с этим, полученный PbIP, использующий молекулярное распознавание, является предпочтительным материалом для практического применения в задачах, связанных с очисткой воды, и его можно рекомендовать в качестве сорбента, а материалы статьи открывают возможность для дальнейших фундаментальных и прикладных исследований.

Финансирование: Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РК по теме гранта AP19678338 «Фундаментальные основы создания молекулярно-импринтированных полимеров из углеотходов».

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

ҚОРҒАСЫН ИОНДАРЫНА ИМПРИНТТЕЛГЕН ПОЛИМЕРДІ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

А.Х. Жакина, О.В. Арит, Е.П. Василец, А.М. Жакин*

*ЖШС «Қазақстан Республикасының Органикалық синтез және көмір химиясы институты»,
Қарағанды, Қазақстан*

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

Түйіндеме. *Кіріспе.* Заманауи технологиялардың дамуымен зерттеушілердің молекулалық импринттелген полимерлерді (МИП) синтездеуге қызығушылығының артуы байқалады. Бірегей қасиеттері мен молекулалық тану қабілетінің арқасында МИП-лерді қолдану бағыттарының аясы кеңеюде. Соңғы кездері гумин қышқылдары (ГК) ғылыми және практикалық тұрғыдан олардың қолжетімділігі мен болашағына байланысты полимерлі материалдарды әзірлеуде көбірек назар аударып отыр. *Жұмыстың мақсаты.* Қорғасынды молекулалық тануға, физика-химиялық сипаттамаларын алуға, сорбциялық қасиеттерін зерттеуге және олардың сорбциялық материал ретінде қолданылуын бағалауға қабілетті гумин қышқылдары негізіндегі мырышпен импринттелген полимерді (PbIP) және импринттелмеген полимерді (NIP) химиялық синтездеу

болды. Жұмыстың әдістемесі PbIP және NIP синтезін, элементтік талдау әдістерін қолдана отырып, олардың құрамын анықтауды ИҚ-Фурье спектроскопиясын, кондуктометрияны, сканерлеуші электронды микроскопты және индуктивті байланысқан плазмалық атомдық эмиссиялық спектрометрдің көмегімен PbIP және NIP адсорбциялық қабілетін анықтауды қамтиды. *Нәтижелер.* PbIP-тердің Pb^{2+} иондары үшін NIP-ге қарағанда сорбциялық қабілеті жоғары екенін көрсетті. PbIP үшін Pb^{2+} иондарының қалпына келу жылдамдығы 71%, ал NIP үшін 55% болды. Бұл PbIP молекулалық импринтинг процесі арқылы қалыптасқан селективті белсенді орталықтың арқасында жақсы өнімділікті көрсетеді және оны пайдалану перспективасын растайды. *Қорытынды.* Алынған PbIP NIP-мен салыстырғанда қорғасынның жоғары сорбциялық қабілетін көрсетті және селективті сорбциялық материал ретінде ұсынылуы мүмкін.

Түйінді сөздер: қорғасын-импринттелген полимер, гумин қышқылдары, темплант, тазарту, сорбция.

Жакина Алма Хасеновна	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
Арнт Оксана Васильевна	<i>Магистр, ғылыми қызметкер</i>
Василец Евгений Петрович	<i>Магистр, ғылыми қызметкер</i>
Жакин Алмат Мауленұлы	<i>Магистр, ғылыми қызметкер</i>

References

1. Sui Y., Gao S., Qi J., Abliz S., Chai L. Preparation and Performance Research of Pb(II)-Imprinted Acrylonitrile-Co-Acrylic Acid Composite Material with Modified Sand Particles as Carrier. *Polymers*. **2025**, 17, 229. DOI: 10.3390/polym17020229
2. Kaspate G., Ramanavicius A., Prentice U. Molecular Imprinting Technology for Advanced Delivery of Essential Oils. *Polymers*. **2024**, 16(17), 2441. DOI: 10.3390/polym16172441
3. He J., Wu M., Wang X., Xu R., Zhang S., Zhao X.. Development of Molecularly Imprinted Photonic Crystals Sensor for High-Sensitivity, Rapid Detection of Sulfamethazine in Food Samples. *Polymers*. **2025**, 17(2), 160. DOI: 10.3390/polym17020160
4. Meza F., Khan S., Picasso G., Sotomayor M.D.P.T. A novel highly sensitive imprinted polymer-based optical sensor for the detection of Pb(II) in water samples. *Environ. Nanotechnol. Monit. Manag.* **2021**, 16, 100497. DOI: 10.1016/j.enmm.2021.100497
5. Meza F., Khan, S., Anchietta J., Picasso G., Sotomayor M.D.P.T. Systematic study on the synthesis of novel ion-imprinted polymers based on rhodizonate for the highly selective removal of Pb (II). *React. Funct. Polym.* **2021**, 159, 104805. DOI: 10.1016/j.reactfunctpolym.2020.104805
6. Xue S., Hu Y., Wan K., Miao Z. Exploring Humic Acid as an Efficient and Selective Adsorbent for Lead Removal in Multi-Metal Coexistence Systems: A Review. *Separations*. **2024**, 11(3), 80. DOI: 10.3390/separations11030080
7. Das C., Panigrahi S., Saha V., Panda B., Dhak P., Dhak D., Pulhani V., Singhal P., Biswas G. Humic acid-nanoceria composite as a sustainable adsorbent for simultaneous removal of uranium(VI), chromium(VI), and fluoride ions from aqueous solutions. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2024**, 31, 67429–67441. DOI: 10.1007/s11356-024-32730-2
8. Zhao P., Wang A., Wang P., Huang Z., Fu Z., Huang Z. Two recyclable and complementary adsorbents of coal-based and bio-based humic acids: High efficient adsorption and immobilization remediation for Pb (II) contaminated water and soil. *Chemosphere*. **2023**, 318, 137963. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2023.137963
9. Zhakina A.Kh., Arnt O.V., Vassilets Ye.P., Alzhankyzy A., Zhakin A.M. Synthesis, Characterization and Application of New Polymers Imprinted with Zinc (II) Ions. *Eur. J. Chem.* **2024**, 29, 2(114), 45-53. DOI: 10.31489/2959-0663/2-24-14
10. Vassilets Ye.P., Zhakina A.Kh., Arnt O.V., Alzhankyzy A., Zhivotova T.S., Gazaliev A.M., Muldakhmetov Z.M. Composite Materials Based on Aminated Humic Acids. *Solid Fuel Chem.* **2023**, 57(5), 319-325. DOI: 10.3103/S0361521923040109

STUDY OF THE ELEMENTAL AND MATERIAL COMPOSITION OF KARATAU PHOSPHORITES

R.A. Kaiynbaeva¹, G.Sh. Sultanbayeva¹, R.M. Chernyakova^{*1},
U.Zh. Dzhusipbekov¹, N.N. Kozhabeva²

¹A.B. Bekturov Institute of Chemical Science, Almaty, Kazakhstan

² Kazakh National Pedagogical University, Abay Almaty, Kazakhstan

*E-mail: chernyakova1947@mail.ru

Abstract. *Introduction.* Liquid mineral fertilizers are highly effective, cost-effective complex fertilizers intended for application to various agricultural crops and virtually any soil. Recently, the main raw material for obtaining EPA is phosphorites of the Karatau deposit (m.) Kistas. The aim of the work is to study the elemental and material compositions of phosphorus flour (4 samples) from phosphorites of the Kistas deposit (Karatau) and conduct their comparative analysis. *Results and discussion.* Results and discussion. A system analysis of phosphorites from the Kistas deposit was carried out using modern physicochemical (RFIA, semi-quantitative RFIA, AES, IR) and chemical methods (four samples). The results showed that the phosphorus meal of one deposit is characterized by a variable composition. Chemical analysis, AES, and the gravimetric method of phosphorus meal confirmed the data of X-ray fluorescence analysis. The studied phosphorus meal samples are represented by phosphate, carbonate, aluminosilicate, and silicate components. *Conclusion.* Physicochemical studies of the composition and structure of phosphorus meal from the Kistas deposit showed that the phosphorus meal of one deposit is characterized by a variable composition. Phosphorite meal contains from 18 to 22 elements, the main phases are: Sr-containing fluorapatite, Fe-containing fluorapatite, quartz, iron-containing akermanite (variety), sodium sulfate, jadeite, calcite. The obtained data will allow for a deeper decomposition of Koksou phosphate flour to produce EPA.

Keywords: phosphorite flour, X-ray fluorescence analysis, chemical analysis, X-ray diffractometric analysis, IR spectroscopy

Raushan Alibekovna Kaiynbaeva	Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher; E-mail: raushan_1972@mail.ru
Gita Shamilyevna Sultanbayeva	Candidate of technical sciences; Senior Researcher; E-mail: sultanbaeva@mail.ru
Raissa Michailovna Chernyakova	Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher; E-mail: chernyakova1947@mail.ru
Umirzak Zhumasilovich Jussipbekov	Academician of NAS of the RK, Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Laboratory of Chemistry of Fertilizers and Salts; E-mail: jussipbekov@mail.ru
Nazym Nurgudyrovna Kozhabekova	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: kojabekova@mail.ru

Citation: Kaiynbaeva R.A., Sultanbayeva G.Sh., Chernyakova R.M., Dzhusipbekov U.Zh., Kozhabeva N.N. Study of the elemental and material composition of Karatau phosphorites. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 1(89), 78-87. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.08>

ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ФОСФОРИТОВ КАРАТАУ

*Р.А. Кайынбаева¹, Г.Ш.Султанбаева¹, Р.М. Чернякова^{*1},
У.Ж. Джусипбеков¹, Н.Н. Кожобекова²*

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

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

*E-mail: chernyakova1947@mail.ru

Резюме. *Введение.* Жидкие минеральные удобрения относятся к высокоэффективным экономически-целесообразным комплексным удобрениям, предназначенным для внесения под различные сельскохозяйственные культуры и практически в любые грунты. В последнее время основным сырьем для получения ЭФК являются фосфориты Каратау месторождения (м.) Кистас. *Целью работы является* -исследование элементного и вещественного составов фосмуки (4 образца) из фосфоритов м. Кистас (Каратау) и проведение их сопоставительного анализа. *Результаты и обсуждение.* Проведен системный анализ фосфоритов месторождения Кистас с применением современных физико-химических (РФЛА, РДФА полуколичественный, АЭС, ИКС) и химических методов (четыре образца). Результаты показали, что фосмука одного месторождения характеризуется переменным составом. Химический анализ, АЭС, весовой метод фосмуки подтвердил данные рентгенофлуоресцентного анализа. Исследуемые образцы фосмуки представлены фосфатными, карбонатными, алюмосиликатными, силикатными составляющими. *Заключение.* Физико-химические исследования состава и структуры фосмуки месторождения Кистас показали, что фосмука одного месторождения характеризуется переменным составом. В фосфоритной муке присутствует от 18 до 22 элементов, основными фазами являются: Sr-содержащий фторapatит, Fe-содержащий фторapatит, кварц, железосодержащий акерманит (разновидность), сульфат натрия, жадеит, кальцит. Полученные данные позволят проводить более глубокое разложение фосфоритной муки Коксу с получением ЭФК.

Ключевые слова: фосфоритная мука, рентгенофлуоресцентный анализ, химический анализ, рентгенодифрактометрический анализ, ИК-спектроскопия.

<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Доктор технических наук</i>
<i>Гита Шамильевна Султанбаева</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Раушан Алибековна Кайынбаева</i>	<i>Кандидат технических наук</i>
<i>Умирзак Жумасилович Джусипбеков</i>	<i>Доктор технических наук</i>
<i>Назым Нургудыровна Кожобекова</i>	<i>Кандидат химических наук</i>

1. Введение.

Минеральные удобрения, необходимы для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, а также увеличения содержания, усвояемых растениями питательных элементов в почвах и улучшения их плодородия [1-3]. В современных условиях ведущее место в повышении урожайности и валового сбора сельскохозяйственных культур принадлежит удобрениям [1]. Применение удобрений с широким диапазоном соотношения N:P:K, улучшают питание сельскохозяйственных культур и создают условия формирования качественного урожая [4-6]. К перспективным видам удобрений относятся жидкие азотно-фосфорные и тройные удобрения, производство которых отличается меньшей стоимостью, так как отпадает

ряд операций – гранулирование, сушка, сортировка гранул и кондиционирование продукта. Жидкие минеральные удобрения относятся к высокоэффективным экономически-целесообразным комплексным удобрениям, предназначенным для внесения под различные сельскохозяйственные культуры и практически в любые грунты. Жидкие удобрения обладают устойчивостью в условиях их хранения и применения, легко регулируемым соотношением питательных элементов (N, P, K, S), совместимостью при внесении с гербицидами, инсектицидами и макро- и микроэлементами [7].

В Республике Казахстан развита фосфатно-туковая промышленность, базирующаяся на собственном фосфатном сырье (фосфориты Каратау, Чилисай). Химическая переработка природных фосфатов включает их разложение минеральными кислотами с получением экстракционной фосфорной кислоты, фосфорных и комплексных удобрений. В последнее время сырьем для получения ЭФК являются фосфориты месторождения Кистас. В связи с этим проведено физико-химическое исследование четырех образцов фосфоритной муки м. Кистас и м.Коксу.

2. Экспериментальная часть

Образцы фосфоритной муки № 1 и № 2 получены из ТОО «Минеральные удобрения», г. Тараз, образец №1 – фосмука из фосфоритной руды месторождения Кистас; образец № 2 – смесь фосмуки месторождения Коксу с фосмукой месторождения Кистас; образец № 3– фосмука, из богатой по P_2O_5 руды (27-28 % P_2O_5), полученная из руды месторождения Кистас, а образец № 4 – из полубогатой по P_2O_5 руды (22-24 % P_2O_5) месторождения Кистас.

ИК-спектры образцов регистрировали в таблетках с KBr на ИК-Фурье-спектрометре «ThermoElectron» в интервале $4000-400\text{ см}^{-1}$. Отнесение полос поглощения в ИК-спектрах проводили в соответствии с литературными данными [6], [7-13].

Рентгенофлуоресцентный, рентгенодифрактометрический анализы исследуемых образцов выполнены в ТОО «Институт геологических наук им. К.И. Сатпаева» в лаборатории физико-химических методов исследований на автоматизированном дифрактометре ДРОН-3 с $Cu_{K\alpha}$ – излучением, β -фильтр. Условия съемки дифрактограмм: $U=35\text{ кВ}$; $I=20\text{ мА}$; съемка $\theta-2\theta$; детектор 2 град/мин. Фазовый состав полученных образцов определяли на дифрактометре «DW-XRD-27 mini» (Cu -излучение) при силе тока – 40 мА, напряжении в трубке 40 кВ. Обработка полученных данных дифрактограмм и расчет межплоскостных расстояний проводились с помощью программного обеспечения Jade 6. [14, 15].

Химический анализ фосмуки выполнен методом разложения в царской водке с дальнейшим анализом жидкой фазы на АЭС и весовым методом.

3. Результаты и обсуждение

В последнее время сырьем для получения ЭФК являются фосфориты месторождения Кистас. В связи с этим проведено физико-химическое исследование четырех образцов фосфоритной муки м. Кистас и м. Коксу.

Результаты рентгенофлуоресцентного анализа (таблица 1) показали, что все образцы фосмуки содержат 18 одинаковых элементов. Однако Sr и Zr присутствует только образце № 1, а As и Rb - в образце № 2 и № 4, барий Ba (в виде BaSO₄ [16]) находится в образцах № 3 и № 4.

Таблица 1 – Рентгенофлуоресцентный анализ образцов фосмуки, масс. %

Элементы	Образцы фосмуки			
	получены от завода		получены из руды в ЛХУиС	
	№ 1	№ 2 (смесь)	№ 3 из богатой руды	№ 4 из полубогатой руды
фтор, F	1.02	0.88	1.04	0.70
натрий, Na	0.30	0.24	0.30	0.23
магний, Mg	1.48	1.30	1.54	1.97
алюминий, Al	1.26	1.14	0.67	2.16
кремний Si	7.37	8.46	5.90	8.43
фосфор, P	10.6	9.73	10.8	8.38
сера, S	0.31	0.23	0.52	0.30
хлор, Cl	0.04	0.02	0.04	0.17
калий, K	0.34	0.32	0.16	0.50
кальций, Ca	26.7	22.7	28.9	21,9
титан, Ti	0.18	0.17	0.07	0.25
хром, Cr	0.02	-	-	-
мышьяк, As	-	-	-	0.01
марганец, Mn	0.07	0.05	0.12	0.07
железо, Fe	0.78	0.77	0.55	1.16
никель, Ni	-	-	0,01	-
цинк, Zn	0.01	0.01	0.009	0.02
рубидий, Rb	-	-	-	0,002
стронций, Sr	0.10	0,09	0,11	0,08
иттрий, Y	0.01	0.02	0.01	0.02
цирконий, Zr	0.02	-	-	-
свинец, Pb	0.01	0.01	0.02	0.01
барий, Ba	-	-	0.04	0.29
кислород, O	51.4	46.33	4.20	54.37

Сравнительный анализ показал, что образец № 1 по количественному содержанию F, Na, Mg, Ca и P близок образцу № 3, в то время как Si образец № 2 по содержанию фтора F, Na, Ca близок фосмуке № 4. По содержанию P фосмука № 2 приближена к фосмуке № 1 и № 3. По содержанию Al образцы

№ 1 и № 2 близки между собой и превышают в 1.9 раз содержание Al в фосмуке № 3, но при этом содержание Al в первых двух образцах в (1.7-1.9) раз меньше, чем в фосмуке № 4. Для содержания железа Fe в исследуемых образцах фосмуки отмечается аналогичная закономерность. Химический анализ фосмуки (таблицы 2 и 3) подтвердил данные рентгенофлуоресцентного анализа. Наличие расхождения в результатах допустимо, т.к. используются различные методы подготовки и определения элементов в исследуемых образцах (РФЛА, АЭС, весовой).

Таблица 2 – Содержание элементов в кислотном растворе, отделенном после разложения фосмуки в царской водке на АЭС

Эл-ты, %	Образец			
	№ 1	№ 2	№ 3	№ 4
Al	0.6	0.5	0.4	0.9
As	0.004	0.003	0.005	0.012
B	0.018	0.0152	0.030	0.017
Ba	0.02	0.022	0.05	0.13
Ca	26.6	22.9	29.2	25.4
Co	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003	< 0.0003
Cr	0.005	0.0025	0.004	0.005
Cu	0.001	0.0009	0.001	0.002
Fe	0.7	0.777	0.5	1.0
K	0.4	0.4	0.3	0.7
Mg	1.2	1.5	1.3	1.8
Mn	0.1	0.0615	0.1	0.1
Na	0.55	0.55	0.65	0.54
Ni	0.00004	<0.00003	<0.00003	0.000763
P ₂ O ₅	26.1	26.5	28.8	23.6
Pb	0.004	0.048	0.01	0.01
SO ₄ ²⁻	3.2	2.7	3.9	4.4
Si	6.0	8.18	4.5	6.5
Sr	0.12	0.15	0.13	0.11
Ti	0.01	0.006	0.004	0.01
V	0.0018	0.0014	0.0017	0.0025
Zn	0.02	0.015	0.01	0.02

Все образцы фосмуки содержат 22 одинаковых элементов (таблицы 2 и 3). Сравнительный анализ показал, что Образец № 1 по количественному содержанию Zn, Ti, Sr, Na, Mn, Cr, Co близок Образцу № 4, в то время как Fe, K в образце № 1 по содержанию близок фосмуке № 2. Наиболее высокое содержание P₂O₅ наблюдается в образцах №1 и №3, соответственно 26.20 и 27,33% (весовой метод определения P₂O₅). Содержание нерастворимых остатков и влаги на всех образцах почти одинаковые.

Потеря влаги при прокаливании составляет фосмуке №1 - 7,25%, фосмуке №2 - 6,55%, фосмуке №1 - 8,26%, фосмуке №1 - 9,57%.

Рентгенодифрактометрический полуколичественный анализ образца фосмуки показал присутствие 6 фаз (таблица 4, рисунок 1): Sr-содержащий фторапатит, Fe-содержащий фторапатит, кварц, железосодержащий акерманит (разновидность), сульфат натрия и жадеит.

Таблица 3 – Анализ образцов фосмуки (весовой метод)

образец фосмуки	содержание, %			
	P ₂ O ₅	н.о.	п.п.п.	влага
Фосмука № 1	26.20	16.57	7.25	0.276
Фосмука № 2	22.67	16.52	6.55	0.215
Фосмука № 3	27.33	16.20	8,26	0.253
Фосмука № 4	22.59	16.96	9.57	0.282

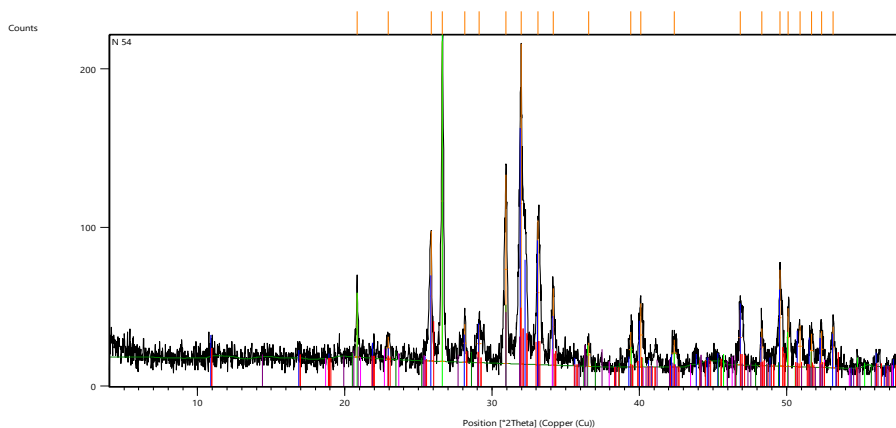


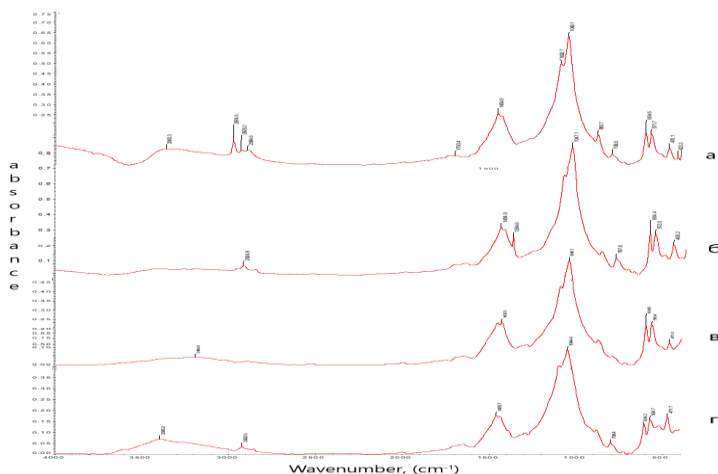
Рисунок 1 –РДФА образца фосмуки

Таблица 4 – Результаты полуколичественного РДФА кристаллических фаз образца фосмуки

формула	минерал	С, %
(Ca _{9,71} Sr _{0,29})(PO ₄) ₆ (F _{1,78} (OH) _{0,22})	Фторапатит, Sr-, Ca и фосфатсодержащий	37
SiO ₂	кварц	20
Ca ₂ Mg _{0,7} Fe _{0,6} Si _{1,7} O ₇	Железосодержащий акерманит	11
Na ₂ SO ₄	Сульфат натрия	6
(Ca _{9,8} Fe _{0,2})(PO ₄) ₆ (F _{1,6} (OH) _{0,4})	Фторапатит, Fe-содержащий	18
NaAl(Si ₂ O ₆)	жадеит	9

Спектры образцов фосмуки по характеру близки между собой (рисунок 2). Валентные колебания кристаллизационной воды в межплоскостных слоях породообразующих компонентов и адсорбционной воды [17], прописываются в области (3360.3-2886.0) см⁻¹. Причем в ИК спектре образца

№ 1 наблюдается широкая средней интенсивности полоса поглощения у 3360.3 см^{-1} и три четко выраженные малоинтенсивные частоты у 2974.6 , 2928.2 и 2894.6 см^{-1} . В спектрах образцов фосмуки № 2 и № 4 присутствуют две слабоинтенсивные полосы поглощения соответственно у 3359.0 см^{-1} , 2924.9 см^{-1} и 3395.2 см^{-1} , 2922.6 см^{-1} , а образца № 3 - только одна частота у 3194.0 см^{-1} , смещенная на $(165-201)\text{ см}^{-1}$. Частота в области $(1648.0-1700.4)\text{ см}^{-1}$ относится к деформационным колебаниям ОН - группы и у образца № 1 она смещена на $(51.4-52.4)\text{ см}^{-1}$ в низкочастотную область до 1700.4 см^{-1} . В спектрах всех образцов фосмуки широкие полосы поглощения средней интенсивности в области $(1454.6-1430.1)\text{ см}^{-1}$ характерны для $\nu_{\text{as}}(\text{CO})$ карбонатной группы, что отражает результаты химического анализа по п.п.п. для образцов №1-№ 4 (6.55-9.57 % п.п.п.).



а - образец №1, б - образец № 2, в - образец №3, г - образец № 4

Рисунок 2 – ИК спектр образцов фосмуки

В образцах № 2 и № 4 к колебаниям CO_3^{2-} - группы также относятся соответственно частоты у 1384 и 1300 см^{-1} . Слабоинтенсивные четкие пики в области $(797.8-885.7)\text{ см}^{-1}$ характерных колебаниям карбонатной группы, соответствующие карбонатным порообразующим компонентам в виде кальцита [17]. Полосы поглощения в области $(1092.0-1047.1)\text{ см}^{-1}$ и $(604.2-499.0)\text{ см}^{-1}$ относятся к антисимметричным валентным и деформационным колебаниям иона PO_4^{3-} . Наличие двух полос поглощения обусловлено понижением симметрии правильного тетраэдра PO_4^{3-} до C_2 за счет расщепления трижды вырожденного колебания PO_4^{3-} иона [16]. Низкочастотные слабовыраженные полосы при 499.0 ; 505.0 и 423.3 см^{-1} , проявляющиеся соответственно в образцах № 1, № 2 и № 4, а также в спектрах всех образцов в области $(471.7 - 468.2)\text{ см}^{-1}$, относятся к деформационным колебаниям связей Si-O-Al(M) и O-Si-O в тетраэдрических

структурах [17]. Согласно результатам ИКС исследуемые образцы фосмуки представлены фосфатными, карбонатными, алюмосиликатными, силикатными составляющими.

4. Заключение.

Проведен системный анализ фосфоритов месторождения Кистас с применением современных физико-химических (РФЛА, РДФА полуколичественный, АЭС, ИКС,) и химических методов (четыре образца). Результаты показали, что фосмука одного месторождения характеризуется переменным составом. В фосфоритной муке присутствует от 18 до 22 элементов, основными фазами являются: Sr-содержащий фторапатит, Fe-содержащий фторапатит, кварц, железосодержащий акерманит (разновидность), сульфат натрия, жадеит, кальцит. Полученные данные позволяют проводить более глубокое разложение фосфоритной муки Коксу с получением ЭФК.

Финансирование. Данная работа выполнена по ПЦФ BR21882220 «Синтез и создание технологий удобрений, композиций, препаратов и материалов многофункционального действия для применения на пустынных и деградированных землях», финансируемым Комитетом науки Министерства науки и высшего образования РК.

Конфликт интересов: конфликт интересов между авторами отсутствует.

ҚАРАТАУ ФОСФОРИТТЕРІНІҢ ЭЛЕМЕНТТІК ЖӘНЕ ЗАТТЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ

*Р.Ә. Қайыңбаева¹, Г.Ш. Сұлтанбаева¹, Р.М. Чернякова^{*1},
Ө.Ж. Жүсіпбеков¹, Н.Н. Қожабекова²*

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

²Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

*E-mail: chernyakova1947@mail.ru

Түйіндемe. *Кіріспе.* Сұйық минералды тыңайтқыштар әр түрлі ауылшаруашылық дақылдарына және іс жүзінде кез келген топыраққа қолдануға арналған тиімділігі жоғары, үнемді кешенді тыңайтқыштар болып табылады. Соңғы кезде ЭФК алудың негізгі шикізаты Қаратау фосфориттерінің Кистас кен орны болып табылады. *Жұмыстың мақсаты* – Кистас кен орнының (Қаратау) фосфориттерінен алынған фосфор ұнының (4 сынамасын) элементтік және заттық құрамын зерттеу және олардың салыстырмалы талдауын жүргізу. *Нәтижелер мен пікірталас.* Қазіргі заманғы физикалық-химиялық (РФЛТ, жартылай сандық РДФТ, АЭС, ИКС) және химиялық әдістерді (төрт сынама) қолдану арқылы Қистас кен орнының фосфориттеріне жүйелік талдау жүргізілді. Нәтижелер бір кен орнының фосфатты жынысы өзгермелі құраммен сипатталатынын көрсетті. Химиялық талдау, АЭС және фосфор ұнтағының гравиметриялық, рентгендік әдістері флуоресценттік талдау деректерін растады. Фосфатты ұнның зерттелген үлгілері фосфатты, карбонатты, алюмосиликатты және силикатты құрамдардан тұратыны анықталды. *Қорытынды.* Кистас кен орнының фосфор ұнының құрамы мен құрылымын физика-химиялық зерттеулер бір кен орнының фосфор ұнының ауыспалы құрамымен сипатталатынын көрсетті. Фосфат ұнында 18-ден 22-ге дейін элемент бар, негізгі фазалары: Sr-құрамында фторапатит, Fe-құрамында фторапатит, кварц, темірі бар акерманит (түрі), натрий сульфаты, ядеит, кальцит. Алынған деректер Көксу фосфат ұнынан ЭФК алу үшін тереңірек ыдыратуға болатынына мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: фосфатты тау жынысы, рентгендік флуоресценттік талдау, химиялық талдау, рентгендік дифрактометриялық талдау, ИҚ спектроскопия.

<i>Раиса Михайловна Чернякова</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Гита Шамильевна Султанбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Раушан Алибековна Кайынбаева</i>	<i>Техника ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Умирзак Жумасилов Джусипбеков</i>	<i>Техника ғылымдарының докторы</i>
<i>Назым Нургудыровна Қожабекова</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>

References:

1. Zavyalova N.E., Shishkov D.G. The influence of mineral fertilizers on the yield and quality of agricultural crops in a long-term stationary experiment in the climatic conditions of the Urals. Bulletin of the Timiryazev Agricultural Academy. **2020**. Issue 5. Pp. 5-15. DOI 10.26897/0021-342X-220-5-5-17. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-mineralnyh-udobreniy-na-urozhaynost-i-kachestvo-selskohozyaystvennyh-kultur-v-dlitelnom-statsionarnom-opyte-v/viewer>
2. Ermilov A.V., Kamenev R.A., Turchin V.V., Kameneva V.K. The influence of mineral and organomineral fertilizers on the yield of winter wheat on southern chernozem in the conditions of the Lower Don [Electronic resource]. AgroEcoInfo: Electronic scientific and production journal. **2021**. No. 6. https://agroecoinfo.ru/STATYI/2021/6/st_620.pdf
3. Kiryushin V. I. Management of soil fertility and productivity of agrocenoses in adaptive landscape farming systems. Soil science. **2019**. No. 9. pp. 1130-1139. DOI: 10.1134 / S0032180X19070062 <https://bigenc.ru/b/upravlenie-plodородiem-poch-dc9303>
4. Belous I. N., Korenev V. B., Vorobyov L. A. The influence of a combination of organic and mineral fertilizers in crop rotation on the fertility of agricultural crops and soil fertility. Young scientist. **2015**. No. 8.8 (88.3). P. 4-10. <https://moluch.ru/archive/88/17993/>
5. Dudkina TA The influence of different crop rotations, doses of mineral fertilizers and weather conditions on the yield and quality of winter wheat grain in the central black earth region. Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science. **2022**. No. 1 (29). https://tvan.niishk.site/data/documents/3_20.pdf
6. Usmonov TT, Atoev BK Relationship between the efficiency of fertilizer application for winter wheat and grain yield in irrigated soils. Achievements of science and education. **2019**. No. 2 (43). P. 52-57. <https://cyberleninka.ru/article/n/vzaimosvyaz-effektivnosti-primeneniya-udobreniy-pod-ozimuyu-pshenitsu-s-urozhaem-zerna-v-usloviyah-oroshaemyh-pochv>
7. Karshiev B.N., Namazov Sh.S., Seitnazarov A.R., Tozhiev R.R. Liquid NPK fertilizers based on purified phosphoric acid, nitrogen and potassium salts. Universum: technical sciences: electronic. scientific journal. **2022**. 9(102). <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14245>
8. Roba T.B. The Effect of Mixing Organic and Inorganic Fertilizer on Productivity and Soil Fertility. Open Access Library Journal. **2018**. No. 5. R.1-11. https://www.scirp.org/pdf/OALibJ_2018062517080932.pdf
9. Artemyeva E.S., Skrylnik E.V. Assessment of biological activity and phytotoxicity of liquid organomineral fertilizers under temperature stress. Soil Science and Agrochemistry. **2018**. No. 2. P. 37-46. <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-biologicheskoy-aktivnosti-i-fitotoksichnosti-zhidkih-organomineralnyh-udobreniy-v-usloviyah-temperaturnogo-stressa/viewer>
10. Semenyuk O.V. Efficiency of application of liquid complex organomineral fertilizers for pre-sowing treatment of winter wheat seeds. Agriculture. **2023**. No. 7. Pp. 25-28. <https://cyberleninka.ru/article/n/effektivnost-primeneniya-zhidkih-kompleksnyh-organomineralnyh-udobreniy-dlya-predposevnoy-obrabotki-semyan-ozimoy-pshenitsy/viewer>
11. Semenyuk O.V., Galushko N.A. The influence of the preparations "Polidon Amino" on the productivity and quality of winter wheat in the conditions of the North Caucasus region. Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science. **2022**. No. 4 (32). P. 204-213. <https://elibrary.ru/item.asp?id=49982575>
12. Artemyeva E.S., Skrylnik E.V. Efficiency of using liquid organomineral fertilizers for spring barley in conditions of climate change. Soil Science and Agrochemistry. **2018**. No. 1 (60). P. 148-154. <https://soil.belal.by/jour/article/view/662>
13. Rabinovich G. Yu., Fomicheva N.V. The influence of liquid humic bioproduct on the growth and development of potatoes. Bulletin of Science and Practice. **2019**. No. 9. P. 209-216. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyaniye-zhidkogo-guminovogo-biosredstva-na-rost-i-razvitiye-kartofelya/viewer>

14. Savina O. V., Afinogenova S. N. Effect of foliar feeding with complex microfertilizers and humate on biometric parameters of growth and development of potato plants. Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev. **2021**. No. 1 (49). P. 56-66. <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-nekornevyh-podkormok-kompleksnymi-mikroudobreniyami-i-gumatom-na-biometricheskie-parametry-rosta-i-razvitiya-rasteniy/viewer>

15. Feoktistova A., Timergalin M., Chetverikov S., Nazarov A., Kudoyarova G. Effects on *Pseudomonas plecoglossicida* 2,4-D and Humic Substances on the Growth, Pigment Indices and Concentration of Hormones in Wheat Seedlings Grown under Water Deficit. Microorganisms. **2023**. No. 11. R.549-564. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36985123/>

16. Tagaev I.A., Temirov U.Sh., Khurramov N.I., Majidov H.B. Results of analyzes of phosphorite layers at the Dzheroy-Srdara deposit of KFK. International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences. **2022**. Vol.3(4). P.4-14 <https://cyberleninka.ru/article/n/rezultaty-analizov-plastov-fosforitov-na-dzheroy-sardarinskom-mestorozhdenii-kfk/viewer>

1. 17. Muratov M.N., Ganiev B.Sh., Rakhmatov Z.Sh., Nurkulov F.N., Tursunova I.N., Mardonov U.M. Products of processing of low-grade phosphorite and their study by IR spectroscopy. Coll. materials. Respubl. scientific-practical. conf. "Innovative technologies for processing mineral and technogenic raw materials of the chemical, metallurgical, petrochemical industries of building materials production. Tashkent. **2022**. Pp. 168-169. https://www.researchgate.net/publication/361412017_Produkty_kislotnoj_pererabotki_nizkosortnogo_fosforita_i_izucenie_ih_metodom_IK-spektroskopii

A NEW LOOK AT THE STRUCTURE OF THE PERIODIC TABLE OF D.I. MENDELEEV

N.S. Chinibayeva, A.B. Uzakova, M.B. Ahtaeva, D.A. Karazhanova,
N.B. Sarova, N.K. Akhmetov*

Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

**E-mail: a7_uzakova@mail.ru, a.uzakova@abaiuniversity.edu.kz*

Abstract. The article considers the main contradiction identified in the Periodic Table of Mendeleev: the discrepancy between the results of the calculation according to the already known formula and the internal structure of the periodic table of D. I. Mendeleev, that is, the maximum number of electrons calculated according to the known formula does not correspond to the number of elements in the corresponding period. An alternative approach to constructing periods of Mendeleev's Periodic Table is proposed. The new structure of periods of the Mendeleev table will not be complete without its accompanying question, which does not find a solution, in particular, it is necessary to look for an equation that allows you to calculate the total number of electrons in the outer electronic shells of atoms in periods. The article presents a new equation and the arguments for its derivation. In order to explain the existence of completely identical periods in the Mendeleev table, it is proposed to introduce a new quantum number for the purpose of their theoretical description, which will be in addition to the four existing quantum numbers. It is proposed to designate the new quantum number as the "first" and "second" quantum states corresponding to the periods of the second, fourth, sixth and third, fifth, seventh old Mendeleev table. The new formula, first proposed for the outer electronic shells of atoms of chemical elements and quantum states, makes it possible to systematize the understanding of the order in which the electronic levels in the atoms of the elements are filled. The materials presented in the article confirm this. The following description of the order of formation of electronic shells is proposed: first the main quantum number (n), then the newly proposed quantum states ("first" and "second"), which, in turn, form the electronic configurations of the sub-periods in the periods, and then the remaining quantum orbitals (s, p, d and f).

Key words: system of chemical elements, quantum numbers, number of electrons, orbital, chemical element, properties, group, period.

Chinibayeva Nurzhan Sarsenbayevna	<i>Candidate of Chemical Sciences; E-mail: chinibayeva@mail.ru</i>
Uzakova Assem Bakitzhanovna	<i>PhD; E-mail: a7_uzakova@mail.ru</i>
Ahtaeva Marzhan Bahitovna	<i>Researcher; E-mail: aktaeva.marzhan@mail.ru</i>
Karazhanova Dina Azerzhanovna	<i>Researcher; E-mail: karazhanova71@mail.ru</i>
Sarova Nurbanu Barakhanovna	<i>Candidate of Chemical Sciences, docent; E-mail: nurbanu@mail.ru</i>
Akhmetov Nurlan Karkenovich	<i>Doctor of Pedagogical Sciences, full professor; E-mail: akhmetovnurlan52@mail.ru</i>

Citation: Chinibayeva N.S., Uzakova A.B., Ahtaeva M.B., Karazhanova D.A., Sarova N.B., Axmetov N.K. A new look at the structure of the periodic table of D.I. Mendeleev. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 88-97. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.09>

Д.И. МЕНДЕЛЕЕВТИҢ ПЕРИОДТЫҚ КЕСТЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА ЖАҢА КӨЗҚАРАС

**Н.С. Чинибаева, А.Б. Узакова*, М.Б. Ахтаева, Д.А. Каражанова,
Н.Б. Сарова, Н.К. Ахметов**

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті, Алматы, Қазақстан

**E-mail: a7_uzakova@mail.ru, a.uzakova@abaiuniversity.edu.kz*

Түйіндеме. Мақалада Менделеевтің периодтық кестесінде анықталған негізгі қайшылық қарастырылады: бұрыннан белгілі формула бойынша есептеу нәтижелері мен Д.И. Менделеевтің периодтық кестесінің ішкі құрылымының арасындағы сәйкессіздік, яғни белгілі формула бойынша есептелген электрондардың максималды саны тиісті периодтағы элементтер санына сәйкес келмейді. Менделеевтің Периодтық кестесінің периодтарын құруға балама тәсіл ұсынылады. Менделеев кестесінің жаңа периодтар құрылымы оның шешімін таппайтын ілеспе сұрақсыз толық болмайды, атап айтқанда, периодтардағы атомдардың сыртқы электрондық қабықтарындағы электрондардың жалпы санын есептеуге мүмкіндік беретін теңдеуді іздеу қажет. Мақалада жаңа теңдеу және оны шығару дәлелдері келтірілген. Менделеев кестесінде бір-біріне толықтай ұқсас периодтардың бар екенін түсіндіру үшін оларды теориялық сипаттау мақсатында жаңа кванттық сан енгізу ұсынылады, ол бар төрт кванттық санға қосымша болады. Жаңа кванттық санды екінші, төртінші, алтыншы және үшінші, бесінші, жетінші ескі Менделеев кестесі периодтарына сәйкес келетін «бірінші» және «екінші» кванттық күйлер ретінде белгілеу ұсынылады.

Химиялық элементтер атомдарының сыртқы электрондық қабықтары үшін алғаш рет ұсынылған жаңа формула және кванттық күйлер элементтердің атомдарындағы электрондық деңгейлердің толтырылу реті туралы түсінікті жүйелеуге мүмкіндік береді. Мақалада келтірілген материалдар осыны растайды. Электрондық қабықтарды қалыптастыру тәртібінің келесі сипаттамасы ұсынылады: алдымен негізгі кванттық сан (n), содан кейін жаңадан ұсынылған кванттық күйлер («бірінші» және «екінші»), олар өз кезегінде периодтардағы қосалқы периодтардың электрондық конфигурацияларын құрайды, содан кейін қалған кванттық орбитальдар (s , p , d және f).

Түйін сөздер: химиялық элементтер жүйесі, кванттық сандар, электрондар саны, орбиталь, химиялық элемент, қасиеттер, топ, период.

<i>Чинибаева Нуржан Сарсеновна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Узакова Асем Бакитжановна</i>	<i>PhD</i>
<i>Ахтаева Маржан Бахитовна</i>	<i>Ғылыми қызметкер</i>
<i>Каражанова Дина Азержановна</i>	<i>Ғылыми қызметкер</i>
<i>Сарова Нурбану Барахановна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, доцент</i>
<i>Ахметов Нурлан Каркенович</i>	<i>Педагогика ғылымдарының докторы, профессор</i>

1. Кіріспе

Шамамен жүз жылдан астам уақыт бұрын жасалған маңызды толықтырудан кейін, яғни элементтердің химиялық қасиеттеріндегі периодтылық олардың массасына емес, атом ядроларының зарядына байланысты екендігі анықталған соң, біз периодтық кестені оның пішіні мен мазмұнында айтарлықтай өзгеріссіз дерлік қолданып келеміз. Бұл оның химия ғылымы үшін орасан зор маңыздылығын тағы бір мәрте көрсетеді, сонымен қатар ол толыққанды математикалық сипаттамасы жоқ ғылым заңдарының бірі болып табылады. Периодтық кесте химиялық элементтердің атомдық электрондық құрылымы мен олардың кестедегі орналасу орны арасындағы байланысты көрнекі түрде көрсетеді. Элементтердің атомдық электрондық қабықтарының құрылымына

байланысты олардың химиялық қасиеттерінің ерекшеліктері түсіндіріледі. Бұл электрондық қабықтардың болжалды құрылымы дәлелденеді.

Химиялық элементтер атомдарының электрондық қабықтарының құрылымын түсіну теориялық-химиялық ғылымның және оны оқыту әдістемесінің ең маңызды мәселелерінің бірі болып табылады. Бұл бірнеше себептермен байланысты, олардың негізгісі ретінде мыналарды атауға болады. Мысалы, элементтер атомдарының сыртқы электрондық қабықтарының құрылымы мен олардың химиялық қасиеттерінің периодтылығы арасындағы өзара байланысты түсіндіретін қазіргі бар түсініктер (Д.И. Менделеевтің Периодтық заңы) сапалық тұрғыда қазіргі заманғы химиктерді қанағаттандырғанымен, сандық тұрғыда бұл түсініктер объективті және субъективті себептерге байланысты жиі айқын және біржақты түсінік бере алмайды. Бұл тұрғыда ең көрнекі мысал ретінде периодтық заңның графикалық бейнесі – Д.И. Менделеевтің өзі жасаған кестесі болып табылады. Ең алдымен, бұл жүз жылдан астам уақыт бойы белгілі теңдеу бойынша есептелген, элементтердің тиісті периодының сыртқы электрондық қабығындағы электрондар санына кесте периодтарының реттік нөмірлерінің сәйкес келмеуін сандық тұрғыдан түсіндірудің жеткіліксіздігін білдіреді.

$$N = 2n^2 \quad (I)$$

мұндағы N – элементтердің атомдарының тиісті периодтарының сыртқы электрондық қабатындағы электрондардың жалпы саны, n – негізгі кванттық сан немесе период нөмірі.

Бұл Д.И. Менделеев кестесінің негізгі қайшылықтарының бірі болып табылады, ол оның түсінігі мен қолданылуының логикалық жүйелілігі мен тәртібін ішінара төмендетеді. Бұл мәселенің химияның осы бөлімін оқыту кезінде оқу орындарында пайда болатын әдістемелік сипаттағы қиындықтарды былай қойғанда, осы сандық сәйкессіздіктер өз кезегінде оқу материалын сапалық тұрғыда түсінуге де әсер етіп, оны игеруді қиындатады және күрделендіреді. Яғни, химияның осы бөлімін оқыту ондаған жылдар бойы айтарлықтай өзгеріссіз қалып отыр. Басқаша айтқанда, қазіргі өмір сүріп жатқан химиктер ұрпақтарының барлығы осы оқу түсінігі бойынша білім алған. Әрине, бұл шешуді қажет ететін үлкен мәселе болып табылады, өйткені әдістемелік тұрғыдан алғанда элементтердің периодтық кестедегі орнына байланысты олардың атомдарының электрондық қабықтарының электрондармен толтырылуын және оның құрылымын түсіну өте маңызды. Қысқасы, шешуді талап ететін негізгі қайшылық ретінде біз (I) формуласы бойынша есептеу нәтижелері мен Д.И. Менделеевтің периодтық кестесінің ішкі құрылымы арасындағы сәйкессіздікті таңдадық.

2. Нәтижелер мен талқылаулар

Ұсынылған периодтық жүйенің жалпы қабылданған нұсқадан басты және бірден-бір визуалды айырмашылығы – периодтардың жалпы санын 7-ден 4-ке қысқарту болып табылады. Энергетикалық деңгейлердің әрқайсысына екі поддеңгей тиесілі, олардың электрондар саны бірдей. Бірақ ең бастысы, осы поддеңгейлердегі электрондар саны бойынша, біздің өзгертілген Менделеев кестесінің периодтарына сәйкес келеді. Электрондар саны бірдей деңгейшелер өздерінің электрондық құрылымы бойынша бір-біріне ұқсас болғандықтан, оларды электрондық ішкі қабаттардың толтырылу реттілігіне байланысты ажырату керек. Осы мақсатта, олардың электрондық формуласына сәйкес деңгейшенің алдында «first» (бірінші) немесе «second» (екінші) деген сөздер жазылуы тиіс.

Осылайша, ескі кестеде сәйкес периодтарға сәйкес келген ішкі периодтарды (деңгейшелерді) белгілеу үшін жаңа кванттық сандар (состояния “first” және “second”) енгізіледі. Бірақ ең бастысы – бұл химиялық элементтердің атомдарындағы электрондық поддеңгейлердің толтырылу ретін түсінуді жүйелеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, мұндай кестенің ішкі құрылымы атомның электрондық құрылымындағы негізгі кванттық санның рөлін ерекшелейді және кестеге аяқталған түр береді.

Жаңа кванттық санды (күйлерді) химиялық элементтердің атомдарындағы сыртқы электрондардың санын сипаттау үшін енгізу ұсынысы [II] теңдеуінің мүмкіндіктерімен жақсы үйлеседі, ол жерде

$$N = (2n)^2 \quad (\text{II})$$

мұндағы N – Д.И. Менделеев кестесінің тиісті периодындағы сыртқы электрондық қабаттағы электрондардың жалпы саны, n – тиісті периодтың негізгі кванттық саны немесе нөмірі. 2 – қосалқы деңгейлердің саны.

(II) теңдеуінің негізгі мақсаты – сыртқы электрондық қабатта немесе екі жаңа кванттық поддеңгейлердің әрқайсысында орналасқан электрондардың жалпы санын есептеу болғандықтан, біздің шығару процесі жеткілікті күрделі математикалық шарттарды қамтитын болмауы тиіс. Әрине, бұл теңдеу бір мезгілде кестедегі периодтарда екі поддеңгейдің бар екенін растауға және жалпы периодтар санын бұрын қабылданғаннан қысқартуға мүмкіндік береді. Тікелей (II) теңдеуінің шығаруымен байланысты жекелеген шарттардың қабылдануы жалпы теңдеудің нәтижесіне әсер етпейді. Ең алдымен, оларға осы теңдеуді шығару шарттарының бірқатарын жеңілдету арқылы математикалық аппаратты қарапайымдату жатады. Яғни, әр түрлі деңгейлердегі электрондардың барлық сандық сипаттамалары шартты түрде бір-біріне жақын деп қабылданады [1,2]. Электронның негізгі сипаттамасы, оның негізгі кванттық санынан тәуелсіз, электронның айналу моменті болады. Бора теориясының бірінші постулатына сәйкес, электрон

энергия жоғалтпай, жарық шығармай айналатын нақты орбиталар бар. Біз Бора бойынша қабылдаған электронның айналу моменті $h/2\pi$ шамасының бүтін еселік мәніне тең, мұндағы h – Планк тұрақтысы. Электронның атом ядросының айналасында болу ықтималдылығының кеңістік бойынша таралуы, сәйкес электрондық қабатта үстем болатын шар тәрізді симметриясы бар жалпы электрондық бұлтта бірдей деп қабылданады. Дегенмен, бұл пайымдаулар Борамен сутек атомы үшін ұсынылған, ал көпэлектронды элементтердің атомдарындағы электрондардың сәйкес мінез-құлқы да аз қызығушылық тудырмайды. Сондықтан Бора, Льюис, Коссель және басқалардың жиынтық қорытындылары мен ұсыныстарын негізге ала отырып, электрондық қабықтардың қайталанатын қабатты құрылымы бола отырып, олардың негізгі ерекшелігі бойынша әлі де болса сфералық шар тәріздес формаға жақын екендігін шартты түрде қабылдауға болады. Әр түрлі негізгі кванттық сандарға сәйкес электрондық қабықтар бір-бірімен қиылыспайды. Жаңа периодтардағы деңгейшелердің электрондық қабықтары бірдей және тек “first” және “second” кванттық күйлерімен ерекшеленеді.

Қабылданған болжамды ескере отырып, (II) тендеуінің шығаруын сәйкес негізгі кванттық сандарға қатысты электрондық қабықтардың шар тәрізді беттерінің алаңдарын бастапқы есептеу арқылы жүргізу ыңғайлы. Бұл есептеу $S = 4\pi r^2$ белгілі формуласы бойынша жүргізіледі, мұндағы S – шар бетінің алаңы, ал r – шардың радиусы. Электрондық қабықтардың болжамды бет алаңдарын анықтағаннан кейін, әр электрондық поддеңгейде бір электронның болу ықтималдығына сәйкес келетін шартты алаңды (немесе көлемді) анықтау қажет. Шартты алаң (немесе көлем) әр жеке электронның өзінің электрондық қабықшасындағы өлшем бірлігінде болу ықтималдығын анықтайды. Бір электронға тиесілі шартты алаңды анықтау үшін, жалпы бет алаңы осы электрондық поддеңгейдегі сыртқы электрондық қабаттағы электрондардың жалпы санына бөлінеді, яғни сәйкес ішкі периодка. Мұнда электрондардың саны осы ішкі периодтағы химиялық элементтердің санына тең.

$$S = 4\pi r^2 \left\{ \begin{array}{l} \frac{4\pi r^2}{2} = 2\pi, \quad (r=1) \\ \frac{4\pi r^2}{8} = 2\pi, \quad (r=2) \\ \frac{4\pi r^2}{18} = 2\pi, \quad (r=3) \\ \frac{4\pi r^2}{32} = 2\pi, \quad (r=4) \end{array} \right\} 2\pi$$

Электрондық қабықшадағы өз өлшем бірлігінде жеке электронның болу ықтималдығына сәйкес келетін шартты алаңды (немесе көлемді) есептеу.

Алынған деректерге сүйене отырып, Бордың [3-5] бірінші кванттық шартымен көрсетілген айналу моменті немесе $h/2\pi$, жоғары кванттық санмен электрондық орбиталар үшін де маңызды екенін болжауға болады.

Алынған нәтижелерден, кез келген жағдайда, электрондық қабықшаның өлшем бірлігінде жеке электронның болу ықтималдылығына сәйкес келетін шартты алаң (көлем) 2π мөлшерін қамтитыны анық. Алайда 2π мөлшері Бораның [6-9] мынадай формулировкада жасалған бірінші кванттық шартына маңызды құрамдас бөлік болып кіреді:

$$P = n \frac{h}{2\pi}$$

мұндағы P - электронның айналу моменті, n - электрон орбитасының кванттық саны (кез келген бүтін сан).

Сондықтан 2π мөлшерін, электрондардың электрондық қабықшаларындағы (және поддостарындағы) шартты алаңдарына (немесе көлемдеріне) қатысты жалпы құрамдас ретінде, электрондық қабықтардың шар тәрізді бет алаңын есептеуге арналған компоненттерді таңдауда көбейткіш ретінде қолдануға болады, бұл кезде әр түрлі негізгі кванттық сандар болады. Сонда, осы бет алаңы негізінен (сапалық тұрғыда) екі көбейткіштің көбейтіндісімен анықталады: электрондық поддеңгейдегі электрондар саны (x) және 2π мөлшері, яғни электронның айналу моментінің сандық құрамдас бөлігі. Яғни, біз $S = 2\pi x$ дегендей жуықтап аламыз [10-13].

Карастырылып отырған тәсілдердің логикасына сәйкес, қойылған тапсырманы шешу үшін электрондық қабықшалардың шар тәрізді бет алаңдары бар формулалар бір-бірімен теңестіріледі ($S = 4\pi r^2$) = ($S = 2\pi x$). Яғни, $2\pi x = 4\pi r^2$ теңдеуін x -ке қатысты шешкенде, біз мынадай нәтиже аламыз:

Қысқартқанда:

$$x=2r^2$$

Бұл (I) теңдеуіне сәйкес келеді.

Бірақ x саны, сәйкес электрондық деңгей немесе периодтағы сыртқы электрондық поддеңгейде орналасқан электрондардың санын анықтайды. Сондықтан, сәйкес сыртқы электрондық деңгейдегі жалпы электрондар санын анықтау үшін (I) теңдеуін 2-ге көбейту қажет, себебі әр периодта бірдей электрон санына ие екі поддеңгей бар. Содан кейін келесі түрлендірулер жүргізіледі:

$$2x=2(2r^2) \quad \text{немесе} \quad 2x=4r^2$$

Осыдан:

$$2x=22r^2 \quad \text{және} \quad \text{ақырында: } 2x=(2r)^2$$

бұл (II) теңдеуіне сәйкес келеді, өйткені $2x$ - сыртқы электрондық қабықшаның жалпы электрондар саны N -ге тең, ал r сәйкес n бүтін мәндерге ие. (II) теңдеуінен электрондардың электрондық поддеңгейдегі санын оңай анықтауға болады, N -ді 2-ге (деңгейлерше саны) бөлгенде.

3. Қорытынды

Осы айтылған болжамдарды пайдалана отырып, (II) теңдеуін шығару салыстырмалы түрде оңай жүзеге асырылуы мүмкін. Айта кету керек, әлемде жалпы қабылданған және кеңінен қолданылатын (I) теңдеуі осы жағдайда (II) теңдеуінің жеке, ерекше жағдайы болып табылады. Бұл екі теңдеудің тығыз өзара байланысты екенін және Менделеевтің периодтық таблицасында тиісті периодтарды «first» және «second» жаңа кванттық күйімен сипатталатын ішкі периодтар бөлуге растайтын қосымша дәлел болып табылады. (II) теңдеуінің берілген шығуы таблицаның периодтарын қайта қарауға және, демек, Д.И. Менделеевтің таблицасындағы негізгі қарама-қайшылықтың түсіндірілуін жақсартуға мүмкіндік береді, яғни (I) теңдеуінің ішкі құрылым мазмұнына сәйкессіздігін. Бұл, сөзсіз, бірнеше себептермен ғылыми-методологиялық көзқарастарға пайдасын тигізеді, әсіресе химияны әртүрлі оқу орындарында оқитын студенттерге оқытуда классикалық химия теориясы саласында. Ең алдымен, бұл барлық химиктерге бұл мәселенің шешіміне даму қажеттілігін еске салатын болады. Сондай-ақ, ғылыми көзқарастардың қажетті дамуы үшін ғылыми қоғамда сәйкес альтернативті пікірлердің болуы керектігін тағы да растайды. Үшіншіден, автор ұсынған өзгерістер мен Менделеевтің Периодтық таблицасының құрылымын, ескі және жаңа теңдеулерді, «first» және «second» жаңа кванттық күйлерді салыстыру басқа дәйекті түсіндірмелер мен талдау жасауға түрткі береді. Подуровеньдердің кванттық күйі анықтамасы ретінде біз электронның жүріс-тұрысын сипаттайтын қосымша кванттық сипаттаманы ұсынуды ұсынамыз, бұл атом ядросына қатысты оның болу ықтималдығын анықтайды. Химия теориясы мен практикасына осы кванттық күйлерді енгізу элементтердің электрондық құрылымын анықтауды одан әрі нақтырақ құрылымдауға мүмкіндік береді. Олар атомдағы электрондардың жүріс-тұрысын сипаттау үшін бар кванттық сандар жиынының теңсіздігін растайтын қосымша дәлел болып табылады. Сонымен бірге, олар негізгі кванттық сан; басқа кванттық сандар; Менделеевтің таблицасындағы периодтар саны; периодтардағы химиялық элементтер саны; және олардың сыртқы электрондық қабықшалары құрылымы арасындағы байланыстыруға мүмкіндік береді. Басқаша айтқанда, кванттық күй деген сөзбен біз әрқайсысы бір-бірден толтырылатын екі подуровеньді білдіруді ұсынамыз, олар қарастырылып отырған жаңа периодтарда өз конфигурацияларын сақтап, дубликациялайды.

Ұсынылған жаңа (II) теңдеуі мен жаңа кванттық күйлер Д.И. Менделеевтің таблицасының қарастырылып отырған ерекшеліктерін түсіндірудегі негізгі қарама-қайшылықты жақсырақ жояды. Нәтижесінде жүргізілген есептеулер мен қайта құрылымдар атомдардың электрондық қабықшаларының толтырылу ретін жаңаша құрылымдауға және

синхрондауға мүмкіндік берді, олардың өзгертілген Менделеев таблицасындағы орындарына байланысты.

Қаржыландыру: Авторлар «Д.И.Менделеевтің кестесіндегі химиялық элементтердің атомдарының электрондық қабықшаларын құрудың альтернативті теориясын әрі қарай дамыту» тақырыбы бойынша жоба №05-04/329 бұйрығымен 2024 жылдың 14 мамырында грант алғаны үшін Қазақ ұлттық педагогикалық университетіне алғыс білдіреді.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада келтірілген деректерде авторлар арасында мүдделер қақтығысының жоқтығын мәлімдейді.

НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТРУКТУРУ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА

Н.С. Чинибаева, А.Б. Узакова, М.Б. Ахтаева, Д.А. Каражанова,
Н.Б. Сарова, Н.К. Ахметов*

Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

**E-mail: a7_uzakova@mail.ru, a.uzakova@abaiuniversity.edu.kz*

Резюме. Рассматривается основное противоречие, определенное в периодической таблице Менделеева: несоответствие между результатами расчетов по уже известной формуле и внутренней структурой периодической таблицы Д.И. Менделеева, т.е. максимальное количество электронов, рассчитанное по известной формуле, не соответствует количеству элементов в соответствующем периоде. Предлагается альтернативный подход к построению периодов периодической таблицы Менделеева. Структура новых периодов таблицы Менделеева не будет полной без сопутствующего объяснения, который не найдет ее решения, в частности, необходимо искать уравнение, позволяющее рассчитать общее количество электронов во внешних электронных оболочках атомов в периодах. В статье приводится новое уравнение и доказательства его вывода. Чтобы объяснить существование в таблице Менделеева полностью схожих друг с другом периодов, предлагается ввести новое квантовое число с целью их теоретического описания, которое будет дополнением к существующим четырем квантовым числам. Предлагается обозначить новое квантовое число как «первое» и «второе» квантовые состояния, соответствующие периодам второй, четвертой, шестой и третьей, пятой, седьмой старой таблицы Менделеева. Новая формула, впервые предложенная для внешних электронных оболочек атомов химических элементов, и квантовые состояния позволяют систематизировать понимание порядка заполнения электронных уровней в атомах элементов. Материалы, представленные в статье, подтверждают это. Предлагается следующее описание порядка формирования электронных оболочек: сначала основное квантовое число (n), затем вновь представленные квантовые состояния («первый» и «Второй»), которые, в свою очередь, образуют электронные конфигурации вторичных периодов в периодах, а затем остальные квантовые орбитали (s , p , d и f).

Ключевые слова: система химических элементов, квантовые числа, количество электронов, орбиталь, химический элемент, свойства, группа, период.

<i>Чинибаева Нуржан Сарсеновна</i>	<i>Кандидат химических наук</i>
<i>Узакова Асем Бакитжановна</i>	<i>PhD</i>
<i>Ахтаева Маржан Бахитовна</i>	<i>Научный сотрудник</i>
<i>Каражанова Дина Азербжановна</i>	<i>Научный сотрудник</i>
<i>Сарова Нурбану Барахановна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, доцент</i>
<i>Ахметов Нурлан Каркенович</i>	<i>Доктор педагогических наук, профессор</i>

Әдебиеттер тізімі

1. Михайлов О.В. Великое наследие Д.И.Менделеева: эволюция периодического закона и системы химических элементов. *Российский химический журнал*, **2019**, TLXIII, №1, 1-24. DOI: 10.6060/rcj.2019631.1
2. Ильясова Г.У., Ахметов Н.К., Казыбекова С.К., Касымбекова Д.А. Устранение противоречий в таблице Д.И.Менделеева. *Доклады НАН РК*, **2021**, 5, №339, 144-150. DOI: 10.32014/2021.2518-1483.93
3. Нильс Бор. Избранные научные труды. Т. II. М.: Наука, **1970**, 676.
4. Akhmetov N.K. Desivation of a new equation for calculating the number of electrons corresponding to different values of the principal Quantum Number. *Int. J. Adv. Res.* **2021**, 7, №09, 715-719. DOI:10.21474/IJAR01/13173
5. Свидетельство №12127. Новое уравнение и квантовое состояние объясняющее противоречия в таблице Менделеева, Ахметов Н.К. **2020**.
6. Махов Б.Ф. Периодический закон Д.И. Менделеева – новая формулировка и математическое выражение закона. *Успехи современного естествознания*, **2008**, №9, 24-29. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=10547>
7. Akhmetov N.K. The contradiction of the table of D.I. Mendeleev and their elimination. *Int. J. Adv. Res.* **2020**, 8, №09, 665-673.
8. Свидетельство №16274. Вывод нового уравнения для расчета количества электронов, соответствующих различным значениям главного квантового числа, Ахметов Н.К. **2021**.
9. Махов Б.Ф. Симметричная квантовая периодическая система элементов: книга, М: Фирма Эра, **1997**, 27.
10. Клечковский В.М. Распределение атомных электронов и правило последовательного заполнения (n+1)-групп: книга, М.: Атомиздат, **1968**, 432.
11. Махов Б.Ф., «Мировойэфир» Д.И. Менделеева и его место в Периодической системе. *Фундаментальные исследования*, **2008**, №3, 25-28. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=2765>
12. Кокин А.В., Силаев В.И., Кокин М.А., Хазов А.Ф. Периодический закон Д.И. Менделеева, космогеохимическая система Ю.Г.Щербакова и перспективы развития минералогеохимических исследований. *Вестник геонаук*, **2023**, №6, 342, 29-36. DOI: 10.19110/geov.2023.6.4
13. Бажин В.Ю., Александрова Т.А., Котова Е.Л., Суслов А.П. Современный взгляд на аномалии в группах металлов Периодической системы Д.И.Менделеева. *Записки Горного института*, **2019**, 239, 520-527. DOI: 10.31897/PMI.2019.5.520

References

1. Mikhailov O. Great heritage D.I. Mendeleev: evolution of the periodic law and system chemical elements. *Russian Chemistry Journal*, **2020**, 63, №1, 3-26. DOI: 10.6060/rcj.2019631.1
2. Ilyasova G.U., Akhmetov N.K., Kazybekova S.K., Kassymbekova D.A. Elimination of contradictions in the table of D.I.Mendeleev. *Reports of NAS RK*, **2021**, 5, №339, 144-150. DOI: 10.32014/2021.2518-1483.93
3. Niels Bohr. Selected scientific papers. Vol. II. M.: Nauka Publ., **1970**, 676.
4. Akhmetov N.K. Desivation of a new equation for calculating the number of electrons corresponding to different values of the principal Quantum Number. *Int. J. Adv. Res.* **2021**, 7, №09, 715-719. DOI: 10.21474/IJAR01/13173
5. Certificate No. 12127. A new equation and a quantum state explaining the contradictions in the periodic table, Akhmetov N.K. **2020**.
6. Makhov B.F. Periodic law of D.I. Mendeleev – a new formulation and mathematical expression of the law. *Successes of Modern Natural Science*, **2008**, No. 9, 24-29. URL: <https://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=10547>
7. Akhmetov N.K. The contradiction of the table of D.I. Mendeleev and their elimination. *Int. J. Adv. Res.* **2020**, 8, №09, 665-673.
8. Certificate No. 16274. Derivation of a new equation for calculating the number of electrons corresponding to different values of the main quantum number, Akhmetov N.K. **2021**.
9. Makhov B.F. Symmetric quantum periodic system of elements: a book, M.: Firm Era, **1997**, 27.
10. Klechkovsky V.M. The distribution of atomic electrons and the rule of sequential filling of (n+1)-groups: a book, M.: Atomizdat, **1968**, 432.

11. Makhov B.F. D.I. Mendeleev's "World Ether" and its place in the Periodic Table. *Fundamental Research*, **2008**, No. 3, 25-28. URL: <https://fundamental-research.ru/ru/article/view?id=2765>
12. Kokin A.V., Silaev V.I., Kokin M.A., Khazov A.F. D.I.Mendeleev's periodic law, Yu.G.Shcherbakov's cosmogeochemical system and prospects for the development of mineralogical and geochemical investigations. *Vestnik of Geosciences*, **2023**, №6, 342, 29-36, doi: 10.19110/geov.2023.6.4
13. Bazhin V.Y., Aleksandrova T.A., Kotova E.L., Suslov A.P. A Modern View of Anomalies in the Metal Groups of the Periodic System of D.I.Mendeleev. *Journal of Mining Institute*, **2019**, 239, 520-527. DOI: 10.31897/PMI.2019.5.520

FEATURES OF GOLD ION EXTRACTION BY THE INTERPOLYMER SYSTEM KU-2-8 AND POLY-4-VINYLPYRIDINA

T.K. Jumadilov^{1,2}, G.T. Dyussebayeva^{1,2*}, Zh.S. Mukatayeva², J.V. Gražulevicius³¹ A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences JSC, Almaty, Kazakhstan² Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan³ Kaunas University of Technology, Kaunas, Lithuania*E-mail: g_gazinovna@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The demand for effective methods of extracting valuable components from waste solutions is increasing every year [1]. For example, the extraction of Au (III) from complex sources is associated with significant difficulties. In our study, we used interpolymer systems based on ion exchange resins KU-2-8 and poly-4-vinylpyridine, obtained from solutions containing gold ions. *The purpose.* Of the work is to study the sorption properties of industrial ion exchange resins KU-2-8 and P4VP with respect to gold ions. *The obtained results.* In the interpolymer systems KU-2-8- P4VP in the ratio of 5:1 after 48 hours, a decrease in the concentration of cations remaining in the solution is observed from 130 mg/l to 99 mg/l. The optimal amount of sorbed gold ions was recorded at the ion exchanger ratio of 2:4 and amounted to 45%. The maximum sorption values were maintained at the ratio of 5:1 throughout the entire interaction time (0.5; 1.5; 6; 24 and 48 hours). High values of the parameter were observed at the initial stage of the interaction of the interpolymer systems at 1.5 hours, the degree of sorption amounted to 135 mg/l, respectively. As a result of the interaction of polymers at ratios of 2:4 and 1:5, the degree of sorption increased several times. The degree of sorption after 48 hours of interaction at a ratio of 1:5 reached 41.57%. In the individual anion exchanger P4VP (0:6) it increased by 44.22%. The degree of sorption was 13.2% higher compared to individual interpolymer systems. The proposed mechanism of interaction of ion-exchange resins in an aqueous medium as an interpolymer system "KU-2-8- P4VP" (X:Y) was confirmed by Pearson's theory of hard and soft acids and bases (HSAB). *Conclusion.* The obtained results of the study showed that the activation of ion-exchange resins in the interpolymer pair leads to a significant increase in their sorption capacity. At the initial stage of interaction, it was proven that the concentration of gold ions remaining in the solution was higher compared to other ions. The processes of interaction of the interpolymer system KU-2-8-P4VP with gold ions had different values depending on time.

Keywords: interpolymer system, ion exchange resins, KU-2-8, P4VP, remote interaction, mutual activation, hydrogels, sorption, Au(III) ions, extraction degree.

<i>Jumadilov Talkybek Kozhatayevich</i>	<i>Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: jumadilov@mail.ru</i>
<i>Dyussebayeva Gulnur Toktargazinovna</i>	<i>PhD student; E-mail: g_gazinovna@mail.ru</i>
<i>Mukatayeva Zhazira Sagatbekovna</i>	<i>Candidate of Chemical Sciences, associated Professor; E-mail: jazira-1974@mail.ru</i>
<i>Gražulevicius Juozas Vidas</i>	<i>Full professor; E-mail: juozas.grazulevicius@ktu.lt</i>

Citation: Jumadilov T.K., Dyussebaeva G.T., Mukataeva Zh.S., Gražulevicius J.V. Features of gold ion extraction by the interpolymer system KU-2-8 and poly-4-vinylpyridine. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 98-108. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.10>

АЛТЫН ИОНДАРЫНЫҢ КУ-2-8 ЖӘНЕ ПОЛИ-4-ВИНИЛПИРИДИН ИНТЕРПОЛИМЕРЛІ ЖҮЙЕСІМЕН СОРЫЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Т.К. Джумадилов^{1,2}, Г.Т. Дюсембаева^{1,2}, Ж.С. Мукатаева², 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: g_gazinovna@mail.ru

Түйіндеме. *Kіріспе.* Қалдық ерітінділерден құнды компоненттерді алудың тиімді әдістеріне сұраныс жыл сайын артып келеді [1]. Мысалы, күрделі көздерден Au(III) алу айтарлықтай қиындықтар туғызады. Біздің зерттеуімізде құрамында алтын иондары бар ерітінділерден ионалмастырғыш шайырлар КУ-2-8 және поли-4-винилпиридин негізінде құрылған интерполимерлі жүйелер қолданылды. *Жұмыстың мақсаты.* Алтын иондарына қатысты КУ-2-8 және П4ВП өндірістік ионалмастырғыш шайырларының сору қасиеттерін зерттеу. *Алынған нәтижелер.* КУ-2-8- П4ВП интерполимерлік жүйелерінің 5:1 қатынасында 48 сағаттан соң ерітіндіде қалған катиондардың мөлшері 130 мг/л ден 99 мг/л дейін төмендегенін байқаймыз. Алтын иондарының максималды сорылу мөлшері иониттердің 2:4 қатынасында тіркелді, сәйкесінше 45% жеткен. Сорбцияның максималды мәндері әрекеттесудің барлық уақытында (0,5; 1,5; 6; 24 және 48 сағатта) 5:1 қатынасында сақталған. Параметрдің жоғарғы көрсеткіштері 1.5 сағаттық әрекеттесу кезінде интерполимерлік жүйелердің алғашқы уақытында байқалған, сорбция дәрежесі сәйкесінше 135 мг/л жеткен. Полимерлердің өзара әрекеттесу нәтижесінде 2:4 және 1:5 қатынастарында бір тәуліктен соң сорбция дәрежесі біршама көтерілген. Интерполимердің 1:5 қатынасында сору дәрежесі 48 сағаттық әрекеттесуден кейін 41.57 % жеткен. Жеке анион алмастырғышта П4ВП (0:6) сорбция дәрежесінің мәні бастапқы уақытпен салыстырғанда 48 сағатта 44.22 % өскен. Сорбция дәрежесінің максималды мәндері осы қатынаста сақталған. Бұл қатынастағы сорбция дәрежесінің мәні жеке интерполимерлі жүйелердің сорбция дәрежесімен салыстырғанда 13.2 % жоғары екендігі анықталды. «КУ-2-8-П4ВП» (X:Y) интерполимер жүйесі ретінде сулы ортадағы ион алмастырғыш шайырлардың өзара әрекеттесуінің ұсынылған механизмі Пирсонның қатты және жұмсақ қышқылдар мен негіздер теориясымен (HSAB) расталды. *Қорытынды.* Алынған зерттеу нәтижелері бойынша интерполимер жұбындағы ионалмастырғыш шайырлардың өзара активтенуі олардың сорбциялық қабілетінің айтарлықтай жоғарлауына әкелетіндігін көрсетті. Әрекеттесудің алғашқы кезеңінде ерітіндіде қалған алтын иондарының концентрациясы басқа иондармен салыстырғанда жоғары болғандығын дәлелденді. КУ-2-8- П4ВП интерполимерлік жүйенің алтын иондарымен әрекеттесу процестерінің уақытқа байланысты әр түрлі мәндерге ие болды.

Түйін сөздер: интерполимерлік жүйе, иониттер, КУ-2-8, П4ВП, қашықтан әрекеттесу, өзара активтену, гидрогельдер, сорбция, Au(III) иондары, сорбция дәрежесі.

<i>Джумадилов Талқыбек Қожатаевич</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Дюсембаева Гульнур Токтаргазиновна</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Мукатаева Жазира Сағатбековна</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Гражулявичюс Юозас Видас</i>	<i>Профессор</i>

1. Кіріспе

Бүгінде дүне жүзінде оңай өндірілетін алтынға бай кеннің қоры жылдан- жылға азайып барады. Алтынға сұраныстың артуына байланысты алтын өндіруші компаниялар әртүрлі жаңа технологияларды қолдана отырып, төмен сұрыпты кендерді өндеуге мәжбүр [2-4]. Алтын – көп қолданылатын асыл метал. Алтын (Au) суда Au(III) аниондары түрінде жиі кездеседі [5-6]. Бүгінгі таңда алтын өндіру өнеркәсібі белсенді түрде дамып

келеді. Алтынға сұраныс зергерлік бұйымдар мен валюта сияқты дәстүрлі салаларда да, сондай-ақ нанотехнологиялар мен электроника сияқты дамып келе жатқан секторларда да алтын қорларының азаюына және оны тиімді қалпына келтіру мүмкіндігінің шектеулі болуына байланысты өсіп келеді [7]. Кейбір минералдардың құрамында ластаушы заттар бар, бұл алтынды алуды қиындатады және қымбатқа түседі. Дегенмен, кейбір кең орындарында аз мөлшерде алтын бар, бұл экономикалық өндіруді қиындатады. Мысалы, алтынды алу процесінде синтетикалық ионалмастырғыш материалдар мен көміртек адсорбенттер қолданылады [8]. Ион алмастырғыш шайырлар- құрамында қышқылдық немесе негізі функционалдық топтары бар және ерітінділердегі қарсы иондарды қайтымды алмасуға қабілетті үш өлшемді макрокеуекті құрлымы бар ерімейтін полимер [9]. Олардың бірегей қасиеттері ерітінділерден металды іріктеп алуға мүмкіндік береді, бұл оларды құрамында алтыны бар ерітінділерді байыту үшін тиімді сорбенттер болып табылады. Сорбенттердің металдарды алудағы ең үлкен тиімділігіне интерполимерлі жүйелерді құру арқылы қол жеткізілді [10-11]. Интерполимерлі жүйелер- бұл екі немесе одан да көп әр түрлі полимерлерді біріктіру арқылы жасалған материалдар. Тәжірбиеде өнеркәсіптік ионалмастырғыш шайырлар қолданылды: күшті қышқылдық катионалмастырғыш КУ-2-8 және әлсіз негіздік анионалмастырғыш поли-4-винилпиридин пайдаланылды, біздің зерттеулеріміз ион алмастырғыштардың сорбциялық қасиеттерін, атап айтқанда олардың бір-бірімен және Au(III) иондарымен әрекеттесуін жан-жақты бағалауға бағытталған [12]. Бұл зерттеу күрделі жүйелерден маңызды компоненттерді қалпына келтіруді жақсарту үшін өте маңызды және асыл металдарды қалпына келтіру әдістерін жақсартуға үлес қосуға бағытталған.

2. Тәжірбиелік бөлім

Зерттеуге пайдаланылған материалдар:

Бұл зерттеуде біз негізі материалдар ретінде күшті қышқыл катионит КУ2-8 (H^+ формасы) (Новохим, Харьков, Украина) стирол саполимерін дивинилбензолмен сульфохлорлау арқылы алынған катионды ионалмастырғыш (түйіршектер өлшемі 0.3-1.25 мм болатын полиакрилат) және (2) поли-4-винилпиридин (P4VP) әлсіз негіздік анионалмастырғыш (Сигма-Олдрих, Сент-Луис, АҚШ) дивинилбензол сополимері (түйіршектер өлшемі 0.015 мм) қолдандық.

Пайдаланылған құрал-жабдықтар: Алтын иондарының концентрациясын анықтау үшін тұздар ерітінділерінің оптикалық тығыздығы (Jenway-6305) спектрофотометрінде (СК) анықталды.

Интерполимерлік жүйелердің сорбциялық қасиеттерін зерттеу:

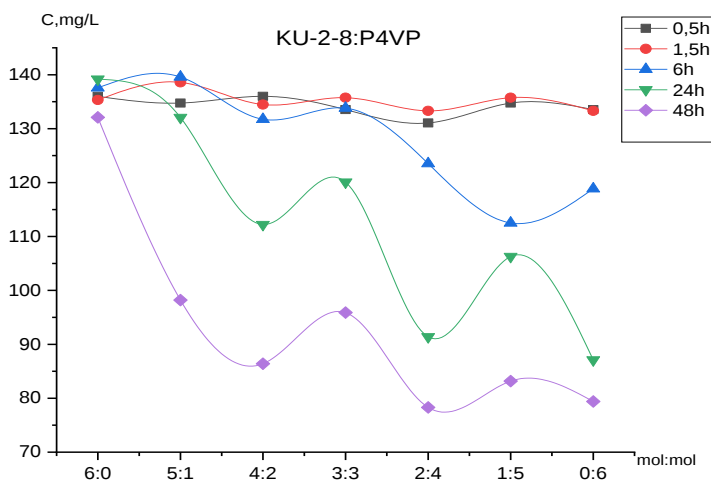
1) КУ-2-8 және П4ВП негізінде мольдік қатынастары әртүрлі интерполимерлі жүйелер құрылды;

2) Әрбір құрғақ полимерлі макромолекулалардың есептелген мөлшері арнайы полипропилен торларына салынды;

3) КУ-2-8- П4ВП интерполимерлі жүйелермен алтын иондарын сорбциялау 48 сағат бойы жүргізілді және алтын иондарының концентрациясын анықтау үшін аликуоттар алынды.

3. Нәтижелер және оларды талқылау.

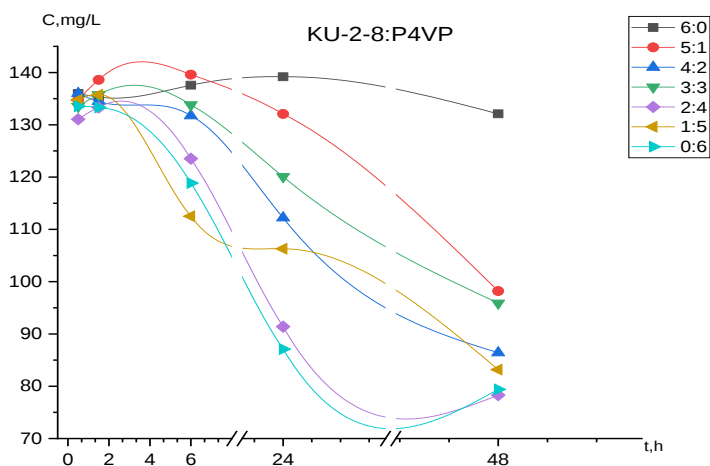
Полимер желісіндегі полимерлік тізбектер әртүрлі химиялық байланыстар немесе физикалық әсерлесулер арқылы қосылуы мүмкін [13]. Әрбір полимер тізбегіндегі байланыстардың орташа саны полимер тізбегінің байланысу дәрежесі (байланыстыру тығыздығы) ретінде белгілі. Жоғары мәндер көбінесе полимерлі материалдың механикалық қасиеттеріне (беріктік, қаттылық және серпімділік), сондай-ақ оның химиялық және термиялық тұрақтылығына әсер етуі мүмкін. Осыған дейін жүргізілген зерттеу нәтижелерінен функционалды полимерлердің өзара активтену құбылыстары металл иондарының сорбциялану процестерінде де байқалу керек деп болжауға болады. Бұл болжамды тексеру үшін алтын иондарына қатысты КУ-2-8- П4ВП интерполимерлі жүйелердің сорбциялық қасиеттеріне зерттеу жүргізілді. 1 және 2-суретте КУ-2-8- П4ВП интерполимерлі жүйелерінің сорбциясы кезінде алтын иондарының қалдық концентрацияларының мольдік қатынас (а) пен уақытқа (б) байланысты өзгерістері бейнеленген.



Сурет 1- КУ-2-8- П4ВП интерполимер жүйесінің сорбциясынан кейін ерітіндідегі алтын иондарының қалдық концентрациясының мольдік қатынасқа (а) байланысты өзгеруі

1- суретте (а) Алтын иондарының қалдық концентрациясының сорылу процесі мольдік қатынасқа байланысты әр түрлі сипатқа ие болады. Жеке катионит КУ-2-8 (6:0) қатынасында алтын иондарының концентрациясы 48 сағатта максималды мәнге жеткен. КУ-2-8- П4ВП интерполимерлік

жүйелерінің 5:1 қатынасында 48 сағаттан соң ерітіндіде қалған катиондардың мөлшері 130 мг/л ден 99 мг/л дейін төмендегенін байқаймыз. Қашықтықтан өзара әсер ету нәтижесінде сорбция процесінің 1,5 сағатында молярлық қатынастары 5:1, 4:2, 3:3, 2:4 және 1:5 интерполимерлі жүйелерде алтын иондарын сору процесі бір қалыпты жүргендігі байқалады. 2:4 қатынасында бір тәуліктен соң қалдық концентрацияның мәні 90 мг/л түскен. Алынған зерттеу нәтижелері бастапқы кезеңінде ерітіндіде қалған алтын иондарының концентрациясы жоғары болғандығын көрсетті. КУ-2-8-П4ВП интерполимерлік жүйенің алтын иондарымен әрекеттесу процестерінің уақытқа байланысты әр түрлі мәндерге ие болды.



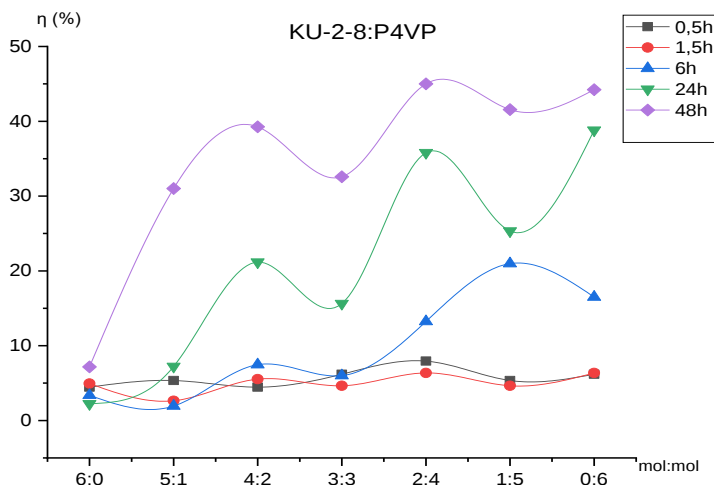
Сурет 2- КУ-2-8- П4ВП интерполимер жүйесінің сорбциясынан кейін ерітіндідегі алтын иондарының қалдық концентрациясының уақытқа (б)байланысты өзгеруі

Суреттен 2 (б) байқағанымыздай сорбция процесінің алғашқы уақытында алтын иондарының концентрациясы айтарлықтай жоғары болған. Сорбцияның максималды мәндері әрекеттесудің барлық уақытында (0,5; 1,5; 6; 24 және 48) сағатта 5:1 қатынасында сақталған. Жеке ионалмастырғыш шайырлардың концентрациясы (0:6) бастапқы уақытқа қарағанда біршама төмендегені байқалады. Ал КУ-2-8- П4ВП интерполимерлік жүйелердің 5:1, 4:2 және 3:3 қатынастарында сорбция бір деңгейде жүрген. Параметрдің максималді мәндері 1,5 сағаттық әрекеттесу кезінде интерполимерлік жүйелердің алғашқы уақытында сақталған, сорбция дәрежесі сәйкесінше 135 мг/л жеткен. 1:5 қатынасында әрекеттесудің алғашқы кезеңінде максимумға көтеріліп, уақыттың ағымына байланысты біртіндеп түскен. Жүйеде сору процесі полинегізге қарағанда полиқышқылда басым болғанда жоғары болатындығын көрсетеді. Алтын иондарының концентрациясы сорылу процесінің 48 сағаттан кейін

айтарлықтай төмендегенін байқаймыз. Жүргізілген зерттеу нәтижелерінен алтын иондарында қалдық концентрация уақыт өткен сайын төмендеген.

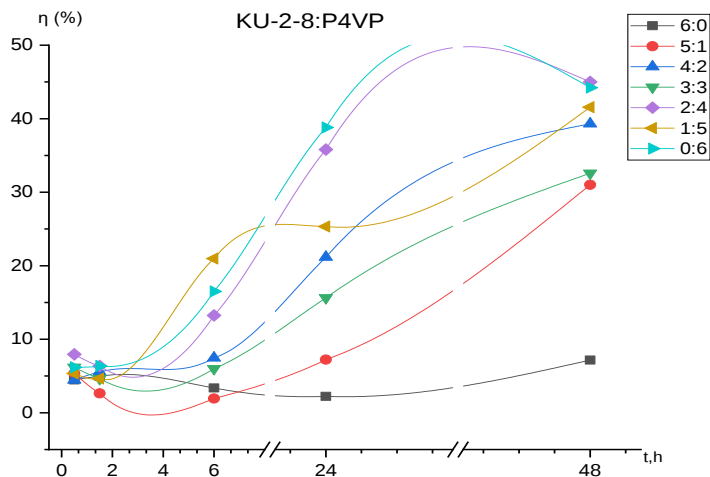
3 және 4-суретте КУ-2-8- П4ВП интерполимер жүйесінің алтын иондарының молярлық қатынас (а) пен уақытқа (б) байланысты бөліп алу дәрежесінің өзгерістері сипатталған.

Бастапқы әрекеттесу кезінде 3 (а) параметр мәні төмен болған, бірақ одан кейінгі уақыттарды өсу қарқынды жүргендігі байқалады. Жүйеде тек бір ғана полимер катионит КУ-2-8 (H^+) болғанда тұрақты қасиетке ие болады, өйткені сорбция дәрежесінде 6:0 қатынасында ешқандай өзгеріс аймақтары байқалмайды. КУ-2-8- П4ВП интерполимер жүйесінің 5:1 қатынасында алтын иондарының сору дәрежесі жеке полимермен салыстырғанда жоғарғы мәнге ие болған. Әрекеттесудің 48 сағатында интерполимер жүйесінде 4:2 қатынасында максималды сорбция мәндері тіркелген, сәйкесінше 35.81% құрады.



Сурет 3- КУ-2-8- П4ВП интерполимерлі жүйесінің алтын иондарына қатысты сору дәрежесінің молярлық қатынасқа (а) тәуелділігі

Әрекеттесудің 1,5 сағатында КУ-2-8- П4ВП интерполимерлік жүйесіндегі сору дәрежесі бірқалыпты деңгейде жүргендігі көрінеді. Тәжірбиенің 6-шы сағатында сорбция дәрежесінде елеулі өзгерістер байқалмайды, тек 6 сағаттан кейін сору дәрежесі 1:5 қатынасында күрт өскен. Полимерлердің өзара әрекеттесу нәтижесінде 2:4 және 1:5 қатынастарында бір тәуліктен соң сорбция дәрежесі біршама көтерілген. Сондай-ақ параметрдің максималды мәндері 2:4 қатынасында сақталған, сәйкесінше 45% жеткен.



Сурет 4- КУ-2-8- П4ВП интерполимерлі жүйесінің алтын иондарына қатысты сору дәрежесінің уақытқа (б) тәуелділігі

Алтын иондарының сорбция дәрежесінің максималды мәндері иониттердің 1:5 қатынасында да байқалады. Интерполимердің 1:5 қатынасында сору дәрежесі 48 сағаттық әрекеттесуден кейін 41.57 % жеткен. Параметрлердің максималды көрсеткіштері 24 және 48 сағаттық әрекеттесу кезінде КУ-2-8:П4ВП интерполимерлі жүйелердің 2:4 және 1:5 қатынастарында байқалды, сорбция дәрежесі сәйкесінше 41.57%; 45% құрады. Интерполимер жүйесінің алтын иондарын сору дәрежесінің уақытқа қатысты 4 (б) суретте өзгерістері полимерлердің барлық қатынастарында максимум және минимум мәндері арқылы сипатталады. Суреттен зерттеудің алғашқы уақытында ерітіндіде қалған сору дәрежесінің мөлшері айтарлықтай өзгермейтіндігі байқалады. Интерполимерлі жүйелердің әртүрлі уақыт аймақтарында (0,5; 1;5; 6; 24; және 48) сору дәрежесі 3:3 қатынасында біртіндеп жоғарлағанын байқаймыз. Әрекеттесудің 48 сағатында сорбция 1:5 және 0:6 қатынастарында баяу көтерілген. Суретте (алтын иондарына қатысты) сорбция дәрежесінің ең жоғарғы көрсеткіштері барлық уақыт аралықтарында 0:6 қатынасында сақталған. Ал жеке анион алмастырғышта П4ВП (0:6) сорбция дәрежесінің мәні бастапқы уақытпен салыстырғанда 48 сағатта 44.22 % өскен. Сорбция дәрежесінің максималды мәндері осы қатынаста сақталған. Бұл қатынастағы сорбция дәрежесінің мәні жеке интерполимерлі жүйелердің сорбция дәрежесімен салыстырғанда 13.2 % жоғары екендігі анықталды. Алынған зерттеу нәтижелері сорбция дәрежесінің уақыт өткен сайын арта түсетінін көрсетеді.

1-кестеде КУ-2-8- П4ВП интерполимер жүйесіндегі полимер тізбегінің алтын иондарымен байланысу дәрежесінің молярлық қатынас пен уақытқа

байланысты өзгерісі бейнеленген. Жеке КУ-2-8 (катион алмастырғыш) болғанда полимер тізбегінің байланысу дәрежесі (6:0) қатынасында тұрақты мәнге ие болады, өйткені осы қатынаста ешқандай өзгеріс аймақтары байқалмайды, бұл ерітіндіде тек бір полимер түрі болғанда екінші полимердің болмауы ерітіндінің жоғары зарядталған дәрежеге жетуіне мүмкіндік бермейді. КУ-2-8:П4ВП жүйесінің барлық уақыт аралықтарында байланысу дәрежесі біртіндеп уақыттың өтуіне байланысты жоғарылаған. Суреттен байқағанымыздай, КУ-2-8- П4ВП интерполимер жүйесінің 4:2 қатынасында алтын иондарының сорылуы алғашқы уақытпен салыстырғанда айтарлықтай көтерілген.

Кесте 1 - КУ-2-8- П4ВП интерполимерлі жүйесінің полимерлік тізбектің алтын иондарымен байланысу дәрежесі

$\theta (Au^+)$, %							
КУ-2-8- П4ВП, моль:моль							
t, h	6:0	5:1	4:2	3:3	2:4	1:5	0:6
0.5	9.61	11.69	9.87	13.72	17.22	11.69	13.51
1.5	10.79	5.87	12.35	10.21	13.69	10.31	13.78
6	7.36	4.34	16.63	13.23	28.88	46.76	36.06
24	4.87	16.06	47.22	34.45	77.95	56.31	84.85
48	15.69	68.92	87.65	71.65	98.18	92.31	96.66

Әрекеттесудің 24 сағат пен 48 сағатта 5:1, 4:2 және 2:4 қатынастарында сорбция дәрежесі біршама көтерілгенін байқаймыз, сәйкесінше 68.92%, 87.65% және 98.18 % құрады. Полимерлердің 5:1 қатынасында алтын иондарының сорылуы 24 сағатта онша қарқынды жүрмеген, байланысу дәрежесі 16.06 %. Полимер тізбегінің максималды байланысу дәрежесі 48 сағаттан кейін КУ-2-8:П4ВП интерполимер жүйесінің 1:5 қатынасында 92,31% көрсеткен. Суреттен әрекеттесудің бастапқы уақыттарында алтын иондарымен байланысу дәрежесі ондай қарқынды жүрмегендігі байқалады. КУ-2-8- П4ВП интерполимер жүйесінің 2:4 қатынасында полимер тізбегінің максималды байланысу дәрежесі байқалған, сәйкесінше 98,18% құрады. 4:2 қатынасында 1.5 сағатта 10.31 % болса, уақыттың өтуіне байланысты 48 сағатқа жеткенде 87.65 % жеткен. Зерттеудің 24 сағатында полимерлердің қашықтықтан бір-біріне әсер етуі нәтижесінде байланысу дәрежесінің өзгеріс аймақтары тіркелген. Катионит КУ-2-8 (6:0) және анионит (0:6) ионалмастырғыштардың полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің мәндері 48 сағаттан кейін салыстырмалы түрде жоғары болған, сәйкесінше 15.69 % және 96.66 % көрсеткен. Полимер тізбегінің байланысу дәрежесінің жоғарғы көрсеткіштері 48 сағаттардан кейін 3:3 қатынасында 71.65 % көрсеткен.

4. Қорытынды

Алынған зерттеу нәтижелері бойынша интерполимер жұбындағы ионалмастырғыш шайрлардың өзара активтенуі олардың сорбциялық қабілетінің айтарлықтай жоғарлауына әкелетіндігін көрсетті. Әрекеттесудің алғашқы кезеңінде ерітіндіде қалған алтын иондарының концентрациясы басқа иондармен салыстырғанда жоғары болғандығын дәлелденді. КУ-2-8-П4ВП интерполимерлік жүйенің алтын иондарымен әрекеттесу процестерінің уақытқа байланысты әр түрлі мәндерге ие болды. Сондай-ақ, сорбция дәрежесінің максималды мәні интерполимер жүйесінің 2:4 молярлық қатынасында байқалатындығы айқындалды. Осы саладағы әрі қарайғы зерттеулер мен әзірлемелер алтын өндіру өнеркісібінің тұрақты дамуы мен инновациялық өсуіне ықпал ете отырып, алтын өндіруде жаңа мүмкіндіктерді ашуы мүмкін.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің қоры арқылы және қаржыландыру бойынша No.ИРН BR27101179 жобасымен қаржыландырылды.

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

ОСОБЕННОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ ЗОЛОТА ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ КУ-2-8 И ПОЛИ-4-ВИНИЛПИРИДИНА

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

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

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

³Каунасский технологический университет, Каунас, Литва

*E-mail: g_gazinovna@mail.ru

Резюме. Введение. Спрос на эффективные методы извлечения ценных компонентов из отходящих растворов ежегодно увеличивается [1]. Например, извлечение Au (III) из сложных источников сопряжено с значительными трудностями. В нашем исследовании использовались интерполимерные системы, созданные на основе ионообменных смол КУ-2-8 и поли-4-винилпиридина, полученные из растворов, содержащих ионы золота. *Цель работы* – исследование сорбционных свойств промышленных ионообменных смол КУ-2-8 и П4ВП относительно ионов золота. *Полученные результаты.* В интерполимерных системах КУ-2-8- П4ВП в соотношении 5:1 спустя 48 часов наблюдается снижение концентрации оставшихся в растворе катионов с 130 мг/л до 99 мг/л. Оптимальное количество сорбированных ионов золота было зафиксировано при соотношении ионитов 2:4 и составило 45%. Максимальные значения сорбции сохранялись при соотношении 5:1 на протяжении всего времени взаимодействия (0,5; 1,5; 6; 24 и 48 часов). Высокие значения параметра наблюдались на начальной стадии взаимодействия интерполимерных систем при 1,5 часах, степень сорбции составила соответственно 135 мг/л. В результате взаимодействия полимеров при соотношениях 2:4 и 1:5 степень сорбции несколько раз увеличилась. Степень сорбции после 48 часов взаимодействия при соотношении 1:5 достигла 41,57%. В индивидуальном анионите П4ВП (0:6) увеличилось на 44,22%. Значение степени сорбции было на 13,2% выше по сравнению индивидуальных интерполимерных систем. Предложенный механизм взаимодействия ионообменных смол в водной среде как интерполимерной системы "КУ-2-8- П4ВП" (X:Y) был подтвержден теорией твердых и мягких кислот и оснований (HSAB) Пирсона. *Вывод.* Полученные результаты исследования показали, что активация ионообменных смол в интерполимерной паре приводит к значительному повышению их сорбционной способности. На начальной стадии взаимодействия было доказано, что концентрация

оставшихся в растворе ионов золота была выше по сравнению с другими ионами. Процессы взаимодействия интерполимерной системы КУ-2-8-П4ВП с ионами золота имели различные значения в зависимости от времени.

Ключевые слова: интерполимерная система, иониты, КУ-2-8, П4ВП, дистанционное взаимодействия, взаимная активация, гидрогели, степень сорбции, ионы Au (III), степень сорбции

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

Әдебиеттер тізімі

1. Shyam Sunder G.S., Adhikari S., Rohanifar A., Poudel A., Kirchhoff J.R. Evolution of environmentally friendly strategies for Metal Extraction. *Separations*. **2020**, 7(1), 4. DOI: [10.3390/separations7010004](https://doi.org/10.3390/separations7010004)
2. Perez J.P., Folens K., Leus K., Vanhaecke F., Van Der Voort P., Du Laing G. Progress in hydrometallurgical technologies to recover critical raw materials and precious metals from low-concentrated streams. *Resour. Conserv. Recycl.* **2019**, 142, 177–188. DOI: [10.1016/j.resconrec.2018.11.029](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.11.029)
3. Dodson J.R., Parker H.L., Muñoz García A., Hicken A., Asemave K., Farmer T.J., He H., Clark J.H., Hunt A.J. Bio-derived materials as a green route for Precious Critical Metal Recovery and re-use. *Green Chem.* **2015**, 17(4), 1951–1965. DOI: [10.1039/c4gc02483d](https://doi.org/10.1039/c4gc02483d)
4. Kerr R.A. Is the world tottering on the precipice of peak gold? *Science*. **2012**, 335(6072), 1038–1039. DOI: [10.1126/science.335.6072.1038](https://doi.org/10.1126/science.335.6072.1038)
5. Yoshimura A., Takatori K., Matsuno Y. Environmentally sound recovery of gold from Waste Electrical and electronic equipment using organic aqua regia. *Int. J. Autom. Technol.* **2020**, 14(6), 999–1004. DOI: [10.20965/ijat.2020.p0999](https://doi.org/10.20965/ijat.2020.p0999)
6. Sun Z., Xiao Y., Sietsma J., Agterhuis H., Yang Y.A. Cleaner process for selective recovery of valuable metals from electronic waste of complex mixtures of end-of-life electronic products. *Environ. Sci. Technol.* **2015**, 49(13), 7981–7988. DOI: [10.1021/acs.est.5b01023](https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01023)
7. Chakraborty S.C., Zaman Md.W., Hoque M., Qamruzzaman Md., Zaman J.U., Hossain D., Pramanik B.K., Nguyen L.N., Nghiem L.D., Mofijur Md., Mondal Md.I., Sithi J.A., Shahriar S.M., JohirMd.A., Ahmed M.B. Metals extraction processes from electronic waste: Constraints and opportunities. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2022**, 29(22), 32651–32669. DOI: [10.1007/s11356-022-19322-8](https://doi.org/10.1007/s11356-022-19322-8)
8. Jin W., Zhang Y. Sustainable electrochemical extraction of metal resources from waste streams: From removal to recovery. *ACS Sustain. Chem. Eng.* **2020**, 8(12), 4693–4707. DOI: [10.1021/acssuschemeng.9b07007](https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b07007)
9. Joshy. K.S., Snigdha. S., Thomas. S., Li, T. An Overview of the Recent Developments in Hydrogels. In: Jose, J., Thomas, S., Thakur, V.K. (eds) *Nano Hydrogels. Gels Horizons*. **2021**, DOI: [10.1007/978-981-15-7138-1_13](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7138-1_13)
10. Jumadilov T.K., Malimbayeva Z.B., Khimersen Kh., Saparbekova I.S., Imangazy A.M., Suberlyak O.V. Specific features of praseodymium extraction by intergel system based on polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels. *Bull. of the Karaganda Univ. Chem. Series*. **2021**, 103(3), 53–59. DOI: [10.31489/2021ch3/53-59](https://doi.org/10.31489/2021ch3/53-59)
11. Jumadilov T., Utesheva A., Grazulevicius J., Imangazy A. Selective Sorption of Cerium Ions from Uranium-Containing Solutions by Remotely Activated Ion Exchangers. *Polymers*. **2023**, 15, 816. DOI: [10.3390/polym15040816](https://doi.org/10.3390/polym15040816)
12. Imangazy A., Jumadilov T., Khimersen K., Bayshibekov A. Enhanced sorption of europium and scandium ions from nitrate solutions by remotely activated Ion Exchangers. *Polymers*. **2023**, 15, 1194. DOI: [10.3390/polym15051194](https://doi.org/10.3390/polym15051194)
13. Moustafine R.I., Zaharov I.M., Kemenova V.A. Physicochemical characterization and drug release properties of Eudragit (R) E PO/ Eudragit (R) L 100-55 interpolyelectrolyte complexes. *Eur J Pharm Biopharm.* **2006**, 63(1), 26-36. DOI: [10.1016/j.ejpb.2005.10.005](https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2005.10.005)

References

1. Shyam Sunder G.S., Adhikari S., Rohanifar A., Poudel A., Kirchhoff J.R. Evolution of environmentally friendly strategies for Metal Extraction. *Separations*. **2020**, 7(1), 4. DOI: [10.3390/separations7010004](https://doi.org/10.3390/separations7010004)
2. Perez J.P., Folens K., Leus K., Vanhaecke F., Van Der Voort P., Du Laing G. Progress in hydrometallurgical technologies to recover critical raw materials and precious metals from low-concentrated streams. *Resour. Conserv. Recycl.* **2019**, 142, 177–188. DOI: [10.1016/j.resconrec.2018.11.029](https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.11.029)
3. Dodson J.R., Parker H.L., Muñoz García A., Hicken A., Asemave K., Farmer T.J., He H., Clark J.H., Hunt A.J. Bio-derived materials as a green route for Precious Critical Metal Recovery and re-use. *Green Chem.* **2015**, 17(4), 1951–1965. DOI: [10.1039/c4gc02483d](https://doi.org/10.1039/c4gc02483d)
4. Kerr R.A. Is the world tottering on the precipice of peak gold? *Science*. **2012**, 335(6072), 1038–1039. DOI: [10.1126/science.335.6072.1038](https://doi.org/10.1126/science.335.6072.1038)
5. Yoshimura A., Takatori K., Matsuno Y. Environmentally sound recovery of gold from Waste Electrical and electronic equipment using organic aqua regia. *Int. J. Autom. Technol.* **2020**, 14(6), 999–1004. DOI: [10.20965/ijat.2020.p0999](https://doi.org/10.20965/ijat.2020.p0999)
6. Sun Z., Xiao Y., Sietsma J., Agterhuis H., Yang Y.A. Cleaner process for selective recovery of valuable metals from electronic waste of complex mixtures of end-of-life electronic products. *Environ. Sci. Technol.* **2015**, 49(13), 7981–7988. DOI: [10.1021/acs.est.5b01023](https://doi.org/10.1021/acs.est.5b01023)
7. Chakraborty S.C., Zaman Md.W., Hoque M., Qamruzzaman Md., Zaman J.U., Hossain D., Pramanik B.K., Nguyen L.N., Nghiem L.D., Mofijur Md., Mondal Md.I., Sithi J.A., Shahriar S.M., Johir Md.A., Ahmed M.B. Metals extraction processes from electronic waste: Constraints and opportunities. *Environ. Sci. Pollut. Res.* **2022**, 29(22), 32651–32669. DOI: [10.1007/s11356-022-19322-8](https://doi.org/10.1007/s11356-022-19322-8)
8. Jin W., Zhang Y. Sustainable electrochemical extraction of metal resources from waste streams: From removal to recovery. *ACS Sustain. Chem. Eng.* **2020**, 8(12), 4693–4707. DOI: [10.1021/acssuschemeng.9b07007](https://doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b07007)
9. Joshy. K.S., Snigdha. S., Thomas. S., Li, T. An Overview of the Recent Developments in Hydrogels. In: Jose, J., Thomas, S., Thakur, V.K. (eds) *Nano Hydrogels. Gels Horizons*. **2021**, DOI: [10.1007/978-981-15-7138-1_13](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7138-1_13)
10. Jumadilov T.K., Malimbayeva Z.B., Khimersen Kh., Saparbekova I.S., Imangazy A.M., Suberlyak O.V. Specific features of praseodymium extraction by intergel system based on polyacrylic acid and poly-4-vinylpyridine hydrogels. *Bull. of the Karaganda Univ. Chem. Series*. **2021**, 103(3), 53–59. DOI: [10.31489/2021ch3/53-59](https://doi.org/10.31489/2021ch3/53-59)
11. Jumadilov T., Utesheva A., Grazulevicius J., Imangazy A. Selective Sorption of Cerium Ions from Uranium-Containing Solutions by Remotely Activated Ion Exchangers. *Polymers*. **2023**, 15, 816. DOI: [10.3390/polym15040816](https://doi.org/10.3390/polym15040816)
12. Imangazy A., Jumadilov T., Khimersen K., Bayshibekov A. Enhanced sorption of europium and scandium ions from nitrate solutions by remotely activated Ion Exchangers. *Polymers*. **2023**, 15, 1194. DOI: [10.3390/polym15051194](https://doi.org/10.3390/polym15051194)
13. Moustafine R.I., Zaharov I.M., Kemenova V.A. Physicochemical characterization and drug release properties of Eudragit (R) E PO/ Eudragit (R) L 100-55 interpolyelectrolyte complexes. *Eur J Pharm Biopharm.* **2006**, 63(1), 26-36. DOI: [10.1016/j.ejpb.2005.10.005](https://doi.org/10.1016/j.ejpb.2005.10.005)

ANALYSIS OF PHENOLIC COMPOUNDS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF PLANTS OF THE GENUS CLIMACOPTERA BRACHIATA

A.K. Kipchakbayeva ^{1*}, T. Berdesh ¹, H. Nygan ¹, K.B. Bauyrzhanov ¹,
B.K. Yeskaliyeva ¹, G.Sh. Burasheva ¹, Mehmet Ozturk ²

¹Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

²Mugla Sytky Kochman University, Mugla, Turkey

*E-mail: aliya_k85@mail.ru

Abstract. *Climacoptera brachiata* is an annual species of halophytes with great potential for use in urban landscapes. Extracts of *Climacoptera brachiata* have been used in traditional medicine for many years due to their antifungal, antibacterial activity due to various biologically active compounds. It is known that the leaves contain triterpenoids, and the flowers contain phenolic compounds. The authors proposed a scheme for the analysis of water-alcohol extracts of *Climacoptera brachiata*. In addition, extracts were screened and determined by high-performance liquid chromatography. For the simultaneous analysis of phenolic compounds, a fast and sensitive method for the determination of natural compounds using high-performance reverse phase liquid chromatography (RP-HPLC) in combination with a diode matrix detector (DAD) has been developed. Gradient elution systems of 0.1% acetic acid and methanol were linearly used, the analysis time was 57 minutes. The method was confirmed by linearity, relative error, reproducibility, and LOD values. The detection of compounds was carried out at 254 nm. The developed method for the rapid determination of phenolic compounds using RP-HPLC was used to determine the presence of phenolic compounds in natural and commercial products.

Keywords: phenolic compounds, antioxidant activity, antidiabetic inhibitory activity, HPLC.

Kipchakbayeva Aliya Kuanyshovna	PhD; E-mail: aliya_k85@mail.ru
Berdesh Talshyn Bakdauletkyzy	PhD, doctoral student; E-mail: talshynberdesh@mail.ru
Nygan Nursat	master's student; E-mail: nursatnygan1@gmail.com
Bauyrzhanov Kaiyrzhan	PhD, doctoral student; E-mail: kair_7b@mail.ru
Burasheva Gaukhar Shakhmanovna	Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: gauharbur@mail.ru
Yeskaliyeva Balakyz Kymyzgalievna	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: balkyz@mail.ru
Mehmet Ozturk	PhD, Professor; E-mail: mehmetozturk@mu.edu.tr

Citation: Kipchakbayeva A.K., Berdesh T., Nygan H., Bauyrzhanov K.B., Yeskaliyeva B.K., Burasheva G.Sh., Mehmet Ozturk. Analysis of phenolic compounds and biological activity of plants of the genus *Climacoptera*. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 109-118. DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.11>

1. Introduction

Kazakhstan, the area of growth of many types of plant objects, the study of their chemical composition and the screening of biologically active substances require further research. At the present stage, the creation and development of phytopreparations is a promising and alternative direction to replace synthetic drugs with a number of side effects. Since synthetic drugs have many side effects, researchers are beginning to study natural products in order to find effective medicines. Therefore, the study of domestic wild plants and the introduction of new phytopreparations from them into industry is a timely task. One of the most relevant ways to obtain new biologically active substances is to isolate compounds from plants. Consequently, on this path it is necessary to solve complex problems of isolation and deep purification from complex multicomponent biological objects of sufficiently labile target substances, unambiguous identification of structures.

Currently, plants of the Chenopodiaceae family, the genus *Climacoptera*, which are widespread in Kazakhstan and some of them are endemic plants, are of great theoretical and practical interest. [1-2] and so, the search for new sources of biologically active compounds among plants of the Chenopodiaceae family growing in arid zones has not been exhausted.

In this regard, the study of the chemical composition of new plant species, the development of a flowchart for the isolation of biologically active compounds, the establishment of their biological activity and the development of new phytopreparations from Kazakhstani wild plant species has not only a socially significant effect, but also makes it possible to expand the range of medicines from local wild-growing renewable sources of plant material [3]. Development of chromatographic identification and analysis methods based on chemical components, in particular phenolic compounds, can contribute to the standardization of medicinal raw materials and extracts.

2. The experimental part

The object of our research is the aboveground part of plants of the genus *Climacoptera*, the species *Climacoptera brachiata*, collected during the flowering phase in Ili district, Almaty region in 2023.

Conditions for HPLC analysis for the determination of phenolic compounds. The analysis of phenolic compounds was determined using the Shimadzu high performance liquid chromatography system (Shimadzu Cooperation, Japan), which consists of a Shimadzu solvent supply unit model LC-20AT and a Shimadzu diode array detection system model SPD-M20A. All parts are controlled using LC-solution software (CBM-20A Shimadzu system controller). The temperature in the column is set at 35°C. Chromatographic separation was performed on an Inertsil ODS-3 column (4 microns, 4.0 mm x 150 mm) and in an Inertsil ODS-3 protective column. The mobile phase is 0.1% acetic acid in water (A) and 0.1% acetic acid in methanol (B). The elution profile was as follows: 2% B: for 3 min, 2-5% In; for 3 minutes, 5-6% In; for 2 minutes, 6-10% In; for 4 min,

10% In; for 1 min, 10-25% In; for 5 minutes, 25-30% In; for 7 minutes, 30-40% B; for 5 minutes, 40-42% B; for 6 minutes, 42-54% B; for 5 min, 54-55% B; for 1 min, 55-56% B; for 10 min, 56-65% B; for 4 min, 65-75% B; for 3 minutes, 75-85% B; for 2 minutes, 85-95% B; for 5 minutes, 95% B; for 2 minutes, 95-100% B; for 1 minute, 100% B; 5 minutes, 100-80% B; 2 minutes, 80-50% B; in 2 minutes, 50-2% B. The flow rate was 1.0 ml/min. The injection volume is 20 μ l. The detection was carried out using a diode matrix detector (DAD) using wavelengths of 200-600 nm. All samples and standards were filtered using an Agilent PTFE filter with a thickness of 0.45 microns [4].

Determination of antioxidant activity. To determine the antioxidant activity, four methods were used: ABTS methods for removing cation radicals and DPPH free radicals, as well as methods for reducing the antioxidant capacity of copper (CUPRAC) and β -carotene/linoleic acid discoloration.

Analysis for discoloration by β -carotene/linoleic acid. The overall antioxidant activity was assessed using the beta-carotene/linoleic acid test system with minor changes. β -carotene (0.5 mg) diluted in 1 ml of chloroform is added to 25 ml of linoleic acid and 200 mg of a mixture of Tween 40 emulsifiers. After evaporation of chloroform under vacuum with intensive shaking, 100 ml of distilled water saturated with oxygen is added. 160 μ l of this mixture is added to 40 μ l of samples of various concentrations. Once the emulsion is added to each tube, the absorption at time zero is measured at a wavelength of 470 nm using a 96-well microplate reader [5]. After incubating the tablet for 2 hours at 50 $^{\circ}$ C, the absorption of the emulsion is measured again at the same wavelength. Ethanol is used as a control. BHA and α -tocopherol are used as antioxidant standards for activity comparison. The degree of discoloration (R) of β -carotene is calculated according to the following equation:

$$R = \frac{\ln \frac{a}{b}}{t}$$

where $\ln$ is the natural logarithm, a is the absorption at time zero and b is the absorption at time t (120 min). The calculation of antioxidant activity is carried out as a percentage of inhibition compared to the control using the following equation:

$$\text{Antioxidant activity(\%)} = \frac{R_{\text{control}} - R_{\text{sample}}}{R_{\text{control}}} \times 100$$

Analysis for the removal of free radicals by the DPPH method. The activity of removing free radicals is determined spectrophotometrically using the DPPH method described by Blois [6], with minor modifications. In its radical form, DPPH absorbs at a wavelength of 517 nm, but when reduced by an antioxidant or a radical substance, its absorption decreases. In short, 120 ml of ethanol and 40 μ l of the sample solution dissolved in an aqueous alcohol solution in various

concentrations are mixed. The reaction is then initiated by adding 0.4 mm 40 μ l of DPPH prepared in ethanol. After thirty minutes, the absorption is measured at a wavelength of 517 nm using a 96-well microplate. Ethanol is used as a control. A lower absorption of the reaction mixture indicates a higher free radical scavenging activity. The ability to trap DPPH radicals is calculated using the following equation:

$$\text{Absorbing effect DPPH (\%)} = \frac{R_{\text{control}} - R_{\text{sample}}}{R_{\text{control}}} \times 100$$

ABTS analysis for cationic radical discoloration. The spectrophotometric analysis of the absorbing activity of $\text{ABTS}^{\cdot+}$ was carried out in accordance with the method [7], with minor changes. $\text{ABTS}^{\cdot+}$ was obtained as a result of a reaction between 7 m ABTS in H_2O and 2.45 m potassium persulfate, which was stored in the dark at room temperature for 12 hours. The radical cation was stable in this form for more than 2 days when stored in the dark at room temperature. Before use, the $\text{ABTS}^{\cdot+}$ solution is diluted with ethanol to obtain an optical density of 0.708 ± 0.025 at 734 nm. Then, 160 ml of $\text{ABTS}^{\cdot+}$ solution in various concentrations is added to 40 ml of the sample solution in ethanol. After 10 minutes, using a 96-well microplate reader, the percentage of inhibition is calculated at a wavelength of 734 nm for each concentration of relatively pure absorption (ethanol). The following equation is used to calculate the absorption capacity of $\text{ABTS}^{\cdot+}$:

$$\text{Absorbing effect ABTS (\%)} = \frac{A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}}{A_{\text{control}}} \times 100$$

Antioxidant ability that reduces copper content. The antioxidant capacity, which reduces the copper content, was determined in accordance with the method [8], with minor changes. 50 μ l of 10 mm copper (II), 50 μ l of 7.5 mm neocuproine and 60 μ l of NH_4Ac buffer (1 M, (pH=7.0) are added to each well in a 96-well plate. 40 ml of extract is added to the initial mixture in various concentrations so that the final volume is 200 ml. After 1 hour, the absorption at a wavelength of 450 nm was recorded on the reagent blank using a 96-well microplate reader. The results are presented in the form of an absorption coefficient and compared with the indicators of the standard used as an antioxidant standard [9].

Antidiabetic inhibitory activity. Antidiabetic inhibitory activity was determined by the inhibitory activities of α -amylase and α -glucosidase spectrophotometrically using a 96-well microplate reader [10,11]. Ethanol was used as a control Acarbose has been used as an antidiabetic inhibitory standard to compare activity.

3. Discussion of the results

Using the method of ultrasonic extraction and maceration, 10 samples of extracts from plants of the genus *Climacoptera brachiata* were obtained.

According to the requirements of the Government Pharmacopoeia, the quality of the raw materials was determined: moisture 6.02%, ash content 9.6%, the amount of extractive substances 21.3% in 50% water alcohol, the extract is concentrated and the dry extract is preserved. To evaluate the antioxidant and antidiabetic inhibitory activity, and to determine phenolic compounds, a 50% water-alcohol extract of a plant of the genus *Climacoptera brachiata* was used.

Table 1 - Phenolic compounds of 50% water-alcohol extract of *Climacoptera brachiata* plant by HPLC-DAD method (mg/g)

The phenolic compound	RT	calib. eq.	R ²	<i>Climacoptera</i>
Fumaric acid	14,014	y = 1988.9x - 4655.8	0.9998	1.90
Protocatechuic acid	24,625	y = 65753x - 6932.1	0.9999	0.15
Pyrocatechol	24,658	y = 3772.8x + 23692	0.9925	-
Theobromine	25,967	y = 3942.7x + 81451	0.9983	tr
Theophylline	29,449	y = 36694x + 68674	0.9998	-
4-hydroxybenzoic acid	30,867	y = 123758x + 75779	0.9997	tr
4-hydroxybenzaldehyde	33,367	y = 34376x + 4239.6	0.9996	-
Vanillic acid	34,758	y = 66764x + 46508	0.9998	tr
Epicatechin	35,278	y = 2097.6x + 7998.2	0.998	-
Caffeic acid	35.28	y = 49533x + 213471	0.9957	tr
Vanillin	36,915	y = 21426x + 195103	0.9995	tr
Chlorogenic acid	40,094	y = 46920x - 36953	0.9995	0.10
Coupled -coumaric acid	40,874	y = 17265x + 343183	0.9951	tr
Ferulic acid	42,564	y = 42245x + 110701	0.9992	tr
Coumarin	45,178	y = 81802x + 153471	0.9968	tr
Propyl gallate	46,984	y = 29731x - 12781	1	-
Routine	47,527	y = 47899x + 56096	0.9997	tr
trans-2-OH cinnamic acid	48,243	y = 53442x + 104662	0.9996	-
Fisetin	51,243	y = 100784x + 16688	0.9984	0.49
trans - Cinnamic acid	56,203	y = 88190x + 158733	0.9997	tr
Genistein	57,739	y = 69160x + 5753.8	0.9996	tr

tr: number of tracks;

- not detected.

To determine optimal chromatographic results, experiments were conducted under various mobile phase conditions. In order to obtain the best possible resolution, the mobile phases of acetonitrile, methanol, acetonitrile-acetic acid and methanol-acetic acid were used by changing the ratio of acetic acid. The best

mobile phase for separation was 0.1% acetic acid in water as solvent A and methanol as solvent B. Many studies have suggested the use of acetonitrile as one of the mobile phases. Acetonitrile was also used for separation. However, only 4 compounds were isolated, namely fumaric acid (1.90 mg/g), protocatechic acid (0.15 mg/g), chlorogenic acid (0.10 mg/g), and fisetin (0.49 mg/g). Therefore, the goal was to change the solvent system to simultaneously analyze more phenolic components. For this purpose, Inertsil ODS-3 (4 microns, 4.0 mm) was used to obtain clear peaks and reduce the elution time. An analytical column with a diameter of 150 mm was used. The column temperature was maintained at 35°C. Using this optimized method, phenolic components were determined with high accuracy within 57 minutes.

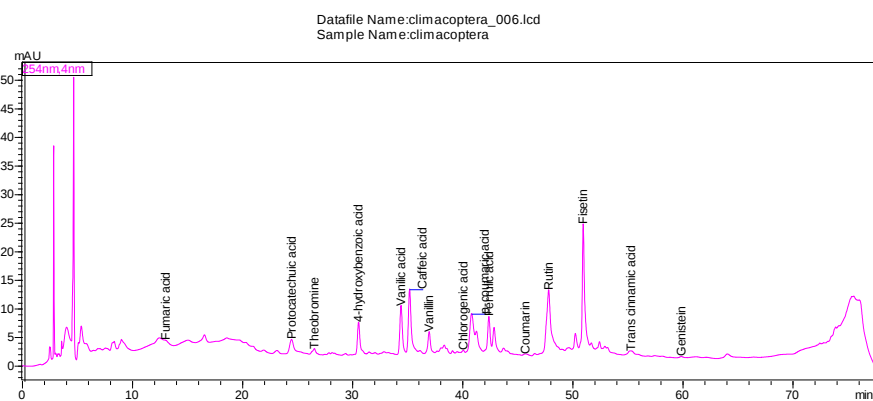


Figure 1 - HPLC–DAD chromatogram of *Climacoptera* at 254 nm (Inertsil ODS-3 column (4 μ m, 4 mm x 150 mm). Mobile phase 0.1% acetic acid-methanol (gradient elution). Flow rate 1mL/min. Diode array detection 254 nm.).

The antidiabetic inhibitory activity of 50% water alcohol extract was evaluated by the inhibitory activities of α -amylase and α -glucosidase, and the standard acarbose was used as the antidiabetic inhibitory activity. The data obtained is shown in table 2.

Table 2 - Antidiabetic inhibitory activity of 50% water-alcohol extract of a plant of the genus *Climacoptera brachiata*.

Sample	Antidiabetic inhibitory activity	
	inhibitory activity of α -amylaseIC ₅₀ (μ g/mL)	inhibitory activity of α -glucosidase IC ₅₀ (μ g/mL)
<i>Climacoptera</i>	92985.20 $\pm$ 0.50	172.84 $\pm$ 3.43
Acarbose ^b	36.74 $\pm$ 4.50	22.28 $\pm$ 2.03

^a The values shown here are the average $\pm$ SEM based on the results of three parallel measurements.
p<0,05.

^breference compounds.

Table 3 - Antioxidant activity of 50% water-alcohol extract of a plant of the genus *Climacoptera*, brachiata.

Sample	Antioxidant activity			
	ABTS ⁺ IC ₅₀ (µg/mL)	DPPH IC ₅₀ (µg/mL)	CUPRAC IC ₅₀ (µg/mL)	β-Carotene/linoleic acid assay IC ₅₀ (µg/mL)
<i>Climacoptera</i>	65.12±6.97 (50-400 µg/mL)	474.46±0.65 (50-400 µg/mL)	226.35±0.09 (50-400 µg/mL)	184.87±0.23 (25-200 µg/mL)
BHA ^b	1.50 ± 0.14	4.36 ± 0.31	4.94 ± 0.08	2.48 ± 0.64
α-TOC ^b				2.21±0.77

^a The values shown here are the average ± SEM based on the results of three parallel measurements. p<0,05.

^breference compounds.

The table shows the results of antioxidant activity by ABTS methods for removing cation radicals and DPPH free radicals, as well as methods for reducing the antioxidant capacity of copper (CUPRAC) and discoloration with beta-carotene/linoleic acid. BHA (butylhydroxyanisole) was used as an antioxidant standard for activity comparison, and alpha-tocopherol was also used to determine the activity of beta-carotene/linoleic acid discoloration.

4. Conclusions

For the first time, the RP-HPLC-DAD method in this study demonstrated the content of 4 phenolic compounds from *Climacoptera brachiata* plants, which can be useful as a chemical marker for quality control of plant raw materials. A practical, fast and accurate RP-HPLC-DAD method has been developed for simultaneous analysis of natural compounds in one injection. The total analysis time was 57 minutes. A wavelength of 254 nm was used to determine the compounds with high accuracy.

Some of the natural products studied are potential medicinal products because they have sufficient antidiabetic inhibitory activity (α-amylase inhibitory activity 92985.20±0.50 and IC₅₀ (µg/mL) alpha-glucosidase inhibitory activity IC₅₀ (µg/mL) 172.84±3.43)

Acknowledgements: The work was carried out with the financial support of the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (grant no. AP19680131, “Optimization of the method of obtaining an active complex and the development of new medicines from plants of the family of maize and legumes”).

Conflict of Interest: The authors declare that there is no conflict of interest requiring disclosure in this article

CLIMACOPTERA BRACHIATA ТЕКТІ ӨСІМДІКТЕРІНІҢ ФЕНОЛДЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРЫ МЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІН ТАЛДАУ

А.К. Кипчакбаева^{1*}, Т. Бердеш¹, Н. Ныган¹, Қ.Б. Бауыржанов¹, Б.К. Ескалиева¹, Г.Ш. Бурашиева¹, Мехмет Озтюрк²

¹Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

²Мугла Ситки Кочман университеті, Мугла, Түркия

*E-mail: aliya_k85@mail.ru

Түйіндемe: Climacoptera brachiata - қалалық ландшафттарда пайдалану үшін үлкен әлеуеті бар галофиттердің бір жылдық түрі. Сығындылары дәстүрлі медицинада көптеген жылдар бойы қолданылады, қасиеттеріне сүйене отырып тұмауға қарсы, бактерияға қарсы белсенділік, олар әртүрлі биологиялық белсенді қосылыстардан туындайды. Жапырақтарда тритерпеноидтар, ал гүлдерде фенолдық қосылыс болатыны белгілі. Авторлар қсыныстары бойынша сығындылардың талдау схемасын әзірледі. Сонымен қатар, сығындылардың биоскринингі және жоғары тиімді сұйық хроматография әдісімен анықтау жүргізілді. Фенолдық қосылыстарды бір мезгілде талдау үшін диодты матрицалық детекормен (DAD) біріктірілген жоғары тиімді кері фазалы сұйық хроматографияны (RP-HPLC) пайдалана отырып, табиғи қосылыстарды анықтаудың жылдам және сезімтал әдісі әзірленді. 0,1% сірке қышқылы мен метанолдың градиентті элюция жүйелері сызықтық түрде қолданылды, талдау уақыты 57 минутты құрады. Әдіс сызықтық, салыстырмалы қателік, қайталану, LOD мәндерімен расталды. Қосылыстарды анықтау 254 нм - де жүргізілді. RP-HPLC көмегімен фенолдық қосылыстарды жылдам анықтаудың әзірленген әдісі табиғи және коммерциялық өнімдерде фенолдық қосылыстардың болуын анықтау үшін қолданылады.

Түйін сөздер: фенолдық қосылыстар, тотығуға үрдісіне қарсы белсенділік, диабетке қарсы ингибиторлық белсенділік, HPLC.

<i>Кипчакбаева Алия Қуанышқызы</i>	<i>PhD, доктор</i>
<i>Бердеш Талишын Бақдаулетқызы</i>	<i>PhD, докторант</i>
<i>Ныган Нұрсат</i>	<i>Магистрант</i>
<i>Бауыржанов Қайыржан</i>	<i>PhD, докторант</i>
<i>Бурашиева Гаухар Шахманқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Есқалиева Балакқыз Қымызғалиқызы</i>	<i>Химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Мехмет Озтюрк</i>	<i>PhD, профессор</i>

АНАЛИЗ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ РОДА CLIMACOPTERA BRACHIATA

А.К. Кипчакбаева^{1*}, Т. Бердеш¹, Н. Ныган¹, Қ.Б. Бауыржанов¹, Б.К. Ескалиева¹, Г.Ш. Бурашиева¹, Мехмет Озтюрк²

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

²Университет Мугла Ситки Кочман, Мугла, Турция

*E-mail: aliya_k85@mail.ru

Резюме: *Climacoptera brachiata* (*К. супротивнолистная*) - однолетний вид галофитов, обладающий большим потенциалом для использования в городских ландшафтах. Экстракты *Climacoptera brachiata* используются в традиционной медицине в течение многих лет, благодаря их противогрипковой, антибактериальной активности, которые обусловлены разными биологически активными соединениями. Известно, что в листьях содержатся тритерпеноиды, а в цветках фенольные соединения. Авторами предложена схема анализа водно-спиртовых экстрактов. Кроме того, проведен биоскрининг экстрактов и определение методом высокоэффективной жидкостной хроматографии. Для одновременного анализа фенольных соединений разработан быстрый и чувствительный метод определения природных соединений с использованием высокоэффективной жидкостной хроматографии с обратной фазой (RP-ВЭЖХ) в сочетании с диодным матричным детектором (DAD). Линейно использованы системы градиентного элюирования 0,1% уксусной кислоты и метанола, время анализа составило 57 минут. Метод был подтвержден линейностью, относительной погрешностью, во воспроизводимостью, значениями LOD. Обнаружение соединений проведены при 254 нм. Разработанный метод быстрого определения фенольных соединений с помощью RP-ВЭЖХ использован, для определения наличия фенольных соединений в природных и коммерческих продуктах.

Ключевые слова: фенольные соединения, антиоксидантная активность, антидиабетическая активность, ингибирующая активность, ВЭЖХ.

<i>Кипчакбаева Алия Қуанышовна</i>	PhD, доктор
<i>Бердеш Талшын Бақдаулетқызы</i>	PhD, докторант
<i>Ныган Нурсат</i>	Магистрант
<i>Бауыржанов Кайыржан</i>	PhD, докторант
<i>Бурашева Гаухар Шахмановна</i>	Доктор химических наук, профессор
<i>Ескалиева Балаккыз Кымызгалиевна</i>	Кандидат химических наук
<i>Мехмет Озтюрк</i>	PhD, профессор

References

1. Amani S. Awaad, D.J. Maitland, Abd El Raheim M. Donia, Saleh I. Alqasoumi, and Gamal A. Soliman. Novel flavonoids with antioxidant activity from a *Chenopodiaceae* plant *Pharmaceutical Biology. Bio and Med.*, **2012**, 50(1), 99–104. DOI: 10.3109/13880209.2011.591806
2. Arthan D., Svasti J., Kittakoop P., Pittayakhachonwut D., Tanticharoen M., Thebtaranonth Y. Antiviral isoflavonoid sulfate and steroidal glycosides from the fruits of *Solanum torvum*. *Phytochem.* **2002**, 59, 4, 459-463. DOI: 10.1016/s0031-9422(01)00417-4
3. Запрометов М.Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях. **1993**, 272.
4. Tokul-Ölmez Ö., Şahin B., Çakır C., Öztürk M. Rapid and easy method for simultaneous measurement of widespread 27 compounds in natural products and foods. *Int. J. of Chem. Met.*, **2020**, 14(1), 1-11. DOI: 10.25135/jcm.38.20.03.1589
5. Marco G. J. A rapid method for evaluation of antioxidants. *Int. J. of the Amer. Oil Chem. Soc.*, **1968**, 45(9), 594-598. DOI: 10.1007/BF02668958
6. Blois M. S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, **1958**, 181(4617), 1199-1200.
7. Re R., Pellegrini, N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Int. J. Free rad. Bio. and med.*, **1999**, 26(9-10), 1231-1237. DOI: 10.1016/s0891-5849(98)00315-3

8. Apak R., Güçlü K., Özyürek M., Karademir, S. E. Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method. *Int. J. of agr. and food chem.*, **2004**, 52(26), 7970-7981. DOI: 10.1021/jf048741x
9. Öztürk M., Aydoğmuş-Öztürk F., Duru M. E., & Topçu G. Antioxidant activity of stem and root extracts of Rhubarb (*Rheum ribes*). *Int. J. An edible med. plant. Food chem.*, **2007**, 103(2), 623-630. DOI: 10.1016/j.foodchem.2006.09.005
10. Kim J.S., Kwon Y.S., Chun W.J., Kim T.Y., Sun J., Yu C.Y., Kim M.J. Rhus verniciflua Stokes flavonoid extracts have anti-oxidant, anti-microbial and α -glucosidase inhibitory effect. *Food Chemistry*, **2010**, 120, 539–543. DOI:10.1016/j.foodchem.2009.10.051
11. Quan N.V., Xuan T.D., Tran H.D., Ahmad A., Khanh T.D., Dat T.D. Contribution of momilactones A and B to diabetes inhibitory potential of rice bran: Evidence from in vitro assays. *Saudi Pharm. J.* **2019**, 27, 643–649. DOI: 10.1016/j.jsps.2019.03.006

STUDY OF THE POSSIBILITY OF THE FORMATION OF COLLOIDAL SELENIUM SOLUTION

M.K. Zhubanys ^{1*}, A.B. Bayeshov ²

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

²D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: madina.jubans@mail.ru

Abstract. *Introduction.* The antioxidant properties of selenium were discovered in the 1960s, leading to its recognition as an essential microelement for the human and animal body. Its primary function is to protect the body from oxidative stress. Research has shown that selenium nanoparticles possess high biological activity and low toxicity, making them suitable for applications in medicine and other fields. *Methods.* To obtain colloidal selenium solutions, sodium selenite, trivalent titanium sulfate, and gelatin were used. Bidistilled water served as the dispersion medium. Experiments were conducted at room temperature. The particle size distribution of the obtained colloidal solution was determined using the dynamic light scattering (DLS) method. Microphotographs were obtained using a scanning electron microscope. *Results and Discussion.* The results demonstrated that the reaction between sodium selenite and trivalent titanium sulfate led to the formation of amorphous selenium particles. It was found that adding gelatin significantly enhanced the stability of the colloidal solution. The average size of the particles ranged from 50 to 79 nm. The addition of gelatin increased the stability of the solution from 2 hours to over 240 hours. The findings revealed that the particles in the obtained colloidal solution were uniformly distributed, and the solution exhibited high stability. The proposed method is environmentally safe, simple, and does not require complex equipment. This method has significant potential for developing medical preparations, treating wounds, and creating solutions with antibacterial properties. *Conclusion.* The study confirmed the efficiency and prospects of the technology for producing colloidal selenium solutions. The novelty of this research is protected by a patent of the Republic of Kazakhstan.

Key words: Colloidal selenium, Dispersed particles, Titanium (III) ions, Gelatin solution, Selenite ions.

Zhubanys Madina	PhD-doctoral student; E-mail: madina.jubans@mail.ru
------------------------	--

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

КОЛЛОИДТЫ СЕЛЕН ЕРІТІНДІСІНІҢ ТҮЗІЛУ МҮМКІНШІЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

М.Қ. Жұбанис^{1*}, А.Б. Баешов²

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

²«Д.В. Сокольский атындағы Жанармай катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

*E-mail: madina.jubans@mail.ru

Citation: Zhubanys M.K., Bayeshov A.B. Study of the possibility of the formation of colloidal selenium solution. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 119-128. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.12>

Түйіндемe. *Kіріспе.* Селеннің антиоксиданттық қасиеттері XX ғасырдың 60-жылдарында анықталып, оны адам мен жануар ағзалары үшін маңызды микроэлемент ретінде тануға негіз болды. Оның негізгі қызметі – ағзаны оксидантты стрестен қорғау. Зерттеу барысында селеннің нанобөлшектері жоғары биологиялық белсенділікке ие екендігі және уыттылығының төмендігі анықталды, бұл оны медицина және басқа да салаларда қолдануға мүмкіндік береді. *Әдістер.* Селеннің коллоидты ерітіндісін алу үшін натрий селениті, үш валентті титан сульфаты және желатин қолданылды. Дисперсиялық орта ретінде бидистилденген су пайдаланылды. Тәжірибелер бөлме температурасында жүргізілді. Алынған коллоидты ерітіндінің бөлшектерінің таралуы динамикалық жарық шашырауы әдісі арқылы анықталды. Микрофотографиялар сканерлеуші электрондық микроскоп көмегімен жасалды. *Нәтижелер мен талқылаулар.* Зерттеу нәтижелері көрсеткендей, натрий селениті мен үш валентті титан сульфаты арасындағы реакция нәтижесінде аморфты селен бөлшектері түзілді. Желатин қосу коллоидты ерітіндінің тұрақтылығын едәуір арттыратыны анықталды. Олардың орташа өлшемі 50-79 нм аралығында болды. Желатиннің қосылуы ерітіндінің тұрақтылығын 2 сағаттан 240 сағатқа дейін арттырды. Зерттеу нәтижелері алынған коллоидты ерітіндінің бөлшектері біркелкі таралғанын және оның тұрақтылық қасиеттерінің жоғары екенін көрсетті. Ұсынылған әдіс экологиялық тұрғыда қауіпсіз, қарапайым және күрделі жабдықтарды қажет етпейді. Бұл әдіс медициналық препараттар жасауда, жараларды емдеу және антибактериалды қасиеттері бар шешімдер әзірлеуде үлкен әлеуетке ие. *Тұжырым.* Зерттеу нәтижелері селен коллоидты ерітіндісін алу технологиясының тиімділігі мен перспективаларын көрсетеді. Бұл зерттеудің жаңалығы Қазақстан Республикасының патентімен қорғалды.

Түйін сөздер: коллоидты селен, дисперсті бөлшектер, титан (III) иондары, желатин ерітіндісі, селенит иондары.

<i>Жұбаныс Мадина Қанжігітқызы</i>	<i>докторант</i>
<i>Баешов Абдуали</i>	<i>химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі</i>

1. Кіріспе

XX ғасырдың 60-жылдарының басында селеннің антиоксиданттық қасиеттері анықталғаннан кейін, оны адам мен жануарлардың өмірі үшін қажетті маңызды микроэлемент ретінде қарастыра бастады. Микроэлементтің негізгі қызметі – ағзаны оксидантты стрестен қорғау. Адамның физиологиялық қажеттіліктерін қамтамасыз ету үшін элементтік селенді наномөлшерлі коллоидты ерітінді түрінде пайдалану перспективалы болып табылады [1]. Зат наномөлшемді және коллоидты күйге өткен кезде оның кейбір негізгі қасиеттері, соның ішінде биологиялық қасиеттері өзгереді.

Коллоидты ерітінділердегі дисперсті бөлшектердің мөлшері 10^{-7} - 10^{-5} см. Оларға тән қасиеттер – мөлдір, сүзгі қағаздан оңай өтеді. Дисперсті бөлшектер өз ортасында біркелкі таралады. Термодинамика тұрғысынан тұрақсыз. Уақыт өткен сайын ескіреді, яғни дисперсті фаза бөлшектері өзара бірігіп іріленеді, ауырлық күшінің әсерінен біртіндеп тұнбаға түседі. Бұл құбылысты болдырмау үшін әртүрлі стабилизаторлар қолданылады.

Әртүрлі элементтердің коллоидты ерітіндісін алу жолдары көп, солардың бірі тотықсыздандыру әдісі. Мысалы, мыс немесе селен иондарын катодта немесе мырышпен цементация арқылы тотықсыздандырғанда бұл элементтердің коллоидты ерітінділері түзілмей, ірі кристалдары түзіліп кетеді. Біздің алдын ала жүргізген зерттеулеріміз, жоғарыда көрсетілген

элементтердің иондарын үш валентті титан иондарымен арнайы жағдайда тотықсыздандырғанда, олардың коллоидты ерітінділер түзетіндігі алғаш рет көрсетілді [2].

АҚШ ғалымдары құрамында күміс нанобөлшектері бар коллоидты ерітінділерді әртүрлі жарақаттарды, күйікті, тропикалық жараны, экземаны және басқа да тері ауруларын емдеуде кеңінен қолдануға болатындығын көрсеткен [3]. Құрамында мыс нанобөлшектері бар коллоидты ерітінділердің де антибактериалды қасиеті бар екендігі көптен белгілі [4].

Кәдімгі ересек адамға диеталық қосымша ретінде күнделікті 40-300 мг/л селен қажет екен. Бұл элементтің аз мөлшерде адам организмінде болуы жануарлар мен адам ағзаларының дұрыс жұмыс істеуін қамтамасыз етеді [5]. Сонымен қатар, селен нанобөлшектерінің уыттылығы төмен және көптеген белгілі дәрілерде жоғары биологиялық белсенділікке ие болуы мүмкін екендігі анықталды [6-8]. Коллоидты селен патогендік бактерияларға қарсы тамаша функционалдылық қасиеттерін көрсетті. Сондай-ақ, селеннің коллоидты ерітінділері медицина, тотығу-тотықсыздану реакциялары, катализ, фотографиялық экспозиция өлшегіштері, жартылай өткізгіш түзеткіштер және басқа салаларда кеңінен қолданылатыны белгілі [9,10].

Селеннің коллоидты ерітіндісі лазерлік абляция әдісімен алынатыны белгілі [11]. Белгілі әдістің мәні келесідей: элементтік селен сәулеленудің толқын ұзындығы 1064 нм лазер сәулесімен шашырайды, импульс энергиясы 2.50 Дж, әр импульстің ұзақтығы 12 нс және импульстің жиілігі 1 Гц. Бүріккіш орта ретінде бидистилденген су пайдаланылды. Сонымен қатар, селеннің коллоидты ерітінділерінде орташа мөлшері бар бөлшектердің үш тобының болуы анықталды: 15 нм, 100 нм-ден жоғары және ондаған микрон. Осылайша, сулы ортада селеннің лазерлік абляциясы нәтижесінде концентрациясы 10 мг/л дейін селеннің коллоидты ерітіндісін алуға болатындығы көрсетілген.

Бұл әдістің негізгі кемшілігі-лазерлік қондырғының қымбаттығы және процестің күрделілігі, өйткені лазерлік өңдеу берілген параметрлерде жүргізілуі керек, атап айтқанда: лазердің сәулеленуінің белгілі бір толқын ұзындығы, импульс энергиясының мөлшері және оның белгілі бір ұзақтығы. Балама ретінде ультрадыбыстық және механикалық дисперсиялау әдістері қарастырылуы мүмкін [12-14]. Соңғы жылдары ультрадыбыстық ұсақтау процесі зертханалық тәжірибеде 100 нм-ден кіші бөлшектерден тұратын металл нанопорошоктарын алу үшін қолданылуда. Зерттеудің мақсаты селеннің коллоидты ерітінділерін қарапайым әдіс арқылы алуға болатындығын көрсету.

2. Тәжірибелік бөлім

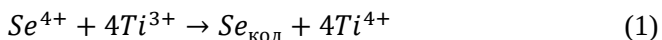
Селеннің коллоидты ерітіндісін алу үшін селенит иондары бар сулы ерітіндісі, үш валентті титан сульфаты және желатин қолданылды. Дисперсиялық орта ретінде бидистилденген су қолданылды. Зерттеу

жұмыстары сыйымдылығы 100 мл химиялық стаканда жүргізілді. Сулы ерітіндідегі селен концентрациясы **индуктивті байланысқан плазмамен атомдық-эмиссиялық спектроскопия** әдісі арқылы анықталды. Бөлшектердің өлшемдері бойынша таралуы динамикалық жарық шашырауы (ДЖШ) әдісі арқылы Zetasizer Nano ZS (Malvern, Ұлыбритания) құрылғысының көмегімен әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің зертханасында бағаланды. Коллоидты жүйелердегі дисперстік фазаның бөлшектері жылулық қозғалыс нәтижесінде хаотикалық қозғалыстар жасайды, секундына шамамен 10^1 рет бағытты өзгертеді. Сондықтан, ДЖШ құрылғысында бірнеше рет қатарынан өлшеу жүргізілді.

Коллоидты селен ерітіндісін шыны пластинканың бетіне тамызып, сосын оны кептіріп, содан соң оның микрофотографиясы (JSM-6610 LV) түсірілді.

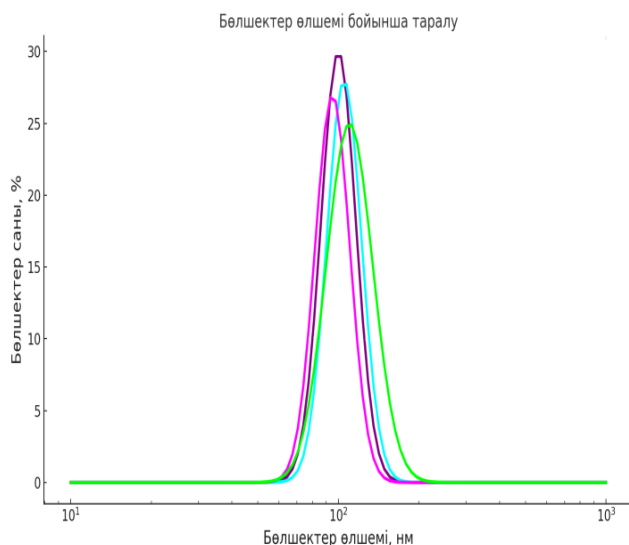
3. Зерттеу нәтижелері мен талқылануы

Тәжірибе бөлме температурасында натрий селенитінің сулы ерітіндісіне титанның үш валентті сульфатын эквивалентті мөлшерін қосу арқылы жүзеге асырылады. Ұсынылып отырған әдістің мәні келесіде: натрий селенитінің ерітіндісіне үш валентті титан сульфатының ерітіндісі біртіндеп қосылып отырады. Белгілі бір жағдайларда, яғни селенит-иондары мен титан (III) иондарының эквиваленттік қатынасы кезінде, 5-7 минут ішінде ерітінді түсі ашық қызылт түске айналады. Бұл кезде келесі реакция жүреді:



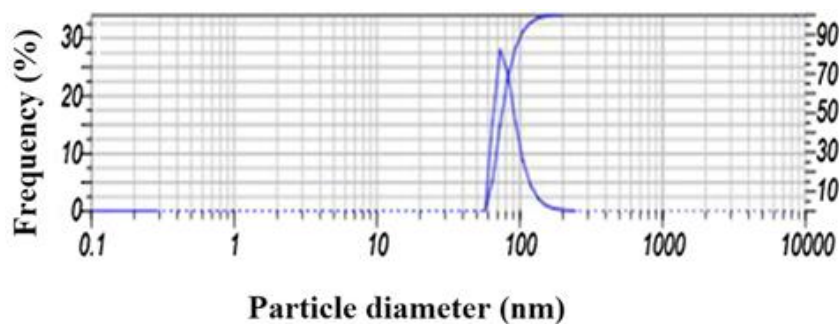
Ашық қызыл түс - элементті аморфты селеннің коллоидты ерітіндісінің пайда болуымен түсіндіріледі. Коллоидты селен ерітіндісінің тұрақтылығы тәжірибе жағдайларына байланысты 2-3 сағаттан аспайды. Селеннің (IV) бастапқы құрамына, сондай-ақ желатин концентрациясына байланысты коллоидты ерітіндінің тұрақтылық уақыты 240 сағаттан асатындығын зерттеу нәтижелері көрсетті.

Алынған селеннің коллоидты ерітіндісіндегі бөлшектердің өлшемдері бойынша таралуы 1-суретте көрсетілген. Бөлшектердің таралуында бір негізгі пик байқалады, ол орташа өлшемдегі бөлшектерден тұрады. Сигнал қарқындылығын ескере отырып, таралудағы пик орташа өлшемі шамамен 200 нм болатын бөлшектерге сәйкес келеді. Алайда, бөлшектердің санына қарай таралу кезінде орташа өлшем кіші мәндер жағына қарай ығысады. Бұл нәтиже алынған коллоидты ерітіндінің бөлшектері өлшемдерінің біркелкілігін көрсетеді және дисперсия процесінің тиімділігін айқындайды.



Сурет 1 - Селеннің коллоидты ерітіндісіндегі бөлшектердің өлшемдер бойынша таралуы

Динамикалық жарық шашырау техникасы [15] арқылы селеннің орташа өлшемі 50-ден 79 нм-ге дейін анықталды (сурет 2). 2-суретте тұрақтандырылған селен нанобөлшектерінің таралуы көрсетілген.

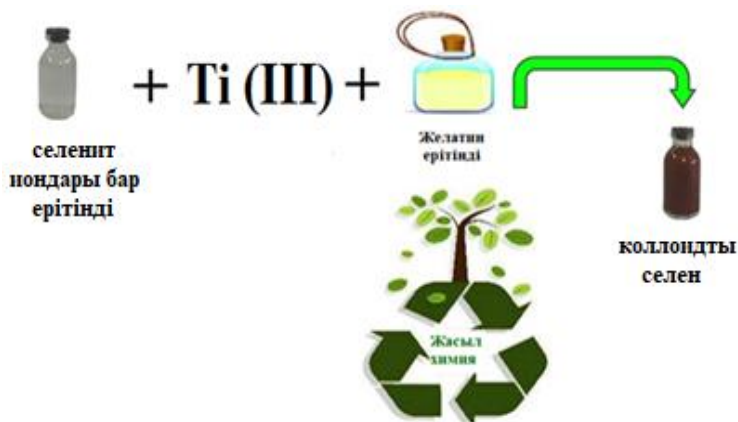


Сурет 2 - Желатин ерітіндісі қатысындағы селен агрегаттарының дифференциалды таралу кысықтары

Тәжірибелер бөлме температурасында 100 мл шыны стаканда жүргізілді. Әрбір тәжірибе 2-3 реттен қайталанды.

Мысал 1. 0.1 г/л концентрациясы бар селенит иондарының сулы сульфат ерітіндісіне үш валентті титан сульфатының эквивалентті мөлшері қосылады. 5-7 минуттан кейін ашық қызыл түсті селеннің коллоидты ерітіндісі пайда болады. Екі сағаттан кейін стаканның түбіне ультра дисперсті селен ұнтағының баяу тұнуы басталады, яғни коллоидты ерітіндінің тұрақтылығы бұзылады.

Мысал 2. 1-мысалға ұқсас, бірақ 5-7 минуттан кейін концентрациясы 0.1 г/л желатин ерітіндісі қосылады. бұл жағдайда селен ұнтағының коллоидтық ерітіндісінің тұрақтылығы 24 сағатқа дейін сақталады, содан кейін стаканның түбіне ультра дисперсті селен ұнтағының біртіндеп тұнуы байқалады. 3 – суретте колоидты селенді алудың үлгілік сызбасы көрсетілген.



Сурет 3 – Коллоидты селен алу сызбасы

Мысал 3. Құрамында 0.05 г/л концентрациясы бар селенит иондары бар ерітіндіге үш валентті титан сульфатының баламалы мөлшері қосылады, содан кейін 0.05 г/л концентрациясы бар желатин ерітіндісі қосылады. Коллоидты ерітіндінің тұрақтылығы 24 сағат.

Мысал 4. 0.01 г/л концентрациясы бар селенит иондарының сулы ерітіндісіне үш валентті титан сульфатының баламалы мөлшері қосылады. 5-7 минуттан кейін бұл ерітіндіге 0.02 г/л концентрациясы бар желатин ерітіндісі қосылады. Бұл жағдайда коллоидты ерітіндінің тұрақтылығы 240 сағат бойы сақталады (кесте 1).

Кесте 1 – Коллоидты селен ерітіндісінің тұрақтылығына селен (IV) иондарының және желатин концентрациясының әсері

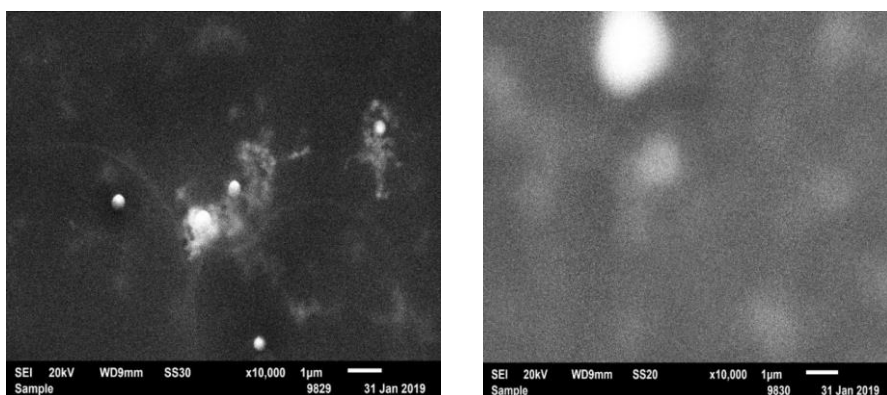
№	Se (IV) г/л	Ti (III) г/л	желатин г/л	τ, сағат
1	0.1	0.1	-	2
2	0.1	0.1	0.1	24
3	0.05	0.1	0.05	24
4	0.01	0.1	0.02	240

Коллоидты селен бөлшектерінің микрофотографиясы 4 - суретте көрсетілген. Ерітіндідегі коллоидты бөлшектердің микро суретін түсіру өте қиын себебі олардың мөлшері 10^{-7} - 10^{-5} шамасында болады. Сонда да болса, алынған коллоидты селен ерітіндісіндегі коллоидты бөлшектердің

микрофотографиясын түсіруге талаптандық. Коллоидты селен ерітіндісін жұқа шыныны бетіне тамызып, оны кептіріп, коллоид бөлшектерінің микрофотографиясы түсірілді. 4 – суретте көрініп тұрғандай, өте майда наноразмерлі селен бөлшектерінен құралған бұлт тәріздес бейнесін байқауға болады.

Тәжірибе жүзінде қарастырылып отырған жұмыстың көптеген артықшылықтары бар екені анықталды:

- анализге кететін уақыттың қысқа болуы;
- реакция жүруіне кедергі келтіретін бөгде көптеген компоненттерді бөліп алу немесе активсіздендірудің қажеті жоқ;
- реакция өз еркімен жүреді, оны жүргізудің немесе тездетудің қажеті жоқ (температураны жоғарылатудың немесе катализаторларды қолданудың қажеті жоқ).



Сурет 4 - Коллоидты селен ерітіндісіндегі селен бөлшектерінің микрофотографиясы

Осылайша, коллоидты селен ерітіндісін алудың ұсынылған әдісінде процесс әлдеқайда арзандайды және жеңілдетіледі:

- қымбат және қол жетімді емес лазерлік қондырғыны пайдаланудың қажеті жоқ;
- процесс электр тогы болмаған кезде жүреді, осыған байланысты оны кез-келген зертханалық және далалық жағдайда жүргізуге болады;
- қажетті реагент - үш валентті титан сульфатының ерітіндісін зертханада белгілі әдіспен оңай синтездеуге болады. Бұл зерттеулердің жаңалығы Қазақстан Республикасының патентімен қорғалды [16].

4. Қорытынды

Осы зерттеудің нәтижелері селеннің коллоидты ерітіндісін алудың тиімді әдісін көрсетіп, оның тұрақтылығын арттырудың негізгі факторларын анықтады. Натрий селениті мен үш валентті титан сульфатының өзара әрекеттесуінің нәтижесінде аморфты селен бөлшектерінің түзілуі расталды.

Алынған ерітіндідегі бөлшектердің мөлшері 50-79 нм аралығында болды, ал желатиннің қосылуы олардың тұрақтылығын арттырды.

Ұсынылған әдістің басты артықшылықтары – экологиялық қауіпсіздік, қарапайымдылық және күрделі жабдықтардың қажеттілігінің болмауы. Бұл технология медициналық препараттар әзірлеу, жараларды емдеу және бактерияға қарсы шешімдер дайындау үшін үлкен перспективалар ұсынады. Сонымен қатар, селеннің антиоксиданттық және биологиялық белсенді қасиеттері оның медицина және фармацевтика салаларында кеңінен қолданылуына мүмкіндік береді.

Зерттеу нәтижелері коллоидты селен ерітінділерін қарапайым және үнемді әдістер арқылы алу мүмкіндігін көрсетті. Болашақта бұл әдісті одан әрі жетілдіру және оның биомедициналық, фармацевтикалық және өндірістік қолданылуын кеңейту бойынша қосымша зерттеулер қажет. Осылайша, әзірленген әдіс селеннің наноматериалдарын алудың жаңа перспективалық бағыты ретінде қарастырылады.

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

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА СЕЛЕНА

М.К. Жубаныс^{1}, А.Б. Басшов²*

¹Казахский Национальный педагогический Университет имени Абая, Алматы, Казахстан

²Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского, Алматы, Казахстан

*E-mail: madina.jubans@mail.ru

Резюме. Введение. Антиоксидантные свойства селена были выявлены в 60-х годах XX века, что стало основанием для признания его важным микроэлементом для организма человека и животных. Его основная функция заключается в защите организма от оксидативного стресса. В ходе исследования установлено, что наночастицы селена обладают высокой биологической активностью и низкой токсичностью, что открывает возможности для их применения в медицине и других областях. **Методы.** Для получения коллоидного раствора селена использовались селенит натрия, трёхвалентный сульфат титана и желатин. В качестве дисперсионной среды применялась бидистиллированная вода. Эксперименты проводились при комнатной температуре. Распределение частиц по размеру в полученном коллоидном растворе определялось методом динамического светорассеяния (ДСС). Микрофотографии получены с использованием сканирующего электронного микроскопа. **Результаты и обсуждение.** Результаты показали, что в результате реакции между селенитом натрия и трёхвалентным сульфатом титана образуются аморфные частицы селена. Установлено, что добавление желатина значительно увеличивает стабильность коллоидного раствора. Средний размер частиц варьировался в пределах от 50 до 79 нм. Добавление желатина увеличивало стабильность раствора с 2 часов до более чем 240 часов. Исследование показало, что частицы в полученном растворе равномерно распределены, а сам раствор обладает высокой стабильностью. Предложенный метод является экологически безопасным, простым и не требует сложного оборудования. Этот подход имеет большой потенциал для разработки медицинских препаратов, лечения ран и создания растворов с антибактериальными свойствами. **Заключение.** Исследование подтвердило эффективность и перспективность технологии получения коллоидного раствора селена. Новизна данного исследования защищена патентом Республики Казахстан.

Ключевые слова: коллоидный селен, дисперсные частицы, ионы титана (III), раствор желатина, ионы селенита.

<i>Жубаныс Мадина Канжигиткызы</i>	<i>докторант</i>
<i>Баешов Абдуали</i>	<i>доктор химических наук, профессор, академик НАН РК</i>

Әдебиеттер тізімі

1. N. Bisht, P. Phalswal, P.K. Khanna Selenium nanoparticles: a review on synthesis and biomedical applications, *Mater. Adv.*, **2022**, 3, 1415-1431. DOI: 10.1039/d1ma00639h
2. Баешов А., Баешова А.К. Современные электрохимические способы получения ультра- и нанодисперсных порошков меди. Алматы, «Қазақ университеті», **2021**, 75 с.
3. Singh M, Thakur V, Kumar V, Raj M, Gupta S, Devi N, Upadhyay SK, Macho M, Banerjee A, Ewe D, Saurav K. Silver Nanoparticles and Its Mechanistic Insight for Chronic Wound Healing: Review on Recent Progress, *Molecules*, **2022**, 27(17):5587. DOI: 10.3390/molecules27175587
4. Рахметова А.А. Изучение биологической активности наночастиц меди, различающихся по дисперсности и фазовому составу: автореф. дис. канд. биол. наук. Москва, **2011**. 25 с.
5. Uchechukwu S. Ezealigo, Blessing N. Ezealigo, Samson O. Aisida, Fabian I. Ezema, Iron oxide nanoparticles in biological systems: Antibacterial and toxicology perspective. *JCIS Open*, **2021**, 4,100027. DOI: 10.1016/j.jciso.2021.100027
6. Mikhailova E.O. Selenium Nanoparticles: Green Synthesis and Biomedical Application, *Molecules*, **2023**, 28(24), 8125. DOI: 10.3390/molecules28248125
7. Dikshit P.K., Kumar, J., Das A.K., Sadhu S., Sharma S., Singh S., Gupta P. K., Kim B.S. Green Synthesis of Metallic Nanoparticles: Applications and Limitations. *Catalysts*, **2021** 11(8), 902. DOI: 10.3390/catal11080902
8. Qazi, I. H., Angel, C., Yang, H., Zoidis, E., Pan, B., Wu, Z., Ming, Z., Zeng, C.-J., Meng, Q., Han, H., & Zhou, G. Role of Selenium and Selenoproteins in Male Reproductive Function: A Review of Past and Present Evidences. *Antioxidants*, **2019**, 8(8), 268. DOI: 10.3390/antiox8080268
9. Murphy C.J., Sau T.K., Gole A.M., Orendorff C.J, Gao J., Gou L., Hunyadi S.E., Li T. Anisotropic metal nanoparticles: Synthesis, assembly, and optical applications. *J Phys Chem B.*, **2005**, 109(29), 13857-13870. DOI: 10.1021/jp0516846.
10. Panahi-Kalamuei M., Salavati-Niasari M., and Hosseinpour-Mashkani S.M. Facile microwave synthesis, characterization, and solar cell application of selenium nanoparticles. *J. Alloys Compd.*, **2014**, 617, 627-632. DOI:10.1016/j.jallcom.2014.07.174.
11. Kochemirovskaia S.V., Lebedev D.V., Fogel A.A. et al. Properties of Selenium Colloidal Solution Obtained via Laser Ablation and a Subsequent Method for Producing Highly Dispersed CuInSe₂. *JOM.*, **2021**, 73, 646–654. DOI: 10.1007/s11837-020-04407-x
12. Bishop KJ, Wilmer CE, Soh S, Grzybowski BA. Nanoscale forces and their uses in self-assembly. *Small*, **2009**, 5(14), 1600-1630. DOI: 10.1002/sml.200900358.
13. Cabanas-Polo S., Suslick K.S., Sanchez-Herencia A.J. Effect of reaction conditions on size and morphology of ultrasonically prepared Ni(OH)₂ powders. *Ultrason. Sonochem.*, **2011**, 18(4), 901–906. DOI: 10.1016/j.ultrasonch.2010.11.017.
14. Gedanken A. Using sonochemistry for the fabrication of nanomaterials. *Ultrason Sonochem*, **2004**, 11(2), 47-55. DOI:10.1016/j.ultrasonch.2004.01.037.
15. Shi L.G., Yang R.J., Yue W.B., Xun W.J., Zhang C.X., Ren Y.S., Shi L., Lei F.L. Effect of elemental nano-selenium on semen quality, glutathione peroxidase activity, and testis ultrastructure in male Boer goats. *Anim Reprod Sci*, **2010**, 118(2-4), 248-254. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2009.10.003.
16. Патент на полезную модель РК №4267. Способ приготовления коллоидных растворов селена, Баешов А.Б., Кадирбаева А.С., Баешова А.К., Жылысбаева А.Н., Жубаныс М.К., **2019**.

References

1. N. Bisht, P. Phalswal, P.K. Khanna Selenium nanoparticles: a review on synthesis and biomedical applications, *Mater. Adv.*, **2022**, 3, 1415-1431. DOI: 10.1039/d1ma00639h
2. Baeshov A., Baeshova A.K. Sovremennyye jelektrohimicheskie sposoby poluchenija ul'tra- i nanodispersnyh poroshkov medi. Алматы, «Қазақ университети», **2021**, 75 p. (In Russ).

3. Singh M, Thakur V, Kumar V, Raj M, Gupta S, Devi N, Upadhyay SK, Macho M, Banerjee A, Ewe D, Saurav K. Silver Nanoparticles and Its Mechanistic Insight for Chronic Wound Healing: Review on Recent Progress, *Molecules*, **2022**, 27(17):5587. DOI:10.3390/molecules27175587
4. Rahmetova A.A. Izuchenie biologicheskoy aktivnosti nanochasticheskoy medi, razlichajushchih po dispersnosti i fazovomu sostavu: avtoref. dis. ... kand. biol. nauk. [Study of the biological activity of copper nanoparticles differing in their dispersion and phase composition] Moskva, **2011**. 25 p. (In Russ).
5. Uchechukwu S. Ezealigo, Blessing N. Ezealigo, Samson O. Aisida, Fabian I. Ezema, Iron oxide nanoparticles in biological systems: Antibacterial and toxicology perspective. *JCIS Open*, **2021**, 4,100027. DOI: 10.1016/j.jciso.2021.100027
6. Mikhailova E.O. Selenium Nanoparticles: Green Synthesis and Biomedical Application, *Molecules*, **2023**, 28(24), 8125. DOI: 10.3390/molecules28248125
7. Dikshit P.K., Kumar J., Das A.K., Sadhu S., Sharma S., Singh S., Gupta P. K., Kim B.S. Green Synthesis of Metallic Nanoparticles: Applications and Limitations. *Catalysts*, **2021** 11(8), 902. DOI: 10.3390/catal11080902
8. Qazi, I. H., Angel, C., Yang, H., Zoidis, E., Pan, B., Wu, Z., Ming, Z., Zeng, C.-J., Meng, Q., Han, H., & Zhou, G. (Role of Selenium and Selenoproteins in Male Reproductive Function: A Review of Past and Present Evidences. *Antioxidants*, **2019**, 8(8), 268. DOI: 10.3390/antiox8080268
9. Murphy C.J., Sau T.K., Gole A.M., Orendorff C.J, Gao J., Gou L., Hunyadi S.E., Li T. Anisotropic metal nanoparticles: Synthesis, assembly, and optical applications. *J Phys Chem B*, **2005**, 109(29), 13857–13870. DOI:10.1021/jp0516846.
10. Panahi-Kalamuei M., Salavati-Niasari M., and Hosseinpour-Mashkani S.M. Facile microwave synthesis, characterization, and solar cell application of selenium nanoparticles. *J. Alloys Compd.*, **2014**, 617, 627–632. DOI:10.1016/j.jallcom.2014.07.174.
11. Kochemirovskaja S.V., Lebedev D.V., Fogel A.A. et al. Properties of Selenium Colloidal Solution Obtained via Laser Ablation and a Subsequent Method for Producing Highly Dispersed CuInSe₂. *JOM*, **2021**, 73, 646–654. DOI:10.1007/s11837-020-04407-x
12. Bishop KJ, Wilmer CE, Soh S, Grzybowski BA. Nanoscale forces and their uses in self-assembly. *Small*, **2009**, 5(14), 1600–1630. DOI: 10.1002/smll.200900358.
13. Cabanas-Polo S., Suslick K.S., Sanchez-Herencia A.J. Effect of reaction conditions on size and morphology of ultrasonically prepared Ni(OH)₂ powders. *Ultrason. Sonochem.*, **2011**, 18(4), 901–906. DOI: 10.1016/j.ultrsonch.2010.11.017.
14. Gedanken A. Using sonochemistry for the fabrication of nanomaterials. *Ultrason Sonochem*, **2004**, 11(2), 47–55. DOI: 10.1016/j.ultrsonch.2004.01.037
15. Shi L.G., Yang R.J., Yue W.B., Xun W.J., Zhang C.X., Ren Y.S., Shi L., Lei F.L. Effect of elemental nano-selenium on semen quality, glutathione peroxidase activity, and testis ultrastructure in male Boer goats. *Anim Reprod Sci*, **2010**, 118(2–4), 248–254. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2009.10.003.
16. Patent RK №4267. Sposob prigotovlenija kolloidnyh rastvorov selena [Method of preparation of colloidal selenium solutions], Baeshov A.B., Kadirbaeva A.S., Baeshova A.K., Zhylyysbaeva A.N., Zhubanys M.K., **2019**. (In Kazakh).

SEARCH FOR EFFECTIVE DRUGS AGAINST PATHOGENIC FLORA IN THE SERIES OF O-*para*-TOLUOYL- β -(MORPHOLIN-1-YL) PROPIOMIDOXIME AND 5-ARYL-3- β -(PIPERIDINE-1-YL)ETHYL-1,2,4-OXADIAZOLES DERIVATIVES

L.A. Kayukova^{1*}, R.B. Seydakhmetova², A.M. Duisenali¹, A. Yerlanuly¹, A.B. Sartoyeva¹

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

²Karaganda Medical University, Karaganda, Kazakhstan

*E-mail: lkayukova@mail.ru

Abstract. *Introduction.* In the context of the growing resistance of pathogenic microorganisms to traditional antibiotics, as well as the increase in the number of fungal infections, it is important to find new effective agents to combat these threats. *Objectives and tasks.* The work is devoted to the study of antimicrobial and antifungal activity of β -aminopropioamidoxime derivatives. *Methods.* In the chemical part of the work, two groups of compounds were obtained: O-*para*-toluoyl- β -(morpholin-1-yl)propioamidoxime base, hydrochloride, oxalate, citrate and 5-aryl-3- β -(piperidin-1-yl)ethyl-1,2,4-oxadiazoles (aryl: *para*-MeC₆H₄, *para*-BrC₆H₄, *meta*-ClC₆H₄), described earlier. Using *in vitro* microbiological screening, β -aminopropioamidoxime derivatives were tested for antimicrobial (on gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* and on gram-negative bacteria *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*), as well as for antifungal activity against the yeast strain *Candida albicans* and mold fungi *Penicillium citrinum*, *Aspergillus niger*, *Torulla spp.* *Results.* The β -aminopropioamidoxime derivatives studied by the agar diffusion (well) method and the serial dilution method have pronounced antimicrobial activity. Using serial dilution method it was determined that O-*para*-toluoyl- β -(morpholin-1-yl)propioamidoxime oxalate, with lower toxicity than the reference drugs gentamicin and nystatin (LD₅₀, mg/kg), exhibits equal antimicrobial activity against *Staphylococcus aureus* and antifungal activity against *Candida albicans*. *Conclusion.* Antimicrobial and antifungal properties were found in β -aminopropioamidoxime derivatives. O-*para*-toluoyl- β -(morpholin-1-yl)propioamidoxime oxalate was determined as a promising compound for the use in medicine and agriculture.

Key words: O-*para*-toluoyl- β -(morpholin-1-yl)propioamidoxime base and salts, 5-aryl-3- β -(piperidin-1-yl)ethyl-1,2,4-oxadiazoles, antimicrobial activity, antifungal activity.

Kayukova Lyudmila Alexandrovna	Doctor of Chemical Sciences, Professor, Chief Researcher; E-mail: lkayukova@mail.ru
Seydakhmetova Roza Battalovna	Candidate of Medical Sciences, Professor; E-mail: rozabat@mail.ru
Duisenali Aidana Macsutovna	Al-Farabi Kazakh National University PhD student, Junior researcher; E-mail: duisenali-a@mail.ru
Erlanuly Azamat	Abai Kazakh National Pedagogical University master's student; E-mail: azaraze8575@mail.ru
Sartoyeva Aruzhan Bakhtiyerkuzu	Bachelor, engineer; E-mail: aruzhansartaeva01@gmail.com

Citation: Kayukova L.A., Seydakhmetova R.B., Duisenali A.M., Yerlanuly A., Sartoyeva A.B. Search for effective drugs against pathogenic flora in the series of o-*para*-toluoyl- β -(morpholin-1-yl)propiomidoxime and 5-aryl-3- β -(piperidine-1-yl)ethyl-1,2,4-oxadiazoles derivatives. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 129-139. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.13>

ПОИСК ПРЕПАРАТОВ, ЭФФЕКТИВНЫХ В ОТНОШЕНИИ ПАТОГЕННОЙ ФЛОРЫ, В РЯДАХ ПРОИЗВОДНЫХ О-*para*-ТОЛУОИЛ-β-(МОРФОЛИН-1-ИЛ) ПРОПИОАМИДОКСИМА И 5-АРИЛ-3-β-(ПИПЕРИДИН-1-ИЛ)ЭТИЛ-1,2,4-ОКСАДИАЗОЛОВ

Л.А. Каюкова^{1*}, Р.Б. Сейдахметова², А.М. Дүйсенәлі¹, А. Ерланұлы¹, А.Б. Сартоева¹

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

²НАО «Медицинский университет Караганды», Караганда, Казахстан

*E-mail: lkayukova@mail.ru

Резюме. Введение. В условиях растущей устойчивости патогенных микроорганизмов к традиционным антибиотикам, а также увеличения числа грибковых инфекций, важно находить новые эффективные агенты для борьбы с этими угрозами. Цели и задачи. Работа посвящена исследованию антимикробной и антигрибковой активности производных β-аминопропиоамидоксимов. Методы. В химической части работы получено две группы соединений: основание, гидрохлорид, оксалат, цитрат О-*para*-толуоил-β-(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима и 5-арил-3-β-(пиперидин-1-ил)этил-1,2,4-оксадиазола (арил: *para*-MeC₆H₄, *para*-BrC₆H₄, *meta*-ClC₆H₄), описанные ранее. С помощью *in vitro* микробиологического скрининга проведено тестирование производных β-аминопропиоамидоксимов на антимикробную (на грамположительных бактериях *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* и на грамотрицательных бактериях *Escherichia coli*, *Pseudomonasa aeruginosa*), а также на антигрибковую активность в отношении штамма дрожжевого грибка *Candida albicans* и плесневых грибов *Penicillium citrinum*, *Aspergillus niger*, *Torulla spp.* Результаты. Изученные методом диффузии в агар (лунок) и методом серийных разведений производные β-аминопропиоамидоксимов обладают выраженной антимикробной и умеренно-выраженной антигрибковой активностью. Методом серийных разведений определено, что оксалат О-*para*-толуоил-β-(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима, при меньшей, чем эталонные препараты гентамицин и нистатин токсичности (LD₅₀, мг/кг), проявляет равную с ними антимикробную активность на *Staphylococcus aureus* и антигрибковую активность на *Candida albicans*. Заключение. У производных β-аминопропиоамидоксимов обнаружены антимикробные и противогрибковые свойства. Оксалат О-*para*-толуоил-β-(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима определен как соединение, перспективное для применения в медицине и сельском хозяйстве.

Ключевые слова: основание и соли О-*para*-толуоил-β-(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима, 5-арил-3-β-(пиперидин-1-ил)этил-1,2,4-оксадиазола, антимикробная активность, антигрибковая активность.

Каюкова Людмила Александровна	Доктор химических наук, профессор, главный научный сотрудник
Сейдахметова Роза Батталовна	Кандидат медицинских наук, профессор
Дүйсенәлі Айдана Мақсұтқызы	PhD докторант КазНУ им. Аль Фараби, младший научный сотрудник
Ерланұлы Азамат	Магистрант Казахского Национального педагогического университета им. Абая, инженер
Сартоева Аружан Бахтиярқызы	Бакалавр, инженер

1. Введение

Неправильное использование антибиотиков в медицине и недостаточный контроль инфекций привели к появлению резистентных штаммов, которые представляют серьезную угрозу общественному здравоохранению и мировой экономике. Поиск антигрибковых препаратов для использования в сельском хозяйстве и медицине также является актуальным. Поэтому исследования и разработки нового поколения

антимикробных и антигрибковых препаратов для смягчения распространения устойчивости к антибиотикам стали императивом [1–6].

Гентамицин, относящийся к классу аминогликозидов, часто применяется как эталон в исследованиях новых антимикробных препаратов (рисунок 1).

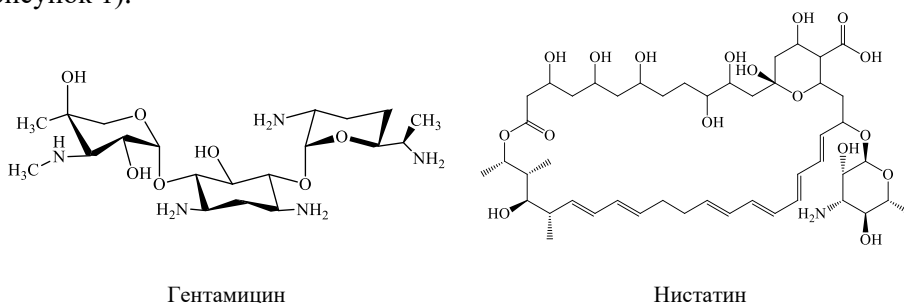


Рисунок 1 – Эталонные препараты при антимикробном и противогрибковом скрининге

Однако гентамицин может вызвать некоторые серьезные проблемы со здоровьем. Недостатками гентамицина являются невысокая активность, побочные эффекты и высокая токсичность [7]. Терапия гентамицином связана с потенциальной нейротоксичностью, ототоксичностью и нефротоксичностью [8,9]. Токсичность гентамицина (LD_{50}) составляет 450 мг/кг [10,11].

В качестве эталонного противогрибкового препарата в работе был использован нистатин — противогрибковый препарат, относящийся к полиеновым ионофорам, используемый для лечения кожных, слизистых и желудочно-кишечных грибковых инфекций, особенно вызванных грибами рода *Candida* [12] (рисунок 1). Наиболее часто сообщаемые побочные эффекты нистатина включают раздражение полости рта и сенсibilизацию [13]. Токсичность нистатина (LD_{50}) при внутривенном введении у мышей составляет ~200 мг/кг [14].

С целью поиска новых антимикробных и антигрибковых средств нами выполнен *in vitro* скрининг производных β -аминопропиоамидоксимов (**2a–d** и **3a–c**) на патогенных грамположительных и грамотрицательных микроорганизмах, и на дрожевом и трех пресневых грибах (схема).

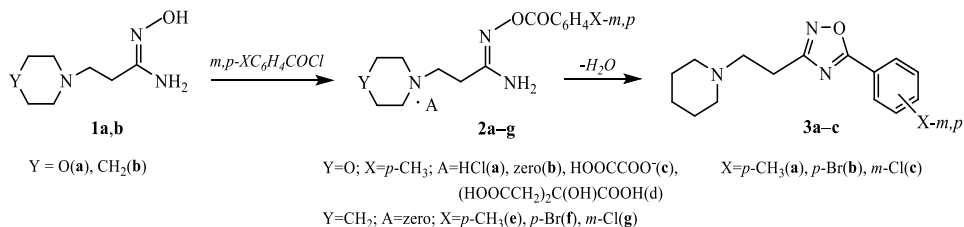


Схема – Синтез производных *O*-*para*-толуил- β -(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима (**2a–d**) и 5-арил-3- β -(пиперидин-1-ил)этил-1,2,4-оксадиазолов (**3a–c**)

2. Экспериментальная часть

2.1. Экспериментальная химическая часть

Синтез соединений **2a–d** осуществлен с умеренными и высокими выходами (62–90%) [15]; группа 1,2,4-оксадиазолов **3a–c** получена с выходами 43–80% [16]. Выходы, физико-химические характеристики и ИК и ^1H и ^{13}C ЯМР спектральные данные полученных соединений соответствуют описанным ранее. Все соединения являются водорастворимыми.

2.2. Экспериментальная биологическая часть

In vitro антимикробный и антигрибковый скрининг основания, гидрохлорида, оксалата и цитрата *O*-*para*-толуоил- β -(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима (**2a–d**) и 5-арил-3-(β -пиперидино)этил-1,2,4-оксадиазолов (**3a–c**) на референтных тест-микроорганизмах: факультативно-анаэробных грамположительных кокках *Staphylococcus aureus* ATCC 6538, аэробных грамположительных спорообразующих палочках *Bacillus subtilis* ATCC 6633, грамотрицательных палочках факультативных анаэробов *Escherichia coli* ATCC 25922, аэробных *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853, на дрожжевом грибе *Candida albicans* ATCC 10231 проделан двумя стандартными методами: методом диффузии в агар и методом серийных разведений с определением минимальной ингибирующей концентрации. Оценка антигрибковой активности β -аминопропиоамидоксимов (**2a–d** и **3a–c**) в отношении штаммов плесневых грибов *Penicillium citrinum*, *Aspergillus niger*, *Torulla spp.* выполнена методом диффузии в агар [17]. Тест-штаммы микроорганизмов, использованные в исследовании, получены из Американской коллекции типовых культур.

Испытание каждого соединения в отношении вышеуказанных тест-штаммов бактерий и грибов проводилось в 3-х параллельных экспериментах. Результаты исследования усредняли по данным трех экспериментов.

Статистическая обработка основана на методах параметрической статистики с вычислением средней арифметической и стандартной ошибки и определением достоверности различий $p < 0.05$ по сравнению с группой контроля.

3. Результаты

3.1 Химическая часть

Все соединения: производные *O*-*para*-толуоил- β -(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима (**2b–d**), за исключением соединения **2a**, и 5-арил-3-[β -(пиперидин-1-ил)этил]-1,2,4-оксадиазолы (**3a–c**), прошедшие *in vitro* антибактериальный и антигрибковый скрининг, являются водорастворимыми, что является выигрышным обстоятельством при разработке средств для медицинского и сельскохозяйственного применения.

β -(Морфолин-1-ил)пропиоамидоксим (**1a**) получен методом one-pot; первой стадией которого была реакция морфолина с акрилонитрилом в этаноле с образованием β -(морфолин-1-ил)пропионитрила с последующей реакцией с гидроксиламином в этой же реакционной среде. Амидоксим **1a** выделен с выходом 66%. Реакция β -(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима (**1a**) и *para*-толуоилхлорида в EtOAc привела к образованию гидрохлорида (**2a**) с выходом 83%. Оксалат О-*para*-толуоил- β -морфолинопропиоамидоксима (**2c**) синтезирован взаимодействием эквивалентных количеств основания О-*para*-толуоил- β -морфолинопропиоамидоксима (**2b**) и щавелевой кислоты при кипячении в ацетоне с выходом 62%. Используя этот же метод, при взаимодействии основания **2b** с лимонной кислотой образован цитрат О-*para*-толуоил- β -(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима (**2d**) с выходом 90% [15].

5-Арил-3-[β -(пиперидин-1-ил)этил]-1,2,4-оксадиазолы (**3a–c**) синтезированы дегидратацией О-ароил-(2-пиперидин-1-ил)пропиоамидоксимов **2e–g** в ДМФА при 70°C с выходами 64–77 % (Схема) [16].

3.2 Антимикробные и антигрибковые исследования библиотеки β -аминопропиоамидоксимов **2a–d** и **3a–c**

В результате *in vitro* антибактериального и антигрибкового исследования установлено, что испытанные образцы **2a–d** и **3a–c** проявляют антибактериальную активность в отношении грамположительных тест-штаммов *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, и грамотрицательной палочки *Escherichia coli*, как методом диффузии в агар(лунок), так и методом серийных разведений (рисунки 2 и 3).

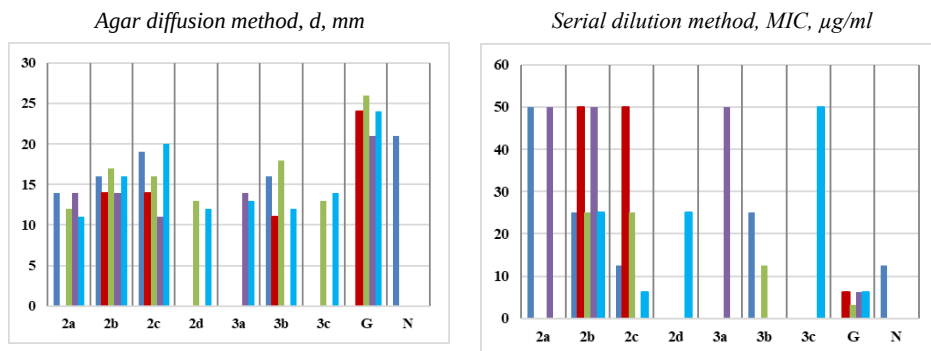
Метод диффузии в агар. Выраженную антимикробную активность среднего уровня со значением диаметра зоны задержки роста бактерий от 11 ± 0.1 мм до 20 ± 0.1 мм, не превышающую активность эталона гентамицина на *Staphylococcus Aureus* ATCC 653824 (24 ± 0.1 мм), на *Bacillus subtilis* ATCC 6633 (21 ± 0.2 мм), на *Escherichia coli* ATCC 25922 (26 ± 0.1 мм), на *Pseudomonas aeruginosa* ATCC 27853 (24 ± 0.1 мм), проявляют почти все протестированные соединения.

При изучении антигрибковой активности в отношении дрожжевого грибка *Candida albicans* выявлено, что соединения **2a–c**, **3a** имеют диаметр зоны задержки роста от 14 ± 0.1 мм до 19 ± 0.1 мм и квалифицируются как соединения с умеренно выраженной активностью. Активность эталона нистатина на дрожжевом грибке *Candida albicans* составляет 21 ± 0.2 мм.

Метод серийных разведений. Обнаружено, что при тестировании методом серийных разведений в отношении *Escherichia coli* и *Staphylococcus aureus* соединения **2b**, **2c** и **3a** имеют минимальные ингибирующие концентрации в пределах 6.3–12.5 мкг/мл. Соединение **3c** проявило слабую антибактериальную активность в отношении *Bacillus subtilis* ATCC 6633 с МИК 50 мкг/мл. Соединения **2b**, **2c** в отношении

Pseudomonas aeruginosa ATCC27853 имеют слабую антибактериальную активность с МИК в 50 мкг/мл, тогда как эталонный препарат гентамицин имеет МИК 6.3 мкг/мл.

Антигрибковую активность в отношении дрожжевого грибка *Candida albicans* ATCC 10231 проявили соединения **2a–c**, **3a** с МИК в пределах 12.5–25 мкг/мл; эталонный препарат нистатин при тестировании на этом микроорганизме имеет это значение как 12.5 мкг/мл.



Designations: ■ *Staphylococcus Aureus*; ■ *Bacillus subtilis*; ■ *Escherichia coli*;
■ *Pseudomonas aeruginosa*; ■ *Candida albicans*; G – gentamicin; N – nystatin.

Рисунок 2 – Антимикробная и антигрибковая активность соединений **2a–d** и **3a–c**, определенные методом диффузии в агар (d, мм) и методом серийных разведений (МИК, мкг/мл).

Таким образом, оба использованных для *in vitro* антимикробного и антигрибкового скрининга метода показали, что производные β -аминопропиоамидоксимов обладают выраженной антимикробной и умеренно-выраженной антигрибковой активностью. Причем метод серийных разведений позволил более определенно выявить оксалат О-пара-толуоил- β -морфолинопропиоамидоксима (**2c**), имеющий равную с гентамицином активность на штамме *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 и равную с нистатином противогрибковую активность на дрожжевом грирке *Candida albicans* ATCC 10231. При этом соединение **2c** имеет меньший в 1.7 раза, чем гентамицин и меньший в 3.75 раз, чем нистатин показатель токсичности LD₅₀ 750 мг/кг [20]. Это соединение стало предметом патента на полезную модель [21].

Метод диффузии в агар в отношении плесневых грибов. *In vitro* антигрибковый скрининг библиотеки соединений **2a–d** и **3a–c**, выполнен метод диффузии в агар в отношении плесневых грибов. *Penicillium citrinum*, *Aspergillus niger*, *Torulla spp.* Эталонный препарат нистатин в концентрации 0.01 мг/мл имеет диаметр задержки зон бактериального роста в 16±0.1, 16±0.1 и 15±0.2 мм, соответственно.

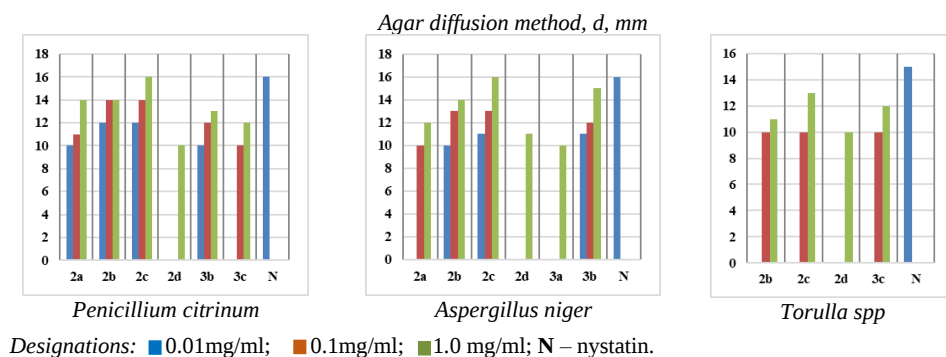


Рисунок 3 – Антигрибковая активность соединений **2a–d** и **3a–c** в отношении плесневых грибов *Penicillium citrinum*, *Aspergillus niger*, *Torulla spp.*, определенная методом диффузии в агар (d, мм).

Выявлено, что соединения **2a**, **2c** и **3a** при минимальном разведении 0.01 мг/мл проявили более выраженную бактериостатическую активность к двум первым плесневым грибкам, чем остальные соединения, что составило 10–12 мм, 11–12 мм и 10–11 мм, соответственно. При этом в отношении плесневого грибка *Torulla spp.* антигрибковую активность с диаметром задержки зон бактериального роста в 10 мм лишь при разведении 0.1 мг/мл показали **2b**, **2c** и **3a** (рисунок 3).

В данной работе *in vitro* тестирование на патогенных микроорганизмах прошли две разных структурных группы: соли и основание О-эфира β-аминопропиоамидоксима и 5-арил-3-β-аминоэтил-1,2,4-оксадиазолы. Корреляция структура-активность, как наглядно представлено на рисунке 3, при определении активности методом диффузии в агар и методом серийных разведений, при сравнении активностей О-эфиров (**2a–d**) и 1,2,4-оксадиазолов (**3a–c**), показывает, что первая группа соединений, проявляет более выраженную активность на большем числе штаммов, чем вторая группа.

Также концентрационная диаграмма на рисунке 3 в отношении плесневых грибов показывает, что группа О-эфиров (**2a–c**) в диско-диффузионном методе проявляет бактериостатическую активность при значениях диаметра подавления бактериального роста в 10–12 мм на *Penicillium citrinum* и *Aspergillus niger* при меньших концентрациях в 0.01 мг/мл, чем группа 1,2,4-оксадиазолов (**3b,c**) с диаметром подавления бактериального роста в 10–12 мм лишь при концентрациях в 0.1 мг/мл.

Отсюда можно сделать вывод, что более вероятен поиск активных антимикробных и противогрибковых препаратов в группе О-эфиров β-аминопропиоамидоксимов, чем в группе 5-арил-3-β-аминоэтил-1,2,4-оксадиазолов.

4. Заключение

Испытанные производные β -аминопропиоамидоксимов получены технологичным синтезом и являются водорастворимыми; это имеет важное значение при разработке лекарственных препаратов и средств защиты растений. *In vitro* тестирование прошли две разных структурных группы: соли и основание О-эфира β -аминопропиоамидоксима и 5-арил-3- β -аминоэтил-1,2,4-оксадиазолы.

Корреляция структура-активность показывает, что первая группа соединений проявляет более выраженную антимикробную и антигрибковую активность на большем числе штаммов, чем вторая группа, что может служить отправной точкой при выборе направления поиска новых антимикробных и антигрибковых препаратов среди производных β -аминопропиоамидоксимов. Метод стандартных разведений позволил наиболее точно определить оксалат О-*пара*-толуоил- β -(морфолин-1-ил)пропиоамидоксима, как перспективное соединение с избирательной антимикробной активностью на штамме *Staphylococcus aureus* ATCC 6538 и с противогрибковой активностью на дрожжевом грибе *Candida albicans* ATCC 10231.

Полученные результаты демонстрируют потенциал этих соединений в качестве эффективных антимикробных и антигрибковых терапевтических агентов в медицинской практике и в агрономии.

Финансирование: Работа выполнена по программе ПЦФ с ИРН BR21882220.

Конфликт интересов: Конфликт интересов между авторами отсутствует.

ПАТОГЕНИЯЛЫҚ ФЛОРАДЫ ЕМДЕУ ҮШІН ТИІМДІ ДӘРІЛЕРДІ ІЗДЕУ О-*пара*-ТОЛУОЙЛ- β -(МОРФОЛИН-1-ИЛ)ПРОПИОАМИДОКСИМ ЖӘНЕ 5-АРИЛ-3- β -(ПИПЕРИДИН-1-ИЛ)ЭТИЛ-1,2,4-ОКСАДИАЗОЛДАР ТУЫНДЫҚТАР ТІЗІМІНДЕ

Л.А. Каюкова^{1*}, Р.Б. Сейдахметова², А.М. Дүйсенәлі¹, А. Ерланұлы¹, А.Б. Сартоева¹

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

²Қарағанды медициналық университеті, Қарағанды, Қазақстан

*E-mail: lkayukova@mail.ru

Түйіндеме. *Кіріспе.* Патогендік микроорганизмдердің дәстүрлі антибиотиктерге төзімділігінің өсуімен, сондай-ақ саңырауқұлақ инфекцияларының санының өсуімен осы қауіптермен күресу үшін жаңа тиімді агенттерді табу маңызды. *Мақсаттар мен міндеттер.* Жұмыс β -аминопропиоамидоксим туындыларының микробқа қарсы және зеңге қарсы белсенділігін зерттеуге арналған. *Әдістер.* Жұмыстың химиялық бөлімінде қосылыстардың екі тобы алынды: негіз, гидрохлорид, оксалат, О-*пара*-толуоил- β -(морфолин-1-ил)пропиоамидоксим цитраты және 5-арил-3- β -(пиперидин-1-ил)этил-1,2,4-оксадиазолдар (арил: *пара*- MeC_6H_4 , *пара*- BrC_6H_4 , *мета*- ClC_6H_4), жоғарыда сипатталған. *In vitro* микробиологиялық скринингті пайдалана отырып, β -аминопропиоамидоксим туындылары микробқа қарсы белсенділікке (грам оң бактериялар *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis* және грам теріс бактериялар *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*), сондай-ақ саңырауқұлақтарға қарсы белсенділікке сыналған және зең саңырауқұлақтары *Penicillium citrinum*, *Aspergillus niger*, *Torulla spp.* Сериялық сұйылту әдісімен о-*пара*-толуоил- β -(морфолин-1-ил)пропиоамидоксимнің оксалаты гентамицин мен уытты нистатинінің (LD50, мг/кг) эталондық препараттарынан аз болса, *Staphylococcus aureus*-та олармен бірдей микробқа қарсы белсенділікті және *Candida albicans* саңырауқұлаққа қарсы белсенділікті көрсететіні анықталды. *Қорытынды.* β -аминопропиоамидоксим туындыларында микробқа қарсы

және саңырауқұлаққа қарсы қасиеттері бар. О-пара-толуойл-β-(морфолин-1-ил)пропиоамидоксимнің оксалаты медицина мен ауыл шаруашылығында қолдануға перспективалы қосылыс ретінде анықталған.

Түйін сөздер: О-пара-толуойл-β-(морфолин-1-ил)пропиоамидоксим негізі және тұздары, 5-арил-3-β-(пиперидин-1-ил)этил-1,2,4-оксадиазолдар, микробқа қарсы белсенділік, зенге қарсы белсенділігі.

Каюкова Людмила Александровна	<i>Химия ғылымдарының докторы, профессор, бас ғылыми қызметкер</i>
Сейдахметова Роза Батталовна	<i>медицина ғылымдарының кандидаты, профессор</i>
Дүйсенәлі Айдана Мақсұтқызы	<i>Әл Фараби атындағы ҚазҰУ-нің PhD докторанты. Кіші ғылыми қызметкер</i>
Ерланұлы Азамат	<i>Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университетінің магистранты, инженер</i>
Сартоева Аружан Бахтиёрқызы	<i>Бакалавр, инженер</i>

Список литературы

1. León-Buitimea A., Garza-Cárdenas C.R., Garza-Cervantes J.A., Lerma-Escalera J.A., Morones-Ramírez J.R. The Demand for New Antibiotics: Antimicrobial Peptides, Nanoparticles, and Combinatorial Therapies as Future Strategies in Antibacterial Agent Design. *Front. Microbiol.*, **2020**, *11*, 1–20. DOI: 10.3389/fmicb.2020.01669.
2. STOCKWELL V.O., DUFFY B. USE OF ANTIBIOTICS IN PLANT AGRICULTURE. *REV. SCI. TECH.*, **2012**, *1*, 199–210. DOI: 10.20506/RST.31.1.2104
3. Larkins-Ford J., Degefu Y.N., Van Nhi, Sokolov A., Aldridge B.B. Design principles to assemble drug combinations for effective tuberculosis therapy using interpretable pairwise drug response measurements. *Cell Reports Medicine*, **2022**, *3*, No.9, 100737. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2022.100737>
4. Saleh P., Abbasalizadeh S., Rezaeian S., Naghavi-Behzad M., Piri R., Pourfeizi H.H. Gentamicin-mediated ototoxicity and nephrotoxicity: A clinical trial study. *NMJ*, **2016**, *57*, No. 6, 347–352. DOI: 10.4103/0300-1652.193861.
5. Gentamicin (WHO Food Additives Series 34). First Draft prepared by Dr. G. Roberts. Commonwealth Department of Human Services and Health. Canberra, Australia. International Peer Reviewed Chemical Safety Information. <https://inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v34je06.htm>
6. Safety data sheet. According to the Hazardous Products Regulations Mometasone / Clotrimazole / Gentamicin Formulation Version 4.11 Revision Date: 09.30.2023. SDS Number: 412812-00022. Date of last issue: 04.04.2023. Date of first issue: 12.14.2015.
7. Rotov K.A., Meshherjakov A.A., Sntenkov E.A., Zamarin A.A., Simakova N.A., Perepjolkina A.I. Evaluation of acute toxicity of liposomal gentamicin sulfate. *Uspehivsovremennogoestestvoznaniya*, **2003**, № 7, 120–121.
8. Shukla P.K., Pratiksha Singh, Ravindra Kumar Yadav, Shukla P.K., Pratiksha Singh, Ravindra Kumar Yadav, Smriti Pandey, and Shome S. Bhunia. Past, Present, and Future of Antifungal Drug Development. // In book: Topics in Medicinal Chemistry. – **2016**.
9. ROBBINS N., WRIGHT G.D., COWEN L.E. ANTIFUNGAL DRUGS: THE CURRENT ARMAMENTARIUM AND DEVELOPMENT OF NEW AGENTS. *MICROBIOL SPECTR.* **2016**, *4*, NO. 5. DOI: 10.1128/MICROBIOLSPEC.FUNK-0002-2016.
10. Marcianno D., Mizzotti C., Maddalena G., Toffolatt S.L. The Dark Side of Fungi: How They Cause Diseases in Plants. *Frontiers for Young Minds*, **2021**, *9*, 560315. DOI: 10.3389/frym.2021.560315.
11. PETRASCH S., KNAPP S.J., VAN KAN J., BLANCO-ULATE B. GREY MOULD OF STRAWBERRY, A DEVASTATING DISEASE CAUSED BY THE UBIQUITOUS NECROTROPHIC FUNGAL PATHOGEN *BOTRYTIS CINEREA*. *MOL. PLANT PATHOL.*, **2019**, *20*, NO. 6, 877–892. DOI: 10.1111/MPP.12794.
12. Nystatin: Uses, Interaction, Mechanism of Action | DrugBank Accession Number DB00646. <https://go.drugbank.com/drugs/DB00646>
13. Product Information. Nystatin (nystatin). 2022. – "Paddock Laboratories Inc".

14. Nystatinwww.drugfuture.com [accessed 21.09.2024]
9. ROBBINS N., WRIGHT G.D., COWEN L.E. ANTIFUNGAL DRUGS: THE CURRENT ARMAMENTARIUM AND DEVELOPMENT OF NEW AGENTS. *MICROBIOL SPECTR.* **2016**, 4, NO. 5. DOI: 10.1128/MICROBIOLSPEC.FUNK-0002-2016.
15. Каюкова Л.А., Байтурсынова Г.П., Пралиев К.Д., Кемельбеков У.С. Фармакологически приемлемые химические формы О-пара-толуоил-β-морфолинопропиоамидоксима. *Хим. Журн. Каз.*, **2012**, № 3, 69–76.
16. Kayukova L.A., Uzakova A.B., Vologzhanina A.V., Akatan K., Shaymardan E., Kabdrakhmanova S.K. Rapid Boulton–Katritzky rearrangement of 5-aryl-3-[2-(piperidin-1-yl)ethyl]-1,2,4-oxadiazoles upon exposure to water and HCl. *Chem. Heterocycl. Comp.*, **2018**, 54, № 6, 1–7. DOI:10.1007/s10593-018-2321-z.
17. *Руководство по проведению доклинических исследований лекарственных средств*. Под ред. Миронова А.Н. Часть.1. Москва, Гриф и К., **2012**. 944 с.
18. Каюкова Л.А., Байтурсынова Г.П., Токсанбаева Б.Т., Бисмилда В.Л., Чингисова Л.Т., Сумесинова К.М. Фармакологически приемлемые соли О-пара-толуоил-(β-морфолин-1-ил)пропиоамидоксима в качестве соединений с противотуберкулезной активностью против чувствительных и устойчивых штаммов *M. tuberculosis*. Патент на полезную модель РК № 2592, **2018**.
19. Каюкова Л.А., Ерланұлы А., Сартоева А.Б., Сейдахметова Р.Б. Применение оксалата О-пара-толуоил-(β-морфолин-1-ил)пропиоамидоксима в качестве соединения с антибактериальной и противогрибковой активностью. Патент на полезную модель РК № 9846, **2024**.

References

1. León-Buitimea A., Garza-Cárdenas C.R., Garza-Cervantes J.A., Lerma-Escalera J.A., Morones-Ramírez J.R. The Demand for New Antibiotics: Antimicrobial Peptides, Nanoparticles, and Combinatorial Therapies as Future Strategies in Antibacterial Agent Design. *Front. Microbiol.*, **2020**, 11, 1–20. DOI: 10.3389/fmicb.2020.01669.
2. STOCKWELL V.O., DUFFY B. USE OF ANTIBIOTICS IN PLANT AGRICULTURE. *REV. SCI. TECH.*, **2012**, 1, 199–210. DOI: 10.20506/RST.31.1.2104
3. Shukla P.K., Pratiksha Singh, Ravindra Kumar Yadav, Shukla P.K., Pratiksha Singh, Ravindra Kumar Yadav, Smriti Pandey, and Shome S. Bhunia. Past, Present, and Future of Antifungal Drug Development. // In book: Topics in Medicinal Chemistry. – **2016**.
4. ROBBINS N., WRIGHT G.D., COWEN L.E. ANTIFUNGAL DRUGS: THE CURRENT ARMAMENTARIUM AND DEVELOPMENT OF NEW AGENTS. *MICROBIOL SPECTR.* **2016**, 4, NO. 5. DOI: 10.1128/MICROBIOLSPEC.FUNK-0002-2016.
5. Marciánò D., Mizzotti C., Maddalena G., Toffolatt S.L. The Dark Side of Fungi: How They Cause Diseases in Plants. *Frontiers for Young Minds*, **2021**, 9, 560315. DOI: 10.3389/frym.2021.560315.
6. PETRASCH S., KNAPP S.J., VAN KAN J., BLANCO-ULATE B. GREY MOULD OF STRAWBERRY, A DEVASTATING DISEASE CAUSED BY THE UBIQUITOUS NECROTROPHIC FUNGAL PATHOGEN *BOTRYTIS CINEREA*. *MOL. PLANT PATHOL.*, **2019**, 20, NO. 6, 877–892. DOI: 10.1111/MPP.12794.
7. Larkins-Ford J., Degefu Y.N., Van Nhi, Sokolov A., Aldridge B.B. Design principles to assemble drug combinations for effective tuberculosis therapy using interpretable pairwise drug response measurements. *Cell Reports Medicine*, **2022**, 3, No.9, 100737. DOI: https://doi.org/10.1016/j.xcrm.2022.100737
8. Saleh P., Abbasalizadeh S., Rezaei N., Naghavi-Behzad M., Piri R., Pourfeizi H.H. Gentamicin-mediated ototoxicity and nephrotoxicity: A clinical trial study. *NMJ*, **2016**, 57, No. 6, 347–352. DOI: 10.4103/0300-1652.193861.
9. Gentamicin (WHO Food Additives Series 34). First Draft prepared by Dr. G. Roberts. Commonwealth Department of Human Services and Health. Canberra, Australia. International Peer Reviewed Chemical Safety Information. <https://incchem.org/documents/jecfa/jecmono/v34je06.htm>
10. Safety data sheet. According to the Hazardous Products Regulations Mometasone / Clotrimazole / Gentamicin Formulation Version 4.11 Revision Date: 09.30.2023. SDS Number: 412812-00022. Date of last issue: 04.04.2023. Date of first issue: 12.14.2015.

11. Rotov K.A., Meshherjakov A.A., Sntenkov E.A., Zamarin A.A., Simakova N.A., Perepjolkin A.I. Evaluation of acute toxicity of liposomal gentamicin sulfate. *Uspehi sovremennogo estestvoznaniya*, **2003**, № 7, 120–121.
12. Nystatin: Uses, Interaction, Mechanism of Action|DrugBank Accession Number DB00646. <https://go.drugbank.com/drugs/DB00646>
13. Product Information. Nystatin (nystatin). 2022. – “Paddock Laboratories Inc”.
14. Nystatin www.drugfuture.com [accessed 21.09.2024]
9. ROBBINS N., WRIGHT G.D., COWEN L.E. ANTIFUNGAL DRUGS: THE CURRENT ARMAMENTARIUM AND DEVELOPMENT OF NEW AGENTS. *MICROBIOL SPECTR.* **2016**, 4, NO. 5. DOI: 10.1128/MICROBIOLSPEC.FUNK-0002-2016.
15. Kayukova L.A., Bajtursynova G.P., Praliyev K.D., Kemel'bekov U.S. Pharmacologically acceptable chemical forms of O-*para*-toluoyl- β -morpholinopropioamidoxime *Chem. J. Kaz.*, **2012**, № 3, 69–76. (In Russ.).
16. Kayukova L.A., Uzakova A.B., Vologzhanina A.V., Akatan K., Shaymardan E., Kabdrakhmanova S.K. Rapid Boulton–Katritzky rearrangement of 5-aryl-3-[2-(piperidin-1-yl)ethyl]-1,2,4-oxadiazoles upon exposure to water and HCl. *Chem. Heterocycl. Comp.*, **2018**, 54, № 6, 1–7. DOI: 10.1007/s10593-018-2321-z.
17. *Guidelines for conducting preclinical studies of medicinal products* [Guidelines for conducting preclinical studies of medicinal products]. Ed. Mironov A.N. Part.1. Moscow, Grif and K., **2012**. 944 p. (In Russ.).
18. Patent for utility model of the Republic of Kazakhstan No. 2592. *Farmakologicheski priemleme soli O-para-toluoil-(β -morfolin-1-il)propioamidoksima v kachestve soedinenij s protivotuberkuleznoj aktivnost'yu protiv chuvstvitel'nyh i ustojchivyh shtammov M. tuberculosis* [Pharmacologically acceptable salts of O-*para*-toluoyl-(β -morpholin-1-yl)propioamidoxime as compounds with antitubercular activity against sensitive and resistant strains of *M. tuberculosis*]. Kayukova L.A., Bajtursynova G.P., Toksanbayeva B.T., Bismilda V.L., Chingisova L.T., Sumesinova K.M. **2018**. (In Russ.).
19. Patent for utility model of the Republic of Kazakhstan No. 9846. *Primenenie oksalata O-para-toluoil-(β -morfolin-1-il)propioamidoksima v kachestve soedineniya s antibakterial'noj i protivogribkovoj aktivnost'yu* [Use of O-*para*-toluoyl-(β -morpholin-1-yl)propioamidoxime oxalate as a compound with antibacterial and antifungal activity]. Kayukova L.A., Erlanly A., Sartoyeva A.B., Sejdahmetova R.B. **2024**. (In Russ.).

STUDY OF THE COMPLEXATION OF COBALT (II) IONS WITH POLYMERS

E.T. Talgatov^{1*}, A.I. Jumekeyeva¹, A.B. Ismailova², A.S. Auezkhanova¹,
A.A. Naizabayev^{1,3}, A.Z. Abilmagzhanov¹

¹ «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan

² International Educational Corporation LLP, Almaty, Kazakhstan

³ «Kazakhstan-British Technical University» JSC, Almaty, Kazakhstan

*E-mail: e.talgatov@ifce.kz

Abstract: *Introduction.* The complex formation of metal ions with polymers is of great interest for the development of new materials used in catalytic processes, sorption, and electrochemistry. Particular attention is given to cobalt (II), which can form complexes with nitrogen- and oxygen-containing polymers such as polyacrylic acid (PAA), polyacrylamide (PAAm), chitosan (Chit), and poly-4-vinylpyridine (P4VP). *The aim* of this study is to investigate the complexation processes of cobalt (II) ions with the functional groups of these polymers, as well as to determine the stability and nature of the resulting complexes. *Results and Discussion.* It has been established that the stability of polymer-metal complexes is determined by the nature of the functional groups of the polymers and the interaction mechanism. PAA-Co complexes demonstrated the highest stability due to the covalent binding of cobalt ions with the carboxyl groups of PAA. At the same time, PAAm-Co and P4VP-Co complexes exhibited lower stability, which is associated with a donor-acceptor interaction mechanism. The shift in the characteristic absorption bands of the functional groups of the polymers upon their interaction with cobalt ions indicates the formation of polymer-metal complexes with different binding mechanisms. For PAAm, the shift in absorption bands confirmed the donor-acceptor interaction mechanism. *Conclusion.* The obtained data confirm the interaction mechanism of cobalt ions with the functional groups of polymers, as well as the different nature of binding. Thus, the results open up prospects for the use of polymer-metal complexes in the creation of materials for catalytic applications.

Keywords: polymer-metal complex, complexation, complex stability, polyacrylic acid, polyacrylamide, chitosan, poly-4-vinylpyridine, cobalt, functional groups.

Talgatov Eldar Talgatovich	PhD, associate professor; E-mail: e.talgatov@ifce.kz
Jumekeyeva Aigul Iembergenovna	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: jumekeeva@mail.ru
Ismailova Aiganym Baktiarykzy	PhD; associate professor; E-mail: i-smile@list.ru
Auezkhanova Assemgul Seitkhanovna	Candidate of Chemical Sciences, associate professor; E-mail: a.assemgul@mail.ru
Naizabayev Akzhol Armanovich	PhD student; e-mail: a.naizabayev@ifce.kz
Abilmagzhanov Arlan Zainutallaevich	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: a.abilmagzhanov@ifce.kz

Citation: Talgatov E.T., Jumekeyeva A.I., Ismailova A.B., Auezkhanova A.S., Naizabayev A.A., Abilmagzhanov A.Z. Study of the complexation of cobalt (ii) ions with polymers. *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 1(89), 140-149. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.14>

КОБАЛЬТ (II) ИОНДАРЫНЫҢ ПОЛИМЕРЛЕРМЕН КОМПЛЕКС ТҮЗУІН ЗЕРТТЕУ

**Э.Т. Талғатов^{1*}, А.И. Джумекеева¹, А.Б. Исмаилова², А.С. Ауезханова¹,
А.А. Найзабаев^{1,3}, А.З. Абилямагжанов¹**

¹ «Д.В.Сокольский атындағы жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

² «Халықаралық білім беру корпорациясы», Алматы, Қазақстан

³ «Қазақстан-Британ техникалық университеті», Алматы, Қазақстан

*E-mail: e.talgatov@ifce.kz

Түйіндеме: *Kіріспе.* Металл иондарының полимерлермен кешен түзуі каталитикалық процестерде, сорбцияда және электрохимияда қолданылатын жаңа материалдарды әзірлеу үшін үлкен қызығушылық тудырады. Ерекше назар кобальт (II)-ге аударылды, өйткені ол полиакрил қышқылы (ПАК), полиакриламид (ПАА), хитозан (Хит) және поли-4-винилпиридин (П4ВП) сияқты азот және оттегі бар полимерлермен кешендер түзе алады. *Жұмыстың мақсаты* – аталған полимерлердің функционалдық топтарымен кобальт (II) иондарының кешен түзу процестерін зерттеу, сондай-ақ түзілген кешендердің тұрақтылығы мен табиғатын анықтау. *Нәтижелер және талқылаулар.* Полимер-металл кешендерінің тұрақтылығы полимерлердің функционалдық топтарының табиғатына және өзара әрекеттесу механизміне байланысты екені анықталды. ПАК-Со кешендері ең жоғары тұрақтылықты көрсетті, бұл кобальт иондарының ПАК-тың карбоксильді топтарымен коваленттік байланысуымен түсіндіріледі. Сонымен қатар, ПАА-Со және П4ВП-Со кешендері төменірек тұрақтылықпен сипатталды, бұл донор-акцепторлы өзара әрекеттесу механизмімен байланысты. Полимерлердің функционалдық топтарының кобальт иондарымен әрекеттесу кезінде олардың сипаттамалық жұтылу жолақтарының ығысуы әртүрлі байланысу механизмдері бар полимер-металл кешендерінің түзілгенін көрсетеді. ПАА үшін бұл жолақтардың орын ауыстыруы донор-акцепторлы механизмді растайды. *Қорытынды.* Алынған мәліметтер кобальт иондарының полимерлердің функционалдық топтарымен әрекеттесу механизмін, сондай-ақ байланысу табиғатының әртүрлілігін дәлелдейді. Осылайша, алынған нәтижелер полимер-металл кешендерін каталитикалық қолдануға арналған материалдарды жасау перспективаларын ашады.

Түйін сөздер: Полимер-металл комплексі, комплекстүзу, комплекс тұрақтылығы, полиакрил қышқылы, полиакриламид, хитозан, поли-4-винилпиридин, кобальт, функционалдық топтар.

<i>Талғатов Эльдар Талғатұлы</i>	<i>PhD, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Джумекеева Айгуль Нембергеновна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Исмаилова Айғаным Бактиярқызы</i>	<i>PhD; қауымдастырылған профессор</i>
<i>Ауезханова Асемгуль Сейтхановна</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Найзабаев Ақжол Арманович</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Абилямагжанов Арлан Зайнуталлаевич</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>

1. Кіріспе

Соңғы жылдары қымбат бағалы металдарды алмастыру үшін Mn, Co, Ni, Fe сияқты ауыспалы металдар негізіндегі материалдар белсенді зерттелуде [1, 2]. Олар қайталап пайдалану кезінде өте жақсы каталитикалық белсенділік пен жақсы тұрақтылық көрсетті.

Ауыспалы металдар арасында кобальт катализдің әртүрлі салаларында жиі пайдаланылатын және зерттелетін элементтердің бірі болып табылады [3, 4]. Кобальттың жоғары каталитикалық белсенділігі ең алдымен оның электронды құрылысымен байланысты. Кобальттың d-орбиталда

жұптаспаған үш электроны бар, олар оған оттегі, сутегі, көміртек тотығы, азот тотығы сияқты басқа химиялық заттармен байланыс жасауға мүмкіндік береді [5]. Катализ тиімділігі үшін реагент-катализатор байланысы реагентті адсорбциялау және өнімдерді десорбциялау процестері оңай өтетіндей тым берік те, тым әлсіз де болмауы тиіс. Кобальт (II) иондары олардың тұрақты кешендер түзе алу қабілетінің, каталитикалық қасиеттерінің және тотығу-тотықсыздану процестеріне қатысуының арқасында ерекше қызығушылық тудырады. Бұл ерекшеліктер кобальт кешендерін электрохимиялық құрылғыларға, сорбенттерге және биомиметикалық катализаторларға арналған материалдарды жасауда сұранысқа ие етеді [6, 7].

Органикалық лигандасы бар ауыспалы металдар кешендері металдың жекелеген атомдары органикалық өткізгіш лигандпен кеңістікте бөлінген полимер қаңқаларын жасау үшін кеңінен пайдаланылады [8-10]. Бұл әрбір металл атомын каталитикалық реакцияларда тиімді пайдалануға мүмкіндік береді. Электронодонорлық қасиеттерге ие лиганд металл орталығындағы электрондық тығыздықты арттырады, электрондардың акцептор-заттарын металл орталығымен үйлестіруді жеңілдетеді, қалпына келтіру реакцияларында каталитикалық орталықтың тиімділігін арттырады.

Осыған байланысты, бұл жұмыстың мақсаты хитозан (Хит), полиакриламид (ПАА), полиакрил қышқылы (ПАК) және поли-4-винилпиридин (П4ВП) сияқты полимерлермен кобальт (II) иондарының кешен түзуін, сондай-ақ түзілген кешендердің тұрақтылығы мен табиғатын анықтауға арналған. Полимерлердің таңдалуы олардың құрамында металл иондарын байланыстыруға қабілетті азот және оттегі бар функционалдық топтардың болуымен байланысты. Қолдану аясы – түзілген кобальт (II) иондарының полимерлермен комплексі катализатор ретінде қолданылады.

2. Эксперименттік бөлім

Материалдар мен әдістер.

Кобальт (II) хлоридінің гексагидраты (99%, Guangzhou Jinhua Chemical Reagent Co., Ltd, Қытай), поли-4-винилпиридин (П4ВП, Mw = 65000, Sigma-Aldrich, АҚШ), полиакрил қышқылы (ПАК, Mw = 450 000, Sigma-Aldrich, АҚШ), полиакриламид (ПАА, Mw = 500 000, Himedia, Үндістан), хитозан (Хит, деацетилдеу дәрежесі - 85%, Mw = 250 000, Sigma-Aldrich, АҚШ). Полимерлердің құрылымдық формулалары келесі кестеде көрсетілген.

Кесте 1 – Полимерлердің құрылымдық формулалары

Полимерлер	Формула
1	2
Полиакриламид (ПАА)	
Полиакрил қышқылы (ПАК)	
Поли-4-винилпиридин (П4ВП)	
Хитозан	

Жұмыс ерітінділерін дайындау.

0,1 М полимердің ерітіндісін дайындау үшін 0.71 г ПАА (полиакриламид) немесе 0.72 ПАК (полиакрил қышқылы) алынды және 100 мл тазартылған суда 1.5 сағат бойы 40 °С температурада магнитті араластырғышта араластыру арқылы ерітілді. Хитозан (Хит, 1.67 г) сол жағдайда 100 мл 1% тұз қышқылында ерітілді. Поли-4-винилпиридин (П4ВП, 1.05 г) бөлме температурасында 100 мл этил спиртіңде ерітілді. Кобальт тұзының (0.1 М) жұмыс ерітіндісін дайындау үшін 2.3784 г кобальт хлоридінің гексагидраты 100 мл суда ерітілді.

Полимерлермен кобальт (II) иондарының кешенді түзілуін зерттеу

Алынатын кешендердің диссоциациясы ескерілетін (1 және 2) теңдеуді пайдалана отырып, [11] жұмыста сипатталған әдістеме бойынша полимер-металл кешендерінің құрамы мен тұрақтылығы анықталды:

$$\beta_a = \frac{1}{[M]\{[L]_0 - n([M]_0 - [M])\}^n} \quad (1)$$

немесе

$$\lg \beta_a = -\lg[M] \{[L]_0 - n[M]_{\text{байланыс}}\}^n \quad (2)$$

Металл иондары $[M]_{0i}$ мен полимер лигандының $[L]_{0i}$ бастапқы концентрациясының мәндерін біле отырып және металл иондарының тепе-тең шоғырлануын анықтап, $\lg \beta_{ai} = f(n_i)$ тәуелділік қисықтарының сериясын аламыз. Екі қисықтың қиылысу нүктесі $\lg \beta_{ai}$ және n_i екі белгісізі бар теңдеудің шешімі болып табылады. Қисықтарды жұбымен тарата отырып, $\overline{\lg \beta_a}$ және $\bar{n}$ орташа мәндерін алуға болатын (2) теңдеудің шешімдері болып табылатын қиылысу нүктелерінің сериясын аламыз.

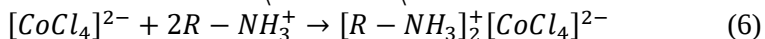
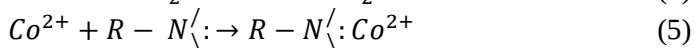
Кобальттың (II) полимерлермен (ПАК, ПАА, Хит, П4ВП) кешендерінің құрамы мен тұрақтылығын анықтау әдістемесі полимер ерітінділері мен

металл тұзын ($[\text{CoCl}_4]^{2-}$) араластыруды, реакцияны аяқтау үшін алынған ерітінділерді 3 сағат ішінде араластыруды, полимер-металл кешенін тұндыруды, ерітіндідегі металл ионының тепе-теңдік шоғырлануын өлшеуді және $\lg \beta_{ai} = f(n_i)$ тәуелділік қисықтарының сериясын құруды қамтыды. $\lg \beta_{ai} = f(n_i)$ тәуелділік қисықтарының сериясын алу үшін полимерлердің ерітінділерін кобальт (II) иондарымен араластыруды жүзеге асыру үшін полимерлік лигандтардың (0.01-0.025 моль/л) және металл иондарының (0.001-0.05 моль/л) әртүрлі бастапқы концентрацияларымен ерітінділер алынды. Металл иондарының тепе-теңдік шоғырлануы СФ-2000 спектрофотометрінде анықталды.

Кобальт (II) иондарының полимерлердің функционалдық топтарымен өзара әрекеттесуі ИҚ-спектроскопия әдісімен зерттелді. Үлгілердің ИҚ-Фурье спектрлері $4000-400 \text{ см}^{-1}$ жиілік аралығында Nicolet iS5 (Thermo Scientific, АҚШ) ИҚ-спектрометрінде KBr таблеткалар түрінде жазылған.

3. Нәтижелер және талқылау

Кобальттың полимер-металл кешендерін зерттеу кезінде полимерлердің химиялық құрылымы ескерілді. Мысалы, кобальт иондары (Co^{2+}) полиакрил қышқылының карбоксил тобымен ($\text{R}-\text{COO}^-$) ковалентті байланыс түзе отырып өзара әрекеттесуге қабілетті (3-теңдеу). Полиакриламидте ($\text{R}-\text{CONH}_2$) ацетамид тобының және поли-4-винилпирридинде ($\text{R}-\text{N}'$) пиридин сақинасының азотының болуы донорлық-акцепторлық механизм (4 және 5 теңдеулер) бойынша өзара әрекеттесуді қамтамасыз етуі мүмкін. Хитозан жағдайында жиынтық тұз (6 теңдеу) пайда болуы мүмкін, мұнда хитозанның қышқыл ортада еруі нәтижесінде пайда болатын хитозанияның макрокатионы ($\text{R}-\text{NH}_3^+$) кешеннің сыртқы сферасында бола отырып, иондық байланыс бойынша кобальттың кешенді анионымен ($[\text{CoCl}_4]^{2-}$) өзара әрекеттесу жасайды.

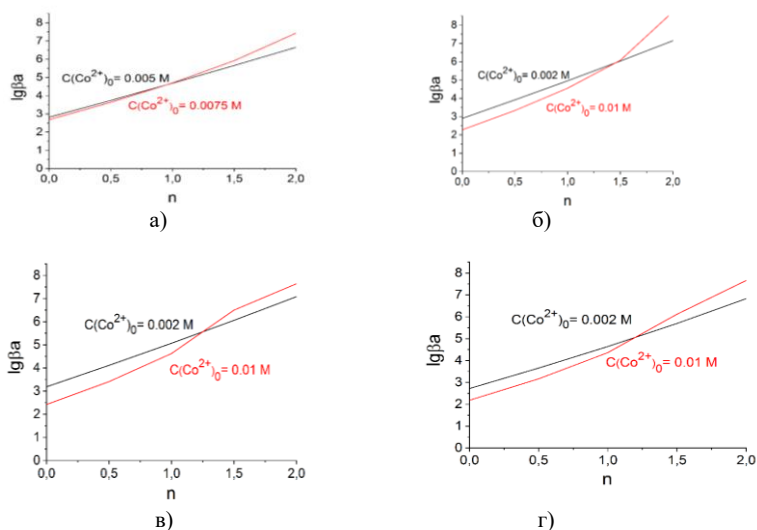


Полимерлер мен кобальт (II) иондары арасындағы өзара әрекеттесуді зерттеу пайда болатын полимер-металл кешендерінің (ПМК) үйлестіру параметрлерін (құрамы мен тұрақтылығын) анықтауды және оларды ИҚ-спектроскопия әдісімен сипаттауды қамтиды.

ПМК үйлестіру параметрлерін анықтау үшін [11] әдістемесіне сәйкес кешеннің толық шөгуі жағдайында металл иондарының тепе-теңдік шоғырлануын өлшеу қажет. Осыған байланысты металдың тепе-теңдік шоғырлануын өлшеу алдында кешендер ацетонмен тұндырылды. Кешендерді П4ВП негізінде зерттеген жағдайда тұндыру сумен жүргізілді.

Алынған тепе-теңдік шоғырланулардың мәндерін 2-тендеуге қоя отырып, $\lg \beta_{ai} = f(n_i)$ тәуелділік қисықтарының сериясын, сондай-ақ зерттелетін кешендер үшін орташа мәндерді ($\lg \beta_a$ және n_i) алатын олардың қиылысу нүктелерінің сериясы $\overline{\lg \beta_a}$ және $\bar{n}$ алынды.

Байланыстырудың ($\bar{n}$) және тұрақтылықтың ($\overline{\lg \beta_a}$) шартты константаларының алынған орташа мәндері ПАА-Со, ПАК-Со, Хит-Со және П4ВП-Со жүйелері үшін сәйкесінше: $\bar{n}=0.95\pm 0.07$; 1.45 ± 0.05 ; 1.25 ± 0.06 ; 1.13 ± 0.05 ; $\overline{\lg \beta_a} = 4.58\pm 0.17$; 5.94 ± 0.10 ; 5.56 ± 0.20 ; 5.03 ± 0.14 құрады (сурет 1).



Сурет 1 – Өзара әрекеттескен кездегі $\lg \beta_a$ және n арасындағы тәуелділік: (а) полиакриламидтің (0.015 M) Co^{2+} -пен (0.005 және 0.0075 M), (б) полиакрил қышқылының (0.01 M) Co^{2+} -пен (0.002 және 0.01 M), (в) хитозанның (0.025 M) Co^{2+} -пен (0.002 және 0.01 M) және (г) поли-4-винилпиридиннің (0.01 M) Co^{2+} -пен (0.002 және 0.01 M)

Кобальттың (II) полимер-металл кешендері үшін байланыстыру константаларының мәндері бүтін емес мәндерге ие болды (кесте 2). Мүмкін, металдың үйлесу сферасы ПМК пайда болу кезіндегі стерикалық қиындықтарға байланысты полимер лигандының донорлық топтарымен толық қанықпайды: функционалдық топтардың бір-бірінен кеңістік жағынан алшақтығынан және макромолекула тізбектерінің қозғалысының шектеулігінен.

Кесте 2 – Кобальт (II) кешендерінің полимерлермен үйлесу параметрлері

Полимерлер	Шартты байланысу константасы (n)	Кешеннің тұрақтылығы ($\lg \beta_a$)
ПАА	0.95 ± 0.07	4.58 ± 0.17
ПАК	1.45 ± 0.05	5.94 ± 0.10
Хит	1.25 ± 0.06	5.56 ± 0.20

П4ВП	1.13 ± 0.05	5.03 ± 0.14
------	-------------	-------------

Полимердің табиғатына байланысты кобальттің (II) ПМК тұрақтылықтың төмендеуі бойынша мынадай тәртіппен орналасады: ПАК-Со > Хит-Со > П4ВП-Со > ПАА-Со (кесте 2). ПАК-Со кешені неғұрлым орнықтылықты көрсетті, бұл кобальт иондарының полимердің карбоксильді тобымен ковалентті түрде берік байланыс құруы әсерінен болуы мүмкін (теңдеу 3). Ең аз тұрақтылықты ПАА-Со және П4ВП-Со кешендері көрсетті. Бұл осы жүйелердегі кешеннің пайда болуын ПАА-ның электронодонорлы ацетоамидтік тобы мен П4ВП пиридиндік тобының кобальт иондарымен өзара әрекеттесуі арқылы донорлық-акцепторлық механизм бойынша өтетіндігімен түсіндіруге болады (теңдеулер 4, 5). Хит-Со кешені ПАА-Со және П4ВП-Со-ға қарағанда неғұрлым орнықтылық танытты, мұны тетрахлокобальтат(II)-анионның иондық байланыс түрі (теңдеу 6) бойынша хитозанның протонирленген амин топтарымен байланысуымен түсіндіруге болады.

Полимерлердің металл иондарымен өзара әрекеттесуінің болжамды механизмдерін растау үшін алынған ПМК ИҚ-спектроскопияның көмегімен зерттелді (кесте 3). Салыстыру үшін бастапқы полимерлердің ИҚ-спектрлері алынды.

Кесте 3 –Зерттелетін үлгілердің ИҚ спектрлерінің деректері

Үлгі	Полимерлердің функционалды топтарының жұтылу жолақтары			
	-CONH ₂ (ПАА)	-COOH, -COO ⁻ (ПАК)	-NH ₂ (Хит)	C-N, C=C (П4ВП)
1	2	3	4	5
ПАА	1656 1630	-	-	-
ПАА-Со	1611	-	-	-
ПАК	-	1714	-	-
ПАК-Со	-	1701 1613	-	-
Хит	-	-	1660 1559	-
Хит қышқылдан.	-	-	1637 1532	-
Хит-Со	-	-	1628 1559 1502	-
П4ВП	-	-	-	1600 1562 1495 1419
П4ВП-Со	-	-	-	1606 1508 1428

ПАА металл иондарымен әрекеттесуге қабілетті полимердің ацетамид

тобына ($-\text{CONH}_2$) жататын 1656 ($\text{C}=\text{O}$) және 1630 см^{-1} (NH_2) [12, 13] сипаттамалық жолақтарды көрсетеді. ПАА-Со ИҚ-спектріндегі $-\text{C}=\text{O}$ және $-\text{NH}$ топтарының жұтылу жолақтарын ПАА-дағы сол жолақтармен салыстырғанда жылжуы донорлық-акцепторлық механизм бойынша полимер-металл кешенінің қалыптасуын растайды (кесте 3).

ПАК ИҚ-спектрі полимердің карбоксилді тобының ($-\text{COOH}$) валенттік тербелістеріне жататын 1714 см^{-1} кезінде жұтылу сипатына тән жолақты көрсетті. Сонымен қатар, ПАК-Со үлгісінің спектрлерінде полиакрил қышқылының тұздарына тән карбоксилат-ионға ($-\text{COO}^-$) жатқызуға болатын $1600\text{--}1750\text{ см}^{-1}$ аумағында жаңа шыңдардың пайда болуы байқалды [14] (кесте 3). Осылайша, зерттелетін үлгілердің спектрлерінде байқалатын өзгерістер ПАК $-\text{COOH}$ топтарының кобальт иондарымен өзара әрекеттескенін көрсетеді.

Хитозанның ИҚ-спектрінде $\text{C}=\text{O}$ тобының (I амид) валенттік тербелістеріне және $\text{N}-\text{H}$ тобының (II амид) ішкі жазықтық деформациялық тербелістеріне жататын жолақтар сәйкесінше 1660 см^{-1} және 1559 см^{-1} кезінде байқалады [15]. Хитозанның HCl сұйытылған ерітіндісінде еруі оң зарядталған суда еритін катионды полиэлектролит құра отырып, аминтоптарын протондауға әкеледі, бұл ретте 1559 см^{-1} кезінде $-\text{NH}$ -топтың тербеліс жолағы неғұрлым төмен жиіліктерге қарай жылжиды. Хитозан топтарының $\text{C}=\text{O}$ және $\text{N}-\text{H}$ сіңіру жолақтарының одан әрі ығысуы иондық байланыс түрі бойынша (кесте 3) металдың кешенді анионымен ($[\text{CoCl}_4]^{2-}$) оң зарядталған полимердің аминтоптарының ($-\text{NH}_3^+$) өзара әрекеттесуін куәландырады.

П4ВП спектрінде 1600 , 1562 , 1495 , 1419 см^{-1} кезінде пиридин сақинасына ($\text{C}=\text{C}$, $\text{C}-\text{N}$) тән тербеліс жолақтары анықталды [16]. $\text{C}-\text{N}$ (1600 см^{-1} -ден 1603 см^{-1} -ге дейін) және $\text{C}=\text{C}$ (1495 см^{-1} -ден 1505 см^{-1} -ге дейін) сіңіру жолақтарының ығысуы пиридинді П4ВП тобының металл иондарымен өзара үйлесімді әрекеттесуін және полимер-металл кешенінің пайда болуын көрсетеді (кесте 3).

4. Қорытынды

Осылайша, жоғары тұрақтылықты ПАК-Со кешені көрсетті, бұл полимердің карбоксилді тобы мен кобальт иондары арасында берік ковалентті байланыстың қалыптасуымен түсіндіріледі. Керісінше, ПАА мен П4ВП негізіндегі кешендер стерикалық шектеулер мен өзара донорлық-акцепторлық механизммен әрекеттесудің салдарынан тұрақтылықтың төмендеуімен сипатталды. Протондалған аминтоптарының қатысуымен кешенді тұздың пайда болуы арқасында Хит аралық тұрақтылықты қамтамасыз етті. Кобальт иондарының кешенді түзілуін зерттеу полимер-металл кешендерінің тұрақтылығы полимердің табиғатына және өзара әрекеттесу түріне байланысты екенін көрсетті.

ИҚ-спектроскопияны қолдану өзара әрекеттесу механизмдерін растауға және кешен түзілу кезіндегі полимерлер құрылымындағы өзгерістерді

айқындауға мүмкіндік берді. Осыған орай, жүргізілген зерттеу металл иондарының полимерлермен өзара әрекеттесу заңдылықтарын түсінуге үлес қосты, бұл берілген қасиеттері бар функционалдық материалдарды одан әрі дамыту үшін негіз бола алады.

Қаржыландыру: Зерттеу жұмысы Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым комитетінің гранттық қаржыландыруы бойынша орындалды (грант №BR24992995).

Мүдделер қақтығысы: авторлар арасында мүдделер қақтығысы жоқ

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ КОБАЛЬТА (II) С ПОЛИМЕРАМИ

Э.Т. Талғатов^{1*}, А.И. Джумекеева¹, А.Б. Исмаилова², А.С. Ауезханова¹,
А.А. Найзабаев^{1,3}, А.З. Абилямагжанов¹

¹АО «Институт топлива, катализа и электрохимии имени Д.В. Сокольского», Алматы, Казахстан

²ТОО «Международная образовательная корпорация», Алматы, Казахстан

³АО «Казахстанско-Британский технический университет», Алматы, Казахстан.

*E-mail: e.talgatov@ifce.kz

Резюме: Введение. Комплексообразование ионов металлов с полимерами представляет значительный интерес для разработки новых материалов, применяемых в каталитических процессах, сорбции и электрохимии. Особое внимание уделено кобальту (II), который может образовывать комплексы с азот- и кислородсодержащими полимерами, такими как полиакриловая кислота (ПАК), полиакриламид (ПАА), хитозан (Хит) и поли-4-винилпиридин (П4ВП). Целью работы является исследование процессов комплексообразования ионов кобальта (II) с функциональными группами указанных полимеров, а также определение устойчивости и природы образующихся комплексов. Результаты и обсуждения. Установлено, что устойчивость полимер-металлических комплексов определяется природой функциональных групп полимеров и механизмом взаимодействия. Комплексы ПАК-Со показали наибольшую устойчивость за счет ковалентного связывания ионов кобальта карбоксильными группами ПАК. В то же время, комплексы ПАА-Со и П4ВП-Со характеризовались меньшей устойчивостью, что связано с донорно-акцепторным механизмом взаимодействия. Смещение характеристических полос поглощения функциональных групп полимеров при их взаимодействии с ионами кобальта свидетельствуют об образовании полимер-металлических комплексов с различными механизмами связывания. Для ПАА наблюдалось смещение полос поглощения, подтверждающее донорно-акцепторный механизм взаимодействия. Заключение. Полученные данные подтверждают механизм взаимодействия ионов кобальта с функциональными группами полимеров, а также разную природу связывания. Таким образом полученные результаты открывают перспективы использования полимер-металлических комплексов в создании материалов для каталитических применений.

Ключевые слова: полимер-металлический комплекс, комплексообразование, устойчивость комплекса, полиакриловая кислота, полиакриламид, хитозан, поли-4-винилпиридин, кобальт, функциональные группы.

Талғатов Эльдар Талғатұлы	PhD, ассоциированный профессор
Джумекеева Айгуль Иембергеновна	кандидат химических наук
Исмаилова Айсаным Бактиярқызы	PhD; ассоциированный профессор
Ауезханова Асемгуль Сейтхановна	кандидат химических наук, ассоциированный профессор
Найзабаев Ақжол Арманович	PhD докторант

References

1. Suraj G., Rohan F., Rupali P., Matjaž S., Nainesh P. A review of cobalt-based catalysts for sustainable energy and environmental applications. *Applied Catalysis A, General*, **2023**, 661, 119254. DOI: 10.1016/j.apcata.2023.119254.
2. Xuetao L., Guangling H., Heng L., Yanlin Zh., Jiamin X., Lei H. Boron-doped cobalt-iron bimetal phosphides nanosheets for enhanced oxygen evolution. *J. Alloys. Compd.*, **2022**, 893, 162208. DOI: 10.1016/j.jallcom.2021.162208.
3. Weiwei X., Jianhao H., Liting H., Shipeng G., Shuqin S., Panagiotis T., Yi W. Novel fluorine-doped cobalt molybdate nanosheets with enriched oxygen-vacancies for improved oxygen evolution reaction activity. *Appl. Catal. B*, **2022**, 303, 120871. DOI:10.1016/j.apcatb.2021.120871.
4. Xueying F., Shang Ch., Wenbin G., Xiaodong M., Yuncan J., Yulin W., Song H., Lei Zh., Lirong Zh., Christopher W.B., Jianxin G. A Conjugated Porous Polymer Complexed with a Single-Atom Cobalt Catalyst as An Electrocatalytic Sulfur Host for Enhancing Cathode Reaction Kinetics. *Energy Storage Mater*, **2021**, 41, 14-23. DOI: 10.1016/j.ensm.2021.05.043.
5. Novozhilova M., Smirnova E., Polozhentseva J., Danilova J., Chepurayeva I., Karushev M., Malev V., Timonov A. Multielectron redox processes in polymeric cobalt complexes with N₂O₂ Schiff base ligands. *Electrochim. Acta*, **2018**, 282, 105-115. DOI: 10.1016/j.electacta.2018.06.030.
6. Qiuyue Zh., Zilong L., Mingyang H., Junfeng X., Gregory A., Yanping M., Tongling L., Wen-Hua S. Fluorinated cobalt catalysts and their use in forming narrowly dispersed polyethylene waxes of high linearity and incorporating vinyl functionality. *Catal. Sci. Technol.*, **2021**, **11**, 656-670. DOI: 10.1039/D0CY01917H.
7. Grzegorz K., Jan P., Mirosław G. Characteristics of Polyaniline Cobalt Supported Catalysts for Epoxidation Reactions. *The Scientific World Journal*, **2014**, 9. DOI: 10.1155/2014/648949.
8. Zitolo A., Ranjbar-Sahraie N., Mineva T., Jingkun L., Li Q., Jia Q., Stamatina S., Harrington G., Mathew S., Krtić P., Mukerjee S., Fonda E., Jaouen F. Identification of catalytic sites in cobalt-nitrogen-carbon materials for the oxygen reduction reaction. *Nat. Commun*, **2017**, 8, 957. DOI: 10.1038/s41467-017-01100-7.
9. Ayeong B., Won Ch., Jong M., Jae W. Non-precious Metal Catalysts for Two-Electron Oxygen Reduction Reaction. *ChemElectroChem.*, **2023**, 10, 2-17. DOI: 10.1002/celec.202300234.
10. Zharmagambetova A. K., Auyezkhanova A. S., Talgatov É. T. Metal-Polymer Catalysts in Liquid-Phase Processes [in Russian], *D. V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty*, **2018**, -232 p.
11. Haiyan M., Yuguang L., Hong Y., Qiang L., Minghao R., Xubi G., Ying G., Yinfeng L. Determination of Coordination Parameters of Cd²⁺ and Zn²⁺ with Polyvinyl Alcohol and Chitosan. *Journal of Macromolecular Science, Part B: Physics*, **2011**, 50, 132-143. DOI: 10.1080/00222341003648623.
12. Gaabour, L.H. Spectroscopic and thermal analysis of polyacrylamide/chitosan (PAM/CS) blend loaded by gold nanoparticles. *Results in Physics*, **2017**, 7, 2153-2158. DOI: 10.1016/j.rinp.2017.06.027.
13. Deng Y., Dixon J.B., White G.N., Loeppert R.H., Juo A.S.R. Bonding between polyacrylamide and smectite. *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects*, **2006**, 281, 82-91. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2006.02.03.
14. Cukrowicz S., Sitarz M., Kornaus K., Kaczmarzka K., Bobrowski A., Gubernat A., Grabowska B. Organobentonites Modified with Poly(Acrylic Acid) and Its Sodium Salt for Foundry Applications. *Materials*, **2021**, 14, 1947. DOI: 10.3390/ma14081947.
15. Liu Q., Xu M., Wang Y., Feng R., Yang Z., Zuo S., Qi C., Zeng M. Co-immobilization of Pd and Zn nanoparticles in chitosan/silica membranes for efficient, recyclable catalysts used in ullmann reaction. *International Journal of Biological Macromolecules*, **2017**, 105, 575-583. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.07.081.
16. Wu L., Pang T., Wu L., Guan Y., Yin L. In situ synthesis of the Fe₃O₄@poly(4-vinylpyridine)-block-polystyrene magnetic polymer nanocomposites via dispersion RAFT polymerization. *Nanocomposites*, **2022**, 8, 227-237. DOI: 10.1080/20550324.2023.2170003.

CHEMICAL ASPECTS OF BIOMOLECULE EXTRACTION FROM *ZOPHOBAS MORIO* LARVAE: LIPID AND PROTEIN EXTRACTION MECHANISMS AND SOLVENT EFFICIENCY ANALYSIS

Zh. Zhatkanbayeva^{1*}, K. Kurtibay^{1,2}, Ye. Zhatkanbayev^{2,3}, A. Kappassuly^{2,3}, R. Fedeli⁴

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

² «Scientific and Production Centre of Ecological and Industrial Biotechnology» LLP, Astana, Kazakhstan

³ K. Kulazhanov Kazakh University of Technology and Business, Astana, Kazakhstan

⁴ University of Siena, Siena, Italy

*E-mail: zhanna01011973@mail.ru

Abstract. *Introduction.* This study deals with the chemical aspects of biomolecule extraction from *Zophobas morio*, including the influence of different solvents, lipid, and protein extraction mechanisms, and comparative analysis of solvents on their efficiency and safety. *The study aims* to optimize the extraction of lipids and proteins from *Zophobas morio* larvae, emphasizing the choice of solvents, protein precipitation methods, and amino acid composition analysis. *Results and discussion.* Optimization of lipid extraction conditions showed that the most effective extractants were petroleum ether, providing maximum lipid yield (65.55%), and chloroform with ejection capacity (44.85%). Among the studied methods of protein extraction and precipitation, precipitation at the isoelectric point after alkaline extraction was the most effective, which gave a protein yield of 66.09% of the initial dry matter, much higher than that of acetone precipitation after aqueous extraction (36.9%). Analysis of amino acid composition of protein concentrate revealed the presence of 15 amino acids, 10 of which are essential. The essential amino acid index was 1.81, which is significantly higher than traditional protein sources such as fishmeal and soya, and comparable to casein. These results confirm the high purity and efficiency of the isoelectric precipitation method applied for the first time to *Zophobas morio*, highlighting its industrial potential. *Conclusion.* The study confirmed that the choice of solvent and precipitation method significantly affects the efficiency of lipid extraction and protein precipitation from *Zophobas morio*, with petroleum ether proving to be the most efficient extractant for lipids and precipitation at the isoelectric point, the optimal method for protein extraction. The research results demonstrate the promising potential of the methods used to obtain protein concentrate from *Zophobas morio* for the food and feed industry as a sustainable and high-quality alternative to traditional protein sources.

Keywords: lipids, extraction, solvents, protein concentrate, insects.

Zhatkanbayeva Zhanna	Candidate of Chemical Sciences; E-mail: zhanna01011973@mail.ru
Kurtibay Kuanysh	Master's Student in Natural Sciences; E-mail: kurtibayqb@gmail.com
Zhatkanbayev Yerlan	Doctor of Technical Sciences; E-mail: kurtibayqb@gmail.com
Kappassuly Alisher	Master of Engineering and Technology; E-mail: kappasuly@mail.ru
Riccardo Fedeli	PhD; E-mail: riccardo.fedeli@unisi.it

Citation: Zhatkanbayeva Zh., Kurtibay K., Zhatkanbayev Ye., Kappassuly A., Fedeli R. Chemical aspects of biomolecule extraction from *Zophobas morio* larvae: lipid and protein extraction mechanisms and solvent efficiency analysis. *Chem. J. Kaz.*, 2025, 1(89), 150-159. DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.15>

Introduction

According to the projections of the Food and Agriculture Organization (FAO) of the United Nations, the global population will reach 9 billion by 2050 [1], and protein consumption in the diet is expected to increase by 22% by 2030 and by 25% by 2050 [2]. However, the growth in the production of traditional protein sources (meat, fish, and dairy products) is associated with significant environmental consequences, including greenhouse gas emissions, increased water consumption, and land degradation [3-5]. Therefore, there is a need to identify alternative, environmentally sustainable protein sources. One promising solution is the use of insects, which serve as a valuable source of proteins, fats, and minerals while having a minimal environmental footprint [6].

The larvae of *Zophobas Morio* (superworms) are already utilized in the feed industry due to their high nutritional value, as their protein composition and amino acid profile are often comparable to or even superior to conventional feed ingredients. Their biomass contains 43.13–51.62 g of protein and 32.8–43.54 g of lipids per 100 g of dry weight [7,8]. Studies indicate that *Zophobas morio* surpasses traditional feed ingredients in protein content, reaching 68.05 g/100 g [9], making them a promising resource for the food and feed industries. During the larval stage, the protein content varies between 39.4 and 49.96 g/100 g [8,10-15].

Despite the high potential of *Zophobas morio*, selecting optimal lipid and protein extraction methods remains a challenge. This is primarily due to variations in solvent efficiency, toxicity, and industrial applicability. This study aims to determine the optimal conditions for lipid and protein extraction from *Zophobas morio* larvae, analyze the amino acid composition of the protein concentrate, and assess its potential applications in the biotechnology and food industries.

2. Experimental Part

2.1 Research Object.

Larvae of the insect *Zophobas morio* were reared under laboratory insectarium conditions using wheat bran, selected fruits and vegetables as feed. Sample preparation stages: preparation of live larvae samples in Petri dishes without feeding for 24 hours, rinsing with distilled water to remove external contaminants (dirt, sand, and organic residues) and drying in a convection oven at 70°C for 24 hours, grinding of dry larvae with a laboratory blender and storage at -20°C until experiments) [16].

2.2 Lipid extraction from *Zophobas morio* larvae.

Representative samples weighing 100 g of dried larval powder were used for extraction. Extraction was carried out for 6 h using the following solvents: petroleum ether (70-100°C, reagent), n-hexane (reagent), chloroform (GOST 20015-88), and ethanol (96.3%) using a Soxhlet apparatus (DWK Life Sciences, Germany) [17]. The solvent was removed using a rotary evaporator (Labconco No 600310, USA) equipped with a water bath at the following temperature

conditions: 40°C for 30 min at 800 mbar and 60°C until complete evaporation of the solvent [16].

2.3 Protein extraction from *Zophobas morio* larvae

Distilled water and 1M NaOH were used for protein extraction after preliminary defatting of larval biomass. The extraction was carried out at 40°C for 60 min as follows: 10 g of dry sample was mixed with 200 ml of water and 0.2 g of ascorbic acid, then centrifuged at 10,000 rpm for 30 min at 4°C and filtered. The supernatant was used for protein extraction and protein concentrate preparation. Protein extraction was carried out by isoelectric and acetone precipitation methods [18].

For isoelectric precipitation, 100 ml of the supernatant of the extract was centrifuged (10,000 rpm, 4°C) for 10 minutes. The separated precipitate was dried at 60°C to constant weight. The procedure was repeated for different pH values of the extract solution at pH 6, 5, 4, 3, 1. For protein precipitation with acetone, 40 ml of ice-cold acetone was added to 10 ml of aqueous protein extract. The mixture was incubated at -20°C for 1 hour, then centrifuged (10,000 rpm, 4°C) and the precipitate was dried at 60°C for 24 hours until a constant weight was reached [18].

2.4 Hydrolysis method for protein concentrate

Hydrolysis of the protein concentrate, weighing 0.100±0.001 g, was performed in 10.0 mL of hydrochloric acid (1:1) in a hydrolysis vial with a screw cap under stirring and heating at 110°C for 14–16 hours. The hydrolysate samples were then cooled to room temperature and filtered using «blue ribbon» filter paper, collecting the filtrates in airtight containers [19, 20].

2.5 Protein quality assessment

Protein quality assessment was carried out using the Essential Amino Acid Index (EAAI), which reflects the content of all essential amino acids relative to a reference protein [21]. The Essential Amino Acid Index (EAAI) was calculated using the following formula [22]:

$$EAAI = \sqrt[n]{\frac{aa_1}{AA_1} \times \frac{aa_2}{AA_2} \times \dots \times \frac{aa_n}{AA_n}}$$

Where *aa* - content of essential amino acid in the sample under study; *AA* - content of essential amino acid according to literature data; *n* - number of essential amino acids.

3. Results and Discussion

Studies on the nutritional composition of edible insect species, such as *Zophobas morio*, remain limited. This species belongs to the order Coleoptera, which includes darkling beetles [12]. Insects are rich in both proteins and lipids, which are released during protein extraction and contribute significantly to nutrition [22]. Although much research has focused on the fatty acid composition

of wild edible insects [23, 24], some studies have examined insects used for animal feed [25].

Zophobas morio larvae are recognized as a valuable source of high-quality protein and lipids. The nutritional composition of this species has been studied by various authors (Table 1). Lipid extraction from these larvae is essential, as residual lipids can reduce the efficiency of protein fraction isolation. This is due to the formation of lipid-protein complexes stabilized by hydrophobic and Van der Waals interactions, as well as ionic bonds between amino acids and phospholipids in lipid membranes [26].

Table 1 - Protein and lipid content in the dry matter (g/100g) of *Zophobas morio* (ZM) larvae

Lipids, g/100g	Proteins, g/100g	Country	Source
43.64 ± 0.47	46.80 ± 1.78	Brazil	[14]
40.8	43.13	USA	[24]
14.25	68.05	Netherlands	[8]
35 ± 0.1	46 ± 1.0	Indonesia	[11]
34 ± 1.8	48.1 ± 0.6	Czech Republic	[12]
39.1 ± 0.4	39.4 ± 0.1	Poland	[26]
28.98	49.96	Indonesia	[13]

The high hydrophobicity of lipids and their propensity to clot reduce protein solubility, and lipids can change their isoelectric points and promote protein denaturation [27, 28]. Therefore, effective removal of lipids is necessary for successful protein fraction isolation.

In this study, the following organic solvents were used for lipid extraction: petroleum ether, chloroform, n-hexane, and ethanol. The results allow for the selection of optimal extraction conditions that enable the efficient removal of lipids while minimizing their impact on protein structures and improving process efficiency. The analysis of different solvents' effectiveness demonstrated that the highest lipid yield (65.55 ± 2.43) was achieved using petroleum ether, attributed to its low solvating ability when applied to nonpolar compounds. Chloroform also exhibited relatively high extraction efficiency (44.58 ± 2.41), confirming its reactivity in lipid extraction. Meanwhile, n-hexane and ethanol showed comparatively lower lipid yields (35.8 ± 1.60 and 34.3 ± 2.28 , respectively), which may be due to their lower solubility for lipid components in larvae.

Optimization of the extraction conditions and protein concentration showed that the most effective method is deposition at an isoelectric point during alkaline extraction (1M NaOH), which provided a protein yield of 66.09%, significantly exceeding the result with acetone (36.9%). The efficiency of the isoelectric deposition is explained by the pH stabilization, which facilitates the aggregation of protein molecules and their precipitation. In contrast, acetone deposition is based on the dehydration of the macromolecules resulting in lower output.

Moreover, the deposition of acetone allows the purity of the product up to 99.19% by removing the water associated with the protein [22]. Studies have shown that the type of solvent plays a key role in protein composition and output, while temperature and duration of extraction do not have a significant influence. This is due to the natural solubility of proteins in aqueous solutions at elevated pH, which is caused by their polyampholite structure [29,30] and promotes deposition. The protein yield depends more on the ionic composition of the medium than on temperature conditions [31, 32]. The protein concentrate obtained by isoelectric deposition was a dark brown amorphous substance. Isoelectric precipitation achieved a protein yield of 66.09% from 100 g of the initial dry matter

Amino acids in protein concentrate obtained by isoelectric deposition were identified by capillary electrophoresis (Fig. 1, Table 2).

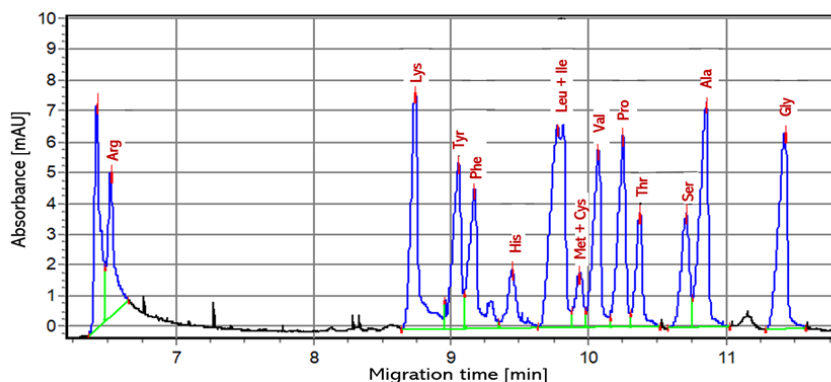


Figure 1 - Electropherogram of the amino acid composition of the protein concentrate

The obtained results, presented in Table 2, provide a detailed characterization of the amino acid composition of the protein concentrate and allow for an assessment of its nutritional value.

Table 2 - Amino acid composition of the protein concentrate

№	Amino acid	Content, %
1	Arginine (Arg)	7.696±3.078
2	Lysine (Lys)	6.790±2.309
3	Tyrosine (Tyr)	10.412±3.124
4	Phenylalanine (Phe)	9.507±2.852
5	Histidine (His)	3.893±1.947
6	Leucine + Isoleucine (Leu + Ile)	8.148±2.119
7	Methionine + Cysteine (Met + Cys)	2.626±0.893
8	Valine (Val)	6.790±2.716
9	Proline (Pro)	6.790±1.766
10	Threonine (Thr)	3.848±1.539
11	Serine (Ser)	3.803±0.989
12	Alanine (Ala)	6.338±1.648
13	Glycine (Gly)	4.391±1.493

The amino acid composition of the resulting protein concentrate was compared with other literature data and known sources of protein for assessment of its quality and biological value (Table. 3).

In the amino acid composition study of protein concentrate, 15 amino acids were identified, 10 of which belong to a group of essential amino acids. These amino acids play a fundamental role in the metabolism and biosynthesis processes of the body, serving as key components for maintaining normal physiological functions.

The obtained data confirm that the protein concentrate extracted from the larvae of *Zophobas morio* has high nutritional characteristics in terms of both essential and substitutable amino acids. The essential amino acid index (EAAI) was 1.81, which is significantly higher than values in traditional protein sources such as fish meal and soy, and comparable to casein.

Table 3 - Amino acid content in the protein concentrate compared to literature data

№	Amino Acids	<i>Zophobas morio</i> (studied)	<i>Zophobas morio</i> [22]	Fish Meal [32]	Soy [22]	Casein [22]	1985 FAO/WHO /UNU [21]
Essential Amino Acids							
1	Histidine	3.9	3.1	1.37	2.5	3.2	1.5
2	Isoleucine	8.1	4.6	2.35	4.7	5.4	3.0
3	Leucine		7.1	3.83	8.5	9.5	5.9
4	Lysine	6.8	5.4	4.10	6.3	8.5	4.5
5	Methionine	2.6	2.4	2.34	2.4	3.5	2.2
6	Cysteine						
7	Phenylalanine	9.5	11.1	2.15	9.7	11.1	3.8
8	Tyrosine	10.4		1.91			
9	Threonine	3.8	4.0	2.62	3.8	4.2	2.3
10	Tryptophan	–	1.4	–	1.1	1.4	0.6
11	Valine	6.8	6.3	2.62	4.9	6.3	3.9
Total		77.22	45.4	23.29	43.9	53.1	27.7
Non-Essential Amino Acids							
12	Alanine	6.3	6.8	3.76	–	–	–
13	Arginine	7.7	5.4	3.87	–	–	–
14	Aspartic Acid	–	8.2	5.32	–	–	–
15	Glycine	4.4	12.7	4.85	–	–	–
16	Serine	3.8	4.8	2.82	–	–	–
17	Proline	6.8	5.6	3.13	–	–	–
18	Glutamic Acid	–	4.2	7.64	–	–	–
Total		29	47.7	31.39	–	–	–
EAAI		1.81	1.66	0.88	1.56	1.93	–

This demonstrates the high quality of the protein, making it promising for use in food and feed additives, as well as opening up new applications in biotechnology and the food industry. The highest levels of amino acids are found

in tyrosine (10.41%), phenylalanine (9.51%), and leucine + isoleucine (8.15%), which highlights their importance in biosynthesis and metabolic processes. Also, high levels of arginine (7.70%), lysine (6.79%), and valine (6.79%) confirm the potential of protein concentrate as a rich source of essential amino acids. Proline (6.79%), alanine (6.34%), serine (3.80%), and threonine (3.85%) play key roles in collagenogenesis and carbohydrate exchange, and low levels of histidine (3.89%) and methionine + cysteine (2.63%) may indicate a deficiency of these amino acids, but their level is sufficient for normal metabolism. These results underline the high quality of the protein from *Zophobas morio* and its potential for use in dietary supplements, biotechnology, nutrition, and feed production.

The findings of this study may serve as a basis for further scientific research and the development of innovative products in the fields of biotechnology, nutraceuticals, and feed production.

4. Conclusion

The study successfully identified optimal conditions for lipid and protein extraction from *Zophobas morio* larvae using various solvents. Chloroform demonstrated a high extraction efficiency (44.85%), while petroleum ether showed the highest lipid yield (65.55%). In protein concentration, isoelectric precipitation proved to be the most effective method, yielding 66.09%, significantly outperforming acetone precipitation (36.9%). This emphasizes the importance of protein aggregation properties and pH stability for efficient precipitation with minimal loss. The study confirms that isoelectric precipitation offers an optimal combination of high yield and protein purity for separating proteins from *Zophobas morio*. Additionally, the lipid and protein fractions derived from these larvae have promising applications in the food and biotechnology industries, with lipid extracts useful for food ingredients, feed formulations, and pharmaceuticals, while protein concentrates provide a valuable alternative protein source.

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

ZOPHOBAS MORIO ДЕРНӘСІЛДЕРІНЕН БИОМОЛЕКУЛАЛАРДЫ АЛУДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ: ЛИПИДТЕР МЕН АҚУЫЗДАРДЫ АЛУ МЕХАНИЗМДЕРІ ЖӘНЕ ЕРІТКІШ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ

Ж. Жатқанбаева^{*1}, Қ. Куртибай^{1,2}, Е. Жатқанбаев^{2,3}, А. Қаппасұлы^{2,3}, Р. Федели⁴

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

²«Экологиялық және өнеркәсіптік биотехнология ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС, Астана, Қазақстан

³Қ. Құлажанов атындағы Қазақ технология және бизнес университеті, Астана, Қазақстан

⁴Сиена университеті, Сиена, Италия

*E-mail: zhanna01011973@mail.ru

Түйіндемe. Кіріспе. Бұл зерттеуде биомолекулаларды экстракциялау процесінің химиялық аспектілері, соның ішінде әртүрлі еріткіштердің әсері, липидтер мен ақуыздарды бөліп алу механизмдері, сондай-ақ еріткіштердің экстракциялық тиімділігі мен қауіпсіздігі тұрғысынан салыстырмалы талдауы қарастырылады. Жұмыстың мақсаты *Zophobas morio* дернәсілдерінен

липидтер мен ақуыздарды экстракциялау процесін оңтайландыру, оның ішінде еріткіштерді таңдау, ақуыздарды тұндыру әдістері және аминқышқылдық құрамды талдау. *Нәтижелер және талқылау.* Липидтерді экстракциялау шарттарын оңтайландыру нәтижесінде ең тиімді экстрагенттер петролей эфирі (65.55% максималды шығым) және хлороформ (44.85% экстракциялық қабілеті) екені анықталды. Ақуыздарды экстракциялау және тұндыру әдістері ішінде ең тиімдісі – сілтілік экстракциядан кейінгі изоэлектрлік нүктеде тұндыру болды, бұл ақуыз шығымын 66.09% дейін жеткізуге мүмкіндік берді. Бұл көрсеткіш ацетонмен тұндыру әдісінен кейінгі су экстракциясына карағанда айтарлықтай жоғары (36,9%). Ақуыз концентратының аминқышқылдық құрамы 15 аминқышқылынан тұратынын көрсетті, оның 10-ы – алмастырылмайтын аминқышқылдары. Алмастырылмайтын аминқышқылдарының индексі 1.81-ге тең болды, бұл дәстүрлі ақуыз көздері – балық ұны мен соядан әлдеқайда жоғары және казеинге жақын. Бұл нәтижелер *Zophobas morio* үшін алғаш рет қолданылған изоэлектрлік тұндыру әдісінің жоғары тазалығы мен тиімділігін растайды, сондай-ақ оның өнеркәсіптік әлеуетін айқындайды. *Қорытынды.* Зерттеу көрсеткендей, липидтер мен ақуыздарды экстракциялау тиімділігі еріткішті таңдау және тұндыру әдістеріне айтарлықтай тәуелді. Петролей эфирі липидтерді экстракциялауда ең тиімді экстрагент болып табылса, ал ақуыздарды бөліп алудың оңтайлы әдісі ретінде изоэлектрлік нүктеде тұндыру анықталды. Зерттеу нәтижелері *Zophobas morio* негізіндегі ақуыз концентратын азық-түлік және мал азығы өнеркәсібінде дәстүрлі ақуыз көздеріне орнықты және жоғары сапалы балама ретінде пайдаланудың перспективасы екенін дәлелдейді.

Түйінді сөздер: липидтер, экстракция, еріткіштер, ақуыз концентраты, жәндіктер.

Жатқанбаева Жанна	химия ғылымдарының кандидаты, доцент;
Куртибай Қуаныш	жаратылыстану ғылымдарының магистранты,
Жатқанбаев Ерлан	техника ғылымдарының докторы
Қапнасұлы Әлішер	техника және технология магистрі
Риккардо Федели	PhD

ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСТРАКЦИИ БИОМОЛЕКУЛ ИЗ ЛИЧИНОК *ZOPHOBAS MORIO*: МЕХАНИЗМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛИПИДОВ И БЕЛКОВ И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

Ж. Жатқанбаева^{*1}, К. Куртибай^{1,2}, Е. Жатқанбаев^{2,3}, А. Каппасулы^{2,3}, Р. Федели⁴

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

² ТОО «Научно-производственный центр экологической и промышленной биотехнологии», Астана, Казахстан

³ Казахский университет технологии и бизнеса имени К. Кулажанова, Астана, Казахстан

⁴ Университет Сиены, Сиена, Италия

*E-mail: zhanna01011973@mail.ru

Резюме. Введение. В данном исследовании рассматриваются химические аспекты экстракции биомолекул, включая влияние различных растворителей, механизмы выделения липидов и белков, а также сравнительный анализ растворителей на их экстракционную эффективность и безопасность. *Целью исследования является оптимизация экстракции липидов и белков из личинок *Zophobas morio* с акцентом на выбор растворителей, методы осаждения белков и анализ аминокислотного состава. Результаты и обсуждение.* Оптимизация условий экстракции липидов показала, что наиболее эффективными экстрагентами являются петролейный эфир, обеспечивающий максимальный выход липидов (65.55%) и хлороформ с экстракционной способностью (44.85%). Среди изученных методов экстракции и осаждения белков наиболее эффективным оказалось осаждение при изоэлектрической точке после щелочной экстракции, что обеспечило выход белка 66.09% от исходного сухого вещества, значительно превышая выход при осаждении ацетоном после водной экстракции (36.9%). Анализ аминокислотного состава белкового концентрата выявил наличие 15 аминокислот, из которых 10 являются незаменимыми. Индекс незаменимых аминокислот составил 1.81, что существенно превышает показатели

традиционных белковых источников, таких как рыбная мука и соя, и сопоставимо с казеином. Данные результаты подтверждают высокую чистоту и эффективность метода изоэлектрического осаждения, впервые примененного к *Zophobas morio*, что подчеркивает его промышленный потенциал. **Закключение.** Исследование подтвердило, что выбор растворителя и метода осаждения существенно влияет на эффективность экстракции липидов и осаждения белков из *Zophobas morio*, при этом петролейный эфир оказался наиболее эффективным экстрагентом для липидов, а осаждение при изоэлектрической точке – оптимальным методом выделения белков. Полученные результаты демонстрируют перспективность используемых методов для получения белкового концентрата из *Zophobas morio* в пищевой и кормовой промышленности как устойчивой и высококачественной альтернативы традиционным источникам белка.

Ключевые слова: липиды, экстракция, растворители, белковый концентрат, насекомые.

Жатқанбаева Жанна	кандидат химических наук, доцент
Куртибай Қуаныш	магистрант естественных наук
Жатқанбаев Ерлан	доктор технических наук
Қаппасұлы Әлішер	магистр техники и технологии
Риккардо Федели	PhD

References

1. Food and Agriculture Organization of the United Nations. *FAO Statistical Yearbook (2013). World food and agriculture. 2013.* Available at: <https://www.fao.org/4/i3107e/i3107e.pdf> (accessed March 15, 2025).
2. FAO/WHO. *The State of Food and Agriculture: Leveraging Food Systems for Inclusive Rural Transformation. 2017.* Available at: <http://openknowledge.fao.org/items/2f47c5f5-0950-4b4f-8d14-ba796e618a49> (accessed March 15, 2025).
3. Boland M. J., Rae A. N., Vereijken J. M., Meuwissen M. P., Fischer A. R., van Boekel M. A., Hendriks W. H. The future supply of animal-derived protein for human consumption. *Trends Food Sci. Technol.*, **2013**, 29, No. 1, 62–73. DOI: 10.1016/j.tifs.2012.07.002.
4. Valipour M., Ziatabar Ahmadi M., Raeini-Sarjaz M., Gholami Sefidkouhi M. A., Shahnazari A., Fazlola R., Darzi-Naftchali A. Agricultural water management in the world during past half century. *Arch. Agron. Soil Sci.*, **2015**, 61, No. 5, 657–678. DOI: 10.1080/03650340.2014.944903.
5. Molden D. Water for food water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. *Routledge*, **2013**. DOI: 10.4324/9781849773799.
6. Van Huis A., Oonincx D. G. The environmental sustainability of insects as food and feed. A review. *Agron. Sustain. Dev.*, **2017**, 37, 1–14. DOI: 10.1007/s13593-017-0452-8.
7. Bosch G., Zhang S., Oonincx D. G., Hendriks W. H. Protein quality of insects as potential ingredients for dog and cat foods. *J. Nutr. Sci.*, **2014**, 3, e29. DOI: 10.1017/jns.2014.23.
8. Oonincx D. G. A. B., Dierenfeld E. S. An investigation into the chemical composition of alternative invertebrate prey. *Zoo Biol.*, **2012**, 31, No. 1, 40–54. DOI: 10.1002/zoo.20382.
9. Ekpo K. E., Onigbinde A. O., Asia I. O. Pharmaceutical potentials of the oils of some popular insects consumed in southern Nigeria. *Afr. J. Pharm. Pharmacol.*, **2009**, 3, No. 2, 51–57. DOI: 10.5897/AJPP.9000216.
10. Govorushko S. Global status of insects as food and feed source: A review. *Trends Food Sci. Technol.*, **2019**, 91, 436–445. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.07.032.
11. Adámková A., Mlček J., Kouřimská L., Borkovcová M., Bušina T., Adámek M., Krajsa J. Nutritional potential of selected insect species reared on the island of Sumatra. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, **2017**, 14, No. 5, 521. DOI: 10.3390/ijerph14050521.
12. Kulma M., Kouřimská L., Homolková D., Božik M., Plachý V., Vrabec V. Effect of developmental stage on the nutritional value of edible insects. A case study with *Blaberus craniifer* and *Zophobas morio*. *J. Food Compos. Anal.*, **2020**, 92, 103570. DOI: 10.1016/j.jfca.2020.103570.
13. Kuntadi K., Adalina Y., Maharani K. E. Nutritional compositions of six edible insects in Java. *Indones. J. For. Res.*, **2018**, 5, No. 1, 57–68. DOI: 10.59465/ijfr.2018.5.1.57-68.
14. Araújo R. R. S., dos Santos Benfica T. A. R., Ferraz V. P., Santos E. M. Nutritional composition of insects *Gryllus assimilis* and *Zophobas morio*: Potential foods harvested in Brazil. *J. Food Compos. Anal.*, **2019**, 76, 22–26. DOI: 10.1016/j.jfca.2018.11.005.

15. Adámková A., Mlček J., Adámek M., Borkovcová M., Bednářová M., Hlobilová V., Juríková T. *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae)—Optimization of rearing conditions to obtain desired nutritional values. *J. Insect Sci.*, **2020**, 20, No. 5, 24. DOI: 10.1093/jisesa/ieaa100.
16. Tzompa-Sosa D. A., Yi L., van Valenberg H. J., van Boekel M. A., Lakemond C. M. Insect lipid profile: aqueous versus organic solvent-based extraction methods. *Food Res. Int.*, **2014**, 62, 1087–1094. DOI: 10.1016/j.foodres.2014.05.052.
17. Soxhlet F. V. Die gewichts analytics he best immung des milchfettes. *Polytech. J.*, **1879**, 232, No. 5, 461–465.
18. Gresiana F., Marpaung A. M., Sutanto H. Protein isolation from cricket (*Gryllus mitratus*). *Doctoral dissertation, Swiss German University*, **2015**. Доступно по ссылке: <http://repository.sgu.ac.id/id/eprint/1641>.
19. GOST R 55569-2013. *Korma, kombikorma, kormovoe syr'e: Opredelenie proteinogennykh aminokislot metodom kapillyarnogo elektroforeza* [State Standard R 55569-2013. Feed, compound feed, and feed raw materials: Determination of proteinogenic amino acids by capillary electrophoresis method]. Moscow, Standardinform Publ., **2014**.
20. M 04-38-2009. *Metodika izmereniya massovoy doli aminokislot v kormakh, kombikormakh i syr'e dlya ikh proizvodstva metodom kapillyarnogo elektroforeza "Kapel-105M"* [Methodology for measuring the mass fraction of amino acids in feeds, compound feeds, and raw materials for their production by capillary electrophoresis method "Kapel-105M"]. Moscow, **2014**, 49 p.
21. World Health Organization. *Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. World Health Organ. Tech. Rep. Ser.*, **1985**, 724, 1–206. PMID: 3937340.
22. Yi L., Lakemond C. M., Sagis L. M., Eisner-Schadler V., Van Huis A., van Boekel M. A. Extraction and characterisation of protein fractions from five insect species. *Food Chem.*, **2013**, 141, No. 4, 3341–3348. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.05.115.
23. Bukkens S. G. The nutritional value of edible insects. *Ecol. Food Nutr.*, **1997**, 36, No. 2–4, 287–319. DOI: 10.1080/03670244.1997.9991521.
24. Rumpold B. A., Schlüter O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Mol. Nutr. Food Res.*, **2013**, 57, No. 5, 802–823. DOI: 10.1002/mnfr.201200735.
25. Finke M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol.*, **2002**, 21, No. 3, 269–285. DOI: 10.1002/zoo.10031.
26. Mlček J., Adámková A., Adámek M., Borkovcová M., Bednářová M., Knížková I. Fat from *Tenebrionidae* bugs—sterols content, fatty acid profiles, and cardiovascular risk indexes. *Pol. J. Food Nutr. Sci.*, **2019**. DOI: 10.31883/pjfn/109666.
27. Grossmann L., McClements D. J. Current insights into protein solubility: A review of its importance for alternative proteins. *Food Hydrocoll.*, **2023**, 137, 108416. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2022.108416.
28. Fan L., Xie P., Wang Y., Huang Z., Zhou J. Biosurfactant–protein interaction: influences of mannosylerythritol lipids-A on β -glucosidase. *J. Agric. Food Chem.*, **2018**, 66, No. 1, 238–246. DOI: 10.1021/acs.jafc.7b04469.
29. Wilson K., Hofmann A., Walker J. M., Clokie S. (Eds.). *Wilson and Walker's principles and techniques of biochemistry and molecular biology*. Cambridge, Cambridge University Press, **2018**, 961 p. DOI: 10.1017/9781316677056.
30. Kudaibergenov S. E. Synthetic and natural polyampholytes: Structural and behavioral similarity. *Polym. Adv. Technol.*, **2021**, 32, No. 3, 906–918. DOI: 10.1002/pat.5145.
31. Kulma M., Kouřimská L., Plachý V., Božik M., Adámková A., Vrabec V. Effect of sex on the nutritional value of house cricket, *Acheta domestica* L. *Food Chem.*, **2019**, 272, 267–272. DOI: 10.1016/j.foodchem.2018.08.049.
32. Sechin E. N., Marakaev O. A., Gavrilov G. B. Amino acid composition of vegetative organs of *Dactylorhiza maculata* (L.) Soó (Orchidaceae). *Chem. Plant Raw Mater.*, **2019**, No. 2, 135–143. DOI: 10.14258/jcpm.2019024364.
33. Ursu R. V., Guseva Yu. A., Pigina S. Yu., Vasiliev A. A., Vorontsova E. S. Quantitative and qualitative amino acid analysis of alternative protein sources in compound feeds. *Proc. Lower Volga Agro-Univ. Complex*, **2022**, 4 (68), 362–369 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2022-04-44.

CATALYSTS BASED ON POLYMER-CLAY COMPOSITES

S.N. Saryuisin^{1,2*}, Zh.K. Korganbayeva¹, E.T. Talgatov²,
A.K. Zharmagambetova^{1,2}, Zh.N. Kainarbayeva³

¹Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan

²D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry, Almaty, Kazakhstan

³JSC «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences», Almaty, Kazakhstan

*E-mail: Saryuisin.sn@gmail.com

Abstract: *Introduction.* The history of polymer-clay composites dates back to the mid-20th century when the addition of clay minerals such as montmorillonite to polymer matrices was found to significantly enhance their mechanical and thermal properties. They are used in environmentally friendly processes, redox reactions, and pollutant remediation. The introduction of nanotechnology has further advanced these materials by enabling nanoscale dispersion of clay particles, increasing their surface area and interaction with polymers. In recent years, research has focused on environmentally friendly materials, particularly biopolymer matrices such as chitosan and starch. *Objective of the study.* This review aims to analyze the latest developments in polymer-clay composite-based catalysts, highlighting key challenges and identifying promising research directions. *Results and Discussion.* Polymer-clay composites provide structural stability, improved mechanical strength, and high thermal resistance. The integration of clay minerals such as montmorillonite or zeolites enhances adsorption capacity and ion-exchange properties, making these materials highly effective in catalysis and environmental applications. Metal nanoparticles (e.g., Pd, Ni, Cu), embedded in polymer-clay matrices, significantly boost catalytic activity, offering efficient solutions for oxidation, reduction, and energy conversion reactions. However, challenges remain in polymer degradation, catalyst deactivation, and scalability for industrial applications. *Conclusions.* Advancements in hybrid polymer-clay composites with metal nanoparticles offer promising directions for green chemistry and sustainable catalysis. Future research should focus on improving the stability, scalability, and functionalization of these materials to enhance their practical applications in industrial and environmental processes.

Key words: polymer-clay composites, metal nanoparticles, catalysis, composite synthesis, green chemistry.

Saryuisin Saniya Nurbekkyzy	PhD doctoral student; E-mail: Saryuisin.sn@gmail.com
Korganbayeva Zhanar Kozhamberdykyzy	Candidate of chemical sciences; E-mail: korganbaeva.zhan@mail.ru
Talgatov Eldar Talgatovich	PhD, Professor acting; E-mail: e.talgatov@ifce.kz
Kainarbayeva Zhaniya Nurbekovna	Master; E-mail: zhaniya.kn@gmail.com
Zharmagambetova A.K	Doctor of Chemical Sciences, Professor; E-mail: zhalima@mail.ru

Citation: Saryuisin S.N., Korganbayeva Zh.K., Talgatov E.T., Kainarbayeva Zh.N., Zharmagambetova A.K. Catalysts based on polymer-clay composites (Review). *Chem. J. Kaz.*, **2025**, 1(89), 160-172. DOI: <https://doi.org/10.51580/2025-1.2710-1185.16>

1. Introduction

The history of polymer-clay composites dates back to the mid-20th century when it was first recognized that the addition of clay minerals, such as montmorillonite, to polymer matrices could significantly enhance their mechanical and thermal properties [1, 2]. A major milestone in the development of these materials was the introduction of nanotechnology, which enabled the fabrication of composites with clay nanoparticles capable of increasing surface area and interacting with the polymer at the molecular level. In recent decades, research has increasingly focused on environmentally friendly materials, including biopolymer matrices such as starch, chitosan, and others [3–5].

The significance of catalysts based on polymer-clay composites and metal nanoparticles stems from their unique properties and broad application prospects across various scientific and industrial fields [6–8]. These catalysts represent innovative materials with exceptional characteristics, including a high specific surface area, enhanced catalytic activity, and the ability to be modified for various applications [9,10]. This combination of properties makes them highly effective for conducting complex chemical reactions, including redox processes, degradation of organic pollutants, and energy conversion [11].

Polymer-clay composites provide structural stability, improved mechanical strength, and high thermal resistance [12]. The incorporation of clays such as montmorillonite or zeolites enhances their adsorption properties and ion-exchange capacity, making them highly effective in water purification processes and the separation of complex mixtures [13]. Metal nanoparticles, such as gold, palladium, or silver, integrated into the composite matrix, significantly enhance catalytic activity by creating active sites for oxidation, reduction, and hydrogenation reactions [14, 15].

Their potential is particularly important in environmental chemistry, where such composites can be utilized for the purification of water and air from toxic substances. In industrial chemistry, they contribute to reducing the energy intensity of processes and minimizing the formation of by-products [16]. Furthermore, they can serve as the foundation for the development of more accessible and cost-effective catalysts, replacing conventional catalysts based on precious metals and toxic substances. This is especially relevant when utilizing locally available materials and inexpensive polymers, promoting sustainable development and resource conservation.

The objective of this review article is to analyze the latest advancements in the development of catalysts based on polymer-clay composites, identify key challenges, and determine promising directions for further research.

2. Polymer-Clay Composites as a Basis for Catalysts

2.1 Structure and Properties of Polymer-Clay Composites

Clays are used as fillers in composites due to their unique properties, including high specific surface area, interlayer swelling capability, high adsorption capacity, and mechanical strength [17].

Natural clays are layered minerals consisting of alternating layers of silicon and aluminum oxides. These layers contain cavities and interlayer spaces that can retain water molecules, metal ions, and organic compounds. The primary active sites of clays are located either on their surface or within the interlayer regions, where adsorption and ion-exchange processes can take place (Table 1). Due to these properties, clays can interact with various chemical substances, making them effective catalyst supports. Their natural microporous structure allows for the immobilization of active substances, ensuring a high interaction surface, which is crucial for catalysis.

Table 1 - Comparison of the characteristics of smectite clays

Parameter	Montmorillonite	Hectorite	Saponite	Beidellite
Chemical formula	$(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$(\text{Na,Ca})_{0.3}(\text{Mg,Li})_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	$(\text{Na,Ca})_0.3(\text{Mg,Al})_3(\text{Si,Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$	$(\text{Ca})_{0.3}(\text{Al,Mg})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
Main elements	Si, Al, Mg, Na	Si, Mg, Li	Si, Mg, Al	Si, Al, Mg, Ca
Layer type	2:1	2:1	2:1	2:1
Interlayer spacing (Å)	12-15	12-14	11-13	10-12
Type of interlayer cations	$\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}$	$\text{Na}^+, \text{Ca}^{2+}$	Ca^{2+}
Cation exchange capacity (meq/100 g)	80-150	50-70	80-120	40-60
Specific surface area (m^2/g)	600-800	300-600	500-700	400-500
Thermal stability ($^{\circ}\text{C}$)	200-600	200-700	200-600	200-700

In catalysis, polymers ensure control over reagent access to active sites. Polymers play a crucial role in catalysis by controlling the accessibility of reactants to active sites and preventing their deactivation under harsh conditions such as high temperatures or aggressive chemical environments. Polymers used in composite materials are classified into synthetic and natural matrices. Examples of synthetic polymers include polyacrylic acid, polyethyleneimine, and polyvinyl alcohol, which can interact with clay particles, enhancing the catalytic performance of the composite. Synthetic polymers form structures where molecules or metal nanoparticles are evenly distributed, preventing aggregation and loss of activity. However, composites based on polyethylene glycol (PEG) and other synthetic polymers are rarely used as catalysts and adsorbents due to their chemical inertness, weak chelating properties, and low thermal stability, which limits their application in catalytic and adsorption processes. Additionally,

they exhibit poor mechanical strength and may block active sites in the composite, reducing its overall efficiency.

With the advent of green chemistry in catalysis, natural biopolymers such as cellulose, chitosan, pectin, starch, alginate, gelatin, and casein have increasingly been used as matrix materials. Biopolymers, derived from plant residues and microbial sources, are environmentally friendly [19]. They are widely available, cost-effective, and their composites readily degrade in natural environments [18]. At the molecular level, the interaction between polymers and clays in composites occurs through various physicochemical mechanisms, including adsorption, ion exchange, hydrogen bonding, and covalent interactions. Polymer chains can intercalate into the interlayer spaces of clays, increasing the distance between layers and creating a porous structure. Functional groups in polymers (e.g., amino groups in chitosan or carboxyl groups in polyacrylic acid) can bind to surface ions of clays, enhancing adhesion between phases. This interaction strengthens the composite's stability and promotes uniform distribution of active sites, which is particularly important for catalysis. As a result, polymer-clay composites exhibit a synergistic effect: the polymer protects active particles, while the clay ensures their accessibility to reactants.

2.2. Methods for synthesizing polymer-clay composites

Polymer-clay composites can be synthesized using various methods, each with its specific features and advantages. The choice of a particular method depends on the required properties of the final material and its intended application conditions.

1. Polymer intercalation into clay interlayer spaces

This method involves the insertion of polymer chains between the layers of clay minerals such as montmorillonite. For successful intercalation, the clay is pre-modified with organic compounds that enhance its compatibility with the polymer. As a result, nanocomposites with improved mechanical and thermal properties are formed.

2. Mechanochemical mixing

In this method, the polymer and clay undergo simultaneous mechanical treatment, such as milling in ball mills. Intensive mixing and grinding activate the surfaces of the components, promoting their interaction at the molecular level. This approach allows for the production of homogeneous composites without the use of solvents.

3. Chemical cross-linking and surface modification

This method involves the chemical modification of either the clay or polymer to create strong covalent bonds between them. For example, clays can be functionalized using silane agents, which subsequently react with the polymer's functional groups, forming a cross-linked structure. This approach improves component compatibility and enhances the stability of the composite.

3. Modification and functionalization of composites

To enhance the catalytic activity of polymer-clay composites, both the polymer matrix and the clay support can be modified using various methods. Polymers are functionalized by introducing active groups (e.g., amino, carboxyl, and sulfo groups), which promote chelation and retention of metal nanoparticles. Chemical cross-linking of polymers with agents such as glutaraldehyde or epichlorohydrin improves their mechanical strength and solvent resistance. Clays can be modified through ion exchange by incorporating active cations (Pd^{2+} , Cu^{2+} , Ni^{2+}), acid activation to increase porosity, or pillaring with polyoxometals (e.g., Al^{3+} , Ti^{4+}), which expands interlayer spacing and increases the number of available active sites [19]. The incorporation of metal nanoparticles via thermal or chemical treatment also creates a synergistic effect between the polymer and clay, ensuring high catalytic activity, selectivity, and stability of the composites.

Composites containing metal nanoparticles exhibit high efficiency in catalytic processes due to the unique physicochemical properties of nanostructured materials. For instance, palladium and platinum nanoparticles embedded in composite matrices serve as highly effective catalysts in photocatalysis and heterogeneous catalysis, providing high selectivity and stability [20].

In green chemistry and environmental applications, these composites are used for water and air purification. Metal nanoparticles such as silver and gold facilitate the degradation of toxic organic compounds, while metal oxides like TiO_2 and ZnO are effective in the catalytic oxidation of toxic gases (e.g., CO , NO_x). These materials contribute to environmentally friendly processes by reducing harmful emissions.

Cation exchange also plays a key role in improving the activity of polymer-clay composites, as it enables the effective incorporation and retention of active metal centers within the interlayer spaces of the clay. The replacement of natural cations (e.g., Na^+ or Ca^{2+}) with active metal cations (Pd^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , etc.) creates stably anchored catalytic sites, promoting their uniform distribution and preventing aggregation (Table 2). As a result, interactions between active components and reactants are enhanced, the active surface area increases, and the adsorption of target molecules improves. Overall, cation exchange contributes to increased catalytic activity, stability of composites, and the possibility of their repeated use in reactions.

Table 2 - Comparison of the Characteristics of Low-Exchange Clays

Parameter	Kaolinite	Illite	Halloysite	Pyrophyllite
Chemical formula	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4$	$(\text{K}, \text{H}_3\text{O})(\text{Al}, \text{Mg}, \text{Fe})_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}[(\text{OH})_2, (\text{H}_2\text{O})]$	$\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	$\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$
Main elements	Si, Al, O, H	Si, Al, Mg, Fe, K, O, H	Al, Si, O, H (примеси Fe, Ti, Cr)	Al, Si, O, H
Layer type	1:1	2:1	1:1	2:1
Interlayer spacing (Å)	~7	~10	~7.2	~9.3–9.6
Type of interlayer cations	No exchangeable cations (layers held by hydrogen bonds)	K^+ , with minor Na^+ , Ca^{2+}	No exchangeable cations (layers held by hydrogen bonds and water layers)	No exchangeable cations (layers held by van der Waals interactions)
Cation exchange capacity (meq/100 g)	3–15	10–40	10–60	20–50
Specific surface area (m^2/g)	10–20	50–120	50–70	20–40
Thermal stability ($^{\circ}\text{C}$)	500–700	400–600	500–600	700–900

4. Catalytic applications of polymer-clay composites in modern research

Polymer-clay composites have found extensive applications in heterogeneous catalysis due to the combination of high clay surface area and the functional groups of polymers. Clay-based materials, such as montmorillonite and zeolites, provide structural support and catalytically active sites while enhancing adsorption, the distribution of active species, and resistance to deactivation. These composites are used in transesterification, oxidation, hydrogenation reactions, and pollutant removal processes, demonstrating enhanced selectivity, stability, and the possibility of multiple reuses.

For example, in the transesterification of waste cooking oil (WCO) into biodiesel, Fereidooni L. and Mehrpooya M. developed a heterogeneous catalyst based on zeolite/chitosan/KOH. The zeolite underwent desilication with increased K^+ incorporation, forming hydroxy-potassalite. The use of electrolysis and an acetone co-solvent facilitated a 93% yield of methyl esters [21]. Later, Ahmed et al. synthesized a montmorillonite-chitosan (PAMMT-CH) nanocomposite, which, when used in the catalytic pyrolysis of waste oil, achieved a high bio-jet fuel yield with improved selectivity towards alkanes at 300°C and 0.7% catalyst loading [22].

Abdullah et al. utilized a green synthesis method, incorporating starch as a natural stabilizer and zeolite as a support, eliminating the use of toxic chemicals and solvents. The resulting bio-nanocomposite starch/Fe₃O₄/zeolite (BNC) exhibited high magnetic activity (1.84 emu/g) and uniformly distributed magnetite nanoparticles (average diameter 9.24 nm) on the zeolite surface. The product was effective as a non-precious metal catalyst for the oxygen reduction reaction (ORR) in energy applications [23].

In a study by Zhao et al., a novel hybrid structure was developed, consisting of chitosan (CS) chains and palladium nanoparticles (Pd⁰) embedded within the interlayer spaces of montmorillonite (Mt), modified with aluminum or aluminum-iron oxides (Al-Mt or Al-Fe-Mt). These catalysts demonstrated high activity in Sonogashira reactions due to excellent nanoparticle dispersion (down to 3 nm) and a large surface area. Pd⁰@CS/Al-Fe-Mt showed superior performance due to its higher adsorption capacity and smaller Pd⁰ nanoparticles [24].

In 2024, Sun et al. developed hybrid chitosan-Pd⁰ nanocomposites (Pd⁰@CS/Al, Co-MMt), where 2–3 nm palladium nanoparticles were chelated by chitosan chains and embedded in montmorillonite, modified with aluminum and cobalt oxides. A simple one-step thermal treatment at 200°C in an inert atmosphere was employed, simultaneously modifying the clay and incorporating the polymer. The nanocomposites exhibited high catalytic activity and stability in cross-coupling reactions (Sonogashira and Heck reactions). A key feature of this study was the synergistic effect of Al, Co-pillaring and chitosan chain encapsulation, leading to an increased surface area of 198.3 m²/g and improved catalytic performance compared to multi-step synthesis methods [25].

Li Yaqi et al. developed a photocatalyst (Cht/PANI/MnFe₂O₄) with high photocatalytic activity and adsorption capacity, synthesized via in-situ polymerization using chitosan, polyaniline, and MnFe₂O₄. The composite exhibited a maximum adsorption capacity of 2569.66 mg/g, significantly outperforming pure MnFe₂O₄ due to the synergistic effect of the polymers, enhancing charge transfer and material stability [26].

Similarly, Breno F. Ferreira et al. synthesized a hybrid catalyst (Kaol-TRIS-MnTSPP) composed of kaolinite, modified with tris(hydroxymethyl)aminomethane (TRIS) and immobilized metalloporphyrin (MnTSPP) via adsorption. The modification of kaolinite expanded interlayer spacing and improved interactions with MnTSPP, ensuring strong immobilization of porphyrin and preventing its leaching during catalysis. The catalyst demonstrated high efficiency in cyclooctene oxidation (81% conversion) and ϵ -caprolactone (ϵ -CL) polymerization, yielding biodegradable polycaprolactone (PCL) under mild temperature and energy conditions. This study highlights the importance of chemical modification of clays for the synthesis of effective catalysts in polymerization and oxidation processes [27].

5. Challenges and limitations of current research

One of the major challenges in the development of polymer-clay composite catalysts is the degradation of the polymer matrix and the leaching of active components during repeated use. Polymers such as polyethylene glycol (PEG) and chitosan have limited thermal stability and may lose their stabilizing properties under high temperatures or chemically aggressive environments, leading to a decline in catalytic activity and selectivity. The introduction of functional groups or chemical cross-linking of polymers can partially address this issue, but the risk of catalyst deactivation over prolonged use remains a critical concern.

Most studies are conducted at the laboratory scale, which poses significant challenges in transitioning to industrial applications. Polymer-clay composites require complex, multi-step synthesis processes, including clay modification, polymer functionalization, and uniform distribution of metal nanoparticles. Scaling up these processes presents difficulties in ensuring uniform distribution of active sites, controlling particle size, and effectively embedding polymers into the clay interlayer spaces. These limitations lead to significant differences in catalytic performance between laboratory-scale and industrial-scale applications.

Furthermore, the effects of high temperatures and chemically reactive environments on polymer-clay interactions remain poorly understood, making it difficult to predict the behavior of composites under real reaction conditions. For example, at temperatures exceeding 200–300°C, polymers may lose their structural stability, while clays may undergo structural transformations, leading to a decline in adsorption and catalytic properties. Additional research is required to improve the understanding of polymer-clay chemical compatibility, especially in the presence of metal nanoparticles, to minimize composite degradation and optimize performance in extreme conditions.

6. Prospective research directions

Recent studies highlight the significant potential of hybrid polymer-clay composites incorporating metal nanoparticles (e.g., Pd, Ni, Cu) and organic ligands, such as polyaniline or amine groups. These systems enable a high degree of functionalization, where metal nanoparticles serve as active catalytic centers, while organic ligands stabilize them and regulate interactions with reactants. This combination enhances catalyst selectivity and activity, while also preventing metal leaching, which is crucial for improving the longevity of catalysts in industrial processes.

Sustainable development necessitates the creation of catalysts effective at low temperatures and pressures, thereby minimizing energy consumption in industrial production. Polymer-clay composites with high surface area and porosity, modified with active sites (e.g., metals or Lewis acids), can efficiently catalyze reactions at moderate temperatures, including transesterification, hydrogenation, and oxidation. The use of such composites in green reactions with

minimal energy requirements represents an important research direction in the chemical industry.

In response to environmental challenges, increasing attention is being given to the development of biodegradable polymer-clay composites based on natural materials such as polysaccharides or biodegradable synthetic polymers. Green synthesis methods, including in-situ polymerization in aqueous media or acid activation of clays without toxic reagents, ensure the environmental safety of these composites. Their promising applications include wastewater treatment, photocatalysis, and biomedical technologies, where biocompatibility and non-toxicity are essential.

7. Conclusion

Polymer-clay composites with metal nanoparticles and functional polymer matrices represent one of the most promising areas of modern research in the field of catalysis. A review of recent studies highlights that the synergistic interaction between polymers and clay enhances the stability of active sites, improves the kinetics of catalytic reactions, and increases adsorption capacity. These composites have demonstrated excellent performance in transesterification, wastewater treatment, and photocatalysis, owing to their ability to be modified and adapted to various reaction conditions.

However, several challenges remain, including polymer matrix degradation, scalability issues, and insufficient understanding of component interactions under extreme conditions, which require further investigation. The development of hybrid systems incorporating organic ligands and green synthesis methods will not only enhance the selectivity and stability of these composites but also make their production more environmentally friendly.

Future research directions include the development of biodegradable composites that operate efficiently at low energy consumption and the exploration of new mechanisms of interaction between polymers, clays, and metal nanoparticles. The application of *in situ* and *in operando* techniques to understand these mechanisms will provide a solid foundation for the design of innovative catalysts capable of addressing the challenges of sustainable development and resource conservation. Thus, further research on polymer-clay composites is expected to make a significant contribution to green technologies and industrial chemistry.

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the project of the Committee of Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan under the project: № BR21882220.

Conflict of interests: The authors declare that there is no conflict of interest between the authors that requires disclosure in this article.

ПОЛИМЕР-ГЛИНАЛЫ КОМПОЗИТТЕР НЕГІЗІНДЕГІ КАТАЛИЗАТОРЛАР

**С.Н. Сарыүйсін^{1,2*}, Ж.Қ. Қорғанбаева¹, Э.Т. Талғатов²,
А.К. Жармағамбетова^{1,2}, Ж.Н. Қайнарбаева³**

¹Абай атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

²Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, катализ және электрохимия институты

³«Ә.Б. Бектұров атындағы Химия ғылымдары институты» АҚ, Алматы, Қазақстан

*E-mail: Saryuisin.sn@gmail.com

Түйіндемe. *Kіріспе.* Полимер-балшық композиттерінің тарихы XX ғасырдың ортасынан бастау алады, сол кезде монтмориллонит сияқты балшық минералдарын полимерлік матрицаларға қосу олардың механикалық және термиялық қасиеттерін айтарлықтай жақсартатыны анықталды. Олар экологиялық таза процестерде, тотығу-қалпына келтіру реакцияларында және ластағыштарды тазарту саласында қолданылады. Нанотехнологияларды енгізу глинаны нанодисперсияға түсіруге мүмкіндік беріп, оның беткі ауданын және полимерлермен өзара әрекеттесуін арттырды. Соңғы жылдары зерттеулер экологиялық таза материалдарға, соның ішінде хитозан және крахмал сияқты биополимерлік матрицаларға бағытталған. *Зерттеу мақсаты.* Бұл шолу жұмысы полимер-балшық композиттері негізіндегі катализаторларды әзірлеу саласындағы соңғы жетістіктерді талдау, негізгі мәселелерді анықтау және болашақ зерттеулердің перспективалық бағыттарын белгілеуге бағытталған. *Нәтижелер мен талқылау.* Полимер-балшық композиттері құрылымдық тұрақтылықты, жақсартылған механикалық беріктікті және жоғары термотұрақтылықты қамтамасыз етеді. Монтмориллонит немесе цеолит сияқты балшықтардың қосылуы олардың адсорбциялық қасиеттері мен ионалмасу қабілетін арттырып, бұл материалдарды катализ және экологиялық қолдану үшін тиімді етеді. Полимер-балшық матрицаларына металл нанобөлшектерін (Pd, Ni, Cu) енгізу каталитикалық белсенділікті айтарлықтай арттырып, тотығу, тотықсыздану және энергия түрлендіру процестерін тиімді жүргізуге мүмкіндік береді. Алайда, полимерлердің деградациясы, катализаторлардың дезактивациясы және оларды өнеркәсіптік ауқымда қолдану мәселелері өзекті болып қала береді. *Қорытынды.* Металл нанобөлшектері бар гибридіті полимер-балшық композиттерін дамыту жасыл химия және тұрақты катализ үшін перспективалық бағыттар ашады. Болашақ зерттеулер осы материалдардың тұрақтылығын, масштабталуын және функционализациясын арттыруға бағытталуы керек, бұл олардың өнеркәсіп пен экологиядағы практикалық қолдану аясын кеңейтуге мүмкіндік береді.

Түйінді сөздер: полимер-сазды композиттер, металл нанобөлшектері, катализ, композиттерді синтездеу, жасыл химия.

<i>Сарыүйсін Сәния Нұрбекқызы</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Қорғанбаева Жанар Қожамбердіқызы</i>	<i>химия ғылымдарының кандидаты</i>
<i>Талғатов Эльдар Талғатович</i>	<i>PhD доктор, қауымдастырылған профессор</i>
<i>Жармағамбетова Алима Кайнекеевна</i>	<i>химия ғылымдарының докторы, профессор</i>
<i>Қайнарбаева Жания Нұрбековна</i>	<i>магистр</i>

КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНО-ГЛИНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ

**С.Н.Сарыүйсін^{1,2*}, Ж.Қ.Қорғанбаева¹, Э.Т.Талғатов²,
А.К. Жармағамбетова^{1,2}, Ж.Н. Қайнарбаева³**

¹Казахский национальный педагогический университет имени Абая», Алматы, Казахстан

²Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В.Сокольского

³Институт химических наук имени А.Б. Бектұрова, Алматы, Казахстан

*E-mail: Saryuisin.sn@gmail.com

Резюме. Введение. История полимерно-глинистых композитов берет начало в середине XX века, когда было обнаружено, что добавление глинистых минералов, таких как монтмориллонит, в полимерные матрицы значительно улучшает их механические и термические свойства. Они находят применение в экологически чистых процессах, окислительно-восстановительных реакциях и очистке загрязнителей. Внедрение нанотехнологий позволило добиться нанодисперсии глины, увеличивая площадь поверхности и взаимодействие с полимерами. В последние годы исследования сосредоточены на экологически безопасных материалах, включая биополимерные матрицы, такие как хитозан и крахмал. *Цель работы.* Настоящий обзор направлен на анализ последних достижений в области катализаторов на основе полимерно-глинистых композитов, выявление ключевых проблем и определение перспективных направлений исследований. *Результаты и обсуждение.* Полимерно-глинистые композиты обеспечивают структурную стабильность, улучшенную механическую прочность и высокую термостойкость. Включение глин, таких как монтмориллонит или цеолиты, повышает адсорбционные свойства и ионообменную способность, делая эти материалы эффективными в катализе и экологических приложениях. Внедрение металлических наночастиц (Pd, Ni, Cu) в полимерно-глинистые матрицы значительно увеличивает каталитическую активность, позволяя эффективно проводить процессы окисления, восстановления и преобразования энергии. Однако остаются проблемы деградации полимеров, дезактивации катализаторов и масштабируемости для промышленного применения. *Выводы.* Развитие гибридных полимерно-глинистых композитов с металлическими наночастицами открывает перспективные направления для зеленой химии и устойчивого катализа. Будущие исследования должны быть сосредоточены на повышении стабильности, масштабируемости и функционализации этих материалов для расширения их практического применения в промышленности и экологии.

Ключевые слова: полимер-глинистые композиты, наночастицы металлов, катализ, синтез композитов, зеленая химия.

<i>Сарыүйсін Сәния Нұрбекқызы</i>	<i>PhD докторант</i>
<i>Корғанбаева Жанар Қожамбердіқызы</i>	<i>кандидат химических наук</i>
<i>Талғатов Эльдар Талғатович</i>	<i>доктор PhD, ассоц. профессор</i>
<i>Жармағамбетова Алима Кайнекеевна</i>	<i>доктор химических наук, профессор</i>
<i>Кайнарбаева Жания Нұрбековна</i>	<i>магистр</i>

References

1. Alexa K., Gamiz-Conde A. K., Burelo M., Edgar A., Franco-Urquiza E. A., Martínez-Franco E., Luna-Barcenas G., Bravo-Alfaro D. A., & Treviño-Quintanilla C. D. Development and properties of bio-based polymer composites using PLA and untreated agro-industrial residues. *Polymer Testing*, **2024**, 139, 108576. DOI:10.1016/j.polymertesting.2024.108576
2. Mukhopadhyay R., Bhaduri D., Sarkar B., Rusmin R., Hou D., Khanam R., Sarkar S., Biswas J. K., Vithanage M., Bhatnagar A., & Ok Y. S. Clay-polymer nanocomposites: Progress and challenges for use in sustainable water treatment. *Journal of Hazardous Materials*, **2020**, 383, 121125. DOI:10.1016/j.jhazmat.2019.121125.
3. Das P., Manna S., Behera A. K., Shee M., Basak P., Sharma A. K. Current synthesis and characterization techniques for clay-based polymer nano-composites and its biomedical applications: A review. *Environmental Research*, **2022**, 212, 113534. DOI:10.1016/j.envres.2022.113534
4. Mokhtar A., Asli B., Abdelkrim S., Hachemaoui M., Boukoussa B., Sassi M., Viscusi G., Abboud M. Polymer/Clay Nanocomposites as Advanced Adsorbents for Textile Wastewater Treatment. *Minerals*, **2024**, 14, 1216. DOI:10.3390/min14121216
5. Alhanish, A., & Ali, G. A. M. (2022). Recent Developments in Wastewater Treatment Using Polymer-Clay Nanocomposites. In *Advances in Nanotechnology for Water Treatment*, **2022**, 14. DOI:10.1007/978-3-030-94319-6_14
6. Cherifi Z., Boukoussa B., Zaoui A., Belbachir M., Meghabar R. Structural, morphological and thermal properties of nanocomposites poly(GMA)/clay prepared by ultrasound and in-situ polymerization. *Ultrasonics Sonochemistry*, **2018**, 48, 188–198. DOI:10.1016/j.ultsonch.2018.05.027.

7. Essa H. L., Farghal H. H., Madkour T. M., El-Sayed M. M. H. Environmentally safe biopolymer-clay composite for efficient adsorption of ciprofloxacin in fresh and saline solutions. *Heliyon*, **2024**, 10, No 7. DOI:10.1016/j.heliyon.2024.e28641.
8. Udayakumar G. P., Muthusamy S., Selvaganesh B., Sivarajasekar N., Rambabu K., Banat F., Sivamani S., Sivakumar N., Hosseini-Bandegharai A., Show P. L. Biopolymers and composites: Properties, characterization and their applications in food, medical and pharmaceutical industries. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, **2021**, 9, No. 4, 105322. DOI:10.1016/j.jece.2021.105322.
9. Veisi H., Ebrahimi Z., Karmakar B., Joshani Z., Ozturk T. Chitosan-starch biopolymer modified kaolin supported Pd nanoparticles for the oxidative esterification of aryl aldehydes. *International Journal of Biological Macromolecules*, **2021**, 191, 465–473. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2021.09.106
10. Nabgui A., El Assimi T., El Meziane A., Luinstra G. A., Raihane M., Gouhier G., Thébault P., Draoui K., Lahcini M. Synthesis and antibacterial behavior of bio-composite materials-based on poly(ϵ -caprolactone)/bentonite. *European Polymer Journal*, **2021**, Vol. 156, P. 110602. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2021.110602.
11. Vinodh R., Sasikumar Y., Kim H.-J., Atchudan R., Yi M. Chitin and chitosan based biopolymer derived electrode materials for supercapacitor applications: A critical review. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, **2021**, 104, 155–171. DOI: 10.1016/j.jiec.2021.08.019
12. Karadeniz D., Kahya N., Erim F. B. Effective photocatalytic degradation of malachite green dye by Fe(III)-Cross-linked Alginate-Carboxymethyl cellulose composites. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, **2022**, 428, 113867. DOI: 10.1016/j.jphotochem.2022.113867
13. Sivakumar R., Lee N. Y. Adsorptive removal of organic pollutant methylene blue using polysaccharide-based composite hydrogels. *Chemosphere*, **2022**, 286, 131890. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2021.131890.
14. Medina J. C., Garcia-Perez V. I., Zanella R. Metallic composites based on Ag, Cu, Au and Ag-Cu nanoparticles with distinctive bactericidal effect on varied species. *Materials Today Communications*, **2021**, 26, 102182. DOI:10.1016/j.mtcomm.2021.102182
15. Aksu A., Çetinkaya S., Yenidünya A. F., Akkuş Çetinus Ş., Gezezen H., Tüzün B. Immobilization of pectinase on chitosan-alginate-clay composite beads: Experimental, DFT and molecular docking studies. *Journal of Molecular Liquids*, **2023**, 390, 122947. DOI:10.1016/j.molliq.2023.122947
16. Nagakrishna T., Tirupanyam B. V. Enhanced Cd(II) adsorption and antibacterial performance of hydrothermally synthesized FeS₂/Chitosan composite. *Results in Chemistry*, **2024**, 9, 101651. DOI:10.1016/j.rechem.2024.101651.
17. Ayati B., Newport D., Wong H., Cheeseman C. Acid activated smectite clay as pozzolanic supplementary cementitious material. *Cement and Concrete Research*, **2022**, 162, 106969. DOI:10.1016/j.cemconres.2022.106969.
18. Sessini V., Ghosh S., Mosquera M. E. G. Chapter 1 - Introduction to biopolymer synthesis, properties, and emerging applications. In: Sessini V., Ghosh S., Mosquera M. E. G. *Biopolymers. Elsevier*, **2023**, 1–20. DOI:10.1016/B978-0-323-90939-6.00001-7.
19. Shu J., Yuan J., Xie S., Yue R., Zhang R., Xu J. Robust poly(3,4-ethylenedioxythiophene) granules loaded Cu/Ni-doped Pd catalysts for high-efficiency electrooxidation of ethylene glycol. *Journal of Colloid and Interface Science*, **2022**, 628, 745–757. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jcis.2022.07.159>.
20. Li Z., Meng X. Recent development on palladium enhanced photocatalytic activity: A review. *Journal of Alloys and Compounds*, **2020**, 830, 154669. DOI: 10.1016/j.jallcom.2020.154669.
21. Fereidooni L., Mehrpooya M. Experimental assessment of electrolysis method in production of biodiesel from waste cooking oil using zeolite/chitosan catalyst with a focus on waste biorefinery. *Energy Conversion and Management*, **2017**, 147, 145–154. DOI: 10.1016/j.enconman.2017.05.051.
22. Ning L., Xie Q., Zhou X., Tian S., Wang Y., Li X., Wang X., Zhu X., Fan J. Effect of Reaction Parameters on Catalytic Pyrolysis of Waste Cooking Oil for Production of Sustainable Biodiesel and Biojet by Functionalized Montmorillonite/Chitosan Nanocomposites. *ACS Omega*, **2021**, 6, No. 49, 33667–33679. DOI: 10.1021/acsomega.1c06518.
23. Abdullah N. H., Shameli K., Moozarm Nia P., Etesami M., Abdullah E. C., Abdullah L. C. Electrocatalytic activity of starch/Fe₃O₄/zeolite bionanocomposite for oxygen reduction reaction. *Arabian Journal of Chemistry*, **2020**, 13, No. 1, 1297–1308. DOI: 10.1016/j.arabjc.2017.10.014.
24. Zhao J., Zheng X., Liu Q., Xu M., Yang S., Zeng M. Chitosan supported Pd⁰ nanoparticles encaged in Al or Al-Fe pillared montmorillonite and their catalytic activities in Sonogashira coupling reactions. *Applied Clay Science*, **2020**, 195, 105721. DOI: 10.1016/j.clay.2020.105721.

25. Sun K., Zhang T., Zhou J., Liu Y., Zeng M., Yang Z., Feng R., Ren X., Zhang P., Wang B., Cao X. Chitosan-Pd⁰ nanoparticles encapsulated in Al, Co-pillared montmorillonite by one-pot process. *Applied Clay Science*, **2024**, 247, 107192. DOI: 10.1016/j.clay.2023.107192.

26. Li Y., Dai Y., Cai L., Yang S., Wang J., Liu B., Ding X., Zhang Y.-F., Li Y., Lu C., Wan L. Efficient adsorption and photocatalytic degradation of organic dyes by novel chitosan/polyaniline/MnFe₂O₄ composites. *Journal of Molecular Liquids*, **2025**, 424, 126995. DOI: 10.1016/j.molliq.2025.126995.

27. Ferreira B.F., do Prado M.V., Marçal L., Ciuffi K.J., Vicente M.A., Gil A., de Faria E.H. Manganese-sulfonato porphyrin adsorbed on amino kaolinite as heterogeneous catalyst for oxidation and polymerization reactions. *Applied Clay Science*, **2023**, 235, 106871. DOI: 10.1016/j.clay.2023.106871.

К 100-ЛЕТИЮ АКАДЕМИКА НАН РК СУВОРОВА БОРИСА ВИКТОРОВИЧА



Академик Национальной Академии Наук Республики Казахстан

Борис Викторович Суворов

27.01.1925 – 07.07.1996

В этом году Институт химических наук им. А.Б. Бектурова отмечает большую дату – 100 лет со дня рождения Бориса Викторовича Суворова, с именем которого связаны огромные достижения в науке и промышленности.

Борис Викторович Суворов родился 27 января 1925 года в г. Новосибирск. В 1948 году окончил химический факультет Казахского Государственного Университета им. С.М. Кирова. Свою профессиональную деятельность Борис Викторович начал в Институте химических наук им. А.Б. Бектурова НАН РК, где после окончания аспирантуры и защиты в 1951 году диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук занимал должности старшего научного сотрудника (1952–1957 г.г.), заведующего лабораторией (1957–1996 г.г.), заместителя директора (1957–1964 г.г.).

Главная заслуга Суворова Б.В. как ученого заключается в развитии комбинированных каталитических процессов окисления нефте- и коксохимического сырья с целью получения кислород- и азотсодержащих функциональных производных бензола и пиридина для нужд промышленности полимеров, красителей и физиологически активных

веществ. Борис Викторович является автором (вместе с академиком С.Р. Рафиковым) оригинальной каталитической реакции окислительного аммонолиза органических соединений. В 1957г. Б.В. Суворов организовал лабораторию синтеза полупродуктов высокомолекулярных соединений. Результаты многолетних исследований реакции окислительного аммонолиза он обобщил в докторской диссертации, которую защитил в 1962г. в МГУ им. М.В. Ломоносова. На протяжении многих лет в лаборатории проводились работы по созданию экономичных методов получения никотиновой кислоты (витамина РР) окислительным аммонолизом 3-метилпиридина и 2-метил-5-этилпиридина. Для отработки технологии процесса в 1968-1970гг. на коксохимическом производстве Карметкомбината был построен цех с комплексом пилотных установок. Процесс прошел укрупненную проверку, было получено 2 т технического продукта, из которого на Уманском витаминном заводе (Украина) получили фармакопейную никотиновую кислоту. По разработкам ИХН, опытного цеха «Никазан» Карметкомбината и ВНИВИ (г. Москва) был спроектирован и построен на Уманском витаминном заводе в 1978г. полупромышленный цех получения никотинной кислоты мощностью 50т готового продукта в год. Полученные в результате опытно-промышленной проверки данные позволили выполнить проект завода мощностью 3000т никотиновой кислоты в год. Были подготовлены правительственные решения об организации производства витамина РР в Республике Казахстан.

К новому методу получения никотиновой кислоты проявила интерес фирма «Лонза» (Швейцария), крупнейший в мире производитель никотиновой кислоты. В 90-х годах под руководством Б.В. Суворова разработан эффективный катализатор K2, обеспечивающий высокий выход нитрила никотиновой кислоты в реакции окислительного аммонолиза β-пиколина или 2-метил-5-этилпиридина. Этот катализатор впервые в истории Института стал предметом лицензионного и патентного соглашений с фирмой «Лонза» (Швейцария) и запатентован в России и Швейцарии.

Большое практическое значение имеют разработанные Б.В. Суворовым и его сотрудниками жидкофазные процессы гидролиза цианбензолов и цианпиридинов, декарбоксилирования ароматических и пиридинкарбоновых кислот.

Под его руководством разработаны методы синтеза лабильных оксibenзонитрилов путем каталитического газофазного аммонолиза эфиров оксизамещенных ароматических кислот в отсутствие кислорода, доказано наличие стадий сопряжения при контактном окислении органических веществ, кинетическим методом в сочетании с квантово-химическими расчетами установлен характер влияния природы, числа и положения заместителей в бензольном и пиридиновом циклах на реакционную способность исходных веществ в условиях окислительного аммонолиза на ванадийоксидных катализаторах.

Под руководством Б.В. Суворова выполнены и защищены 42 кандидатских диссертации, он был консультантом 5 докторских диссертаций.

Он автор более 600 научных трудов, в числе которых 4 монографии, более 400 научных статей, 160 авторских свидетельств СССР и зарубежных патентов на изобретение.

Фундаментальные исследования Б.В. Суворова получили широкое признание научной общественности в Казахстане и за его пределами.

В разные годы Б.В. Суворов был заместителем академика-секретаря и членом бюро Отделения химико-технологических наук НАН РК, членом Президиума НАН РК, членом Научного совета по катализу Госкомитета СССР по науке и технике, Научного совета по нефтехимии при Президиуме АН СССР.

Награжден орденами «Дружба народов» и «Знак Почета», медалями СССР.

Заслуженный деятель науки Республики Казахстан.

МАЗМҰНЫ

М.А. Рябичев, М. К. Скаков, А. Ж. Миниязов, Ф. Қ. Жанболатова, Ф.И. Мальчик СУТЕГІ БӨЛІНУ РЕАКЦИЯСЫНА АРНАЛҒАН ӨЗДІГІНЕН ТОТЫҒУ ӘДІСІМЕН АЛЫНҒАН Ti_3C_2/TiO_2 КОМПОЗИТТІ КАТАЛИЗАТОРЫ	5
Н.Ә. Тогызбаева, Т.К. Исакова, А.Е. Малмакова ЖАҢА БИСПИДИНОН ТУЫНДЫЛАРЫНЫҢ СИНТЕЗІ ЖӘНЕ БАКТЕРИЦИДТІК БЕЛСЕНДІЛІГІ.....	15
С. Д. Фазылов, О. А. Нұркенов, И. А. Пустолайкина, А. Ж. Сәрсенбекова, Ж. Б. Сәтбаева, Р. Е. Бакирова, А. К. Свицерский, А. Ж. Меңдібаева, Б. Ж. Аширбекова 2 - ЖӘНЕ 4-ГИДРОКСИБЕНЗОЙ ҚЫШҚЫЛДАРЫНЫҢ ГИДРАЗОНДАРЫНЫҢ ЦИКЛОДЕКСТРИН-ДЕРМЕН КЛАТРАТ КЕШЕНДЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІ	25
Р.М. Чернякова, Г.Ш. Сұлтанбаева, Р.Ә. Қайыңбаева, Ө.Ж. Жүсіпбеков, Н.Н. Қожабекова ТАБИҒИ ЦЕОЛИТМЕН АЛДЫН-АЛА ТАЗАРТЫЛҒАН ЭФҚ СҮЙІК МИНЕРАЛДЫ ТЫҢАЙТҚЫШТАР АЛУ	37
А.Ю. Тең, А.А. Даулетбаков, М.А. Губенко, Е.О. Белянкова, С. Баязит, С.Е. Асылбекова, Д.С. Золотарева, В.К. Ю МОРФОЛИНОЭТИЛАМИН НЕГІЗІНДЕГІ АМИНОФОСФОНАТ-ТАРДЫҢ БИОФАРМАЦЕВТИКАЛЫҚ ӘЛЕУЕТІ	48
Б.Ш. Хасанходжаева, Г.Ф. Сагитова, С.С. Сидиков, А.Ш. Кыдырәлиева, А.У. Сарсенбаева, Е.А. Тусупкалиев, Ж.Н. Қайнарбаева, М.Н. Баимбетов ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ТЫҒЫЗДАҒЫШТАРҒА АРНАЛҒАН РЕЗИНА ҚОСПАЛАРЫНЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІ (І БӨЛІМ)	59
А.Х. Жакина, О.В. Арнт, Е.П. Василец, А.М. Жакин ҚОРҒАСЫН ИОНДАРЫНА ИМПРИНТТЕЛГЕН ПОЛИМЕРДІ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ	69
Р.Ә. Қайыңбаева, Г.Ш. Сұлтанбаева, Р.М. Чернякова, Ө.Ж. Жүсіпбеков, Н.Н. Қожабекова ҚАРАТАУ ФОСФОРИТТЕРІНІҢ ЭЛЕМЕНТТІК ЖӘНЕ ЗАТТЫҚ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ	78
Н.С. Чинибаева, А.Б. Узақова, М.Б. Ахтаева, Д.А. Каражанова, Н.Б. Сарова, Н.К. Ахметов Д.И. МЕНДЕЛЕЕВТИҢ ПЕРИОДТЫҚ КЕСТЕСІНІҢ ҚҰРЫЛЫМЫНА ЖАҢА КӨЗҚАРАС	88
Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражужевичюс АЛТЫН ИОНДАРЫНЫҢ КУ-2-8 ЖӘНЕ ПОЛИ-4-ВИНИЛПИРИДИН ИНТЕРПОЛИМЕРЛІ ЖҮЙЕСІМЕН СОРЫЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ	98
А.К. Кипчакбаева, Т. Бердеш, Н. Ныган, Қ.Б. Бауыржанов, Б.К. Ескалиева, Г.Ш. Бурашева, Мехмет Озторк CLIMACOPTERA VRASCIATA ТЕКТІ ӨСІМДІКТЕРІНІҢ ФЕНОЛДЫҚ ҚОСЫЛЫСТАРЫ МЕН БИОЛОГИЯЛЫҚ БЕЛСЕНДІЛІГІН ТАЛДАУ	109
М.Қ. Жұбанис, А.Б. Баешов КОЛЛОИДТЫ СЕЛЕН ЕРІТІНДІСІНІҢ ТҮЗІЛУ МҮМКІНШІ-ЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ	119
Л.А. Каюкова, Р.Б. Сейдахметова, А.М. Дүйсенәлі, А. Ерланұлы, А.Б. Сартоева ПАТОГЕНИЯЛЫҚ ФЛОРАДЫ ЕМДЕУ ҮШІН ТИІМДІ ДӘРІЛЕРДІ ІЗДЕУ О-пара-ТОЛУОЙЛ-β-(МОРФОЛИН-1-ИЛ)ПРОПИОАМИДОКСИМ ЖӘНЕ 5-АРИЛ-3-β-(ПИПЕРИДИН-1-ИЛ)ЭТИЛ-1,2,4-ОКСАДИАЗОЛДАР ТУЫНДЫҚТАР ТІЗІМІНДЕ	129
Э.Т. Талғатов, А.И. Джумекеева, А.Б. Исмаилова, А.С. Ауезханова, А.А. Найзабаев, А.З. Абилямағжанов КОБАЛЫТ (II) ИОНДАРЫНЫҢ ПОЛИМЕРЛЕРМЕН КОМПЛЕКС ТҮЗУІН ЗЕРТТЕУ	140
Ж. Жатқанбаева, Қ. Қуртибай, Е. Жатқанбаев, А. Қаппасұлы, Р.Федели ZORNOBAS MORIO ДЕРНӘСІЛДЕРІНЕН БИОМОЛЕКУЛАЛАРДЫ АЛУДЫҢ ХИМИЯЛЫҚ АСПЕКТІЛЕРІ: ЛИПИДТЕР МЕН АҚУЫЗДАРДЫ АЛУ МЕХАНИЗМДЕРІ ЖӘНЕ ЕРІТКІШ ТИІМДІЛІГІН ТАЛДАУ	150
С.Н. Сарыұйсін, Ж.Қ. Қорғанбаева, Э.Т. Талғатов, А.К. Жармағамбетова, Ж.Н. Қайнарбаева ПОЛИМЕР-ГЛИНАЛЫ КОМПОЗИТТЕР НЕГІЗІНДЕГІ КАТАЛИЗАТОРЛАР	160
Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының академигі Борис Викторович Суворовтың 100 жылдығына	173

СОДЕРЖАНИЕ

<i>М.А. Рябичева, М. К. Скаков, А. Ж. Миниязов, Ф. Қ. Жанболатова, Ф.И. Мальчик</i> КОМПОЗИТНЫЙ КАТАЛИЗАТОР Ti_3C_2/TiO_2 ДЛЯ РЕАКЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА, ПОЛУЧЕННЫЙ МЕТОДОМ САМООКИСЛЕНИЯ	5
<i>Тогызбаева Н.А., Искакова Т.К., Малмакова А.Е.</i> СИНТЕЗ И БАКТЕРИЦИДНАЯ АКТИВНОСТЬ НОВЫХ ПРОИЗВОДНЫХ БИСПИДИНОНА	15
<i>С.Д. Фазылов, О.А. Нуркенов, И.А. Пустолайкина, А.Ж.Сарсенбекова, Ж.Б. Сатпаева, Р.Е. Бакирова, А.К.Свидерский, А.Ж. Мендибаева, Б.Ж. Аширбекова</i> КЛАТРАТНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ГИДРАЗОНОВ 2- И 4- ГИДРОКСИБЕНЗОЙНЫХ КИСЛОТ С ЦИКЛОДЕКСТРИНАМИ И ИХ СВОЙСТВА	25
<i>Р.М. Чернякова, Г.Ш. Султанбаева, Р.А. Кайымбаева, У.Ж. Джусипбеков, Н.Н. Кожобекова</i> ПОЛУЧЕНИЕ ЖИДКИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ ИЗ ЭФК ПРЕДВАРИТЕЛЬНО ОЧИЩЕННОЙ ПРИРОДНЫМ ЦЕОЛИТОМ	37
<i>А.Ю. Тен, А.А. Даулетбаков, М.А. Губенко, Е.О. Белянкова, С. Баязит, С.Е. Асылбекова, Д.С. Золотарева, В.К. Ю</i> БИОФАРМАЦЕВТИЧЕСКИЙ ПОТЕНЦИАЛ АМИНОФОСФОНАТОВ НА ОСНОВЕ МОРФОЛИНОЭТИЛАМИНА	48
<i>Б.Ш. Хасанходжаева, Г.Ф. Сагитова, С.С. Сидиков, А.Ш. Кыдыралиева, А.У. Сарсенбаева, Тусупкалиев Е.А., Кайнарбаева Ж.Н., Баимбетов М.Н.</i> ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА РЕЗИНОВЫХ СМЕСЕЙ ДЛЯ УПЛОТНЕНИЙ ГИДРОЗАТВОРОВ (Часть 1)	59
<i>А.Х. Жакина, О.В. Арнт, Е.П. Василец, А.М. Жакин</i> СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ПОЛИМЕРА, ИМПРИНТИРОВАННОГО НА ИОНЫ СВИНЦА	69
<i>Р.А. Кайымбаева, Г.Ш. Султанбаева, Р.М. Чернякова, У.Ж. Джусипбеков, Н.Н. Кожобекова</i> ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕМЕНТНОГО И ВЕЩЕСТВЕННОГО СОСТАВА ФОСФОРИТОВ КАРАТАУ	78
<i>Н.С. Чинибаева, А.Б. Узакова, М.Б. Ахтаева, Д.А. Каражанова, Н.Б. Сарова, Н.К. Ахметов</i> НОВЫЙ ВЗГЛЯД НА СТРУКТУРУ ПЕРИОДИЧЕСКОЙ ТАБЛИЦЫ Д.И. МЕНДЕЛЕЕВА ...	88
<i>Т.К. Джумадилов, Г.Т. Дюсембаева, Ж.С. Мукатаева, Ю.В. Гражужевичус</i> ОСОБЕННОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ ЗОЛОТА ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМОЙ КУ-2-8 И ПОЛИ-4- ВИНИЛПИРИДИНА	98
<i>А.К. Кипчакбаева, Т. Бердеш, Н. Ныган, К.Б. Бауыржанов, Б.К. Ескалиева, Г.Ш. Бурашиева, Мехмет Озтюрк</i> АНАЛИЗ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ РАСТЕНИЙ РОДА <i>CLIMACOPTERA BRACHIATA</i>	109
<i>М.К. Жубаныс, А.Б. Баешов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ОБРАЗОВАНИЯ КОЛЛОИДНОГО РАСТВОРА СЕЛЕНА	119
<i>Л.А. Каюкова, Р.Б. Сейдахметова, А.М. Дүйсенәлі, А. Ерланұлы, А.Б. Сартоева</i> ПОИСК ПРЕПАРАТОВ, ЭФФЕКТИВНЫХ В ОТНОШЕНИИ ПАТОГЕННОЙ ФЛОРЫ, В РЯДАХ ПРОИЗВОДНЫХ О-пара-ТОЛУОИЛ-β-(МОРФОЛИН-1-ИЛ) ПРОПИОАМИДОК- СИМА И 5-АРИЛ-3-β-(ПИПЕРИДИН-1-ИЛ)ЭТИЛ-1,2,4-ОКСАДИАЗОЛОВ»	129
<i>Э.Т. Талгатов, А.И. Джумекеева, А.Б. Исмаилова, А.С. Ауезханова, А.А. Найзабаев, А.З. Абиьмагжанов</i> ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ ИОНОВ КОБАЛЬТА (II) С ПОЛИМЕРАМИ	140
<i>Ж. Жатканбаева, К. Куртибай, Е. Жатканбаев, А. Каппасулы, Р.Федели</i> ХИМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЭКСТРАКЦИИ БИОМОЛЕКУЛ ИЗ ЛИЧИНОК <i>ZORNOVAS MORIO</i> : МЕХАНИЗМЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ЛИПИДОВ И БЕЛКОВ И АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАСТВОРИТЕЛЕЙ	150
<i>С.Н. Сарығұйсін, Ж.Қ. Қорғанбаева, Э.Т. Талгатов, А.К. Жармагамбетова, Ж.Н. Қайнарбаева</i> КАТАЛИЗАТОРЫ НА ОСНОВЕ ПОЛИМЕРНО-ГЛИНИСТЫХ КОМПОЗИТОВ	160
<i>К 100-летию академика Национальной академии наук Республики Казахстан Бориса Викторовича Суворова</i>	173

CONTENTS

M.A. Ryabicheva, M.K. Skakov, A.Zh. Miniyazov, G.K. Zhanbolatova, F.I. Malchik $\text{Ti}_3\text{C}_2/\text{TiO}_2$ COMPOSITE CATALYST FOR HYDROGEN EVOLUTION REACTION PRODUCED BY SELF-OXIDATION METHOD	5
N.A. Togyzbaeva, T.K. Isakova, A.E. Malmakova SYNTHESIS AND BACTERICIDAL ACTIVITY OF NOVEL BISPIDINONE DERIVATIVES	15
S.D. Fazylov, O.A. Nurkenov, I.A. Pustolaikina, A.Zh. Sarsenbekova, Zh.B. Satpayeva, R.E. Bakirova, A.K. Svidersky, A.Zh. Mendibayeva, B.Zh. Ashirbekova CLATHRATE COMPLEXES OF HYDRAZONES OF 2- AND 4-HYDROXYBENZOIC ACIDS WITH CYCLODEXTRINS AND THEIR PROPERTIES	25
R.M. Chernyakova, G.Sh. Sultanbayeva, R.A. Kaiynbayeva, U.Zh. Dzhusypbekov, N.N. Kozhabekova OBTAINING LIQUID MINERAL FERTILIZERS FROM PRE-PURIFIED EPA BY NATURAL ZEOLITE	37
A.Yu. Ten, A.A. Dauletbaev, M.A. Gubenko, Ye.O. Belyankova, S. Bayazit, S.Ye. Assylbekova, D.S. Zolotareva, V.K. Yu BIOPHARMACEUTICAL POTENTIAL OF AMINOPHOSPHONATES BASED ON MORPHOLINOETHYLAMINE	48
B.Sh. Khassankhodzhaeva, G.F. Sagitova, A.S. Sidikov, A.Sh. Kydyralieva, A.U. Sarsenbayeva, E.A. Tusupkaliyev, Zh.N. Kainarbayeva, M.N. Baiymbetov TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF RUBBER COMPOUNDS FOR HYDRAULIC SEALS (Part 1)	59
A.Kh. Zhakina, O.V. Arnt, Ye.P. Vassilets, A.M. Zhakin SYNTHESIS AND STUDY OF PROPERTIES OF POLYMER IMPRINTED ON LEAD IONS	69
R.A. Kaiynbaeva, G.Sh. Sultanbayeva, R.M. Chernyakova, U.Zh. Dzhusipbekov, N.N. Kozhabeva STUDY OF THE ELEMENTAL AND MATERIAL COMPOSITION OF KARATAU PHOSPHORITES	78
N.S. Chinibayeva, A.B. Uzakova, M.B. Ahtaeva, D.A. Karazhanova, N.B. Sarova, N.K. Akhmetov A NEW LOOK AT THE STRUCTURE OF THE PERIODIC TABLE OF D.I. MENDELEEV....	88
T.K. Jumadilov, G.T. Dyussembayeva, Zh.S. Mukatayeva, J.V. Gražulevicius FEATURES OF GOLD ION EXTRACTION BY THE INTERPOLYMER SYSTEM KU-2-8 AND POLY-4-VINYLPYRIDINA	98
A.K. Kipchakbayeva, T. Berdesh, H. Nygan, K.B. Bauyrzhanov, B.K. Yeskaliyeva, G.Sh. Burasheva, Mehmet Ozturk ANALYSIS OF PHENOLIC COMPOUNDS AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF PLANTS OF THE GENUS CLIMACOPTERA BRACHIATA.....	109
M.K. Zhubanys, A.B. Bayeshov STUDY OF THE POSSIBILITY OF THE FORMATION OF COLLOIDAL SELENIUM SOLUTION	119
L.A. Kayukova, R.B. Seydakhmetova, A.M. Duisenali, A. Yerlanuly, A.B. Sartoyeva SEARCH FOR EFFECTIVE DRUGS AGAINST PATHOGENIC FLORA IN THE SERIES OF O-para-TOLUOYL- β -(MORPHOLIN-1-YL) PROPIOMIDOXIME AND 5-ARYL-3- β -(PIPERIDINE-1-YL)ETHYL-1,2,4-OXADIAZOLES DERIVATIVES	129
E.T. Talgatov, A.I. Jumekeyeva, A.B. Ismailova, A.S. Auezkhanova, A.A. Naizabayev, A.Z. Abilmagzhanov STUDY OF THE COMPLEXATION OF COBALT (II) IONS WITH POLYMERS	140
Zh. Zhatkanbayeva, K. Kurtibay, Ye. Zhatkanbayev, A. Kappassuly, R. Fedeli CHEMICAL ASPECTS OF BIOMOLECULE EXTRACTION FROM ZOPHOBAS MORIO LARVAE: LIPID AND PROTEIN EXTRACTION MECHANISMS AND SOLVENT EFFICIENCY ANALYSIS	150
S.N. Saryuisin, Zh.K. Korganbayeva, E.T. Talgatov, A.K. Zharmagambetova, Zh.N. Kainarbayeva CATALYSTS BASED ON POLYMER-CLAY COMPOSITES	160
On the anniversary of the Academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan Boris V. Suvorov	173

Правила оформления статей в журнале
«ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА»

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Журнал «Химический журнал Казахстана» (ISSN 1813-1107, eISSN 2710-1185) выпускается ордена Трудового Красного Знамени АО «Институтом химических наук им. А.Б. Бектурова» 4 раза в год и публикует работы по широкому кругу фундаментальных, прикладных и инновационных исследований в области химии и химической технологии.

Языки публикации: казахский, русский, английский. Журнал индексируется Казахстанской библиометрической системой и включен в Перечень изданий, рекомендуемых Комитетом по контролю в сфере образования и науки Министерства образования и науки Республики Казахстан для публикации основных результатов научной деятельности.

Издание имеет следующие рубрики:

1. Обзорные статьи до 20 печатных страниц
2. Оригинальные статьи (до 8–10 печатных страниц)
3. Краткие сообщения (до 4–5 печатных страниц)

2. ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СТАТЕЙ

Редакция принимает статьи от казахстанских и зарубежных авторов. В целях популяризации Журнала, редакционной коллегией приветствуется прием статей на английском языке.

Для регистрации и публикации статьи материал статьи представляется в редакцию через систему электронной подачи статьи на сайте Журнала (<https://www.chemjournal.kz/>) в комплекте со следующими документами:

1. Электронная версия статьи в форматах Word и PDF со встроенными в текст таблицами, схемами, рисунками (файл должен быть назван по фамилии первого автора на английском языке).

2. Сопроводительное письмо, адресованное в Редакцию Химического журнала Казахстана от организации, в которой данное исследование выполнено, с утверждением, что материал рукописи нигде не публиковался, не находится на рассмотрении для опубликования в других журналах и в материалах статьи отсутствуют секретные данные. В сопроводительном письме указываются сведения об авторе для корреспонденции: Фамилия, имя и отчество автора, служебный адрес с указанием почтового индекса, адрес электронной почты, телефон и ORCID.

3. Все статьи, опубликованные в Химическом журнале Казахстана (ISSN 1813-1107, eISSN 2710-1185) публикуются в открытом доступе. Чтобы обеспечить свободный доступ читателям и покрыть расходы на экспертную оценку, редактирование, поддержание сайта журнала, долгосрочное архивирование и ведение журнала, взимается плата за обработку статьи. Правила оплаты за опубликование принятой к печати статьи находятся в отдельном документе на сайте Журнала «Оплата за опубликование».

4. Статье присваивается регистрационный номер, который сообщается авторам в течение недели после получения указанного перечня документов; на этот номер необходимо ссылаться при переписке.

5. Принятым к печати статьям присваивается цифровой идентификатор (DigitalObjectIdentifier – DOI).

6. Учитывая невозможность проводить статьи на казахском языке через систему антиплагиат, будут учитываться формулировки рецензентов и решение издательской коллегии.

7. Статьи должны быть оформлены согласно шаблону, который можно скачать в разделе «Отправка материалов» на сайте Химического Журнала Казахстана.

3. СТРУКТУРА ПУБЛИКАЦИЙ

3.1. В начале **обзоров, оригинальных статей и кратких сообщений** на первой строке указывается номер по Универсальной десятичной классификации (УДК или UDC), соответствующий заявленной теме. Дается прописными буквами в верхнем левом углу. Также на первой строке справа прописными буквами полужирным шрифтом № 14 указывается название журнала **ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА (ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ, CHEMICAL JOURNAL OF KAZAKHSTAN)**, год, номер.

3.2. Далее через строку приводится международный стандартный сериальный номер журнала (ISSN 1813-1107, eISSN 2710-1185) и на следующей строке слева приводится DOI: который будет иметь значение после принятия статьи к печати.

3.3. Далее, после отступа строки указывается **заглавие статьи** прописными буквами, шрифт № 14 – полужирный, выравнивание текста по центру. Название должно максимально полно и точно описывать содержание статьи, включать ключевые слова, отражающие направление и/или основной результат исследования, но в то же время быть коротким и ясным и не содержать сокращений.

3.4. Далее, после отступа строки, указываются **инициалы и фамилии автора(-ов)** строчными буквами, шрифт № 12 полужирный, курсив, выравнивание текста по центру. Фамилия автора, с которым следует вести переписку, должна быть отмечена звездочкой (*): *С.С. Сатаева**, *А.М. Джубаналиева*.

3.5. Через строку шрифтом № 12, строчными буквами, курсивом с выравниванием текста по центру следуют **наименование(я) организации(й)** с указанием части названия организации, которая относится к понятию юридического лица (в английском тексте необходимо указывать официально принятый перевод названия), город, страна. В английском варианте адресные сведения должны быть представлены на английском языке, в т.ч. город и страна.

Строки с фамилиями авторов и названиями организаций содержат надстрочные индексы (после фамилии и перед названием организации), указывающие на место работы авторов.

На следующей строке курсивным начертанием, шрифт № 12, с выравниванием текста по центру указывается электронный адрес для переписки.

3.6. **Резюме (Abstract, Түйіндеме)** состоит из краткого текста (не менее 150–250 слов, шрифт № 12) на языке статьи. **Abstract** публикуется в международных базах, данных в отрыве от основного текста. Резюме должно быть автономным, все вводимые обозначения и сокращения необходимо расшифровать здесь же.

Приветствуется структурированное резюме, повторяющее структуру статьи и включающее: *введение, цели и задачи, методы, результаты и обсуждение, заключение (выводы)*. В то же время, цели и задачи описываются, если они не ясны из заглавия статьи, методы следует описывать, если они отличаются новизной. В резюме включаются новые результаты, имеющие долгосрочное значение, важные

открытия, опровергающие существующие теории, а также данные, имеющие практическое значение. Следует использовать техническую (специальную) терминологию вашей дисциплины.

Резюме дается без абзачного 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 абзачного отступа строчными буквами шрифтом № 12, выравнивание текста по левому краю приводятся **ключевые слова** (от 5 до 10 шт.), обеспечивающие наиболее полное раскрытие содержания статьи.

3.8. В **кратких сообщениях** приводится резюме (150–200 слов), ключевые слова, но деления на разделы не требуется. Дается текст краткого сообщения на одном из трех языков с выполнением требований к УДК, названию статьи, перечню авторов, наименований организаций, в которых они работают, указанию автора для переписки. В тексте краткого сообщения приводятся конкретные **существенно новые результаты, требующие закрепления приоритета** с необходимыми экспериментальными подробностями. Затем следуют: информация о финансировании, благодарности, сведения о конфликте интересов, информация об авторах и список литературы.

3.9. Статья начинается с **введения**, в котором формулируется цель и необходимость проведения исследования, кратко освещается состояние вопроса со ссылками на наиболее значимые публикации с избеганием ссылок на устаревшие результаты. Излагаются открытия, сделанные в ходе данного исследования. Указывается структура статьи.

3.10. **Экспериментальная часть** содержит описание хода и результатов эксперимента, характеристику полученных соединений. В начале экспериментальной части приводятся названия приборов, на которых зарегистрированы физико-химические характеристики веществ и указываются условия измерения; также указываются либо источники использованных нетривиальных реагентов (например, «коммерческие препараты, название фирмы»), либо даются ссылки на методики их получения.

Каждый параграф экспериментальной части, описывающий получение конкретного соединения, должен содержать его полное наименование по номенклатуре ИЮПАК и его порядковый номер в статье. В методиках обязательно указывать количества реагентов в мольных и массовых единицах (для катализаторов – массу и мольные проценты), объемы растворителей. Методика эксперимента излагается в *прошедшем* времени.

Для известных веществ, синтезированных опубликованным ранее методом, необходимо привести ссылку на литературные данные. Для известных веществ, полученных новыми или модифицированными методами, должны быть представлены их физические и спектральные характеристики, использованные для подтверждения идентичности структуры, метод синтеза и ссылка на литературные данные.

Для всех впервые синтезированных соединений необходимо привести доказательства приписываемого им строения и данные, позволяющие судить об их индивидуальности и степени чистоты. В частности, должны быть представлены данные элементного анализа или масс-спектры высокого разрешения, ИК спектры и спектры ЯМР ^1H и ^{13}C .

Данные рентгеноструктурного анализа представляются в виде **рисунков и таблиц**. Все **новые соединения**, данные PCA которых приводятся в статье, должны быть **зарегистрированы в Кембриджской базе структурных данных** и иметь соответствующие **CCDC номера**.

Если, по мнению рецензента или редактора, новые соединения не были удовлетворительно охарактеризованы, статья не будет принята к печати.

Пример методики: 3-(2-Amino-6-methylpyridino)-3-carbonyl-3,4-dihydrocoumarin (**12**). To the alcoholic solution of 2.18 g (0.01 mol) of 3-carbethoxycoumarin, 1.08 g (0.01 mol) of 2-amino-6-methylpyridine was added with stirring. The mixture was boiled for 10 h. The solution was cooled, the precipitate was filtered. Then it was washed with cold EtOH. After the drying and recrystallization of the residue from i-PrOH yield of the product **12** was 2.05 g (63%), mp 226–228 °C, Rf 0.82 (1/2, EtOAc/hexane as eluent). Calculated, %: C 68.56; H 4.32; N 9.99 for C₁₆H₁₂N₂O₃. Found, %: C 68.41; H 4.22; N 9.83. *Spectral data*.

Внимание! В статьях, посвященных синтезу новых соединений, допускается размещение **экспериментальной части** за разделом **Результаты и обсуждение**.

3.11. В разделе **Результаты и обсуждение**, который является наиболее важным, следует обсудить и объяснить полученные в работе **результаты**, проанализировать особенности синтеза, продемонстрировать и указать возможные ограничения. Провести сравнение полученных результатов с опубликованными ранее. Все новые соединения должны быть полностью охарактеризованы соответствующими спектральными и другими физико-химическими данными. В тексте обобщаются и разъясняются только те спектральные данные, которые используются для подтверждения структуры полученных соединений. Перечисление одних и тех же данных в тексте, таблицах и на рисунках не допускается. Для новых методов синтеза желательно обсудить механизм реакции. Для обобщения данных необходимо использовать понятные рисунки и таблицы. Представленные данные должны подаваться интерпретации.

При обсуждении результатов следует придерживаться официальной терминологии IUPAC. Результаты рекомендуется излагать в прошедшем времени.

Обсуждение не должно повторять описание результатов исследования. В тексте должны быть использованы общепринятые в научной литературе сокращения. Нестандартные сокращения должны быть расшифрованы после первого появления в тексте. Единицы измерений должны быть указаны в Международной системе СИ.

3.12. Затем рекомендуется сформулировать **закключение**, в котором указать основные достижения, представленные в статье, и основной вывод, содержащий ответ на вопрос, поставленный во вводной части статьи, а также возможность использования материала статьи в фундаментальных или прикладных исследованиях.

3.13. Приводится информация о **финансировании** исследований.

3.14. Выражается **благодарность** тем, кто помог вам в подготовке вашей работы.

3.15. В рукописи должно быть заявлено о том, имеется ли **конфликт интересов**

3.16. В **информации об авторах** указываются: ученая степень, звание, должность, e-mail, ORCID.

3.17. Стаття заканчивается **списком литературы** со ссылками на русском (или казахском) языке и ссылками на языке оригинала. Ссылки на литературные источники в тексте приводятся порядковыми арабскими цифрами в квадратных скобках по мере упоминания. Каждая ссылка должна содержать только одну литературную цитату. Список литературы должен быть представлен наиболее свежими и актуальными источниками без излишнего самоцитирования (не более 20 процентов). Для статей желателен список из не менее 10 ссылок со строками доступа в интернете.

3.18. Обязательна **информация об авторах**. В ней указываются: ученая степень, звание, должность, e-mail, ORCID, **фамилия, имя, отчество** полностью на трех языках.

Информация об авторах:

Джусипбеков Умирзак Жумасилович – АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», заведующий лабораторией химии солей и удобрений, член-корреспондент Национальной академии наук Республики Казахстан, профессор; e-mail: jussipbekov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2354-9878>.

Нургалиева Гульзипа Орынтаевна – доктор химических наук, АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Алматы, Республика Казахстан, e-mail: n_gulzipa@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2659-3361>.

Баяхметова Замира Кенесбековна – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник, АО «Институт химических наук им. А.Б. Бектурова», Алматы, Республика Казахстан, e-mail: zamirabkz@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7261-2215>.

Information about authors:

Zhusipbekov Umerzak Zhumasilovich – JSC «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences», Head of the Laboratory of Chemistry of Salts and Fertilizers, Corresponding Member of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Professor; e-mail: jussipbekov@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2354-9878>.

Nurgaliyeva Gulzipa Oryntayevna – Doctor of chemical sciences, JSC «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences», Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: n_gulzipa@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2659-3361>.

Baiakhmetova Zamira Kenesbekovna – Candidate of chemical sciences, leading researcher, JSC «A.B. Bekturov Institute of Chemical Sciences», Almaty, Republic of Kazakhstan, e-mail: zamirabkz@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7261-2215>.

Авторлар туралы ақпарат:

Жүсіпбеков Өмірзақ Жұмасылұлы - "Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты" АҚ, тұздар және тыңайтқыштар химиясы зертханасының меңгерушісі, Қазақстан Республикасы Ұлттық Ғылым академиясының корреспондент-мүшесі, профессор; e-mail: jussipbekov@mail.ru, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2354-9878>.

Нұрғалиева Гүлзипа Орынтайқызы - химия ғылымдарының докторы, "Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты" АҚ, Алматы, Қазақстан Республикасы, e-mail: n_gulzipa@mail.ru. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2659-3361>.

Баяхметова Замира Кеңесбекқызы - химия ғылымдарының кандидаты, жетекші ғылыми қызметкер, "Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты" АҚ,

Алматы, Қазақстан Республикасы, e-mail: zamirabkz@mail.ru . ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7261-2215>.

Список цитируемой литературы оформляется в соответствии с нижеприведенными образцами библиографических описаний (4.8.).

3.19. В конце статьи после списка литературы *дополнительно* приводится перевод **Резюме** на казахский (**Түйіндеме**) и на английский языки (**Abstract**). Слово **Резюме (Abstract, Түйіндеме)** дается по центру. На следующей строке с выравниванием по левому краю прописными буквами полужирным шрифтом № 12 приводится название статьи. Через строку без абзацного отступа курсивом, полужирным шрифтом № 11 даются инициалы и фамилии авторов.

На следующей строке без абзацного отступа курсивом, строчными буквами, шрифтом № 11 приводятся места работы авторов с надстрочными индексами (после фамилии и перед названием организации), указывающие на место работы авторов. Затем через строку с абзацного отступа с выравниванием текста по ширине идет текст резюме, набранный строчным шрифтом № 12.

Далее через строку с абзацным отступом строчными буквами шрифтом № 12, с выравниванием текста по ширине приводятся **ключевые слова** (от 5 до 10 шт.), обеспечивающие наиболее полное раскрытие содержания статьи.

3.20. Для статей, подаваемых на языке, отличном от английского (на казахском или русском языке), в конце статьи находится английский блок (**Abstract, Information about authors, References**).

3.21. Все страницы рукописи следует пронумеровать.

4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РУКОПИСЕЙ

4.1. Объем статьи, включая аннотацию и список литературы: до 8–10 страниц. Обзорные статьи могут быть до 20 страниц. Статья должна быть напечатана на одной стороне листа А4 шрифтом Times New Roman, размер кегля 14 пт; межстрочный интервал – одинарный и полями: верхнее – 2.0 см, нижнее – 2.0 см, левое – 3.0 см, правое – 1.5 см; расстановка переносов не допускается; абзацный отступ – 1.0 см; форматирование – по ширине. Должен быть использован текстовый редактор *Microsoft Word for Windows*, в виде *doc*-файла, версия 7.0 и более поздние.

Для краткости и наглядности обсуждения соединения, упоминаемые более одного раза, следует нумеровать **арабскими** цифрами в сочетании со строчными **латинскими** буквами (для обозначения соединений с переменным заместителем). При упоминании полного названия соединения шифр дается в скобках.

Стереохимические символы и приставки, характеризующие структурные особенности или положение заместителя в молекуле, следует набирать курсивом (*italic*): (*R*)-энантиомер, *трет*-бутил, *пара*-ксилол. Вместо громоздких названий неорганических и часто употребляемых органических соединений следует давать их формулы: NaBr, TsOH вместо бромид натрия и толуолсульфоновая кислота. При использовании терминов и обозначений, не имеющих широкого применения в литературе, их значения поясняются в тексте при первом употреблении: например, полиэтилентерефталат (ПЭТФ).

Для изображения структурных формул химических соединений необходимо использовать редактор химических формул **ChemDrawUltra**. Все надписи на схемах приводятся на английском языке. В схеме необходимо указывать все условия реакций: над стрелкой – реагенты, катализаторы, растворители, под

стрелкой – температура, время, выход. Если условия реакций сильно загружают схему, их можно перенести в конец схемы, расшифровывая буквенными индексами, например, *i*: HCl, H₂O, 80 °C, 5h. Такой же буквенный индекс должен быть указан над стрелкой соответствующей реакции.

4.2. Уравнения, схемы, таблицы, рисунки и ссылки на литературу нумеруются в порядке их упоминания в тексте и *должны быть вставлены в текст статьи* после первого упоминания. Таблицы и рисунки должны сопровождаться подписью; заголовки к схемам даются при необходимости.

4.3. По возможности следует готовить **рисунки** с помощью компьютера. Однотипные кривые должны быть выполнены в одинаковом масштабе на одном рисунке. Кривые на рисунках нумеруются арабскими цифрами, которые расшифровываются в подписях к рисункам. Для всех **рисунков** необходимо представить графические файлы в формате *jpeg* с минимальным разрешением 300 dpi. Надписи на рисунках должны быть на английском языке и по возможности заменены цифрами, расшифровка которых дается в подписи к рисунку.

Одиночные прямые, как правило, не приводят, а заменяют уравнением линии регрессии. Пересечение осей координат следует располагать в левом углу рисунка, стрелки на концах осей не ставятся, линии, ограничивающие поле рисунка не приводятся, масштабная сетка не наносится. Малоинформативные рисунки, не обсуждаемые в статье спектры, вольтамперограммы и другие зависимости не публикуются. **Рисунки спектров не должны быть выполнены от руки**. Все рисунки должны иметь нумерацию арабскими цифрами (если рисунок не один). Слово «Рисунок» и наименование помещают после пояснительных данных и располагают следующим образом: Рисунок 1 – Детали прибора.

4.4. Каждая **таблица** должна иметь тематический заголовок и порядковый арабский номер (без знака №), на который дается ссылка в тексте (таблица 1). Название таблицы располагается над таблицей слева без абзацного отступа в одну строку с ее номером через тире без точки после названия. Графы в таблице должны иметь краткие заголовки, отражающие параметры, численные значения которых приведены в таблице; они пишутся в именительном падеже единственного числа с прописной буквы и через запятую сопровождаются соответствующими единицами измерения (в сокращенной форме). Рисунки или структурные формулы в графах таблиц не допускаются. Пропуски в графах при отсутствии данных обозначают тремя точками, при отсутствии явления – знаком «тире». Примечания к таблицам индексируются арабскими цифрами и помещаются в границах таблицы под материалом таблицы. Слово «Примечание» следует печатать с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится тире и примечание печатается с прописной буквы. Несколько примечаний нумеруют по порядку арабскими цифрами без проставления точки и печатают с абзаца. В таблицах используют тот же шрифт, что и в тексте статьи; допускается уменьшенный (не менее № 10 шрифт TimesNewRoman).

4.5. При выборе единиц измерения рекомендуется придерживаться системы СИ: г, мг, м, см, мкм (микромметр, микрон); нм (наномметр, миллимикрон); пм (пикомметр); Е (ангстрем); с (секунда); мин, ч (час), Гц (герц); МГц (мегагерц); Э (эрстед); Гс (гаусс); В (вольт); эВ (электронвольт); А (ампер); Ом, Па (паскаль); МПа (мегапаскаль); гПа (гектопаскаль); Дж (джоуль); К (кельвин), °C (градус Цельсия); Д (Дебай).

В десятичных дробях целая часть отделяется от дробной не запятой, а точкой.

Используются следующие сокращения: т.кип. и т.пл. (точки кипения и плавления) – перед цифрами; конц. (концентрированный перед формулой соединения); М – молекулярная масса); моль, кал, ккал, н. (нормальный), М. (молярный); концентрация растворов обозначается (г/см³, г/л, моль/л).

Для всех впервые синтезированных соединений обязательны данные элементного анализа либо масс-спектры высокого разрешения.

В *брутто-формулах* элементы располагаются в следующем порядке: С, Н и далее согласно латинскому алфавиту. Формулы молекулярных соединений и ониевых солей даются через точку (например, C₅H₅N.HCl). Пример записи констант и данных элементного анализа: т.кип. 78°C (100 мм рт. ст.), т.пл. 50°C (EtOH), d₄²⁰0.9809, n_D²⁰1.5256; Найдено, %: С 59.06; Н 7.05; I 21.00; N 8.01. C_aH_bI_cN_dO_e. Вычислено, %: С 59.02; Н 7.01; I 21.20; N 8.22.

ИК и УФ спектры. В экспериментальной части для ИК и УФ спектров должны быть указаны характеристические частоты полос, длины волн максимумов поглощения, коэффициенты экстинкции (или их логарифмы) и условия, при которых записан спектр.

Примеры записи: ИК спектр (тонкий слой), ν , см⁻¹: 1650 (C=N), 3200–3440 (O–H). УФ спектр (EtOH), $\lambda_{\max}$, нм (lgε): 242 (4.55), 380 (4.22).

Спектры ЯМР ¹H и ¹³C. Должны быть указаны рабочая частота прибора, использованный стандарт и растворитель. Протоны в составе сложных групп, к которым относится сигнал, следует подчеркнуть снизу – 3.17–3.55 (4H, м, N(CH₂CH₃)₂); для положения заместителей использовать обозначения 3-CH₃; для обозначения положения атомов – C-3, N-4 и т.д. Если какой-нибудь сигнал в спектре описывается как дублет, триплет или дублет дублетов и т.п. (а не синглет или мультиплет), необходимо привести соответствующие КССВ. Если проведены дополнительные исследования для установления строения или пространственных взаимодействий атомов, должны быть указаны использованные двумерные методы. В описании спектров ЯМР ¹³C отнесение конкретного сигнала к конкретному атому углерода приводится только тогда, когда определение проведено на основе двумерных экспериментов.

Примеры записи:

Спектр ЯМР¹H (400 МГц, CDCl₃), δ, м. д. (J, Гц): 0.97 (3H, т, J= 7.0, CH₃); 3.91 (2H, к, J= 7.0, COOCH₂); 4.46 (2H, д, J= 6.1, NCH₂); 7.10–7.55 (6H, м, H-6,7,8, NHCH₂C₆H₅); 7.80 (1H, с, HAr); 7.97 (1H, с, H-5'); 8.13 (1H, д. д, J= 8.2, J= 2.3, H-5); 11.13 (1H, с, NH).

Спектр ЯМР¹³C (100 МГц, DMSO-d₆), δ, м. д. (J, Гц): 36.3 (CH₂CH₃); 48.5 (C-5); 62.3 (CH₂CH₃); 123.0(CAr); 125.8 (д, ²J_{CF} = 26.1, C-3',5' Ar); 128.9 (CPh); 134.4 (C-5a); 168.3 (C=O).

Масс-спектры приводятся в виде числовых значений m/z и относительных значений ионного тока. Необходимо указывать метод и энергию ионизации, массовые числа характеристических ионов, их интенсивность по отношению к основному иону и по возможности их генезис. В случае химической ионизации при описании прибора необходимо указать газ-реагент. В масс-спектрах высокого разрешения найденные и вычисленные значения m/z приводятся с четырьмя

десятичными знаками; если найденное значение m/z соответствует не молекулярному иону, брутто-формула и вычисленное значение m/z также приводится для того же иона.

Пример записи данных масс-спектра: Масс-спектр (ЭУ, 70 эВ), m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 386 $[M]^+$ (36), 368 $[M-H_2O]^+$ (100), 353 $[M-H_2O-CH_3]^+$ (23).

Масс-спектр (ХИ, 200 эВ), m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 387 $[M+H]^+$ (100), 369 $[M+H-H_2O]^+$ (23).

Пример записи данных масс-спектра высокого разрешения:

Найдено, m/z : 282.1819 $[M+Na]^+$. $C_{17}H_{25}NNaO$.

Вычислено, m/z : 282.1828.

4.6. **Данные рентгеноструктурного исследования** следует предоставлять в виде рисунка молекулы с пронумерованными атомами, например, C(1), N(3) (по возможности в представлении атомов эллипсо и дамипловых колебаний). Полные кристаллографические данные, таблицы координат атомов, длин связей и валентных углов, температурные факторы в журнале не публикуются, а депонируются в Кембриджском банке структурных данных (в статье указывается регистрационный номер депонента).

4.7. По требованиям международных баз данных Scopus, Clarivate Analytics, Springer Nature при оценке публикаций на языках, отличных от английского, библиографические списки должны даваться не только на языке оригинала, но и на латинице (романским алфавитом). Поэтому авторы статей, подаваемых на русском и казахском языке, должны предоставлять список литературы в двух вариантах: *один на языке оригинала (Список литературы)*, а другой — *в романском алфавите (References)*. Последний список входит в английский блок, который расположен в конце статьи.

Если в списке есть ссылки на иностранные публикации, они полностью повторяются в списке **References**. При цитировании русскоязычного журнала, переводимого за рубежом, в русскоязычной версии Списка литературы необходимо привести полную ссылку на русскоязычную версию, а в **References** — на международную.

Список источников в **References** должен быть написан только на романском алфавите- латинице (при этом он должен оставаться полным аналогом Списка литературы, в котором источники были представлены на оригинальном языке опубликования).

Для написания ссылок на русскоязычные источники (и источники на иных, не использующих романский алфавит, языках) следует использовать ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПЕРЕВОД и ТРАНСЛИТЕРАЦИЮ (см. Требования к переводу и транслитерации).

В **References** требуется следующая структура библиографической ссылки из русскоязычных источников: авторы (транслитерация), перевод названия статьи или книги на английский язык, название источника (транслитерация – для тех изданий, которые не имеют установленного редакцией английского названия), выходные данные в цифровом формате, указание на язык статьи в скобках (in Russian или in Kazakh). Транслитерацию можно выполнить на сайте <http://www.translit.ru>.

Условные сокращения названий русскоязычных журналов и справочников приводятся в соответствии с сокращениями, принятыми в «Реферативном журнале Химия». англоязычных и других иностранных журналов – в соответствии с сокращениями, рекомендуемыми издательством «Springer and Business Media»:

<http://chemister.ru/Chemie/journal-abbreviations.htm>. Для статей на русском и казахском языках название журнала «Химический Журнал Казахстана» следует сокращать: «Хим. Журн. Каз.» и «Қаз. Хим. Журн.» соответственно, а для статей на английском языке: «Chem. J. Kaz.». Приводятся фамилии и инициалы **всех авторов** (сокращения и *др.* и *et al* не допускаются).

В Списке литературы и в **References** все работы перечисляются **В ПОРЯДКЕ ЦИТИРОВАНИЯ**, а **НЕ** в алфавитном порядке.

DOI. Во всех случаях, когда у цитируемого материала есть цифровой идентификатор, его необходимо указывать в самом конце описания источника. Проверять наличие doi у источника следует на сайте <http://search.crossref.org> или <https://www.citethisforme.com>.

Для формирования списка литературы (всех без исключения ссылок) в Журнале принят библиографический стандарт без использования разделителя «//»:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. Title of Journal, **2005**, 10, No. 2, 49–53.

Для казахско- или русскоязычного источника:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. Title of Journal, **2005**, 10, No. 2, 49–53. (In Kazakh or In Russian).

Ниже приведены образцы оформления различных видов документов, которых необходимо придерживаться авторам при оформлении романского списка **References**.

Описание статьи из журналов:

Zagurenko A.G., Korotovskikh V.A., Kolesnikov A.A., Timinov A.V., Kardymov D.V. Technical and economical optimization of hydrofracturing design. Neftyanoe khozyaistvo. Oil Industry, **2008**, No. 11, 54–57. (In Russian).

Описание статьи с DOI:

Zhang Z., Zhu D. Experimental Research on the localized electrochemical micromachining. *Rus. J. Electrochem.*, **2008**, 44, No. 8, 926–930. doi: 10.1134/S1023193508080077.

Описание Интернет-ресурса:

Kondrat'ev V.B. *Global'naya farmatsevticheskaya promyshlennost'* [The global pharmaceutical industry]. Available at: http://perspektivy.info/rus/ekob/globalnaja_farmacevticheskaja_promyshlennost_2011-07-18.html (Accessed 23.06.2013).

или

APA Style (2011). Available at: <http://www.apastyle.org/apa-style-help.aspx> (accessed 5 February 2011).

или

Pravila Tsitirovaniya Istochnikov (Rules for the Citing of Sources) Available at: <http://www.scribd.com/doc/1034528/> (Accessed 7 February 2011).

Описание статьи из электронного журнала:

Swaminatan V., Lepkoswka-White E., Pao B.P. Browsers or buyers in cyberspace? An investigation of electronic factors influencing electronic exchange. *Journal of Computer-Mediated Communication*, **1999**, 5, No. 2. Available at: <http://www.ascusc.org/jcmc/vol.5/issue2/> (Accessed 24 April 2011).

Описание статьи из продолжающегося издания (сборника трудов)

Astakhov M.V., Tagantsev T.V. Eksperimental'noe issledovanie prochnost soedinenii «stal'- kompozit» [Experimental study of the strength of joints «steel-

composite»]. Trudy MGTU

«*Matematicheskoe modelirovanie slozhnykh tekhnicheskikh sistem*» [Proc. Of the Bauman MSTU

«Mathematic Modeling of the Complex Technical Systems»], **2006**, No. 593, 125–130.

Описание материалов конференций:

Usmanov T.S., Gusmanov A.A., Mullagalin I.Z., Muhametshina R.Ju., Chervyakova A.N., Sveshnikov A.V. Features of the design of the field development with the use of hydraulic fracturing. *Trudy 6 Mezhdunarodnogo Simpoziuma «Novye resurso sberegayushchie tekhnologii nedropol'zovaniya i povysheniya neftegazootdachi*» [Proc. 6th Int. Symp. «New energy saving subsoil technologies and the increasing of the oil and gas impact»]. Moscow, **2007**, 267–272. (In Russ.)

Нежелательно оставлять одно переводное название конференции (в случае если нет переведенного на английский язык названия конференции), так как оно при попытке кем-либо найти эти материалы, идентифицируется с большим трудом.

Описание книги (монографии, сборника):

Nenashev M.F. *Poslednee pravitel'stvo SSSR* [Last government of the USSR]. Moscow, Krom Publ., **1993**, 221 p.

Описание переводной книги:

Timoshenko S.P., Young D.H., Weaver W. *Vibration problems in engineering*. 4th ed. New York, Wiley, 1974. 521 p. (Russ. ed.: Timoshenko S.P., Iang D.Kh., Uiver U. *Kolebaniia v inzhenernom dele*. Moscow, Mashinostroenie Publ., **1985**. 472 p.).

Brooking A., Jones P., Cox F. *Expert systems. Principles and cases studies*. Chapman and Hall, 1984. 231 p. (Russ. ed.: Bruking A., Dzhons P., Koks F. *Ekspertnye sistemy. Printsipy raboty i primery*. Moscow, Radioisviaz' Publ., **1987**. 224 p.).

Описание диссертации или автореферата диссертации:

Grigor'ev Yu. A. *Razrabotka nauchnykh osnov proektirovaniia arkhitektury raspredelennykh sistem obrabotki dannykh*. Diss. Dokt. Tekhn. Nauk [Development of scientific bases of architectural design of distributed data processing systems. Dr. tech. sci. diss.]. Moscow, Bauman MSTU Publ., **1996**. 243 p.

Описание ГОСТа:

GOST 8.596.5–2005. *Metodika vpolneniia izmerenii. Izmerenie raskhoda i kolichestva zhidkosti i gazov s pomoshch'iu standartnykh suzhaiushchikh ustroistv* [State Standard 8.586.5 – 2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices]. Moscow, Standartinform Publ., **2007**. 10 p.

или

State Standard 8.586.5 – 2005. Method of measurement. Measurement of flow rate and volume of liquids and gases by means of orifice devices. Moscow, Standartinform Publ., **2007**. 10 p. (In Russian).

Описание патента:

Patent RU 228590. *Sposob orientirovaniia po krenu letatel'nogo apparata s opticheskoi golovkoi samonavedeniia* [The way to orient on the roll of aircraft with optical homing head], Palkin M.V., Ivanov N.M., Gusev B.B., Petrov R.H., **2006**.

4.9. Пример англоязычного блока для представления статьи, написанной на языке, отличном от английского:

Abstract

DETERMINATION OF THE HAZARD CLASS OF OIL-CONTAMINATED AND NEUTRALIZED SOIL

Zhusipbekov U.Zh.¹, Nurgaliyeva G.O.^{1*}, Baiakhmetova Z.K.¹, Aizvert L.G.²

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

²Scientific and practical center of sanitary-epidemiological examination and monitoring of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan Almaty, Kazakhstan

E-mail: n_gulzipa@mail.ru

Introduction. Pollution by oil has a negative effect on chemical, physical, agrophysical, agrochemical and biological properties of soils. Sorption methods of cleaning the soil with the help of humic preparations from oil pollution are of great importance. *The purpose* of this work is to study the composition and properties of the contaminated and neutralized soil, the determination of the toxicity indexes of all components of oil waste, the calculation of the hazard class of waste according to their toxic-ecological parameters. **Methodology.** Samples of the contaminated and neutralized soil were treated with the use of humate-based energy-accumulating substances. The metal content in the contaminated soil was determined by spectrometry using an AA 240 instrument using the method of decomposing the sample with a mixture of nitric, hydrofluoric and perchloric acids until the sample was completely opened. **Results and discussion.** Fractional composition of oil products of all samples is stable: the content of complex acetylene hydrocarbons is ~ 70.0% of the total mass of oil products, the content of resins and paraffin-naphthenic group of hydrocarbons is 27.3%, the content of bitumens is 2.6%. In the neutralized soil, paraffin-naphthenic fractions, resins, bitumens and asphaltenes were mainly found; complex acetylene hydrocarbons are not present. **Conclusion.** It has been established that the contaminated soil belongs to the substances of the 3rd hazard class. Neutralized soil became less toxic and according to the total toxicity index, it was classified as hazard class 4 (low hazard). Neutralized soil can be used as construction and road materials, at the improvement of boreholes and at land reclamation.

Keywords: oil, contaminated soil, neutralized soil, humate-based energy storage substance, toxicity, radioactivity, hazard class.

References

1. Evdokimova G.A., Gershenkop A.Sh., Mozgova N.P., Myazin V.A., Fokina N.V. Soils and waste water purification from oil products using combined methods under the North conditions. *J. Environ. Sci.*, **2012**, 47, No. 12, 1733–1738, <https://doi.org/10.1080/10934529.2012.689188>
2. Badrul I. Petroleum sludge, its treatment and disposal: a review. *Int. J. Chem. Sci.*, **2015**, 13, No. 4, 1584–1602. <https://www.tsijournals.com/articles/petroleum-sludge-its-treatment-and-disposal-a-review.pdf> (accessed on 2 April 2021).
3. Krzhizh L., Reznik D. Technology of cleaning the geological environment from oil pollution. *Jekologija proizvodstva*, **2007**, No. 10, 54. (in Russ.). https://www.ripublication.com/ijaer18/ijaerv13n7_44.pdf (accessed on 2 April 2021).
4. Nocentini M., Pinelli D., Fava F. Bioremediation of soil contaminated by hydrocarbon mixtures: the residual concentration problem. *Chemosphere*, **2000**, No. 41, 1115–1123, [https://doi.org/10.1016/S0045-6535\(00\)00057-6](https://doi.org/10.1016/S0045-6535(00)00057-6)

5. Cerqueira V.S., Peralba M.C.R., Camargo F.A.O., Bento F.M. Comparison of bioremediation strategies for soil impacted with petrochemical oily sludge. *International Biodeterioration & Biodegradation*, **2014**, 95, 338–345, <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2014.08.015>

54. Zemnuhova L.A., Shkorina E.D., Filippova I.A. The study of the sorption properties of rice husk and buckwheat in relation to petroleum products. *Himija rastitel'nogo syr'ja*, **2005**, No. 2, 51–(in Russ.). <http://journal.asu.ru/cw/article/view/1659> (accessed on 2 April 2021).

8. Mokrousova M.A., Glushankova I.S. Remediation of drill cuttings and oil-contaminated soils using humic preparations. *Transport. Transportnye Sooruzhenija. Jekologija*, **2015**, No. 2, 57–72. (in Russ.). <https://www.dissercat.com/content/razrabotka-nauchnykh-osnov-primeneniya-guminovykh-veshchestv-dlya-likvidatsii-posledstvii> (accessed on 2 April 2021).

9. Teas Ch., Kalligeros S., Zaniokos F., Stournas S. Investigation of the effectiveness of absorbent materials in oil spill clean up. *Desalination*, **2001**, No. 140, 259–264. <http://www.desline.com/proceedings/140.shtml> (accessed on 2 April 2021).

10. Ivanov A.A., Judina N.V., Mal'ceva E. V., Matis E.Ja. Investigation of the biostimulating and detoxifying properties of humic acids of different origin under conditions of oil-contaminated soil. *Himija rastitel'nogo syr'ja*, **2007**, No. 1, 99–103. (in Russ.). <http://journal.asu.ru/cw/issue/view/6> (accessed on 2 April 2021).

11. Dzhusipbekov U.Zh., Nurgalieva G.O., Kuttumbetov M.A., Zhumasil E., Dujsenbaj D., Sulejmenova O.Ja. Pilot-industrial tests of the processing of oil-contaminated soil. *Chem. J. Kazakhstan*, **2015**, No. 3, 234–240. <http://www.chemjournal.kz/images/pdf/2019/01/2019-1-2.pdf> (accessed on 2 April 2021).

12. Patent RU 2486166. *Sposob obezvrezhivaniya neftezagrjaznennykh gruntov, sposob obezvrezhivaniya otrabotannykh burovykh shlamov* [The method of disposal of oil-contaminated soils, the method of disposal of waste drill cuttings]. Kumi V.V., **2013**. <http://www.freepatent.ru/patents/2491266> (accessed on 2 April 2021).

13. Kozlova, E.N., Stepanov, A.L. & Lysak, L.V. The influence of bacterial-humus preparations on the biological activity of soils polluted with oil products and heavy metals. *Eurasian Soil Sc.*, **2015**, 48, 400–409. <https://doi.org/10.1134/S1064229315020052>.

Ғылыми жарияланымның этикасы

«Қазақстанның химиялық журналы» (бұдан әрі – Журнал) баспасының алқасы мен бас редакторы «Жариялану этикасы жөніндегі комитет – (Committee on Publication Ethics – COPE)» (<http://publicationethics.org/about>), «Еуропалық ғылыми редакторлардың қауымдастығы» (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) және Ғылыми жарияланым этикасының комитетінде (<http://publicet.org/code/>) қабылданылған халықаралық талаптарды ұстанады.

Баспа қызметіндегі әдепке сай емес іс - әрекеттерді (плагиат, жалған ақпарат және т.б.) болдырмауға және ғылыми жарияланымдардың жоғары сапасын қамтамасыз ету үшін, қол жеткізген ғылыми нәтижелерді жұртшылыққа жариялау мақсатында редакция алқасы, авторлар, рецензенттер, сондай-ақ баспа үдерісіне қатысатын мекемелер этикалық нормалар мен ережелерді сақтауға міндетті және олардың бұзылмауына барлық шараларды пайдалануы тиіс. Осы үдеріске қатысушылардың барлығының ғылыми жарияланымдар этикасының ережелерін сақтауы, авторлардың зияткерлік меншік объектілеріне құқықтарын қамтамасыз етуге, жарияланымдар сапасын арттыруға және авторлық құқықпен қорғалған материалдарды жеке тұлғалардың мүддесі үшін пайдалану мүмкіндігін жоюға көмектеседі.

Редакцияға жіберілген барлық ғылыми мақалалар міндетті түрде екі жақты құпия сараптамаға жіберіледі. Журналдың редакциялық алқасы мақаланың журнал тақырыбына және талаптарына сәйкестігін анықтайды, журналға тіркеу үшін оны алдын ала саралауға журналдың жауапты хатшысына жібереді. Ол қолжазбаның ғылыми құндылығын анықтап, мақала тақырыбына жақын ғылыми мамандықтары бар екі тәуелсіз сарапшыны анықтайды. Мақалаларды редакциялық алқа және редакциялық алқа мүшелері, сондай-ақ басқа елдерден шақырылған рецензенттер сараптайды. Мақаланы сараптау үшін рецензенттерді таңдау туралы шешімді бас редактор қабылдайды. Сараптау мерзімі 2-4 апта және рецензент өтініші бойынша оны 2 аптаға ұзартуға болады.

Редакция мен рецензент қарауға жіберілген жарияланбаған материалдардың құпиялылығына кепілдік береді. Жариялау туралы шешім журналдың редакциялық алқасы тексергеннен кейін қабылданады. Қажет болған жағдайда (редактор(лар) және/немесе рецензент(лер) тарапынан ескертулердің болуы) қолжазба авторларға қосымша түзетулерге жіберіледі, содан кейін ол қайта қаралады. Этика нормалары бұзылған жағдайда, мақаланы жариялаудан бас тарту құқығын Редакция өзіне қалдырады. Жауапты редактор мақалада плагиат деп есептеуге жеткілікті ақпарат болған жағдайда оны жариялауға рұқсат бермейді.

Авторлар редакцияға жіберілген материалдардың жаңа, бұрын жарияланбаған және түпнұсқа екендігіне кепілдік береді. Авторлар ғылыми нәтижелердің сенімділігі мен маңыздылығына, сондай-ақ ғылыми этика қағидаттарының сақталуына, атап айтқанда, ғылыми этиканы бұзылмауына (ғылыми деректерді қолдан жасау, зерттеу деректерін бұрмалауға әкелетін бұрмалау, плагиат және жалған бірлескен авторлық, қайталау, басқа адамдардың нәтижелерін иемдену және т.б.) тікелей жауапты.

Мақаланы редакцияға беру авторлардың мақаланы (түпнұсқада немесе басқа тілдерге немесе тілден аудармада) басқа журналға(ларға) жібермегенін және бұл материалдың бұрын жарияланбағанын білдіреді. Олай болмаған жағдайда мақала

авторларға «Авторлық құқықты бұзғаны үшін мақаланы жарияламау» деген шешіммен қайтарылады. Басқа автордың туындысының 10 пайыздан астамын, оның авторлығын және дереккөзге сілтемелерді көрсетпей сөзбе-сөз көшіруге жол берілмейді. Алынған үзінділер немесе мәлімдемелер автор мен дереккөзді міндетті түрде көрсете отырып ресімделуі керек. Шамадан тыс өзге материалдарды пайдалану, сондай-ақ кез келген нысандағы плагиат, соның ішінде дәйексіз дәйексөздер, басқа адамдардың зерттеулерінің нәтижелерін иемдену этикаға жатпайды және қабылданбайды. Зерттеу барысына қатынасқан барлық тұлғалардың үлесін мойындау қажет және мақалада зерттеуді жүргізуде маңызды болған жұмыстарға сілтемелер берілуі керек. Бірлескен авторлар арасында зерттеуге қатыспаған адамдарды көрсетуге жол берілмейді.

Автор(лар) жұмыстарында қателіктер байқалса, бұл туралы дереу редакторға хабарлап, түзету туралы ұсыныс беруі тиіс.

Қолжазбаны басып шығарудан бас тарту туралы шешім рецензенттердің ұсыныстарын ескере отырып, редакция алқасының отырысында қабылданады. Редакциялық алқаның шешімімен жариялауға ұсынылмаған мақала қайта қарауға қабылданбайды. Жариялаудан бас тарту туралы хабарлама авторға электрондық пошта арқылы жіберіледі.

Журналдың редакциялық алқасы мақаланы жариялауға рұқсат беру туралы шешім қабылдағаннан кейін редакциялық алқа бұл туралы авторға хабарлайды және жариялау шарттарын көрсетеді. Мақалаға берілген пікірлердің түпнұсқасы Журнал редакциясында 3 жыл сақталынады.

Этика научных публикаций

Редакционная коллегия и главный редактор научного журнала «Химический журнал Казахстана» (далее – Журнал) придерживаются принятых международных стандартов «Комитета этики по публикациям» (Committee on Publication Ethics – COPE) (<http://publicationethics.org/about>), «Европейской ассоциации научных редакторов» (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) и «Комитета по этике научных публикаций» (<http://publicet.org/code/>).

Во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (плагиат, изложение недостоверных сведений и др.) и в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, признания общественностью, полученных автором научных результатов, члены редакционного совета, авторы, рецензенты, а также учреждения, участвующие в издательском процессе, обязаны соблюдать этические стандарты, нормы и правила и принимать все меры для предотвращения их нарушений. Соблюдение правил этики научных публикаций всеми участниками этого процесса способствует обеспечению прав авторов на интеллектуальную собственность, повышению качества издания и исключению возможности неправомерного использования авторских материалов в интересах отдельных лиц.

Все научные статьи, поступившие в редакцию, подлежат обязательному двойному слепому рецензированию. Редакция Журнала устанавливает соответствие статьи профилю Журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на первое рассмотрение ответственному секретарю Журнала, который определяет научную ценность рукописи и назначает двух независимых рецензентов – специалистов, имеющих наиболее близкие к теме статьи научные специализации. Рецензирование статей осуществляется членами редакционного совета и редакционной коллегии, а также приглашенными рецензентами других стран. Решение о выборе того или иного рецензента для проведения экспертизы статьи принимает главный редактор. Срок рецензирования составляет 2-4 недели, но по просьбе рецензента он может быть продлен, но не более чем на 2 недели.

Редакция и рецензент гарантируют сохранение конфиденциальности неопубликованных материалов присланных на рассмотрение работ. Решение о публикации принимается редакционной коллегией Журнала после рецензирования. В случае необходимости (наличие замечаний редактора(-ов) и /или рецензента(-ов)) рукопись направляется авторам на доработку, после чего она повторно рецензируется. Редакция оставляет за собой право отклонить публикацию статьи в случае нарушения правил этики. Ответственный редактор не должен допускать к публикации информацию, если имеется достаточно оснований полагать, что она является плагиатом.

Авторы гарантируют, что представленные в редакцию материалы являются новыми, ранее неопубликованными и оригинальными. Авторы несут ответственность за достоверность и значимость научных результатов, а также соблюдение принципов научной этики, в частности, недопущение фактов нарушения научной этики (фабрикация научных данных, фальсификация, ведущая к искажению исследовательских данных, плагиат и ложное соавторство, дублирование, присвоение чужих результатов и др.)

Направление статьи в редакцию означает, что авторы не передавали статью (в оригинале или в переводе на другие языки или с других языков) в другой(-ие) журнал(ы) и что этот материал не был ранее опубликован. В противном случае статья немедленно возвращается авторам с формулировкой «Отклонить статью за нарушение авторских прав». Не допускается дословное копирование более 10 процентов работы другого автора без указания его авторства и ссылок на источник. Заимствованные фрагменты или утверждения должны быть оформлены с обязательным указанием автора и первоисточника. Чрезмерные заимствования, а также плагиат в любой форме, включая неоформленные цитаты, перефразирование или присвоение прав на результаты чужих исследований, неэтичны и неприемлемы. Необходимо признавать вклад всех лиц, так или иначе повлиявших на ход исследования, в частности, в статье должны быть представлены ссылки на работы, которые имели значение при проведении исследования. Среди соавторов недопустимо указывать лиц, не участвовавших в исследовании.

Если автором(-ами) обнаружена ошибка в работе, необходимо срочно уведомить редактора и вместе принять решение об исправлении.

Решение об отказе в публикации рукописи принимается на заседании редакционной коллегии с учетом рекомендаций рецензентов. Статья, не рекомендованная решением редакционной коллегии к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Сообщение об отказе в публикации направляется автору по электронной почте.

После принятия редколлегией Журнала решения о допуске статьи к публикации редакция информирует об этом автора и указывает сроки публикации. Оригиналы рецензий хранятся в редакции Журнала в течение 3 лет.

Scientific Publication Ethics

The Editorial Board and Editor-in-Chief of the scientific journal the “Chemical Journal of Kazakhstan” (hereinafter referred to as the Journal) adhere to the accepted international standards of the “Committee on Publication Ethics” (Committee on Publication Ethics – COPE) (<http://publicationethics.org/about>), the “European Association of Science Editors” (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) and the “Committee on Scientific Publication Ethics” (<http://publicet.org/code/>).

To avoid unfair practices in the publishing activities (plagiarism, false information, etc.) and in order to ensure the high quality of the scientific publications and public recognition of the scientific results, obtained by the author, the members of the Editorial Board, authors, reviewers, as well as institutions, involved in the publishing process, are obliged to comply with ethical standards, rules and regulations, and take all measures to prevent their violation. The compliance with the rules of the scientific publication ethics by all process participants contributes to ensuring the rights of authors to intellectual property, improving the quality of the publication and excluding the possibility of misuse of the copyrighted materials in the interests of the individuals.

All scientific articles submitted to the editors are subject to mandatory double-blind peer reviewing. The Editorial Board of the Journal determines the compliance of the article with the specificity of the Journal, the registration requirements and sends it for the first reviewing to the Executive Secretary of the Journal, who determines the scientific value of the manuscript and appoints two independent reviewers – the specialists with the scientific specializations closest to the topic of the article. The articles are reviewed by the members of the Editorial Board and the Editorial Staff, as well as the invited reviewers from the other countries. The decision to choose one or another reviewer for reviewing the article is made by the Editor-in-Chief. The reviewing period is 2-4 weeks, though at the request of the reviewer, it can be extended, but no more than for 2 weeks.

The editors and the reviewer guarantee the confidentiality of the unpublished materials submitted for reviewing. The decision to publish is made by the Editorial Board of the Journal after reviewing. If necessary (the presence of comments by the editor(s) and/or reviewer(s)) the manuscript is sent to the authors for revision, after which it is re-reviewed. The editors reserve the right to reject from the publication of the article in case of violation of the rules of ethics. The Executive Editor should not allow the information to be published if there is sufficient reason to believe that it is plagiarism.

The authors guarantee that the materials, submitted to the editors are new, previously unpublished and original. The authors are responsible for the reliability and significance of the scientific results, as well as compliance with the principles of scientific ethics, in particular, the prevention of violations of scientific ethics (fabrication of the scientific data, falsification leading to distortion of the research data, plagiarism and false co-authorship, duplication, appropriation of other people's results, etc.).

The submission of an article to the editor means that the authors did not submit the article (in the original or translated into or from the other languages) to the other Journal(s), and that this material was not previously published. Otherwise, the article is immediately returned to the authors with the wording “Reject the article for the copyright infringement.” The word-for-word copying of more than 10 percent of the work of another author is not allowed without indicating his authorship and references to the source. The borrowed fragments or statements should be drawn-up with the obligatory

indication of the author and source. Excessive borrowing, as well as plagiarism in any form, including inaccurate quotations, paraphrasing, or appropriation of the rights to the results of the other people's research, is unethical and unacceptable. It is necessary to recognize the contribution of all persons, who in one way or another influenced the course of the research, in particular, the article should provide links to the works, which were important in the research conduction. Among the co-authors, it is unacceptable to indicate persons, who did not participate in the research.

If the author(s) finds an error in the work, it is necessary to immediately notify the editor thereof, and together decide on the correction.

The decision to refuse from the publication of the manuscript is made at a Meeting of the Editorial Board, taking into account the recommendations of the reviewers. An article, which is not recommended by the decision of the Editorial Board for the publication, is not accepted for re-consideration. A notice of the refusal to publish is sent to the author by e-mail.

After the Editorial Board of the Journal makes a decision on the admission of the article for the publication, the Editorial Board informs the author thereof, and specifies the terms of the publication. The original reviews are kept in the Editorial Office of the Journal for 3 years.

Технический секретарь: *Ж.Б.Узакова*

Подписано в печать 31.03.2025г.
Формат 70х100 ¹/₁₆. 12.37 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