

ISSN 2710-1185 (Online)

ISSN 1813-1107 (Print)

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

ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

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

3 (75)

ИЮЛЬ – СЕНТЯБРЬ 2021 г.

ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА

ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ
2021

Журналдың бас редакторы

Бас директор
Д. Е. Фишер, х.ғ.к.

Редакция кеңесінің мүшелері:

Ө.Ж. Жүсіпбеков, проф., т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр.-мүшесі (Қазақстан Республикасы);
Б.Н. Абсадыков, проф., т.ғ.д., ҚР ҰҒА корр.-мүшесі (Қазақстан Республикасы);
А.Р. Хохлов, проф., ф.-м.ғ.д., РҒА акад. (Ресей); **М.П. Егоров**, проф., х.ғ.д., РҒА акад., (Ресей); **В.С. Солдатов**, проф., х.ғ.д., ҰҒА (Беларусь); **М.Ж. Жұрынов**, проф., х.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан Республикасы); **И.К. Бейсембетов**, проф., э.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан Республикасы); **Қ.Ж. Пірәлиев**, проф., х.ғ.д., ҚР ҰҒА академигі (Қазақстан Республикасы); **Д.Х. Халиков**, проф., х.ғ.д., ТРҒА академигі (Тәжікстан Республикасы); **В.М. Дембицкий**, проф., х.ғ.д., РЖҒА акад. (Ресей); **Л.А. Каюкова**, проф., х.ғ.д. (Қазақстан Республикасы); **В.К. Ю**, проф., х.ғ.д. (Қазақстан Республикасы); **Е.Ф. Панарин**, проф., х.ғ.д., РҒА корр.-мүшесі (Ресей); **Э.Б. Зейналов**, проф., х.ғ.д., Әзірбайжан ҰҒА корр.-мүшесі; (Әзірбайжан); **Брахим Елоуди**, PhD, проф., х.ғ.д., Де Ла Рошель университеті (Франция Республикасы); **Х. Темель**, проф., Дикле университеті (Түркия Республикасы); **Б.С. Закиров**, проф., х.ғ.д., Өзбекстан Республикасы ҒА (Өзбекстан Республикасы); **Г.А. Мун**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан Республикасы); **К.Б. Ержанов**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан Республикасы); **Б.Т. Өтелбаев**, х.ғ.д., проф. (Қазақстан Республикасы); **А.Е. Малмакова**, PhD докторы (Қазақстан Республикасы); **К.Д. Мустафинов** (бас ғылыми хатшысы).

«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. Уалханов көшесі, 106. тел. 8 (727) 291-24-64, 8 (727) 291-59-31.
ics_rk@mail.ru

© АҚ «Ө.Б. Бектұров атындағы
Химия ғылымдары институты», 2021

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

Главный редактор

Генеральный директор

Д. Е. Фишер, к.х.н.

Редакционная коллегия:

У.Ж. Джусипбеков, проф., д.т.н., член-корр. НАН РК (Республика Казахстан);
Б.Н. Абсадыков, проф., д.т.н., член-корр. НАН РК (Республика Казахстан);
А.Р. Хохлов, проф., д.ф.-м.н., академик РАН (Россия); **М.П. Егоров**, проф., д.х.н., академик РАН (Россия); **В.С. Солдатов**, проф., д.х.н., академик НАН Беларуси (Беларусь);
М.Ж. Журинов, проф., д.х.н., академик НАН РК (Республика Казахстан);
И.К. Бейсембетов, проф., д.э.н., академик НАН РК (Республика Казахстан);
К.Д. Пралиев, проф., д.х.н., академик НАН РК (Республика Казахстан); **Д.Х. Халиков**, проф., д.х.н., академик АН Республики Таджикистан (Таджикистан); **В.М. Дембицкий**, проф., д.х.н., академик РАН (Россия); **Л.А. Каюкова**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **В.К. Ю**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **Е.Ф. Панарин**, проф., д.х.н., член-корр. РАН (Россия); **Э.Б. Зейналов**, проф., д.х.н., член-корр. НАН Азербайджана (Азербайджан); **Брахим Елоуди**, проф., д.х.н., Ph.D, Университет Де Ла Рошель (Французская Республика); **Х. Темель**, проф., Университет Дикле (Турецкая Республика); **Б.С. Закиров**, проф., д.х.н., (Республика Узбекистан); **Г.А. Мун**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **К.Б. Ержанов**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **Б.Т. Утельбаев**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **А. Е. Малмакова**, доктор Ph.D, **А.Е. Малмакова**, доктор Ph.D (Республика Казахстан); **К.Д. Мустафинов** (отв. 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), г. Алматы, ул. Ш. Уалиханова, 106,
тел. 8 (727) 291-24-64, 8 (727) 291-59-31.
ics_rk@mail.ru

© АО «Институт химических наук им. А. Б. Бектурова», 2021

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

Editor in Chief

General director

D.E. Fisher, Candidate of Chemical Sciences

Editorial board:

U.Zh. Dzhusipbekov, Prof., Doctor of Technical Sciences, Corr. Member of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **B.N. Absadykov**, Prof., Doctor of Technical Sciences, Corr. Member of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **A.R. Khokhlov**, Prof., Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Academician of RAS (Russia), **M.P. Egorov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of RAS (Russia), **V.S. Soldatov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of NAS of Belarus (Belarus); **M.Zh. Zhurinov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **I.K. Beisembetov**, Prof., Doctor of Economic Sciences, Academician of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **K.D. Praliyev**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of NAS RK (Republic of Kazakhstan); **D.Kh. Khalikov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of ASRT (Tajikistan); **V.M. Dembitsky**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Academician of the RANS; **L.A. Kayukova**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **V.K. Yu**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **E.F. Panarin**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Corr. Member of RAS (Russia); **E.B. Zeynalov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences, Corr. Member of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan); **Brahim Elouadi**, PhD, Prof., De La Rochelle University (French Republic); **H. Temel**, Prof., Dicle University (Republic of Turkey); **B.S. Zakirov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Uzbekistan); **G.A. Moon**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **K.B. Erzhanov**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **B.T. Utelbaev**, Prof., Doctor of Chemical Sciences (Republic of Kazakhstan); **A.E. Malmakova**, Doctor PhD (Republic of Kazakhstan); **K.D. Mustafinov** (executive secretary).

«Chemical Journal of Kazakhstan»

ISSN 2710-1185 (Online);

ISSN 1813-1107 (Print)

Founder: Order of the Red Banner of Labor Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov.

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

© JSC «Institute of Chemical Sciences named after A.B. Bekturov», 2021.

УДК 541.64

**ПОЛУЧЕНИЕ СОРБЦИОННОГО МАТЕРИАЛА
ДЛЯ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ИОНОВ МЕТАЛЛОВ
ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ**

***Н.М. Жунусбекова^{1*}, Т.К. Искакова¹, Н.С. Чинибаева²,
Г.К. Кусаинова¹, Н.С. Худайберген¹***

¹*Satbayev University, Алматы, Казахстан*

²*Учебный центр ТОО «Education Map», Алматы, Казахстан*

E-mail: n.zhunusbekova@satbayev.university¹

Резюме: Наличие трехмерной гидрофильной сетчатой структуры обеспечивает уникальность и широкое практическое применение гидрогелей в промышленности, медицине, сельском хозяйстве и т.д. На их основе созданы мягкие контактные линзы, перевязочные материалы, суперабсорбенты, катализаторы, средства, структурирующие почву, предотвращающие высыхание корней и улучшающие выживаемость растений и т.д. *Целью* данной работы является синтез новых водонабухающих полимерных композитов сочетанием мономерных звеньев различной природы на основе акриловой кислоты и агар-агара с имидазолом, отличающихся гидрофильно-гидрофобным балансом. *Результаты и обсуждение:* Осуществлен синтез новых двойных и тройных полимерных композитов на основе акриловой кислоты и агар-агара с имидазолом, исследованы их физико-химические и комплексообразующие свойства с ионами переходных металлов в водной среде. Путем сравнительного анализа установлено, что комплексообразование взаимопроникающих сеток с FeCl_3 имеет более выраженный характер, чем с CoCl_2 . Данный факт может быть связан с затруднением внедрения в плоскость лиганда иона кобальта при образовании металлокомплекса, что сказывается в дальнейшем на связывании с функциональными группами сетки. Показано специфическое связывание полученных полимерных композитов с солями металлов, которое осуществляется путем образования ионных пар с участием противоионов и координационно-ненасыщенных металлов, вносящих основной вклад в образование экстракомплексов и отвечающих за координирование кислородсодержащих лигандов.

Ключевые слова: композитные гели, акриловая кислота, агар-агар, инициатор, коэффициент набухания, гидролиз.

Citation: *Zhunusbekova N.M., Iskakova T.K., Chinibayeva N.S., Kussainova G.K., Khudaibergenov N.S.* Creation a sorption material for the extraction of metal ions from aqueous solutions. *Chem. J. Kaz.*, **2021**, 3(75), 97–107. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.42>

1. Введение

В законодательных основах перехода к устойчивому развитию Республики Казахстан одним из пунктов отмечен «экосистемный подход при регулировании экологических отношений». В рамках данной концепции приоритетными направлениями выступают: использование новых и экологически чистых, безопасных технологий, предупреждение и уменьшение экологических угроз здоровью населения, борьба с опустыниванием, сохранение биологического разнообразия, снижение эмиссий, доступ к качественной питьевой воде и т.д. [1-4].

В связи с этим разработкой сорбционных полимерных материалов, полимерных композиционных сорбентов, основанное на химической сборке структурных единиц органической и неорганической природы, среди существующих методов синтеза полимерных носителей для иммобилизации биологически активных соединений, а также ионов металлов является актуальным научным направлением, в особенности, на стыке наук химии и современной биотехнологии [5-8].

В литературе существует множество работ, посвященных исследованию реакций комплексообразования полисахаридов с поликарбонными кислотами [9-12], где в качестве полисахаридов используются, в основном, производные целлюлозы. Среди гетероциклических соединений особое место занимают производные имидазола, которые относятся к биологически активным веществам и широко используются не только в медицине, но и в сельском хозяйстве, промышленности и катализе. Имеющиеся сведения о комплексных соединениях гетероциклических лигандов с металлами немногочисленны [13, 14]. Физико-химические характеристики процесса комплексообразования имидазола [15] со взаимопроникающими сетками с образованием полимерного тройного композита с дальнейшей сорбцией ионов переходных металлов, в зависимости от концентрации низкомолекулярного вещества практически отсутствуют. В этой связи проведение целенаправленных исследований по поиску путей синтеза новых полимерных композитов с имидазольными лигандами, а также изучение процесса комплексообразования тройных систем в водных растворах переходных металлов относятся к одной из актуальных задач химии.

Данная работа посвящена получению и исследованию полимерных сорбционных композитов с участием сшитых структур акриловой кислоты, имидазола и солей металлов в водном растворе. В связи с этим в качестве объектов исследований были выбраны: акриловая кислота (АК), агар-агар (Аг-Аг), имидазол, сульфаты меди и никеля, хлорид кобальта.

2. Результаты и обсуждение

Получение полимерных сорбционных композитов с участием сшитых структур АК, взаимопроникающей сетки на основе АА-АК, имидазола и солей металлов в водном растворе ранее не изучалось.

ВПС на основе Аг-Аг и АК были получены путем радикальной полимеризации АК и Аг-Аг. Сравнение спектров ВПС со спектрами исходных соединений показало, что полоса поглощения валентных колебаний C=O при 1711 см^{-1} , отвечающая свободной АК, при комплексообразовании с Аг-Аг смещается до 1736 см^{-1} . Причина смещения полосы валентных колебаний $\nu(\text{C}=\text{O})$ в ИК спектрах АК в высокочастотную область объясняется образованием химической связи (ковалентной или водородной) между функциональными группами взаимодействующих полимеров.

Изучение влияния степени дисперсности исходных веществ на гидродинамические параметры сетки может быть полезно при практическом использовании в качестве наполнителей. Гель на основе акриловой кислоты и имидазола выполняет функцию мембраны, так как при введении воды образует переходную полимерную сетку. Гели необходимых размеров были получены гранулометрическим методом с использованием лабораторных сит. В результате показано, что степень набухания геля напрямую зависит от дисперсного состояния, при этом образец с большей дисперсностью достигает предельных значений коэффициента набухания за более короткое время.

С целью получения двойного композита нами проведено связывание геля АК с имидазолом в концентрации от $2.5 \cdot 10^{-5}$ – $2.5 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Сравнительные физико-химические характеристики указывают на увеличение K_n при увеличении концентрации имидазола, что связано с увеличением заряда сетки. Комплексообразование карбоксилатного аниона с имидазольным звеном может протекать за счет образования водородных связей имидазольных звеньев с группами COOH, а также при участии групп COO^- . Эти реакции могут протекать параллельно. Преобладание одного процесса над другим зависит от степени нейтрализации поликислоты и концентрации добавляемого биологически-активного соединения.

На рисунке 1 приведена зависимость гидродинамических размеров сетки АК от концентрации имидазола. Показано, что увеличение концентрации имидазола влечет за собой увеличение коэффициента набухания, значение которого по истечении 20–25 мин достигает равновесного.

Большинство процессов, протекающих в биологических системах, включает взаимодействие ионов металла с несколькими лигандами, поэтому особый интерес представляет получение, исследование свойств и строения смешанно-лигандных комплексов или композитов с ионами металлов.

На рисунке 2 представлены кривые процесса контракции гидрогеля с растворами солей Cu^{2+} , Ni^{2+} и Co^{2+} при концентрации $5 \cdot 10^{-3}$ моль/л. Показано, что при высокой концентрации солей процесс контракции происходит быстрее.

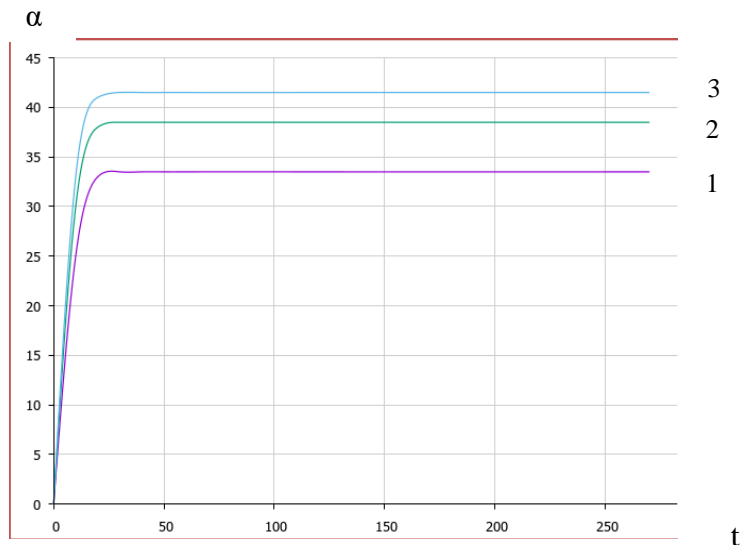


Рисунок 1 – Изменение степени набухания полимерного композита в зависимости от времени, при концентрации имидазола: 1 - $C=2.5 \cdot 10^{-5}$, 2 - $C=2.5 \cdot 10^{-4}$, 3 - $C=2.5 \cdot 10^{-3}$ моль/л.

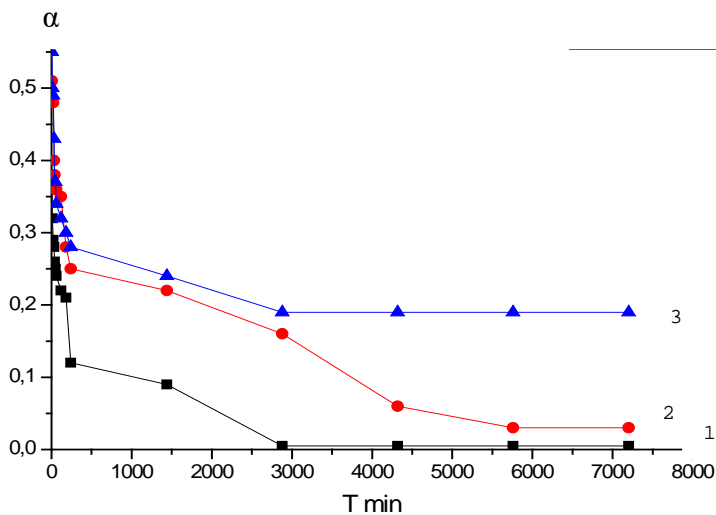


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента набухания геля от времени при комплексообразовании с 1 - CuSO_4 , 2 - NiSO_4 , 3 - CoCl_2 .

Установлено, что добавление хлорида металла к данной системе привело к понижению pH среды за счет возрастания ионной силы раствора и, соответственно, повышения степени диссоциации кислотных групп.

Аналогичные исследования были проведены с ВПС Аг-Аг – Ак с имидазолом с концентрацией от $2.5 \cdot 10^{-5}$ – $2.5 \cdot 10^{-3}$ мол./л, с целью получения тройного композита. Для улучшения сорбционных свойств гидрогелей с целью увеличения количества карбоксильных групп в сетке осуществлен гидролиз полимера. В работе представлены результаты комплексообразования активированных образцов Аг-Аг – Ак и имидазола с солями металлов разной концентрации. Как видно из рисунка 3, с увеличением времени выдержки модифицированных образцов геля в растворе FeCl_3 наблюдается постепенный рост кривых 1–4, отражающих зависимость изменения коэффициента набухания при комплексообразовании гидролизированных в течение 0.3–4 ч образцов Аг-Аг – Ак и имидазола, с FeCl_3 . Можно предположить, что резкое повышение коэффициента набухания в диапазоне от 0 до 0.5 ч происходит за счет проникновения молекул воды в фазу геля, что создает осмотическое давление и изменение гидродинамических размеров сеток в сторону их увеличения. В дальнейшем наблюдается постепенное увеличение коэффициента набухания, которое можно охарактеризовать как проникновение ионов металла с последующим комплексообразованием активированных ВПС с FeCl_3 . Предельные значения коэффициента набухания достигаются в течение 6 ч. Необходимо отметить, что наиболее низкие значения коэффициента набухания сетки, отвечающие глубокому связыванию полимера с солями железа, наблюдаются для образцов, активированных в течение 3 и 4 часов (рисунок 3, кривые 3 и 4).

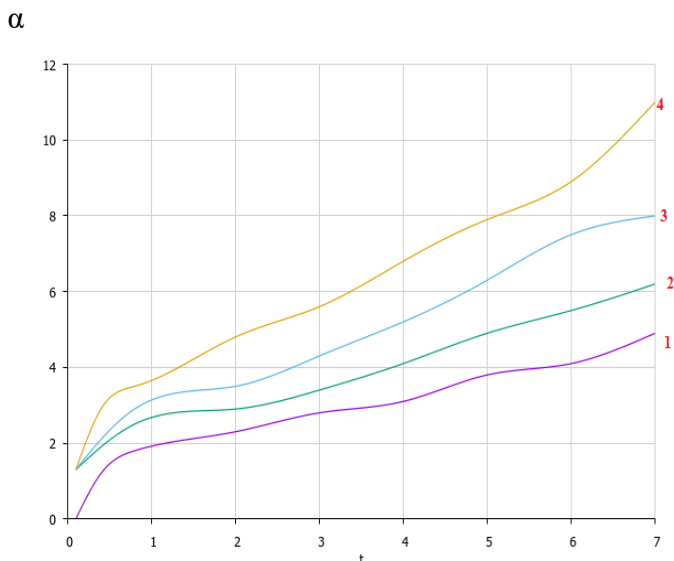


Рисунок 3 – Кинетика комплексообразования FeCl_3 с образцами ВПС Аг-Аг – Ак-имидазол после гидролиза: 0.3 ч (1), 1 ч (2), 3 ч (3) и 4 ч (4).

Для сравнения нами проведена кинетика комплексообразования исследуемых активированных образцов ВПС с CoCl_2 . На рисунке 4 наблюдается скачкообразный ход кривых 1 и 2, соответствующих комплексообразованию соли кобальта с активированными в течение 0.3 и 1 часа ВПС Аг-Аг – Ак - имидазол, где в диапазоне от 0 до 4 часов изменение размеров сетки происходит постепенно, а затем степень набухания резко возрастает. Такое поведение ВПС вызвано конформационным переходом из одного состояния в другое, то есть переход «клубок-глобула» линейных участков сетки в результате координирующего взаимодействия с солью металла.

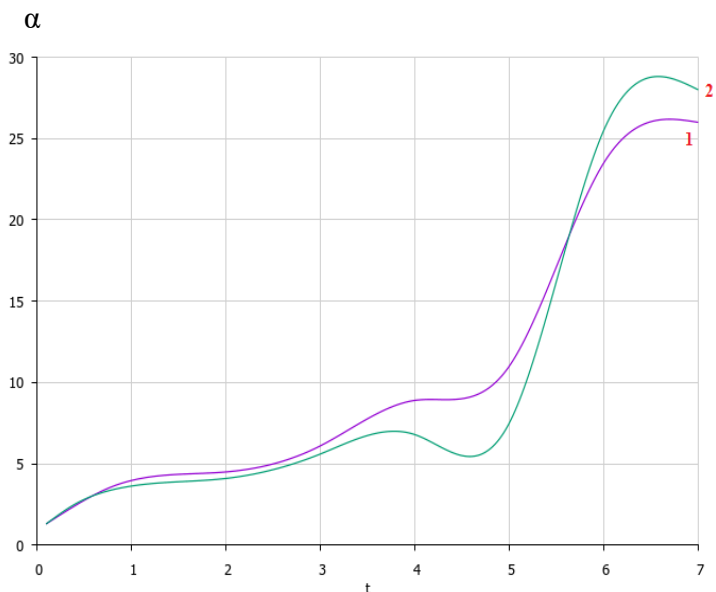


Рисунок 4 – Кинетика комплексообразования CoCl_2 с образцами Аг-Аг – Ак-имидазол после гидролиза: 0.3 ч (1), 1 ч (2).

При этом максимальные значения ВПС соответствующие образованию комплекса, равны 24.0-25.5, в дальнейшем значения коэффициента набухания по истечению 6 часов не изменяются. Из сравнения рис. 3 и 4 следует, что комплексообразование ВПС с FeCl_3 имеет более выраженный характер, чем с CoCl_2 . Это может быть связано с затруднением внедрения в плоскость лиганда иона кобальта при образовании металлокомплекса, что сказывается в дальнейшем на связывании с функциональными группами сетки.

3. Заключение

В результате проделанной работы осуществлен синтез новых двойных и тройных полимерных композитов на основе акриловой кислоты и агар-агара с имидазолом, исследованы их физико-химические и комплексообразующие

свойства с ионами переходных металлов в водной среде. Показано специфическое связывание полученных полимерных композитов с солями металлов, которое осуществляется путем образования ионных пар с участием противоионов и координационно-ненасыщенных металлов, вносящих основной вклад в образование экстракомплексов и отвечающих за координирование кислородсодержащих лигандов. Полученные результаты подтвердили влияние гидролиза на рост функциональных групп в сетке полимера, способствующих более глубокому комплексообразованию.

4. Экспериментальная часть

Коэффициент набухания гидрогелей определяли гравиметрическим методом. Степень набухания рассчитывали по формуле:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0},$$

где α – степень набухания исследуемого образца геля, г/г; m – масса набухшего образца, г; m_0 – исходная масса образца гидрогеля, г.

Для изучения процесса сорбции металлов использовали ИК-Фурье спектрофотометр Nicolet 5700 FT-IR («Thermo Electron corporation»), определяя оптическую плотность надгелевых растворов после реакции комплексообразования.

Синтез гидрогеля полиакриловой кислоты осуществляли по методике, основанной на получении редкосшитых полимерных гидрогелей полиакриловой кислоты в среде сшивающего агента N,N-метилен-бис-акриламида, в качестве инициатора полимеризации была использована окислительно-восстановительная система. Полученные гидрогели на протяжении 2 недель промывали водой до постоянного значения pH.

Взаимопроникающие сетки (ВПС) на основе комплексов поликарбоновых кислот с Ag-Ag получали радикальной полимеризацией АК в водном растворе Ag-Ag в присутствии окислительно-восстановительной системы в качестве редокс-инициатора и N,N-метиленбисакриламид в качестве сшивателя, при 70°C. Полученный гидрогель многократно промывали дистиллированной водой, до постоянных значений pH. В дальнейшем сушили при 60°C до постоянной массы.

Гидролиз. ВПС выдерживали в течение 0,3, 0,4, 1,0, 2,0 и более часов при заданной температуре в концентрированном растворе гидроксида натрия. После чего активированные ВПС сначала промывали слабым раствором соляной кислот, затем дистиллированной водой.

Комплексообразование геля с солями (сульфатов никеля и меди, хлорида кобальта) при их различных концентрациях. Для осуществления процесса комплексообразования образцы набухшего геля погружались в растворы сульфата никеля, хлорида кобальта, сульфата меди определенной концентрации: $2,5 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $2,5 \cdot 10^{-4}$ моль/л, $5 \cdot 10^{-2}$ моль/л, $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л. В результате комплексообразования получены гели, содержащие ионы вышеуказанных металлов.

Финансирование: Результаты исследований получены в рамках проекта (AP08956439), финансируемого Комитетом науки МОН РК.

Конфликт интересов отсутствует.

Information about authors:

Zhunusbekova Nazym Maratovna – Ph. D., Associate Professor, Deputy Director of the Institute of Distance Education and Professional Development; e-mail: n.zhunusbekova@satbayev.university; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0529-9000>

Iskakova Tynyshtyk Kadyrovna – Doctor of Chemical Sciences, Professor, Professor of the Institute of Chemical and Biological Technologies of Satbayev University; e-mail: t.iskakova@satbayev.university; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8122-752X>

Chinibayeva Nurzhan Sarsenbayevna – Director of the training center of "Education Map" LLP; e-mail: chinibayeva@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6270-7210>

Gulsara Kasymkhanovna Kusainova – PhD student; e-mail: g.kussainova@satbayev.university; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0990-9002>

Khudaibergenov Nurlan Sakenuly – Master's degree, contractor for the project AP08956439 Satbayev University; e-mail: nur_kudaibergen@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-0541-1509>

Список литературы

1. *Экологический кодекс Республики Казахстан* от 2 января 2021 года № 400-VI ЗПК. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400> (по состоянию на 13.08.2021).
2. Лозинский В. И. Криогели на основе природных и синтетических полимеров: получение, свойства и области применения. *Успехи химии*, **2002**, *71(6)*, 559–585. DOI: 10.1070/RC2002v071n06ABEH000720.
3. Lanza R., Langer R., Vacanti J.P. *Principles of tissue engineering*. Ed. 4th. Elsevier: Academic press, **2013**, 1936. <https://www.elsevier.com/books/principles-of-tissue-engineering/lanza/978-0-12-398358-9> (по состоянию на 13.08.2021).
4. Помогайло А.Д. Гибридные полимер-неорганические нанокомпозиты. *Успехи химии*, **2000**, *69(1)*, 60–89. DOI: 10.1070/RC2000v069n01ABEH000506.
5. Madduma-Bandarage U.S.K., Madihally S.V. Synthetic Hydrogels: Synthesis, novel trends and applications. *J. Appl. Polym. Sci.*, **2021**, *138*, 1-23. / <https://doi.org/10.1002/app.50376>.
6. Fiorica C., Palumbo F.S., Pitarresi G., Gulino A., Agnello S., Giammona G. Injectable in situ forming hydrogels based on natural and synthetic polymers for potential application in cartilage repair <https://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2015/RA/c4ra16411c-fn1>. *RSC Adv.*, **2015**, *5*, 19715-19723. <https://doi.org/10.1039/C4RA16411C>.
7. Song D., Kang B., Zhao Z., Song Sh. Stretchable self-healing hydrogels capable of heavy metal ion scavenging. *RSC Adv.*, **2019**, *9*, 19039-19047. <https://doi.org/10.1039/C9RA03443A>.
8. El Halah Amal; López-Carrasquero Francisco; Contreras Jesús. Applications of hydrogels in the adsorption of metallic ions. *Ciencia e Ingeniería*, **2018**, *39(1)*, 57-78. <https://www.redalyc.org/journal/5075/507555109006/507555109006.pdf> (по состоянию на 25.08.2021).
9. Барановский В.Ю., Ганев В.Г., Петкова В.Б., Войчева Х.Ч., Димитров М.В. Гидрогели на основе комплексов поликарбоновых кислот с агар-агаром. *Коллоид. журн.*, **2012**, *74(6)*, 675–679. ISSN: 0023-2912.
10. Wei-Min Cheng, Xiang-Ming Hu, Yan-Yun Zhao, Ming-Yue Wu, Zun-Xiang Hu, Xing-Teng Yu. Preparation and swelling properties of poly(acrylic acid-co-acrylamide) composite hydrogels, **2016**, <https://doi.org/10.1515/epoly-2016-0250>.

11. Pascual A., Tan J.P.K., Yuen A., Chan J.M.W., Coady D.J., Mecerreyes D., Hedrick J.L., Yang Y.Y., Sardon H. Broad-Spectrum Antimicrobial Polycarbonate Hydrogels with Fast Degradability. *Biomacromolecules*, **2015**, *16*(4), 1169–1178. <https://doi.org/10.1021/bm501836z>.

12. Serrano-Aroca A., Deb S. Acrylic-Based Hydrogels as Advanced Biomaterials. 2020, ISBN: 978-1-78985-184-7, ISBN: 978-1-78984-711-6. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77563>.

13. Буду Г.В., Тхоряк А.П. Комплексообразование серебра с некоторыми гетероциклическими аминами в водно-этанольных растворах. *Журн. неорг. Хим.*, **1980**, *25*(4), 1006-1008.

14. Буду Г.В., Назарова Л.В., Тхоряк А.П. Комплексообразование серебра и кадмия с гексаметилтетрамином в водных и водно-органических растворах. *Журн. неорганич. Хим.*, **1975**, *20*(11), 2094-2097.

15. Аминджанов А.А., Сафармамадов С.М., Мабаткадамова К.С. Комплексные соединения кадмия(II) с 1-метил-2-меркаптоимидазолом. *Доклады АН Республики Таджикистан*, **2010**, *53*(1), 40-44.

Түйіндеме

СУ ЕРІТІНДІЛЕРІНЕН МЕТАЛЛ ИОНДАРЫН АЛУ ҮШІН СОРБЦИЯЛЫҚ МАТЕРИАЛ АЛУ

Н.М. Жунусбекова^{1*}, *Т.К. Искакова*¹, *Н.С. Чинибаева*²,
*Г.К. Кусаинова*¹, *Худайбергенов Н.С.*¹

¹Satbayev University, Алматы, Қазақстан

²Учебный центр ТОО «Education Map», Алматы, Қазақстан

E-mail: n.zhunusbekova@satbayev.university¹

Үшөлшемді гидрофильді торлы құрылымның болуы өнеркәсіпте, медицинада, ауыл шаруашылығында және басқа салаларда бірегейлікті және кең тәжірибелік қолданысты қамтамасыз етеді. Олардың негізінде жұмсақ жанаспалы линзалар, таңғыш материалдар, суперабсорбенттер, катализаторлар, тамырлардың құрғауын болдырмайтын және өсімдіктердің тіршілігін етуін жақсартатын топырақ құрылымдаушы агенттер және тағы басқалар жасалды. *Бұл жұмыстың мақсаты* – гидрофильді-гидрофобты балансымен ерекшеленетін имидазолдың акрил қышқылы мен агар-агар негізіндегі әр түрлі сипаттағы мономерлік тізбектерді біріктіру арқылы жаңа суда ісінетін полимерлі композиттерді синтездеу. *Нәтижелер мен талқылау*: имидазолмен қосылған акрил қышқылы және агар-агар негізіндегі жаңа қос және үштік полимерлі композиттердің синтезі жүргізілді, олардың физикалық-химиялық және сулы ортада өтпелі металл иондарымен кешентүзуші қасиеттері зерттелді. Салыстырмалы талдау көрсеткендей, $FeCl_3$ -пен өзара тігілетін торлардың кешентүзуі $CoCl_2$ -ге қарағанда айқынырақ. Бұл металл кешенінің түзілуі кезінде лиганд жазықтығына кобальт ионын енгізудің қиындығымен байланысты болуы мүмкін, бұл одан әрі тордың функционалды топтарымен байланысуына әсер етеді. Алынған полимерлі композиттердің металл тұздарымен спецификалық байланысы көрсетілді, ол экстракшендердің пайда болуына және құрамында оттегі бар лигандтардың координациясына негізгі үлесқосатын, қарсы иондар мен координациялық-қанықпаған металдардың қатысуымен иондық жұптардың түзілуі арқылы жүзеге асады.

Түйін сөздер: композициялық гелдер, акрил қышқылы, агар-агар, инициатор, су сіңіру, гидролиз.

Abstract

CREATION A SORPTION MATERIAL FOR THE EXTRACTION OF METAL IONS FROM AQUEOUS SOLUTIONS

N.M. Zhunusbekova^{1*}, T.K. Iskakova¹, N.S. Chinibayeva²,
G.K. Kussainova¹, Khudaibergenov N.S.¹

¹Satbayev University, Almaty, Kazakhstan

²Учебный центр ТОО «Education Map», Алматы, Казахстан

E-mail: n.zhunusbekova@satbayev.university¹

The presence of a three-dimensional hydrophilic network structure ensures the uniqueness and wide practical application of hydrogels in industry, medicine, agriculture, etc. On their basis, soft contact lenses, dressings, superabsorbents, catalysts, soil structuring agents, preventing root drying and improving plant survival, have been created. *The aim* of this work is to synthesize new water-swallowable polymer composites by combining monomer units of various natures based on acrylic acid and agar-agar with imidazole, differing in hydrophilic-hydrophobic balance. *Results and discussion:* The synthesis of new double and ternary polymer composites based on acrylic acid and agar-agar with imidazole was carried out, their physicochemical and complex-forming properties with transition metal ions in an aqueous medium were investigated. Comparative analysis showed that the complexation of interpenetrating networks with FeCl₃ is more pronounced than with CoCl₂. This fact can be associated with the difficulty of introducing a cobalt ion into the ligand plane during the formation of a metal complex, which further affects the binding to the functional groups of the network. The specific binding of the obtained polymer composites with metal salts was shown, which is carried out through the formation of ion pairs with the participation of counterions and coordination-unsaturated metals, which make the main contribution to the formation of extracomplexes and are responsible for the coordination of oxygen-containing ligands.

Key words: composite gels, acrylic acid, agar-agar, initiator, water absorption, hydrolysis.

References

1. Ekologicheskij kodeks Respubliki Kazahstan ot 2 yanvarya 2021 goda № 400-VI ZRK. <https://adilet.zan.kz/rus/docs/K2100000400> (po sostoyaniyu na 13.08.2021).
2. Lozinskij V.I. Kriogeli na osnove prirodnyh i sinteticheskikh polimerov: poluchenie, svoystva i oblasti primeneniya. *Uspekhi himii*, 2002, 71(6), 559–585. DOI: 10.1070/RC2002v071n06ABEH000720.
3. Lanza R., Langer R., Vacanti J.P. Principles of tissue engineering. Ed. 4th. Elsevier: Academic press, 2013, 1936. <https://www.elsevier.com/books/principles-of-tissue-engineering/lanza/978-0-12-398358-9> (po sostoyaniyu na 13.08.2021).
4. Pomogajlo A.D. Gibridnye polimer-neorganicheskie nanokompozity. *Uspekhi himii*, 2000, 69(1), 60-89. DOI: 10.1070/RC2000v069n01ABEH000506.
5. Madduma-Bandarage U.S.K., Madihally S.V. Synthetic Hydrogels: Synthesis, novel trends and applications. *J. Appl. Polym. Sci.*, 2021, 138, 1-23. / <https://doi.org/10.1002/app.50376>.
6. Fiorica C., Palumbo F.S., Pitarresi G., Gulino A., Agnello S., Giammona G. Injectable in situ forming hydrogels based on natural and synthetic polymers for potential application in cartilage repair <https://pubs.rsc.org/en/Content/ArticleLanding/2015/RA/c4ra16411c> - fn1 // RSC Adv., 2015, 5, 19715-19723. <https://doi.org/10.1039/C4RA16411C>.

7. Song D., Kang B., Zhao Z., Song Sh. Stretchable self-healing hydrogels capable of heavy metal ion scavenging. *RSC Adv.*, **2019**, 9, 19039-19047. <https://doi.org/10.1039/C9RA03443A>.
8. El Halah Amal; López-Carrasquero Francisco; Contreras Jesús. Applications of hydrogels in the adsorption of metallic ions. *Ciencia e Ingeniería*, **2018**, 39(1), 57-78. <https://www.redalyc.org/journal/5075/507555109006/507555109006.pdf> (po sostoyaniyu na 25.08.2021).
9. Baranovskij V.Yu., Ganev V.G., Petkova V.B., Vojcheva H.Ch., Dimitrov M.V. Gidrogeli na osnovе kompleksov polikarbonovyh kislot s agar-agarom. *Kolloid. zhurn.*, **2012**, 74(6), 675–679. ISSN: 0023-2912.
10. Wei-Min Cheng, Xiang-Ming Hu, Yan-Yun Zhao, Ming-Yue Wu, Zun-Xiang Hu and Xing-Teng Yu. Preparation and swelling properties of poly(acrylic acid-co-acrylamide) composite hydrogels, **2016**, <https://doi.org/10.1515/epoly-2016-0250>.
11. Pascual A., Tan J.P.K., Yuen A., Chan J.M.W., Coady D.J., Mecerreyes D., Hedrick J.L., Yang Y.Y., Sardon H. Broad-Spectrum Antimicrobial Polycarbonate Hydrogels with Fast Degradability. *Biomacromolecules*, **2015**, 16(4), 1169–1178. <https://doi.org/10.1021/bm501836z>.
12. Serrano-Aroca Á., Deb S. Acrylic-Based Hydrogels as Advanced Biomaterials. **2020**, ISBN: 978-1-78985-184-7, ISBN: 978-1-78984-711-6. <https://doi.org/10.5772/intechopen.77563>.
13. Budu G.V., Tkhoryak A.P. Kompleksoobrazovaniye serebra s nekotorymi geterotsikli-cheskimi aminami v vodnoetanolnykh rastvorakh. *Zhurn. neorg. Khimii*, **1980**, 25(4), 1006-1008.
14. Budu G.V., Nazarova L.V., Tkhoryak A.P. Kompleksoobrazovaniye serebra i kadmiya s geksametilentetraminom v vodnykh i vodno-organicheskikh rastvorakh. *Zhurn. neorgan. Khim.*, **1975**, 20(11), 2094-2097.
15. Amindzhanov A.A., Safarmamadov S.M., Mabatkadamova K.S. Kompleksnyye soyedineniya kadmiya(II) s 1-metil-2-merkaptimidazolom. *Doklady AN Respubliki Tadjikistan*, **2010**, 53(1), 40-44.

Ғылыми жарияланымдардың этикасы

Редакциялық алқа және "Қазақстанның химия журналы" ғылыми журналының (бұдан әрі – Журнал) бас редакторы "Жарияланымдар жөніндегі этика комитеті" ([Committee on Publication Ethics – COPE](http://publicationethics.org/about)) (<http://publicationethics.org/about>), "Еуропалық ғылыми редакторлар қауымдас-тығы" (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) және "Ғылыми жарияланымдар әдеби жөніндегі комитеттің" (<http://publicet.org/code/>) қабылданған халықаралық стандарттарды ұстанады.

Баспа қызметіндегі әділетсіз тәжірибені болдырмау мақсатында (плагиат, жалған ақпаратты ұсыну және т.б.) және ғылыми жарияланымдардың жоғары сапасын қамтамасыз ету, автордың алған ғылыми нәтижелерін жұртшылықпен тану мақсатында редакциялық кеңестің әрбір мүшесі, автор, рецензент, сондай-ақ баспа процесіне қатысатын мекемелер этикалық стандарттарды, нормалар мен ережелерді сақтауға және олардың бұзылуын болдырмау үшін барлық шараларды қабылдауға міндетті. Осы процеске қатысушылардың барлығының ғылыми жарияланым этикасы ережелерін сақтауы авторлардың зияткерлік меншік құқықтарын қамтамасыз етуге, басылым сапасын арттыруға және авторлық материалдарды жеке тұлғалардың мүддесі үшін заңсыз пайдалану мүмкіндігін болдырмауға ықпал етеді.

Редакцияға келіп түскен барлық ғылыми мақалалар міндетті түрде екі жақты шолудан өтеді. Журнал редакциясы мақаланың журнал профиліне, ресімдеу талаптарына сәйкестігін белгілейді және оны қолжазбаның ғылыми құндылығын айқындайтын және мақала тақырыбына неғұрлым жақын ғылыми мамандандырулары бар екі тәуелсіз рецензент – мамандарды тағайындайтын журналдың жауапты хатшысының бірінші қарауына жібереді. Мақалаларды рецензиялауды редакциялық кеңес және редакциялық алқа мүшелері, сондай-ақ басқа елдердің шақырылған рецензенттері жүзеге асырады. Мақалаға сараптама жүргізу үшін белгілі бір рецензентті таңдау туралы шешімді Бас редактор қабылдайды. Рецензиялау мерзімі 2-4 аптаны құрайды, бірақ рецензенттің өтініші бойынша ол ұзартылуы мүмкін.

Редакция мен рецензент қарауға жіберілген жарияланбаған материалдардың құпиялылығын сақтауға кепілдік береді. Жариялау туралы шешімді журналдың редакциялық алқасы рецензиялаудан кейін қабылдайды. Қажет болған жағдайда қолжазба авторларға рецензенттер мен редакторлардың ескертулері бойынша пысықтауға жіберіледі, содан кейін ол қайта рецензияланады. Редакция этика ережелерін бұзған жағдайда мақаланы жариялаудан бас тартуға құқылы. Егер ақпаратты плагиат деп санауға жеткілікті негіз болса, жауапты редактор жариялауға жол бермеуі керек.

Авторлар редакцияға ұсынылған материалдардың жаңа, бұрын жарияланбаған және түпнұсқа екендігіне кепілдік береді. Авторлар ғылыми нәтижелердің сенімділігі мен маңыздылығына, сондай-ақ ғылыми этика қағидаттарын сақтауға, атап айтқанда, ғылыми этиканы бұзу фактілеріне жол бермеуге (ғылыми деректерді тұжырымдау, зерттеу деректерін бұрмалауға әкелетін бұрмалау, плагиат және жалған тең авторлық, қайталау, басқа адамдардың нәтижелерін иемдену және т. б.) жауапты болады.

Мақаланы редакцияға жіберу авторлардың мақаланы (түпнұсқада немесе басқа тілдерге немесе басқа тілдерге аударылған) басқа журналға(журналдарға) берме-

генін және бұл материал бұрын жарияланбағанын білдіреді. Әйтпесе, мақала авторларға авторлық құқықты бұзғаны үшін мақаланы қабылдамау туралы ұсыныспен дереу қайтарылады. Басқа автор жұмысының 10 пайызынан астамын оның авторлығын және дереккөзге сілтемесіз сөзбе-сөз көшіруге жол берілмейді. Алынған фрагменттер немесе мәлімдемелер автор мен бастапқы көзді міндетті түрде көрсете отырып жасалуы керек. Шамадан тыс көшіру, сондай-ақ кез-келген нысандағы плагиат, оның ішінде рәсімделмеген дәйексөздер, өзгерту немесе басқа адамдардың зерттеулерінің нәтижелеріне құқықтар иемдену этикалық емес және қолайсыз. Зерттеу барысына қандай да бір түрде әсер еткен барлық адамдардың үлесін мойындау қажет, атап айтқанда, мақалада зерттеу жүргізу кезінде маңызды болған жұмыстарға сілтемелер ұсынылуы керек. Қосалқы авторлардың арасында зерттеуге қатыспаған адамдарды көрсету болмайды.

Егер жұмыста қате табылса, редакторға тез арада хабарлау керек және бірге түзету туралы шешім қабылдау керек.

Қолжазбаны жариялаудан бас тарту туралы шешім рецензенттердің ұсынымдарына сәйкес редакциялық алқа отырысында қабылданады. Редакциялық алқаның шешімімен жариялауға ұсынылмаған мақала қайта қарауға қабылданбайды. Жариялаудан бас тарту туралы хабарлама авторға электрондық пошта арқылы жіберіледі.

Редакциялық алқа мақаланы жариялауға жіберу туралы шешім қабылдағаннан кейін редакция бұл туралы авторға хабарлайды және жариялау мерзімін көрсетеді. Рецензиялардың түпнұсқалары журналдың редакциясында 3 жыл бойы сақталады.

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)) (<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, каждый член редакционного совета, автор, рецензент, 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.

Редакция и рецензент гарантируют сохранение конфиденциальности неопубликованных материалов присланных на рассмотрение работ. Решение о публикации принимается редакционной коллегией Журнала после рецензирования. В случае необходимости рукопись направляется авторам на доработку по замечаниям рецензентов и редакторов, 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 журнал(ы)

и что этот материал не был ранее опубликован. В противном случае статья немедленно возвращается авторам с рекомендацией 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 любых формах, 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 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 в соответствии с рекомендациями 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.

Ethics of scientific publications

The editorial board and editor-in-chief of the scientific journal “Chemical Journal of Kazakhstan” (hereinafter - the Journal) adhere to the accepted international standards of “the Committee on Publication Ethics” (COPE) (<http://publicationethics.org/about>), “European Association of Science Editors – EASE” (<http://www.ease.org.uk>) and “Committee on the Ethics of Scientific Publications” (<http://publicet.org/code/>).

Public recognition of the scientific results obtained by the author, each member of the editorial board, author, reviewer, as well as institutions involved in the publishing process is obliged to comply with ethical standards, norms, and rules and take all measures to prevent violations thereof. This is needed to avoid unfair practice in publishing activities (plagiarism, presentation of false information, etc.) and to ensure the high quality of scientific publications. Compliance with the rules of ethics of scientific publications by all participants in this process contributes to ensuring the rights of authors to intellectual property, improving the quality of the publication, and excluding the possibility of illegal use of copyright materials in the interests of individuals.

All scientific articles submitted to the editorial office are subject to mandatory double-blind review. The editorial board of the Journal establishes the correspondence of the article to the profile of the Journal, the requirements for registration and sends it for the first consideration to the executive secretary of the Journal, who determines the scientific value of the manuscript and appoints two independent reviewers - specialists who have scientific specializations closest to the topic of the article. Reviewing of articles is carried out by members of the editorial board and editorial board, as well as invited reviewers from other countries. The decision on choosing a reviewer for the examination of the article is made by the editor-in-chief. The review period is 2-4 weeks, but it can be extended at the request of the reviewer.

The editorial board and the reviewer guarantee the confidentiality of unpublished materials sent for consideration. The decision on publication is made by the editorial board of the Journal after reviewing. The manuscript is sent to the authors for revision based on the comments of reviewers and editors if necessary. After which, it is re-reviewed. The editors reserve the right to reject the publication of an article in case of a violation of the rules of ethics. The executive editor should not allow information to be published if there are sufficient grounds to believe that it is plagiarism.

The authors guarantee that the submitted materials to the editorial office are new, previously unpublished, and original. Authors are responsible for the reliability and significance of scientific results, as well as adherence to the principles of scientific ethics, in particular, the prevention of violations of scientific ethics (fabrication of scientific data, falsification leading to distortion of research data, plagiarism, and false co-authorship, duplication, appropriation of other people's results, etc.).

The submission of an article to the Editorial Board means that the authors did not transmit the article (in original or translation into other languages or from other languages) to another journal (s), and this material has not been previously published. Otherwise, the article is immediately returned to the authors with a recommendation to reject the article for copyright infringement. Verbatim copying of more than 10 percent of another author's work is not allowed without indicating his authorship and links to the source. Borrowed fragments or statements must be made with the obligatory indication of

the author and the source. Excessive borrowing as well as plagiarism in any form, including unofficial quotations, paraphrasing, or appropriation of rights to the results of 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 contain references to works that were of importance in the conduct of the research. Among the co-authors, it is inadmissible to indicate persons who did not participate in the study.

If an error is found in work, it is necessary to notify the editor and together make a decision on the correction.

The decision to refuse publication of the manuscript is made at a meeting of the editorial board by the recommendations of the reviewers. An article not recommended for publication by the decision of the editorial board is not accepted for reconsideration. The refusal to publish is sent to the author by e-mail.

After the editorial board of the Journal decides on the admission of the article for publication, the editorial board informs the author about it and indicates the terms of publication. The originals of the reviews are kept in the editorial office for three years.

Технический секретарь *К. Д. Мустафинов*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 27.09.2021.

Формат 70x100¹/₁₆. 9,5 п.л. Бумага офсетная. Тираж 500.