

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»

4 (76)

ОКТЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 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. (Канада); **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 (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. Уалиханов 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 РАЕН (Канада); **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**, PhD, (Республика Казахстан); **К.Д. Мустафинов** (ответственный 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. Fischer, 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 (Canada); **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**, 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

УДК 541.183 + 66.081

ВЛИЯНИЕ НОРМЫ ГЕКСАЦИАНОФЕРАТА ЖЕЛЕЗА НА ЕГО СОРБИЦИОННУЮ СПОСОБНОСТЬ ПО ОТНОШЕНИЮ К КАТИОНАМ СЕРЕБРА, ИНДИЯ И ГАЛЛИЯ

*А.А. Агатаева**, *У.Ж. Джусипбеков*, *Р.М. Чернякова*,
Р.А. Кайынбаева, *Н.Н. Кожобекова*, *А.М. Набиева*

АО «Институт химических наук имени А.Б. Бектурова», Алматы, Казахстан
E-mail: aktolkynabduali@gmail.com

Резюме: Переработка фосфоритов на элементный фосфор сопровождается образованием отхода – котрельного «молока», в котором присутствуют индий, галлий, серебро. Данный отход можно рассматривать в качестве дешевого сырьевого получения редких и благородных металлов. В научной литературе имеются данные о сорбционной способности гексацианоферрата железа, обладающего кристаллической решеткой с диаметром каналов от 3.0 до 3.5Å. Исследование процесса сорбции в модельной системе $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Ag}^+ - \text{In}^{3+} - \text{Ga}^{3+} - \text{H}_2\text{O}$ в зависимости от нормы гексацианоферрата железа (сорбента). Исходную концентрацию ионов серебра, индия и галлия и их остаточное содержание в растворах определяли на атомно-абсорбционном спектрофотометре «PerkinElmer Analyst 400» (США). Микроструктуру исходного гексацианоферрата железа и гексацианоферрата железа, после сорбции исследовали на СЭМ «CarlZeissFESEM» и JEOL марки «JXA-8230» (Япония). При соотношении к Т:Ж равным 1,75-2,5:100 степень сорбции Ag^+ гексацианоферратом железа составляет 99,5 и 99,8 %. Наиболее высокую степень сорбции (96.75%) ионов In^{3+} можно получить сорбентом массой 3 г на 100 г раствора при 60 °С. Высокая степень сорбции катионов Ga^{3+} достигается при низком (0.5:100 масс. ч.) и высоком (3:100 масс. ч.) расходе гексацианоферрата железа. Выявлено, что гексацианоферрат железа проявляет сорбционные свойства одновременно по отношению к моно- и трехвалентным металлам, и установлены основные закономерности их сорбции.

Ключевые слова: сорбция, гексацианоферрат железа, катионы, степень сорбции, норма сорбента, котрельное «молоко».

Citation: *Agatayeva A.A., Jussipbekov U.Zh., Chernyakova R.M., Kaiynbayeva R.A., Kozhabekova N.N., Nabyeva A.M.* Influence of the rate of iron hexatitanoferrate on its sorption ability in relation to silver, indium and gallium cations. *Chem. J. Kaz.*, **2021**, 4(76), 5–14. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.45>

1. Введение

При производстве элементарного фосфора в процессе электротермической переработки фосфоритов с предварительной агломерацией фосфатного сырья образуются побочные продукты, значительная часть которых представлена котрельным «молоком» (КМ). КМ наряду с фосфором содержит целый ряд полезных компонентов, в том числе цветные, редкие и благородные металлы (Ag, In, Ga и др.). Кроме того в состав КМ входят цианосодержащие соединения. Из-за отсутствия технологии по извлечению редких и благородных металлов, а также цианосодержащих соединений они безвозвратно теряются. Наличие в КМ таких соединений позволяет рассматривать его как сырье для комплексной переработки с получением серебра, индия, галлия и комплексных соединений, в частности ферроцианидов ряда металлов, которые находят самое широкое применение. Среди ферроцианидных соединений выделяются гексацианоферраты железа.

Большинство комплексных солей с анионами $[\text{Fe}^{\text{II}}(\text{CN})_6]^{4-}$ и $[\text{Fe}^{\text{III}}(\text{CN})_6]^{3-}$, именуемых ферри-и ферроцианидами металлов, характеризуются ионообменными свойствами. В кислых средах при низком pH проявляют максимальную адсорбционную способность, а при высоком значении pH обладают более низкой степенью адсорбции [1-2]. Они широко используются для очистки жидких отходов и радиоактивно загрязненных сред от катионов цезия и других тяжелых металлов [5-10].

Известно, что железо-цианидные комплексы, иммобилизованные, хотя и в умеренном количестве на различных поверхностях, включая глины, гидроксидов железа и алюминия, органические вещества и даже кварцевый песок, могут сорбировать катионы [11-12].

Гексацианоферрат железа является комплексным соединением с цеолитовым типом кристаллической структуры, каналы которого характеризуются диаметром не менее $3.0\text{-}3.5\text{\AA}$ [13,14], вследствие чего он способен соосаждать катионы с достаточно большим диаметром, например меди (II) [15], и сорбировать органические вещества [16]. Поскольку ферроцианид железа способен к комплексообразованию, соосаждению и проявляет сорбционные свойства к катионам, то нельзя исключить возможности его применения в качестве сорбента для выделения благородных и редких металлов из жидкой фазы котрельного «молока». При этом гексацианоферрат железа можно получать также из жидкой фазы из КМ [17]. Однако учитывая, что жидкая фаза котрельного «молока» является солевой системой сложного состава, поэтому для исключения влияния примесей, присутствующих в сырье, возникла необходимость исследовать процессы, протекающие при выделении благородных и редких металлов с применением гексацианоферрата железа в качестве сорбента, на модельной системе « $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Ag}^+ - \text{In}^{3+} - \text{Ga}^{3+} - \text{H}_2\text{O}$ ».

2. Результаты и обсуждение

Исследование сорбции гексацианоферратом железа катионов Ag^+ , In^{3+} и Ga^{3+} проводили из механически перемешиваемых водных растворов как функции величины массы адсорбента (гексацианоферрата железа), температуры системы и продолжительности эксперимента. Для проведения сорбционных экспериментов использовали гексацианоферрат железа, полученный из жидкой фазы котрельного «молока – отхода производства фосфора из фосфоритов Каратау, по способу [18]. Сорбцию катионов проводили из раствора с постоянной концентрацией катионов Ag^+ , In^{3+} и Ga^{3+} 200 мг/л. Заданную концентрацию катионов создавали введением в раствор расчетного количества солей AgNO_3 , $\text{In}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ и $\text{Ga}(\text{NO}_3)_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$. Массу гексацианоферрата железа (адсорбента) меняли от 0.5 до 3.0 г на 100 г катионсодержащего раствора. Температуру раствора в термостатируемом реакторе варьировали от 25 до 60 °С. Продолжительность процесса сорбции составляла от 5 до 60 мин.

Кинетику сорбции ионов серебра (I), индия (II) и галлия (III) в их совместном присутствии изучали методом ограниченного объема [19]. Методика исследования системы сводилась к следующему. К заданному количеству раствора (Ж), содержащего одновременно катионы Ag^+ , In^{3+} и Ga^{3+} , вводили определенное количество порошка гексацианоферрата железа $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ (Т) и проводили сорбцию фиксированное время, затем отбирали аликвотную часть, в которой определяли остаточное содержание всех ионов. Концентрацию сорбируемых катионов Ag^+ , In^{3+} и Ga^{3+} гексацианоферратом железа находили по разности между исходным и конечным содержанием извлекаемых иона в растворе. Степень извлечения оценивали по отношению разности концентрации катионов в исходном растворе и в растворе по завершению сорбции к их начальной величине.

Исходную концентрацию ионов серебра, индия и галлия и их остаточное содержание в растворах оценивали по результатам, полученным на атомно-абсорбционном спектрофотометре «PerkinElmer Analyst 400» (США).

Микроструктуру исходного гексацианоферрата железа и гексацианоферрата железа, выделенного из раствора после сорбции ионов, исследовали методом сканирующей электронной микроскопии «CarlZeissFESEM» и JEOL марки «JXA-8230» (Япония).

3. Заключение

Установлено, что гексацианоферрат железа $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ в слабодиссоциирующей среде рН 4 проявляет сорбционные свойства одновременно по отношению к катионам серебра (I), индия (II) и галлия (III).

Достичь высокой степени сорбции катионов серебра можно за счет уменьшения расхода гексацианоферрата железа или увеличения продолжительности процесса, либо за счет увеличения нормы сорбента и сокращения времени. При одновременной сорбции катионов Ag^+ , In^{3+} и Ga^{3+}

гексацианоферрат железа обладает предпочтительной сорбционной способностью по отношению к катионам серебра (I) и галлия (III), степень сорбции которых 99.5 и 99.9% соответственно.

4. Экспериментальная часть

Исследование влияния нормы (массы) гексацианоферрата железа и температуры на его сорбционную способность по отношению к катионам серебра (I), индия (II) и галлия (III) в их совместном присутствии проводили при постоянном времени – 30 минут (рисунок 1).

Анализ полученных данных показал, что на остаточное содержание катионов Ag^+ в растворе оказывает влияние норма гексацианоферрата железа и температура раствора (рисунок 1, а). Сорбционные кривые катионов серебра (I) с увеличением массы сорбента от 0.5 до 2.5 г на 100 г раствора в интервале 25-30 °С снижаются, т.е. остаточное содержание железа в растворе уменьшается, и далее остаются практически без изменения. Наибольшая степень сорбции катионов серебра (99.8%) в указанном интервале температур достигается при норме сорбента 2.5 г на 100 г очищаемого раствора.

Кривые сорбции ионов Ag^+ от массы гексацианоферрата в более нагретом растворе (40-60 °С) имеют минимум при нагрузке сорбента 1.75-2.5 г на 100 г раствора (рисунок 1, а). В этом случае повышение нормы гексацианоферрата железа увеличивает концентрацию катионов Ag^+ в растворе. Повышение температуры очищаемого раствора приводит к выходу адсорбированных гексацианоферратом железа катионов серебра в раствор, то есть гексацианоферрат железа сначала сорбирует катионы серебра, а затем начинается процесс их десорбции. Процесс десорбции, возможно, обусловлен физической адсорбцией небольшой части сорбированного серебра на ферроцианиде железа, так как степень сорбции серебра в условиях нагрева высокая, а количество десорбировавшихся катионов небольшое. Так, при нагрузке 1.75 г сорбента на 100 г раствора при 50°С степень сорбции равна 99.7%, а при массе сорбента 3 г на 100 г раствора – 99.5%. Выход катионов Ag^+ из сорбента в раствор составляет 0.2% от исходного его содержания (0.4 мг/л). Большая часть ионов серебра сорбируется, по-видимому, не на поверхности гексацианоферрата железа, а входит в его структуру (каналы), это позволяет диаметр пор гексацианоферрата железа (3.0-3.5Å), который значительно больше, чем ионный радиус Ag^+ (1.13Å).

Сорбционные кривые катионов индия (III) в зависимости от массы гексацианоферрата железа во всем исследуемом интервале температур носят практически прямолинейный характер (рисунок 1, б). Однако ход кривых сорбции определяется температурой раствора. С повышением массы гексацианоферрата железа в интервале (25-43)°С концентрация катионов индия (III) в растворе уменьшается. Соответственно степень их сорбции возрастает с (80-86)% до (91.5-97.0)%. В указанных условиях сорбция индия возрастает с ростом массы сорбента.

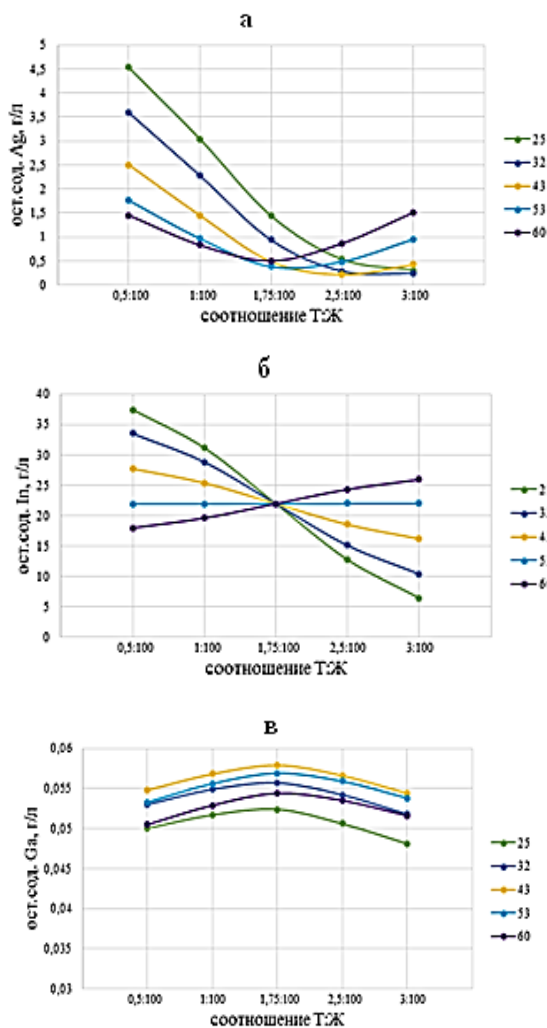


Рисунок 1 – Влияние нормы гексацианоферрата железа на остаточное содержание катионов Ag^+ (а), In^{3+} (б) и галлия (в) в модельной системе « $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Ag}^+ - \text{In}^{3+} - \text{Ga}^{3+} - \text{H}_2\text{O}$ ».

При 50°C расход сорбента практически не влияет на содержание индия в растворе, зависимость выражается прямой линией. А при 60°C остаточное содержание катионов In^{3+} находится в прямой зависимости от нормы гексацианоферрата железа. Чем больше масса сорбента, тем выше концентрация катионов индия (III) в растворе. Рост концентрации индия обусловлен их десорбцией из гексацианоферрата железа в раствор. Повышение температуры очищаемого раствора инициирует процесс десорбции ионов In^{3+} . Судя по результатам часть катионов индия сорбируется по типу физической адсорб-

ции, но большая его часть входит в структуру гексацианоферрата железа, что возможно вследствие небольшого размера ионного радиуса In^{3+} (0.92 Å).

Высокую степень сорбции (92%) ионов In^{3+} можно получить сорбентом массой 0.5 г при 60°C, а 25°C еще более высокую (96.75%) при норме гексацианоферрата железа 3 г на 100 г раствора. Наименьшая степень сорбции катионов индия (III) достигается при 25°C сорбентом с массой 0.5 г (80%).

На кривых сорбции катионов Ga^{3+} для всех температур присутствует слабо выраженный максимум при массе сорбента 1.75 г на 100 г раствора (рисунок 1, в). Уменьшение или увеличение массы сорбента снижает концентрацию галлия в растворе и, следовательно, повышает степень его сорбции. Практически одинаковая степень сорбции катионов Ga^{3+} достигается при низком (0.5:100 масс. ч.) и высоком (3:100 масс. ч.) расходе гексацианоферрата железа.

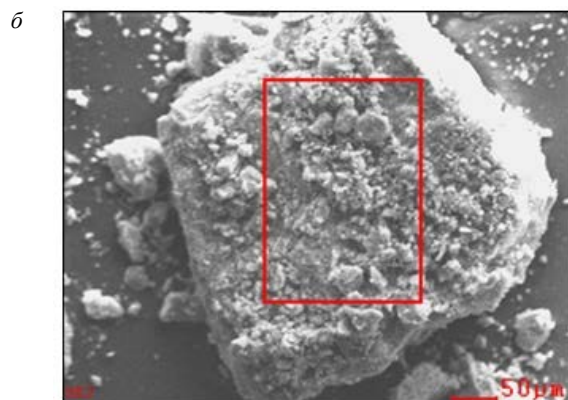
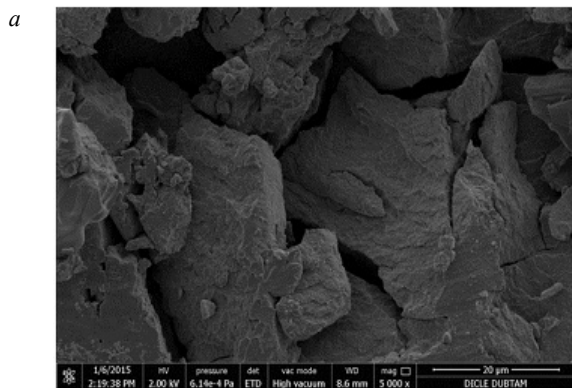


Рисунок 2 –

Микрофотография исходного гексацианоферрата железа (а) и гексацианоферрата железа, выделенного после сорбции катионов Ag^+ , In^{3+} и Ga^{3+} (б).

Наибольшая степень сорбции катионов Ag^+ и индия In^{3+} происходит при соотношении Т:Ж = 3:100 и низких температурах процесса. Меньше всего масса гексацианоферрата оказывает влияние на сорбцию катионов Ga^{3+} , что, возможно, обусловлено его малым ионным радиусом (0.62 Å).

В сорбционных процессах важную роль играет поверхность сорбента и ее характеристики. В последние годы широко используется сканирующая электронная микрофотография для исследования микроструктуры образцов. На рисунке 2 представлена микрофотография гексацианоферрата железа и гексацианоферрата железа, выделенного из раствора, содержащий катионы серебра, индия и галлия после их сорбции при увеличении $\times 5000$.

На микрофотографии гексацианоферрата железа обнаружены крупные частицы и видны каналы, щели и трещины (рисунок 2, а). Наличие каналов и щелевидных пор должно внести значительный вклад в сорбционную способность гексацианоферрата железа. Это подтверждено вышеприведенными исследованиями.

Морфология образца, выделенного после сорбции катионов Ag^+ , In^{3+} и Ga^{3+} заметно меняется (рисунок 2, б). Его поверхность становится светлой и более однородной, исчезают крупные каналы и щелевидные поры. Это указывает на их заполнение сорбируемыми катионами. Последние, судя по осветлению и однородности образца, вероятно, еще сосаждаются и на поверхности сорбента.

Финансирование: Работа выполнена в Институте химических наук имени А.Б. Бектурова по программе целевого финансирования научных исследований на 2021-2023 годы, осуществляемого Комитетом науки Министерства образования и науки Республики Казахстан, по проектам BR10965255.

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

Information about authors:

Agatayeva Aktolkyn Abdualiyevna – PhD, researcher; e-mail: aktolkynabduali@gmail.com; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6920-4795>

Jussipbekov Umirzak Zhumasilovich – corresp. member of the NAS RK, Dr. of Technical Sciences, Professor, head of the laboratory of chemistry of fertilizers and salts; e-mail: jussipbekov@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2354-9878>

Chernyakova Raissa Mikhailovna – Dr. of Technical Sciences, Professor, chief researcher; e-mail: chernyakova1947@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-1243-3527>

Kaiynbayeva Raushan Alibekovna – Cand. of Technical Sciences, leading researcher; e-mail: raushan_1972@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2385-0839>

Kojabekova Nazym Nurgudurovna – Cand. of Chemical Sciences, junior researcher; e-mail: kojabekova@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-7657-1403>

Nabiyeva Amina Makhambetqyzy – Master of Science, engineer; e-mail: aminabiyeva@mail.ru

Литература

1. Cheng W.P., Huang C. Adsorption characteristics of iron-cyanide complex on $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$. *Journal of colloid interface science*, **1996**, 181(2), 627-637.
2. Qiao X. Simultaneous adsorption of hexacyanoferrate (II) and fluoride onto activated aluminum. *Master's thesis, Clarkson University, Potsdam*, **1998**.

3. Naushad M. Inorganic and composite ion exchange materials and their applications (review). *Ion Exchange Letters*, **2009**, 2, 1-14.
4. Suzuki N. Ion-exchange reaction of Cs⁺ selective layered γ -titanium and γ -zirconium phosphate. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **2004**, 77(10), 1829-1833.
6. Вольхин В.В. Селективные неорганические сорбенты и их применение. *Химия и технология неорганических сорбентов: Межвузовский сборник научных трудов*, **1980**, 3-19.
7. Logunov M.V. Research and application of inorganic selective sorbents at Mayak PA. *C. R. Chimie*, **2004**, 7, 1185-1190.
8. Sharygin L. Granular inorganic cation-exchanger selective to cesium. *Journal of Nuclear Science and Technology*, **2007**, 44(5), 767-773.
9. Ganzerli Valentini M.T. Adsorption of monovalent ions on zinc ferrocyanide. *Journal of Inorganic Nuclear Chemistry*, **1972**, 34(4), 427-436.
10. Lehto J. Mechanism of caesium ion exchange on potassium cobalt hexacyanoferrates (II). *Journal of the Chemical Society*, **1990**, 3, 1007-1011.
11. Rennert T., Mansfeldt T. Sorption of iron-cyanide complexes in soils. *Soil Science Society of America Journal*, **2002**, 66, 437-444.
12. Bushey J.T., Dzombak D.A. Ferrocyanide adsorption on aluminum oxides. *Journal of Colloid and Interface Science*, **2004**, 272, 46-51.
13. Сейфер Г.Б., Макарова З.А. О цеолитном внедрении одновалентных катионов в осадки труднорастворимых ферроцианидов. *Журнал неорганической химии*, **1964**, 2(10), 2782-2784.
14. Сейфер Г.Б. К вопросу о цеолитовой природе ферроцианидов переходных металлов. *Журнал неорганической химии*, **1962**, 1208-1209.
15. Козлов А.С., Демкина И.И. Соосложение меди с ферроцианидом калия. *Журнал неорганической химии*, **1964**, 1285-1288.
16. Сейфер Г.Б. О природе сорбции органических веществ ферроцианидами. *Журнал неорганической химии*, **1962**, 1746-1748.
17. Абетаева С.А., Джунусбекова Г. Б., Чернякова Р.М., Джусипбеков У.Ж. Получение ферроцианида железа из котельного «молока». *Сб. науч. тр. 3-й Межд. конф. «Исследование, разработка и применение высоких технологий в промышленности»*, **2007**, 273 с.
18. Предпатент № 18463 РК. Способ получения железной лазури / Джунусбеков У.Ж., Бержанов Д.С., Абетаева С.А., Чернякова Р.М., Ошакбаев М.Т., Джунусбекова Г.Б.; опубл. **15.02.2007**. Бюлл. № 5.
19. Салдадзе К.М. Комплексообразующие иониты (комплекситы). М.: Химия, **1980**, 336 с.
20. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Протасов А.С. Особенности сорбционной очистки водных растворов от катионов тяжелых металлов. Сообщение 1. Среды с негидролизующимся анионом. *Вестник ТГУ*, **2013**, 18(1), 401-404.

Түйіндеме

ТЕМІР ГЕКСАЦИАНОФЕРАТЫ МӨЛШЕРІНІҢ ОНЫҢ КҮМІС, ИНДИЙ ЖӘНЕ ГАЛЛИЙ КАТИОНДАРЫНА ҚАТЫСТЫ СОРБЦИЯЛЫҚ ҚАБІЛЕТТІЛІГІНЕ ӘСЕРІ

*А.А. Ағатаева**, *Ө.Ж. Жүсіпбеков*, *Р.М. Чернякова*, *Р.А. Қайынбаева*,
Н.Н. Қожабекова, *А.М. Набиева*

АҚ «Ә.Б. Бектұров атындағы химия ғылымдары институты», Алматы, Қазақстан
E-mail: aktolkynabduali@gmail.com

Фосфориттерді элементарлы фосфорға қайта өңдеу қалдық пайда болуымен бірге жүреді – индий, галлий және күміс бар котрель "сүті". Бұл қалдықты сирек кездесетін және асыл металдарды арзан шикізат ретінде қарастыруға болады. Ғылыми әдебиеттерде арналардың диаметрі 3.0 Å-ден 3.5 Å-ге дейінгі кристалды

торға ие темір гексацианоферратының сорбциялық қабілеті туралы мәліметтер бар. " $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Ag}^+ - \text{In}^{3+} - \text{Ga}^{3+} - \text{H}_2\text{O}$ " модельдік жүйесінде темір (Сорбент) гексацианоферратының нормасына байланысты сорбция процесін зерттеу. Күміс, индий және галлий иондарының бастапқы концентрациясы және олардың ерітінділердегі қалдық құрамы "PerkinElmer Analyst 400" (АҚШ) атомдық-абсорбциялық спектрофотометрінде анықталды. Сорбциядан кейін бастапқы темір гексацианоферраты мен темір гексацианоферратының микроқұрылымын "CarlZeissFESEM" СЭМ және "JXA-8230" маркалы JEOL (Жапония) зерттеді. Т:Ж қатынасы 1,75-2,5:100 тең болған кезде темір гексацианоферратымен Ag^+ сорбция дәрежесі 99,5 және 99,8% құрайды. In^{3+} иондарының сорбциясының ең жоғары дәрежесін (96,75%) 60°C кезінде 100 г ерітіндіге массасы 3 г сорбентпен алуға болады. Ga^{3+} катиондарының сорбциясының жоғары дәрежесіне төмен (0,5: 100 масса) қол жеткізіледі. сағ.) және жоғары (3: 100 масса. с.) темір гексацианоферратын тұтыну. Темір гексацианоферраты моно - және тривалентті металдарға қатысты бір мезгілде сорбциялық қасиеттерге ие екендігі анықталды және олардың сорбциясының негізгі заңдылықтары анықталды.

Түйінді сөздер: сорбция, темір гексацианоферраты, катиондар, сорбция дәрежесі, сорбент мөлшері, котрел сұйықтығы.

Abstract

INFLUENCE OF THE RATE OF IRON HEXACIANO-FERRATE ON ITS SORPTION ABILITY IN RELATION TO SILVER, INDIUM AND GALLIUM CATIONS

A.A. Agatayeva, U.Zh. Jussipbekov, R.M. Chernyakova, R.A. Kaiynbayeva, N.N. Kozhabekova, A.M. Nabiyeva*

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

E-mail: aktolkynabduali@gmail.com

The processing of phosphorites into elemental phosphorus is accompanied by the formation of waste - cotrile "milk", in which indium, gallium, and silver are present. This waste can be considered as a cheap raw material for the production of rare and precious metals. In the scientific literature there are data on the sorption capacity of hexacyanoferrates of iron, which has a crystal lattice with a channel diameter from 3.0 to 3.5 Å. Investigation of the sorption process in the model system " $\text{Fe}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O} - \text{Ag}^+ - \text{In}^{3+} - \text{Ga}^{3+} - \text{H}_2\text{O}$ " depending on the norm of iron hexacyanoferrate (sorbent). The initial concentration of silver, indium and gallium ions and their residual content in solutions were determined using the atomic absorption spectrophotometer "PerkinElmer Analyst 400" (USA). The microstructure of the initial iron hexacyanoferrate and iron hexacyanoferrate, after sorption, was studied on the CarlZeissFESEM and JEOL brand "JXA-8230" (Japan). With a ratio of T:W equal to 1.75-2.5:100, the degree of sorption of Ag^+ with iron hexacyanoferrate is 99.5 and 99.8 %. The highest degree of sorption (96.75%) of In^{3+} ions can be obtained with a sorbent weighing 3 g per 100 g of solution at 60°C . A high degree of sorption of Ga^{3+} cations is achieved at low (0.5:100 wt. h.) and high (3:100 wt. h.) consumption of iron hexacyanoferrate. It was revealed that iron hexacyanoferrate exhibits sorption properties simultaneously with respect to mono- and trivalent metals, and the basic laws of their sorption were established.

Key words: sorption, iron hexacyanoferrate, cations, degree of sorption, sorbent rate, cottrell "milk".

References

1. Cheng W.P., Huang C. Adsorption characteristics of iron-cyanide complex on γ -Al₂O₃. *Journal of colloid interface science*, **1996**, 181(2), 627-637.
2. Qiao X. Simultaneous adsorption of hexacyanoferrate (II) and fluoride onto activated aluminum. *Master's thesis, Clarkson University, Potsdam*, **1998**.
3. Naushad M. Inorganic and composite ion exchange materials and their applications (review). *Ion Exchange Letters*, **2009**, 2, 1-14.
4. Suzuki N. Ion-exchange reaction of Cs⁺ selective layered γ -titanium and γ -zirconium phosphate. *Bulletin of the Chemical Society of Japan*, **2004**, 77(10), 1829-1833.
6. Volkhin V.V. Selective inorganic sorbents and their application. *Chemistry and technology of inorganic sorbents: Interuniversity collection of scientific papers*, **1980**, 3-19 (in Russ.).
7. Logunov M.V. Research and application of inorganic selective sorbents at Mayak PA. *C. R. Chimie*, **2004**, 7, 1185-1190.
8. Sharygin L. Granular inorganic cation-exchanger selective to cesium. *Journal of Nuclear Science and Technology*, **2007**, 44(5), 767-773.
9. Ganzerli Valentini M.T. Adsorption of monovalent ions on zinc ferrocyanide. *Journal of Inorganic Nuclear Chemistry*, **1972**, 34(4), 427-436.
10. Lehto J. Mechanism of caesium ion exchange on potassium cobalt hexacyanoferrates (II). *Journal of the Chemical Society*, **1990**, 3, 1007-1011.
11. Rennert T., Mansfeldt T. Sorption of iron-cyanide complexes in soils. *Soil Science Society of America Journal*, **2002**, 66, 437-444.
12. Bushey J.T., Dzombak D.A. Ferrocyanide adsorption on aluminum oxides. *Journal of Colloid and Interface Science*, **2004**, 272, 46-51.
13. Seifer G.B., Makarova Z.A. On zeolite incorporation of monovalent cations into precipitates of poorly soluble ferrocyanides. *Journal of Inorganic Chemistry*, **1964**, 2(10), 2782-2784 (in Russ.).
14. Seifer G.B. On the zeolite nature of transition metal ferrocyanides. *Journal of Inorganic Chemistry*, **1962**, 1208-1209 (in Russ.).
15. Kozlov A.S., Demkina I.I. Co-reduction of copper with potassium ferrocyanide. *Journal of Inorganic Chemistry*, **1964**, 1285-1288 (in Russ.).
16. Seifer G.B. On the nature of sorption of organic substances by ferrocyanides. *Journal of Inorganic Chemistry*, **1962**, 1746-1748 (in Russ.).
17. Abetayeva S.A., Zhunusbekova G.B., Chernyakova R.M., Jussipbekov U.Zh. Obtaining iron ferrocyanide from cottrell "milk". *Coll. of Sc. Proc. of the 3rd Int. Conf. "Research, development and application of high technologies in industry"*, **2007**, 273 (in Russ.).
18. Patent KZ *Sposob poluchenija zheleznoj lazuri* [A method of obtaining iron azure]/ Jussipbekov U.Zh., Berzhanov D.S., Abetayeva S.A., Chernyakova R.M., Oshakbayev M.T., Zhunusbekova G.B., **2007**, 5 (in Russ.).
19. Saldadze K.M. Complexing ion exchangers (complexites). M.: Chemistry, **1980**, 336 p. (in Russ.).
20. Vigdorovich V.I., Cigankova L.E., Protasov A.S. Features of sorption purification of aqueous solutions from heavy metal cations. Message 1. Non-hydrolysable anion media. *TSU Bulletin*, **2013**, 18(1), 401-404 (in Russ.).

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>), "Еуропалық ғылыми редакторлар қауымдас­тығы" (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) және "Ғылыми жарияланымдар әдебі 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>), «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. Калкабекова*

Подписано в печать 27.12.2021.
Формат 70x100¹/₁₆. 7,4 п.л. Бумага офсетная. Тираж 500.