

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. 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., акад. РАН (Россия); **М.П. Егоров**, проф., д.х.н., акад. РАН (Россия); **В.С. Солдатов**, проф., д.х.н., акад. НАН Беларуси (Беларусь);
М.Ж. Журинов, проф., д.х.н., акад. НАН РК (Республика Казахстан);
И.К. Бейсембетов, проф., д.э.н., акад. НАН РК (Республика Казахстан);
К.Д. Пралиев, проф., д.х.н., акад. НАН РК (Республика Казахстан); **Д.Х. Халиков**, проф., д.х.н., акад. АН Республики Таджикистан (Таджикистан); **В.М. Дембицкий**, проф., д.х.н., акад. 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

ӘОЖ 541.132

**НЕОДИМ ЖӘНЕ СКАНДИЙДІҢ ИОНДЫҚ РАДИУСЫНЫҢ
АМБЕРЛАЙТ IR120 ЖӘНЕ АВ-17-8 ИНТЕРГЕЛДІ
ЖҮЙЕЛЕРІНІҢ ҚАШЫҚТАН ӘРЕКЕТТЕСУ
БАРЫСЫНДА СОРБЦИЯЛЫҚ ДИНАМИКАСЫНА ӘСЕРІ**

**Т.Қ. Джумадилов¹, Х. Химэрсэн^{1,2*},
Р.Г. Кондауров¹, А.М. Имангазы¹**

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

² Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті, Алматы, Қазақстан

E-mail: huana88@mail.ru

Түйіндеме: Қарастырылып отырған зерттеу жұмысының мақсаты болып, табиғаты жөнінен жеке ион алмастырғыштар қатарына жататын Амберлайт IR120, АВ-17-8 және Амберлайт IR120-АВ-17-тұрғыдағы интерполимерлік жүйелерінің сорбциялау процесіне неодим мен скандий сияқты ауыр металл иондарының сорбциялау үдерісіне олардың иондық радиус шамаларының әсері мен тигізетін салдарын салыстырмалы түрде зерттеу. Аталған зерттеу ғылыми жұмыстарын жүргізу барысында ғылыми-техникалық тұрғыдағы әдебиеттер мен мерзімді ғылыми баспасөз журналдарында жарық көрген келесі тұрғыдағы физика-химиялық талдау әдістері мен әдістемелік нұсқаулары қолданылды: электр өткізгіштікке негізделген кондуктометрия әдісі, ерітінді бойындағы сутек концентрациясын өлшеуге негізделген рН-метрия, оптикалық тәсілді негізге алған колориметрия және атомдық-эмиссиялық спектроскопия сияқты тәсілдердің жиындарынан тұрады. Интерполимерлік жүйелерде ионалмастырғыштар жоғары иондалған күйге ауысып, бастапқы ион алмастырғыштардың құрылымында оңтайлы кон-формация қалыптасады. Ғылыми көпшілікке таныс және қолданысы аз зерттелген ионит түрінің өзара қатынасы мына тұрғыда алынды: Амберлайт IR120:АВ-17-8 = 5:1 молярлы қатынасында ион алмасу шайырларының иондану дәрежесі жоғарылайды. Бұл қатынаста ион алмастырғыштардың өзара активтенуі есебінен сорбциялық қасиеттердің айтарлықтай өсуі байқалады. Амберлайт IR120: АВ-17-8 = 5:1 қатынасында полимерлердің Nd³⁺ иондарын шығару дәрежесі 48 сағат уақыт аралығында 42,32%, ал Sc³⁺ иондарын шығару дәрежесі 38,06% құрады. Скандий иондарымен салыстырғанда неодим иондарының сорбциясының жоғары болуының себебі активтенген Амберлит

Citation: Jumadilov T.K., Khimersen Kh., Kondaurov R.G., Imangazy A.M. Impact of neodymium and scandium ionic radii on sorption dynamics of amberlite IR120 and АВ-17-8 remote interaction. *Chem. J. Kaz.*, **2021**, 4(76), 26–41. DOI: <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.47>

IR120 және АВ-17-8 интерполимерлі жүйелерінің түйінаралық буындарының глобустары сулы ортадағы неодим сульфатының өлшемдеріне максималды сәйкестігі болып табылады.

Түйінді сөздер: интерполимерлік жүйе, өнеркәсіптік ион алмастырғыштар, Амберлайт IR120, АВ-17-8, қашықтықтан өзара әрекеттесу, өзара активация, сорбция, неодим иондары, скандий иондары.

1. Кіріспе

Қазіргі кезде сирек жер металдарына (СЖМ) сұраныстың артуы бұл металдардың бастапқы құнының айтарлықтай артуына ықпал етті. Сирек жер металдары химия өнеркәсібінде, аэроғарыш өнеркәсібінде, ядролық техникада, микроэлектроникада және т.б. салаларда кеңінен қолданылады [1-3].

Неодим-күмістей ақ түсті, лазер, шыны бояу өндірісінде кеңінен қолданылатын, лантаноидтар тобының басқа элементтерімен бірдей сипаттамалар көрсететін сирек жер металы. Ол зымыран техникасында алюминий мен магний бар қорытпалардың құрамдас бөлігі ретінде жиі қолданылады. Сондай-ақ неодим арнайы конструкциялық қорытпалар мен болаттарды балқыту, диэлектрлік материалдар және термоэлектрлік материалдар өндіру үшін қолданылады [4]. Скандий-күмістей ақ түсті сирек кездесетін металл [5]. Ол тортвейтит (құрамында оксид түрінде 45% Sc бар), эуксенит және гадолинит сияқты минералдарда (аз мөлшерде) кездеседі [6]. Скандий көп қабатты рентгендік айналарды өндіру үшін қолданылады (композициялар: скандий-вольфрам, скандий-хром, скандий-молибден). Соңғы жылдары құрамында рений (балку температурасы 2575 °С дейін), рутений (балку температурасы 1840 °С дейін), темір (балку температурасы 1600 °С дейін) бар скандийдің отқа төзімді қорытпалары (металларалық қосылыстар) аэроғарыштық және ядролық технологияларда үлкен сұранысқа ие [7].

Қазіргі кезде өнеркәсіптік ионалмастырғыштар кеңінен таралған және коммерциялық түрде қол жетімді [8]. Ион алмастырғыштар – бұл ерімейтін, қатты полимерлер, электролит ерітінділерінде және органикалық еріткіштерде белгілі бір дәрежеде ісінеді [9]. Ион алмасу реакциясына қабілетті қышқыл немесе негізді функционалды топтары бар үш өлшемді гель мен макроторлы құрылымы бар жоғары молекулалы синтетикалық қосылыстар. Гидрометаллургияда сирек жер металдарын алудың заманауи сорбциялық технологиялары әдетте ионалмастырғыштарды қолдануға негізделген [10-13]. Сондықтан зерттеу объектілеріне макромолкулалық сорбенттер ретінде кеңінен қолданылатын өнеркәсіптік ион алмастырғыш шайырлар Амберлайт IR120 (катион алмастырғыш) және АВ-17-8 (анионалмастырғыш) таңдалды [14].

Амберлайт IR120 – бұл сульфатпен байланысқан полистиролға негізделген гель түріндегі катионды алмастыратын қатты қышқылдық шайыр. Ол параллель ағынды регенерациясы бар қондырғыларда суды (натрий түрінде)

жұмсарту үшін, суды минералсыздандыру үшін (сутегі түрінде) қолданылады. Оның негізгі сипаттамаларына физикалық-химиялық тұрақтылық пен ыстыққа төзімділік, жақсы ион алмасу кинетикасы және жоғары алмасу қабілеті жатады [15-18].

Анионит АВ-17-8 – бұл гель құрылымы бар күшті негізді ион алмастырғыш шайыр. Ол жұмсарту технологиясында және суды минералсыздандыруда қолданылады. Жақсы осмостық тұрақтылығымен, сілтілерге, қышқылдарға, тотықтырғыштарға жоғары химиялық төзімділігімен ерекшеленеді, суда және органикалық еріткіштерде ерімейді [19-22].

Қазіргі уақытта сорбциялық технологияларда әр түрлі макромолекулалық сорбенттер қолданылады [23], олардың маңызды бөлігі әр түрлі табиғи металдар иондарын (сирек жер металдары) іріктеп алуға және бөлуге бағытталған [24]. Сирек жер элементтеріне әлемдік сұраныстың артуы бұл зерттеудің өзектілігі мен практикалық маңыздылығын көрсетеді. Қазіргі таңда кеңінен қолданылатын ион алмастырғыш шайырлардың өнеркәсіптік қолданылуы өте шектеулі екені белгілі, бұл әр түрлі иондық құрамы бар технологиялық ерітінділердегі синтетикалық ион алмастырғыштардың төмен тиімділігі мен сұрыптылығына байланысты [25].

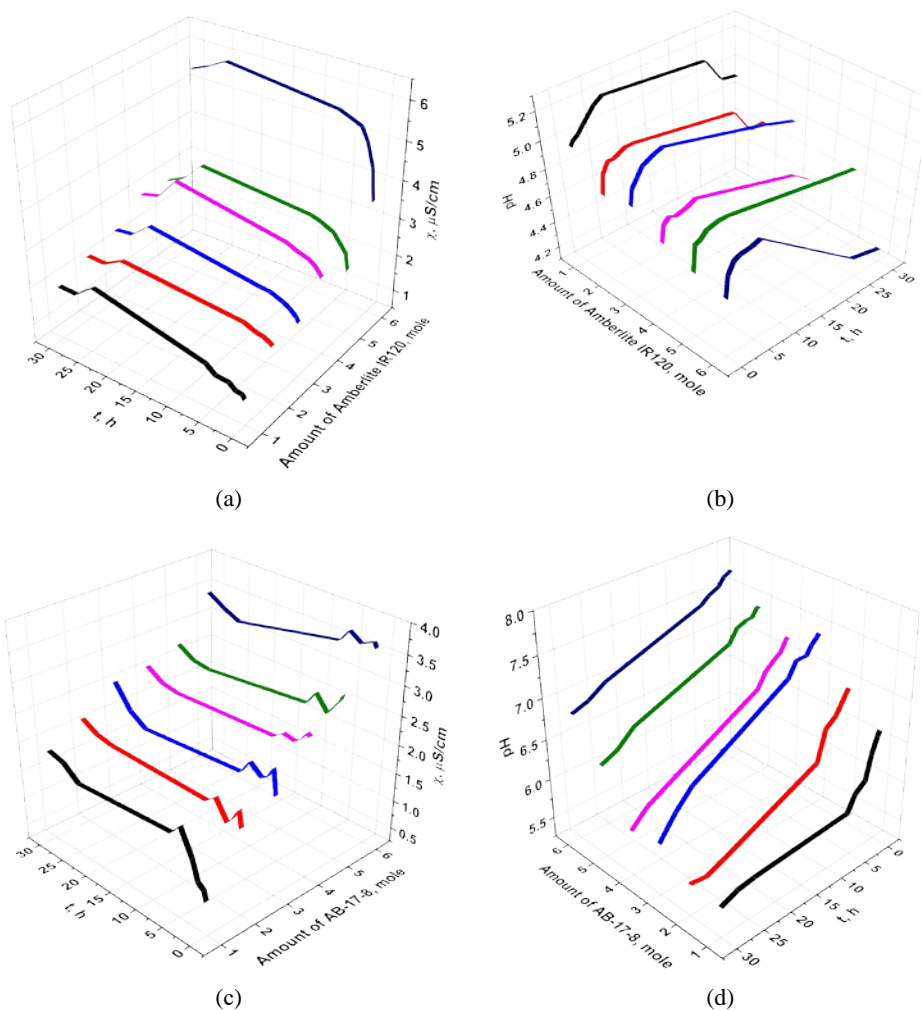
Бұл жұмыстың мақсаты сирек кездесетін металдардың иондық радиусының сорбциялау процесі кезінде коммерциялық қол жетімді екі ион алмастырғыштың қашықтықтан әсер етуіне әсерін зерттеу болып табылады (неодим мен скандий мысалында) .

2. Нәтижелер мен талқылау

Белгілі бір сирек жер металдарының иондық радиусының (неодим немесе скандий) қашықтықтан әсерлесу құбылысына әсерін білу үшін сорбциялық процесі зерттеу қажет. Полимерлік құрылымдардың өзара активтенуі кезінде жүретін ионизация процесі туралы нақты түсінік алу үшін жеке ортадағы ион алмастырғыштар мен олардың арасындағы полимерлік жүйелердің әрекетін зерттеу маңызды.

2.1. Су ортасындағы жеке ион алмастырғыш шайырлар мен интерполимерлік жүйелердің электрохимиялық қасиеттері. Amberlite IR-120 су ортасындағы меншікті электр өткізгіштігі мен рН мәнінің молярлық мөлшеріне және уақытқа байланысты тәуелділігі 1-суретте көрсетілген: (а) және (б). Аталған ион алмастырғыштың функционалды топтарының диссоциациялану процесі уақыт өткен сайын ортаның электрөткізгіштігінің артуына әкеледі, зарядталған функционалды топтар мен протондардың түзілуі диссоциация процесінің тікелей нәтижесі болып табылады. 1-суреттен көрініп тұрғандай, ионалмастырғыштың молярлық мөлшерінің ұлғаюы меншікті электр өткізгіштігінің артуын қамтамасыз етеді, мұнда Амберлайт IR120 молярлық мөлшерінің 5-тен 6 мольге дейін ұлғаюымен ондағы электрохимиялық параметрдің айтарлықтай өсуі (70%-дан астам) байқалады. Мұндай күшті өсу 6 моль Амберлайт IR120 қатысуымен функционалды топтардың диссоциациялануының салдарынан болып табылады. Ионалмасу

шайырының функционалды топтарының едәуір бөлігі электрөткізгіштігінің күшеюіне әкелетін диссоциацияға ұшырайды. АВ-17-8 сулы ортадағы электр өткізгіштігі мен рН мәндерінің молярлық мөлшеріне және уақытқа тәуелділігі сәйкесінше 1-суретте келтірілген: (с) және (г). Бұл жағдайда ортаның электр өткізгіштігінің жоғарылауы (АВ-17-8 ион алмастыратын шайырдың болуы) су молекулаларының H^+ иондары мен OH^- топтарына диссоциациялануына байланысты болады. Анионалмастырғыш су ортасындағы протондарды байланыстырады, бұл өз кезегінде су молекулаларының қосымша диссоциациясын қамтамасыз етеді (электрохимиялық тепеңдіктің оңға ығысуына байланысты). Ионалмастырғыш мөлшерінің әрбір өсуі электр өткізгіштігінің 20%-дан жоғары өсуін қамтамасыз етеді.



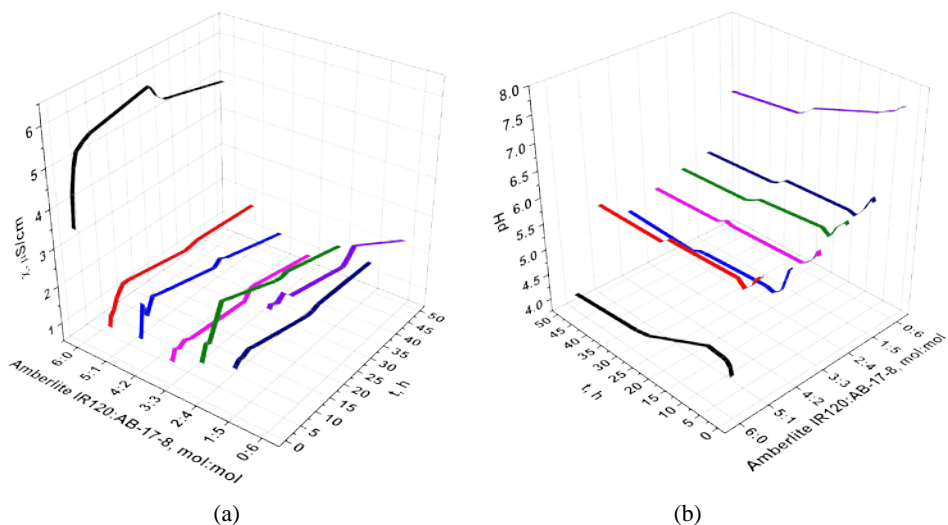
1-сурет – Жеке полимерлік құрылымдар қатысындағы сулы ортаның меншікті электрөткізгіштігі мен рН: Амберлайт IR120 (a, b) және АВ-17-8 (c, d)

Су ортасындағы жеке катионит пен аниониттің электрохимиялық қасиеттері бір-бірінен ерекшеленеді (1-сурет). Амберлайт IR120 катион алмастырғышының сулы ортадағы үлесінің артуы уақыт өте келе меншікті электр өткізгіштігінің жоғарылауына әкеледі. рН көрсеткіші функционалды топтардың диссоциациялануын көрсетеді (күшті диссоциация катион алмастырғыштың 6 молінің қатысуымен жүреді). Анионалмасу құрылымы болған жағдайда уақыт өткен сайын ортаның меншікті электрөткізгіштігі төмендейді, бұл су молекулаларының диссоциациялануының нәтижесінде пайда болған бос протондардың АВ-17-8 гетероатомымен байланысуын көрсетеді, бұл бос су молекулаларының қосымша диссоциациясын тудырады. Аниониттердің молярлық мөлшерінің артуы параметр мәндерінің ұлғаюына әкеледі. АВ-17-8 молярлық мөлшерінде рН мәндерінің 1-ден 4-ке дейін төмендеуі ассоциация процесінде диссоциация басым екенін көрсетеді; молярлық мөлшердің 5 және 6 мольге дейін жоғарылауы су ортасындағы H^+ концентрациясының төмендеуіне әкеледі, бұл протондар ассоциациясының жоғарылауына дәлел бола алады.

Ион алмастырғыштардың иондалуы 2 сатыда жүреді. Бірінші кезең - полимерлі құрылымдардың ылғалдануы; екінші кезең – екінші полимер молекуласының әсерінен бір полимерлік құрылымның ашылуы, жалпы ерітінді не H^+ немесе OH^- береді. Ашылу молекулааралық байланыстарды құрайтын тізбектерді ашуды қамтамасыз етеді. Қашықтықтан өзара әрекеттесу нәтижесінде функционалды топтарда қарама-қарсы иондар түзіледі, бұл гидрофобты өзара әрекеттесу арқылы тұрақтандырылған түзішілік байланыстарды жою арқылы жеңілдегіледі, себебі анион алмастырғыштың құрамындағы дивинилбензол гидрофобты фрагмент болып табылады. Әр макромолекуланың жоғары иондану күйі өзара активтену кезіндегі иондану аймақтары мен релаксация аймақтарының ұлғаюына байланысты. Өзара активтену – бұл полимералық жүйедегі катион мен анион алмастырғыштардың стационарлық күйден реактивті күйге ауысуын қамтамасыз ететін құбылыс.

Су ортасының меншікті электрөткізгіштігіне зерттелетін полимерлік жүйенің болуы әсер етеді (Амберлайт IR120-АВ-17-8) (2-сурет (а)). Алынған деректер қашықтан әрекеттесу құбылысының бастапқы ионалмастырғыштардың конформациялық өзгеруіне, интерполимерлі жұптардағы макромолекулалардың құрылымының өзгеруіне, олардың электрохимиялық қасиеттерінің елеулі өзгеруіне әкелетінін көрсетеді. Жеке ион алмастырғыштардың 6:0 және 0:6 қатынасында ортаның электрохимиялық параметрлерінің жоғарылауын былай түсіндіруге болады: Амберлайт IR120 катион алмасу шайырының функционалды топтарының диссоциациялануына байланысты су ортасында протондар мөлшері бөлінеді; АВ-17-8 қатысуымен сутегі иондарының бөлінуімен су молекулаларының қосымша диссоциациялануы анион алмастырғыштың иондалуы кезінде протондар мөлшерінің азаюынан болады. Барлық өзара әрекеттесу кезінде электрөткізгіштіктің төмен мәндері Амберлайт IR120:АВ-17-8 = 3:3 қатынасында, ал

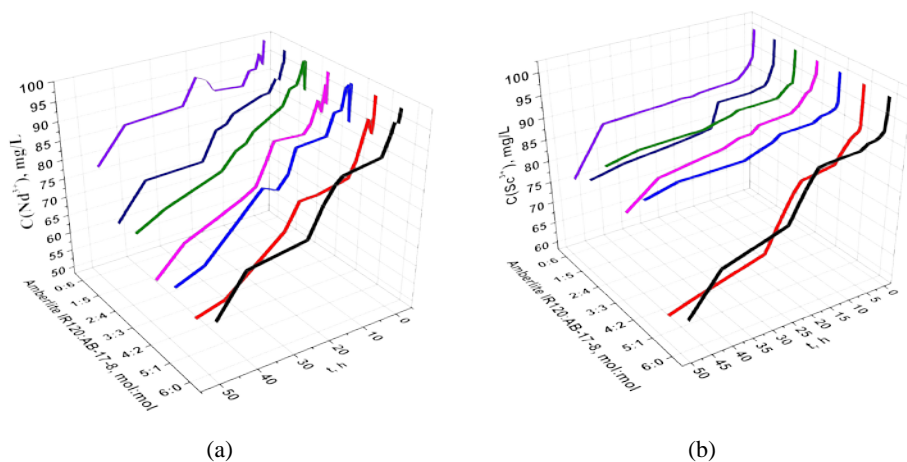
электрөткізгіштігінің жоғары мәндері Амберлайт IR120:AB-17-8 = 4:2 және 2:4 қатынасында байқалады. Амберлайт IR120-AB-17-8 интерполимерлік жүйелерінің молярлық қатынас пен уақытқа байланысты рН мәнінің өзгерісі 2 (б) суретте келтірілген. Жеке құрылымы бар Амберлайт IR120 қатысында рН-тың төмендеуі функционалды топтардың диссоциациясын көрсетеді, ал жеке AB-17-8 қатысында рН жоғарылауы протонмен гетероатомға байланысады. Амберлайт IR120:AB-17-8 = 4:2 интерполимерлі жүйелерінде сутегі иондарының концентрациясының жоғары мәндері ассоциациядан гөрі диссоциацияның басым екенін көрсетеді. Протондардың төмен концентрациясы 5:1 қатынасында байқалады, электрөткізгіштік мәндерімен салыстырғанда бұл коэффициентті бастапқы макромолекулалардың жоғары иондану аймағы деп атауға болады.



2-сурет – Амберлайт IR120-AB-17-8 интерполимерлі жүйелерінің қатысында су ортасының меншікті электрөткізгіштігі (a) және рН (b)

Қашықтықтағы өзара әрекеттесу құбылысы сулы ортаның электрохимиялық қасиеттеріне айтарлықтай әсер етеді. Интерполимерлік жұптардың болуы жеке ионалмастырғыштардың бастапқы электрохимиялық қасиеттерінің, әсіресе полимерлік жүйедегі меншікті электр өткізгіштігінің мәндерінің елеулі өзгеруіне ықпал етеді (Амберлайт IR120: AB-17-8 молярлық қатынастары 5:1-ден 1:5-ке дейін). Бұл мәліметтер ион алмастырғыштардың құрылымындағы молекулааралық өзгерістердің бар екенін көрсетеді, онда әрбір макромолекулалық құрылымның иондануының пайда болуы молекулааралық байланыстардың үзілуіне әкеледі. Амберлайт IR120:AB-17-8 = 5:1 интергелді жұптардағы протон концентрациясының жоғары мәндері функционалды топтардың диссоциациялану процесіне қарағанда протондардың ассоциациялану процесінің таралуын көрсетеді.

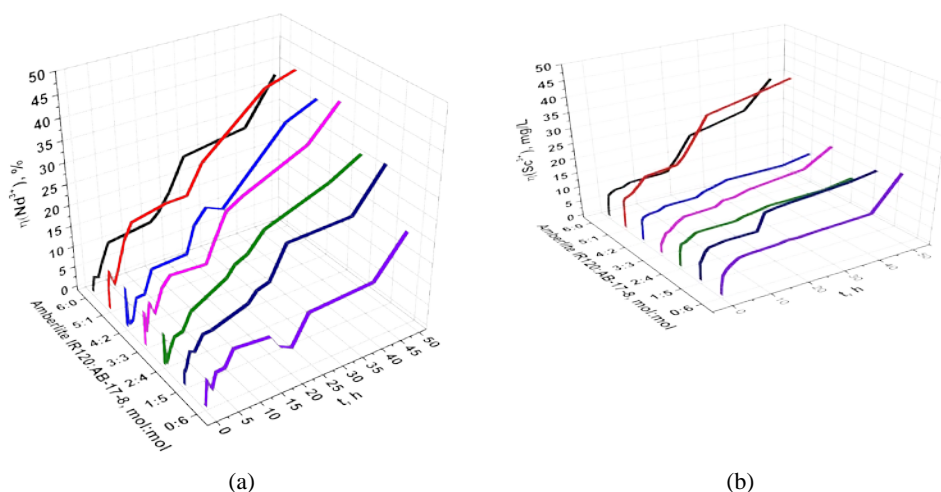
2.2. Nd^{3+} және Sc^{3+} иондарына қатысты Амберлайт IR120-AB-17-8 интерполимерлік жүйелерінің сорбциялық қасиеттері. Интерполимерлік жүйелердің сорбциясы кезіндегі ион алмасу шайырларының молярлық қатынасы мен уақытқа байланысты Nd^{3+} (a) және Sc^{3+} (b) иондарының концентрациясының өзгеруі 3-суретте көрсетілген. Неодимнің күшті сорбциясы 0,1 сағатта жүреді, металиондарының концентрациясы Амберлайт IR120:AB-17-8 = 4:2 қатынасында едәуір төмендейді (100 мг/л-ден 90,31 мг/л), жеке Амберлайт IR120 үшін сирек жер элементінің концентрациясы 100 мг/л-ден 98,90 мг/л-ге дейін, ал AB-17-8-100 мг/л-ден 99,20 мг/л-ге дейін төмендеген. Әрі қарай сорбция процесі Амберлайт IR120:AB-17-8 = 4:2 қатынасында ион алмастырғыштардың құрылымындағы елеулі өзгерістермен бірге жүреді, нәтижесінде бұрын сорбцияланған неодим иондарының бір бөлігі сульфат ерітіндісіне қайта шығарылады. 4,5 сағаттан бастап 5:1 қатынасында сорбцияның нақты максимумы байқалады. Бұрын айтылғандай, бұл қатынас катион мен анион алмастырғыштардың максималды иондану аймағы болып табылады. Бұл қатынаста 48 сағаттық өзара әрекеттесуде сорбцияның айтарлықтай жақсы жүргенін байқауға болады, неодимнің бастапқы концентрациясы 100 мг/л-ден 57,68 мг/л -ге дейін, ал жеке Амберлайт IR120 үшін 100 мг/л-ден 61,59 мг/л және AB-17-8 үшін 100 мг/л-ден 77,98 мг/л-ге дейін төмендейді. Скандий иондарының сорбциясы сорбцияның бастапқы сәтінен бастап интерполимерлік жүйелердің (0,1 сағат) 5:1 қатынасында жеке ион алмастырғыш құрылымдарымен салыстырғанда айтарлықтай жақсы жүргені байқалады. Бұл кезде металдың концентрациясы Амберлайт IR120 қатысуымен 100 мг/л-ден 96,64 мг/л-ге дейін төмендейді, ал AB-17-8 қатысуымен 100 мг/л-ден 97,30 мг/л-ге дейін төмендейді. Қарқынды сорбция 5:1 қатынасында жүреді (концентрациясы 100 мг/л-ден 90,90 мг/л-ге дейін төмендейді). 4,5 сағаттан бастап 5:1 және 6:0 қатынасында төмен концентрация-



3-сурет – Амберлайт IR120-AB-17-8 интерполимерлік жүйелерінің қатысуымен Nd^{3+} (a) және Sc^{3+} (b) иондарының концентрациясының өзгеруі

ның дәл нүкетелері пайда болады. Скандий иондарының қарқынды сорбциясы 48 сағат ішінде жүреді, мұнда максималды сорбция 48 сағатта 1:5 қатынасында пайда болады, Sc^{3+} иондарының концентрациясы 100-ден 61,94 г/л-ге дейін төмендейді, ал Амберлайт IR120 үшін 100 мг/л-ден 65,03 мг/л-ге дейін және АВ-17-8 үшін 100 мг/л-ден 76,21 мг/л-ге дейін төмендейді.

Амберлайт IR120-АВ-17-8 интерполимерлік жүйелерінің молярлық қатынасына және уақытқа байланысты Nd^{3+} (a) және Sc^{3+} (b) иондарын шығару дәрежесі 4-суретте көрсетілген. Уақыт өте келе Амберлайт IR120: АВ-17-8 = 5:1 қатынасында полимерлердің Nd^{3+} иондарын шығару дәрежесі жоғарылайды. Метал иондарын шығару дәрежесінің айтарлықтай жоғарылауы 24 сағаттан 48 сағат уақыт аралығында болады, бұл уақыттағы сорбцияның өсуі 27,43% -дан 42,32% -ға дейін. Жеке Амберлайт IR120 үшін өсім 25,48% -дан 38,41% -ға дейін, АВ-17-8 үшін 12,00%-дан 22,02%-ға дейін. Sc^{3+} иондарының сорбциясы кезінде де уақыт бойынша сорбция параметрлері артады, шығару дәрежесінің максималды мәндерін өзара әрекеттесудің 48 сағатында байқауға болады. Интерполимерлік жүйелердің 5:1 қатынасында метал иондарын шығару дәрежесінің айтарлықтай өсуі байқалады, мұнда сәйкесінше шығару дәрежесі 38,06%, ал жеке Амберлайт IR120 үшін 34,97% және АВ-17-8 үшін 23,79%. Алынған мәліметтерден Sc^{3+} иондарының максималды сорбциялық ауданы 5:1 қатынасында болатынын көруге болады. Неодим және скандий иондарының иондық радиусының Амберлайт IR120-АВ-17-8 интерполимер жүйесі арқылы сорбцияға әсерін жоғарыда аталған концентрация өзгерісінің қисықтарынан байқауға болады (3-сурет). Неодим иондарының сорбциясы скандиймен салыстырғанда біршама жоғары мәнге ие. Скандий және неодим иондарын интерполимерлі жұптармен



4-сурет – Амберлайт IR120-АВ-17-8 интерполимерлі жүйелерінің Nd^{3+} (a) және Sc^{3+} (b) иондарын шығару дәрежесі

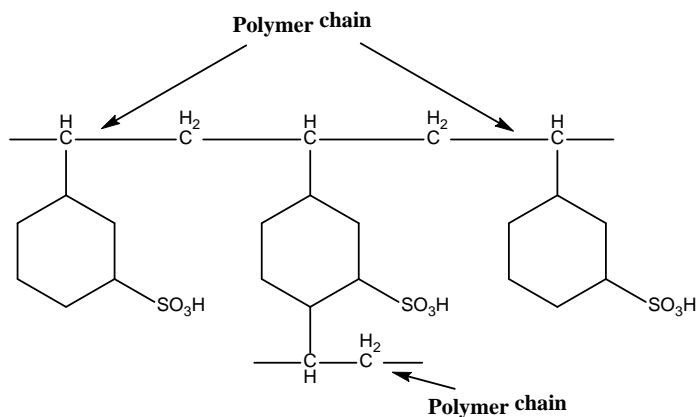
сіңіру барысында ионалмастырғыш шайырлардың құрылымында елеулі өзгерістер болады. Активтенген Амберлит IR120 және АВ-17-8 интерполимерлі жүйелерінің түйінаралық буындарының глобустары сулы ортадағы неодим сульфатының өлшемдеріне максималды сәйкес болғандықтан неодим иондарының сорбциясы скандийге қарағанда жоғары болады.

3. Қорытынды

Гидрометаллургияда сирек жер металдарын алудың заманауи сорбциялық технологиялары әдетте ионалмастырғыш шайырларды қолдануға бағытталған. Ион алмастырғыштар – бұл ион алмасу реакциясына қабілетті қышқыл немесе негіздік функционалды топтары бар үш өлшемді гель мен макроторлы құрылымы бар жоғары молекулалы синтетикалық қосылыстар. Жоғарыда аталған ионалмастырғыш құрылымдардың негізгі кемшіліктері – сұрыптылықтың болмауы (әрбір мақсатты металл үшін белгілі бір ион алмастырғыш қажет), алмасу қабілетін толық қалпына келтіру процесінің ұзақтығы және қажырлы еңбекті қажет ететіндігі. Ал сирек жер металдарының иондарын сұрыптап шығару үшін аталған ионалмастырғыш құрылымдардың негізінде интерполимерлі жүйелерді қолданудың маңызы зор. Негізгі артықшылығы интерполимерлі жұптардағы бастапқы компоненттердің бастапқы молярлық қатынасын өзгерту арқылы әрбір интерполимер жүйесінің сұрыптылығын «басқаруға» болады. Зерттеу нәтижелерінен интерполимерлі жүйеде бастапқы ионалмастырғыш шайырлар қашықтан әрекеттесу әсерінен жоғары иондалған күйге өтетінін және соның әсерінен полимерлердің сорбциялық қасиеттерінде өзгеретінін болжауға болады. Бұл қазіргі таңда қолданып жүрген сорбциялық әдістерді жақсартуға және соның негізінде жаңа сорбциялық технологиялар мен әдістер жасауға негіз бола алады.

4. Эксперименттік бөлім

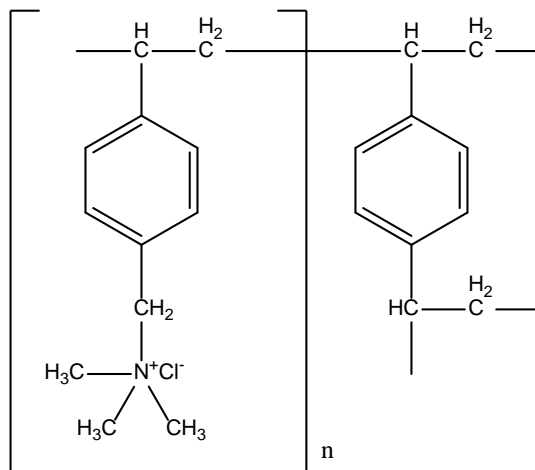
4.1. Материалдар. Амберлайт IR120 катион алмастырғышының химиялық құрылымдары 1-сызбанұсқада берілген:



1-сызбанұсқа –
Амберлайт
IR120 катион
алмастырғышының
химиялық
құрылымы.

Ионалмастырғыш Амберлайт IR120 Sig-ma-Aldrich компаниясымен (Сент-Луис, Миссури, АҚШ) синтезделген.

AB-17-8 анионалмастырғышының химиялық құрылымы 2-сызбанұсқада көрсетілген:



2-сызбанұсқа – AB-17-8 анион алмастырғыштың химиялық құрылысы.
Ионалмастырғыш AB-17-8 LLPLaborfarмада синтезделген (Алматы, Қазақстан).

4.1.1. Интерполимерлік жүйені дайындау. Интерполимерлік жүйелерді құрудың ғылыми негізі макромолекулалардың қашықтықтан әсерлесу құбылысына негізделген. Зерттеуде бастапқы жекелеген ион алмастырғыштар негізінде Амберлайт IR120-AB-17-8 интерполимерлік жүйесі құрылған.

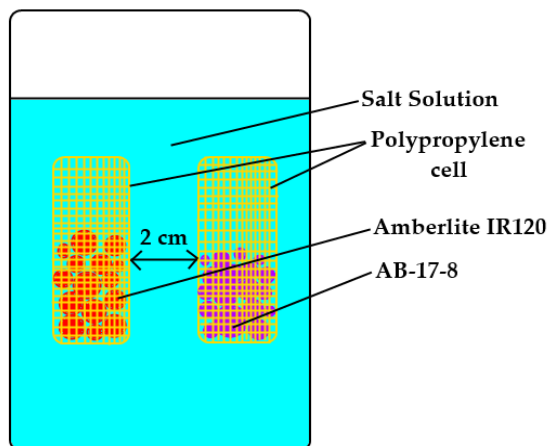
Интерполимерлік жүйені дайындау процесі келесідей (кезеңмен):

1) Әрбір ион алмастырғыш шайырдың дисперсиясы аналитикалық диірменде (бір-бірінен бөлек) 120 мкм-ден жоғары және 180 мкм-ден төмен бөлшектердің өлшеміне дейін ұсақталады.

2) Макромолекулалық құрылымдардың алынған дисперсиялары 100 мкм тесіктері бар арнайы дайындалған полипропиленді ұяшықтарға (сүзгілерге) салынады.

3) Амберлайт IR120 және AB-17-8 дисперсиясы бар аталған ұяшықтар 3-сызбанұсқаға сәйкес бір-бірінен 2 см арақашықтықта салынады.

Сондай-ақ дисперсияның жалпы мөлшері (екі жағдайда да-жеке ион алмастырғыштың болуы немесе сәйкес тұз ерітіндісінде интерполимерлік жүйенің болуы) тұрақты 6 мольге тең. Себебі интерполимерлік жүйеде ионалмасу шайырларының арақатынасы молярлық концентрация ретінде қарастырылатын болса, алынған мәліметтерді талдау неғұрлым жеңіл болады.



3-сызбанұсқа – Амберлайт IR120 және AB-17-8 негізіндегі интерполимерлік жүйе.

4.1.2. Сорбция параметрлерін есептеу. Тұз ерітінділер – сорбциялық зерттеулер үшін неодим және скандий сульфатының ерітінділері (екі жағдайда да $C = 100$ мг/л) деионизделген сумен дайындалды ($\chi = 10$ мк³/см; рН = 6,98).

Аталған сирек жер металдары иондарының шығару дәрежесі мына теңдеуге сәйкес есептелген:

$$\eta = \frac{C_0 - C_e}{C_0} * 100\%$$

мұнда C_0 - Nd³⁺ немесе Sc³⁺ иондарының бастапқы концентрациясы, мг/л.

4.2. Зерттеу әдістері

4.2.1. Электрохимиялық қасиеттерді анықтау. Электр өткізгіштігін анықтау үшін Expert 002 (Эконикс-сарапшы, Мәскеу, Ресей Федерациясы) қолданылды. рН мәндерін өлшеу рН-827-де (Metrohm, Herizau, Швейцария) жүргізілді. Полимерлердің су ортасындағы электрохимиялық қасиеттерін зерттеу қашықтықтан әрекет ету кезінде полимерлік құрылымдардың жоғары ионизацияланған аудандарының пайда болуын болжауға мүмкіндік береді.

4.2.2. Неодим және скандий иондарының концентрациясын анықтау. Фотоколориметр KFK-3KM (UnicoSys, Санкт-Петербург, Ресей Федерациясы) оптикалық тығыздықты анықтау үшін қолданылды (бұдан әрі Nd³⁺ және Sc³⁺ иондарының концентрациясын есептеу үшін). ICP-OES 8300 ICP-OES спектрометрінде (PerkinElmer, Waltham, Массачусетс, АҚШ) концентрация анықталды.

Қаржыландыру: Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігі қаржыландырды, грант нөмірі AP08856668.

Information about authors:

Jumadilov T.K. – Doctor of Chemical Sciences, Professor; e-mail: jumadilov@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9505-3719>

Khimersen Kh. – Ph.D student; e-mail: huana88@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-5138-5997>

Kondaurov R.G. – Ph.D; e-mail: r-kondaurov@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-5998-8453>

Imangazy A.M. – Ph.D student; e-mail: imangazy.aldan@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7834-1022>

Әдебиеттер тізімі

1. Pecht M.G., Kaczmarek R.E., Song X., Hazelwood D.A., Kavetsky R.A., Anand D.K. **2012**. Center for Energetic Concepts Development Series Southern Maryland, ML, USA, 184.
2. Haque N., Hughes A., Lim S., Vernon C. **2014**. Rare Earth Elements: Overview of Mining, Mineralogy, Uses, *Sustainability and Environmental Impact*, Resources 3, 614, DOI: 10.3390/resources3040614.
3. Ganguli R., Cook D.R. **2018**. MRS Ener. Sustain. 5 DOI: 10.1557/mre.2018.7.
4. Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations 2005. International Union of Pure and Applied Chemistry and the Royal Society of Chemistry: Cambridge. *J. Am. Chem. Soc.*, **2006**, 128(20), 366 p. <https://doi.org/10.1021/ja069710g>
5. Bhattacharya S., Acharya A. Chapter 10 - Electrical transport of some ionic glass-nanocomposites. In *Metal Oxide Glass Nanocomposites*, 1st ed.; Sanjib Bhattacharya; Publisher: Elsevier, **2020**, 207-221. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817458-6.00010-x>
6. Kristiansen Roy. "Scandium – Mineraler I Norge". Stein (in Norwegian), **2003**, 14-23.
7. Ahmad Z. The properties and application of scandium-reinforced aluminum. *JOM* **2003**, 55(2), 35-39. <https://doi.org/10.1007/s11837-003-0224-6>
8. Krishnan S., Zulkapli N.S., Kamyab H., Mat Taib S.M., Fadhil Bin Md Din M., Abd Majid Z., Chairapat S., Kenzo I., Ichikawa Y., Nasrullah M., Chelliapan S., Othman N. Current technologies for recovery of metals from industrial wastes: An overview, *Environ Technol Inno*. **2021**, 22, 101525. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101525>
9. Jörissen J. Ion exchange membranes as solid polymer electrolytes (spe) in electro-organic syntheses without supporting electrolytes. *Electrochim. Acta*, **1996**, 41(4), 553-562. [https://doi.org/10.1016/0013-4686\(95\)00342-8](https://doi.org/10.1016/0013-4686(95)00342-8)
10. Laatikainen M., Branger C., Laatikainen K., Sainio T. Ion exchange of lanthanides with conventional and ion-imprinted resins containing sulfonic or iminodiacetic acid groups. *Sep. Sci. Tech*. **2019**, 56, 203-216. <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1708938>
11. Botelho A.B., Pinheiro E.F., Espinosa D.C.R., Tenorio J.A.S., Baltazar M.D.G. Adsorption of lanthanum and cerium on chelating ion exchange resins: kinetic and thermodynamic studies. *Sep. Sci. Tech*. **2021** (in press) <https://doi.org/10.1080/01496395.2021.1884720>
12. Kon'kova T.V., Quynh T.N. Sorption recovery of lanthanum, iron, aluminum, and calcium ions from phosphoric acid. *Russian J. Appl. Chem.* **2020**, 93, 1868-1872. <https://doi.org/10.1134/S1070427220120083>
13. Sert S., Altas Y., Tel H., Inan S., Cetinkaya B., Sengul S., Ozkan B. Investigation of sorption behaviors of La, Pr, Nd, Sm, Eu and Gd on D2EHPA-impregnated XAD7 resin in nitric acid medium. *Sep. Sci. Tech*. **2021**, 56, 26-35. <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.17081>
14. Qadeer R., Hanif J., Khan M., Saleem M. Uptake of Uranium Ions by Molecular Sieve. *Radiochim. Acta* **1995**, 68(3), № 3, 197-202. <https://doi.org/10.1524/ract.1995.68.3.197>
15. Dupont. Water solutions. Available online: <https://www.dupont.com/products/amberliteirc120na.html> (accessed on 20 April 2021)
16. Russo V., Taddeo F., Cogliano T., Vitiello R., Esposito R., Tesser R., Salmi T., Di Serio M. Investigation of the intrinsic reaction kinetics and the mass transfer phenomena of nonanoic acid

esterification with 2-ethylhexanol promoted by sulfuric acid or Амберлайт IR120. *Chem. Eng. J.* **2021**, *408*, 127236. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127236>

17. Gossuin Y., Hantson A.L., Vuong Q.L. Low resolution benchtop nuclear magnetic resonance for the follow-up of the removal of Cu²⁺ and Cr³⁺ from water by Амберлайт IR120 ion exchange resin. *J. Wat. Proc. Eng.* **2020**, *33*, 101024. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101024>

18. Kumar S., Batra S., Datta D. Use of polymeric adsorbent Амберлайт IR120 H resin for isonicotinic adsorption. *J. Mol. Liq.* **2017**, *247*, 289-293. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.10.013>

19. Kurian M. Cerium oxide-based materials for water treatment - a review. *J. Environ. Chem. Eng.* **2020**, *8*(5), 104439. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104439>

20. Petrov G., Zotova I., Nikitina T., Fokina S. Sorption recovery of platinum metals from production solutions of sulfate-chloride leaching of chromite wastes. *Metals.* **2021**, *11*, 569. <https://doi.org/10.3390/met11040569>

21. Jumadilov T., Yskak L., Imangazy A., Suberlyak O. Ion Exchange Dynamics in Cerium Nitrate Solution Regulated by Remotely Activated Industrial Ion Exchangers. *Materials* **2021**, *14*, 3491. <https://doi.org/10.3390/ma14133491>

22. Altshuler H.N., Ostapova E.V., Malyshenko N.V., Altshuler O.H. Sorption of nicotinic and isonicotinic acids by the strongly basic anion exchanger AB-17-8. *Russian Chem. Bul.* **2017**, *66*, 1854-1859. <https://doi.org/10.1007/s11172-017-1957-7>

23. Beaugeard V., Muller J., Graillot A., Ding X., Robin J.-J., Monge S. Acidic polymeric sorbents for the removal of metallic pollution in water: A review. *React. Funct. Polym.* **2020**, *152*, 104599. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2020.104599>

24. Sui N., Huang K. Separation of rare earths using solvent extraction consisting of three phases. *Hydrometallurgy*, **2019**, *188*, 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.06.012>

25. Lee J., Kurniawan Hong H.-J., Chung K.W., Kim S. Separation of platinum, palladium and rhodium from aqueous solutions using ion exchange resin: A review. *Sep. Purif. Technol.* **2020**, *246*, 116896. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116896>

Резюме

ВЛИЯНИЕ ИОННЫХ РАДИУСОВ НЕОДИМА И СКАНДИЯ НА ДИНАМИКУ СОРБЦИИ ИНТЕРПОЛИМЕРНОЙ СИСТЕМЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ДИСТАНЦИОННОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ AMBERLITE IR120 И АВ-17-8

Т.К. Джумадилов¹, Х. Химэрсэн^{1,2*}, Р.Г. Кондауров¹, А.М. Имангазы¹

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

²Казахский национальный педагогический университет имени Абая, Алматы, Казахстан

E-mail: huana88@mail.ru

Целью настоящей исследовательской работы являлось относительно сравнительное изучение влияния величин ионных радиусов тяжелых металлов неодима и скандия на процесс их сорбции из соответствующих сульфатных водных растворов индивидуальными сорбентами типа Amberlite IR120, АВ-17-8 принадлежащий к интерполимерной системой и их смесями в различных молярных соотношениях AmberliteIR120:АВ-17-8. Лабораторные эксперименты по изучению сорбции ионов тяжелых металлов неодима и скандия проводились с использованием следующих современных физико-химических методов анализа: измерением электропроводности раствора-кондуктометрией, оценкой концентрации ионов водорода-pH-метрии, оптическими приборами колориметрии, атомно-эмиссионной спектроскопии. В ре-

зультате сорбции тяжелых ионов неодима и скандия в результате дистанционного взаимодействия иониты в интерполимерной системе переходят в особое обменное состояние. В результате этих процессов происходит формирование оптимальной конформации при соответствующей конфигурации ионитов в структуре исходных субстанции. При изучении процесса сорбции было выяснено, что высокая степень ионизации ионообменных смол наблюдается при мольном соотношении изучаемых ионитов при указанном молярном соотношении: Amberlite IR120: AB-17-8 = 5:1. На основе проведенных исследований установлено, что степень извлечения ионов неодима за 48 часов составляет 42,32%, а степень извлечения ионов скандия при этих же условиях составляет – 38,06%. Возможной причиной более высокой сорбции ионов неодима по сравнению с ионами скандия является максимальное соответствие глобусов межузловых звеньев амберлита IR120 и AB-17-8 после активации размерам сульфата неодима в водной среде.

Ключевые слова: интерполимерная система, промышленные иониты, Amberlite IR120, AB-17-8, дистанционное взаимодействие, взаимная активация, сорбция, ионы неодима, ионы скандия.

Abstract

IMPACT OF NEODYMIUM AND SCANDIUM IONIC RADII ON SORPTION DYNAMICS OF AMBERLITE IR120 AND AB-17-8 REMOTE INTERACTION

*T.K. Jumadilov¹, Kh. Khimersen^{1,2}, R.G. Kondaurov¹, A.M. Imangazy¹,
¹JSC “A.B. Bekturov Institute of chemical sciences”, Almaty, Kazakhstan
²Abai Kazakh National Pedagogical University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: huana88@mail.ru*

The aim of this research work is comparative study of influence of ionic radii of heavy metal ions of neodymium and scandium on their sorption process from corresponding water solutions of sulfates by sorbents such as individual ion-exchangers Amberlite IR120, AB-17-8 and mixture of these sorbents related to interpolymer system Amberlite IR120-AB-17-8 at the various molar relations. Laboratory experiments of this work of sorption heavy ions of neodymium and scandium were carried out and investigated by using the following physico-chemical methods of analysis: conductometry-based on the electrical conductor, pH-metry-based on the concentration of hydrogen ions, colorimetry, atomic-emission spectroscopy. Ion-exchangers in the interpolymer system undergo remote interaction with further transition into highly ionized state. There is formation of optimal conformation in structure of the initial ion-exchangers. Significant increase of ionization of the ion-exchange resins occurs at molar ratio Amberlite IR120:AB-17-8 = 5:1. Significant increase of sorption properties is observed at this ratio due to mutual activation of ion-exchangers. The extraction rate of Nd³⁺ ions in 48 hours is 42.32%, and the extraction rate of Sc³⁺ ions is 38.06%. A possible reason for higher sorption of neodymium ions in comparison with scandium ions is maximum conformity of globes of internode links of Amberlite IR120 and AB-17-8 after activation to sizes of neodymium sulfate in an aqueous medium.

Keywords: interpolymer system, industrial ion-exchangers, Amberlite IR120, AB-17-8, remote interaction, mutual activation, sorption, neodymium ions, scandium ions.

References

1. Pecht M.G., Kaczmarek R.E., Song X., Hazelwood D.A., Kavetsky R.A., Anand D.K. **2012**. Center for Energetic Concepts Development Series Southern Maryland, ML, USA, 184.
2. Haque N., Hughes A., Lim S., Vernon C. **2014**. Rare Earth Elements: Overview of Mining, Mineralogy, Uses, Sustainability and Environmental Impact. *Resources* 3, 614, DOI: 10.3390/resources3040614.
3. Ganguli R., Cook D.R. **2018**. *MRS Ener. Sustain.* 5 DOI: 10.1557/mre.2018.7.
4. Nomenclature of Inorganic Chemistry. IUPAC Recommendations **2005**. International Union of Pure and Applied Chemistry and the Royal Society of Chemistry: Cambridge. *J. Am. Chem. Soc.* **2006**, 128(20), 366. <https://doi.org/10.1021/ja069710g>
5. Bhattacharya S., Acharya A. Chapter 10 – Electrical transport of some ionic glass-nanocomposites. In *Metal Oxide Glass Nanocomposites*, 1st ed.; Sanjib Bhattacharya; Publisher: Elsevier, **2020**, 207-221. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-817458-6.00010-x>
6. Kristiansen Roy. "Scandium – Mineraler I Norge". Stein (in Norwegian), **2003**, 14-23.
7. Ahmad Z. The properties and application of scandium-reinforced aluminum. *JOM*, **2003**, 55(2), 35-39. <https://doi.org/10.1007/s11837-003-0224-6>
8. Krishnan S., Zulkapli N.S., Kamyab H., Mat Taib S.M., Fadhil Bin Md Din M., Abd Majid Z., Chaiprapat S., Kenzo I., Ichikawa Y., Nasrullah M., Chelliapan S., Othman N. Current technologies for recovery of metals from industrial wastes: An overview, *Environ Technol Inno.* **2021**, 22, 101525. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2021.101525>
9. Jörissen J. Ion exchange membranes as solid polymer electrolytes (spe) in electro-organic syntheses without supporting electrolytes. *Electrochim. Acta*, **1996**, 41(4), 553-562. [https://doi.org/10.1016/0013-4686\(95\)00342-8](https://doi.org/10.1016/0013-4686(95)00342-8)
10. Laatikainen M., Branger C., Laatikainen K., Sainio T. Ion exchange of lanthanides with conventional and ion-imprinted resins containing sulfonic or iminodiacetic acid groups. *Sep. Sci. Tech.*, **2019**, 56, 203-216. <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.1708938>
11. Botelho A.B., Pinheiro E.F., Espinosa D.C.R., Tenorio J.A.S., Baltazar M.D.G. Adsorption of lanthanum and cerium on chelating ion exchange resins: kinetic and thermodynamic studies. *Sep. Sci. Tech.* **2021** (in press) <https://doi.org/10.1080/01496395.2021.1884720>
12. Kon'kova T.V., Quynh T.N. Sorption recovery of lanthanum, iron, aluminum, and calcium ions from phosphoric acid. *Russian J. Appl. Chem.* **2020**, 93, 1868-1872. <https://doi.org/10.1134/S1070427220120083>
13. Sert S., Altay Y., Tel H., Inan S., Cetinkaya B., Sengul S., Ozkan B. Investigation of sorption behaviors of La, Pr, Nd, Sm, Eu and Gd on D2EHPA-impregnated XAD7 resin in nitric acid medium. *Sep. Sci. Tech.* **2021**, 56, 26-35. <https://doi.org/10.1080/01496395.2019.17081>
14. Qadeer R., Hanif J., Khan M., Saleem M. Uptake of Uranium Ions by Molecular Sieve. *Radiochim. Acta*, **1995**, 68(3), № 3, 197-202. <https://doi.org/10.1524/ract.1995.68.3.197>
15. Dupont. Water solutions. Available online: <https://www.dupont.com/products/amberliteirc120na.html> (accessed on 20 April **2021**)
16. Russo V., Taddeo F., Cogliano T., Vitiello R., Esposito R., Tesser R., Salmi T., Di Serio M. Investigation of the intrinsic reaction kinetics and the mass transfer phenomena of nonanoic acid

esterification with 2-ethylhexanol promoted by sulfuric acid or Амберлайт IR120. *Chem. Eng. J.* **2021**, *408*, 127236. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.127236>

17. Gossuin Y., Hantson A.L., Vuong Q.L. Low resolution benchtop nuclear magnetic resonance for the follow-up of the removal of Cu^{2+} and Cr^{3+} from water by Амберлайт IR120 ion exchange resin. *J. Wat. Proc. Eng.* **2020**, *33*, 101024. <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.101024>

18. Kumar S., Batra S., Datta D. Use of polymeric adsorbent Амберлайт IR120 H resin for isonicotinic adsorption. *J. Mol. Liq.*, **2017**, *247*, 289-293. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.10.013>

19. Kurian M. Cerium oxide-based materials for water treatment - a review. *J. Environ. Chem. Eng.* **2020**, *8(5)*, 104439. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2020.104439>

20. Petrov G., Zotova I., Nikitina T., Fokina S. Sorption recovery of platinum metals from production solutions of sulfate-chloride leaching of chromite wastes. *Metals*. **2021**, *11*, 569. <https://doi.org/10.3390/met11040569>

21. Jumadilov T., Yskak L., Imangazy A., Suberlyak O. Ion Exchange Dynamics in Cerium Nitrate Solution Regulated by Remotely Activated Industrial Ion Exchangers. *Materials* **2021**, *14*, 3491. <https://doi.org/10.3390/ma14133491>

22. Altshuler H.N., Ostapova E.V., Malysenko N.V., Altshuler O.H. Sorption of nicotinic and isonicotinic acids by the strongly basic anion exchanger AB-17-8. *Russian Chem. Bul.*, **2017**, *66*, 1854-1859. <https://doi.org/10.1007/s11172-017-1957-7>

23. Beaugeard V., Muller J., Graillet A., Ding X., Robin J.-J., Monge S. Acidic polymeric sorbents for the removal of metallic pollution in water: A review. *React. Funct. Polym.* **2020**, *152*, 104599. <https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2020.104599>

24. Sui N., Huang K. Separation of rare earths using solvent extraction consisting of three phases. *Hydrometallurgy*, **2019**, *188*, 112-122. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2019.06.012>

25. Lee J., Kurniawan Hong H.-J., Chung K.W., Kim S. Separation of platinum, palladium and rhodium from aqueous solutions using ion exchange resin: A review. *Sep. Purif. Technol.* **2020**, *246*, 116896. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.116896>

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.