

ISSN 2710-1185 (Online)

ISSN 1813-1107 (Print)

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

# ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

---

---

## ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

---

---

### CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

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

**3 (75)**

ИЮЛЬ – СЕНТЯБРЬ 2021 г.

ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА

ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ  
2021

Журналдың бас редакторы

Бас директор  
**Д. Е. Фишер**, х.ғ.к.

Редакция кеңесінің мүшелері:

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

«Қазақстанның химия журналы»

ISSN 2710-1185 (Online); ISSN 1813-1107 (Print)

Құрылтайшы: Еңбек Қызыл Ту орденді Ә.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](mailto:ics_rk@mail.ru)

---

© АҚ «Ә.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 (Россия); **Л.А. Каюкова**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **В.К. Ю**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **Е.Ф. Панарин**, проф., д.х.н., член-корр. РАН (Россия); **Э.Б. Зейналов**, проф., д.х.н., член-корр. НАН Азербайджана (Азербайджан); **Брахим Елоуди**, проф., д.х.н., Ph.D, Университет Де Ла Рошель (Французская Республика); **Х. Темель**, проф., Университет Дикле (Турецкая Республика); **Б.С. Закиров**, проф., д.х.н., (Республика Узбекистан); **Г.А. Мун**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **К.Б. Ержанов**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **Б.Т. Утельбаев**, проф., д.х.н. (Республика Казахстан); **А. Е. Малмакова**, доктор Ph.D, **А.Е. Малмакова**, доктор Ph.D (Республика Казахстан); **К.Д. Мустафинов** (отв. секретарь).

«Химический журнал Казахстана».

ISSN 2710-1185 (Online); ISSN 1813-1107 (Print)

Учредитель: Ордена Трудового Красного Знамени Институт химических наук им. А.Б. Бектурова.

Регистрация: Министерство культуры, информации и общественного согласия Республики Казахстан № 3995-Ж от 25 июня 2003 г.

Основан в 2003 г. Выходит 4 раза в год.

Адрес редакции: 050010 (A26F3Y1), г. Алматы, ул. Ш. Уалиханова, 106,  
тел. 8 (727) 291-24-64, 8 (727) 291-59-31.  
[ics\\_rk@mail.ru](mailto:ics_rk@mail.ru)

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

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

Editor in Chief

General director

**D.E. Fisher**, Candidate of Chemical Sciences

Editorial board:

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

«Chemical Journal of Kazakhstan»

ISSN 2710-1185 (Online);

ISSN 1813-1107 (Print)

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

Registration: Ministry of Culture, Information and Public Accord of the Republic of Kazakhstan No. 3995-Ж dated June 25, 2003 year.

«Chemical Journal of Kazakhstan» was founded in 2003 year, publishes four issues in a year.

Address of the Editorial board: 050010 (A26F3Y1), Republic of Kazakhstan, Almaty, Sh. Ualikhanov str., 106, A.B. Bekturov Institute of chemical sciences awarded by the Order of Red Banner of Labor, Fax: 8(727)291-24-64. [ics\\_rk@mail.ru](mailto:ics_rk@mail.ru)

---

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

ӘОЖ 661.183.1

## НЕГІЗДІГІ ТӨМЕН АНИОНИТТЕРДЕГІ МЫС ЖӘНЕ НИКЕЛЬ ИОНДАРЫ СОРБЦИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

*М.Қ. Құрманалиев\*, Ш. Женисбек*

*Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан*

*\*E-mail: mkk@mail.ru*

**Түйіндемe:** Бұл жұмыста координациялық екінші топтары бар негіздігі төмен аниониттермен модельдік ерітінділерден мыс пен никель иондарының сорбциясы процесінің заңдылықтары зерттелген. Негіздігі төмен сорбенттің лигандты топтарымен мыс және никель иондарының кешенді түзілу процесінің негізгі кинетикалық, концентрациялық үйлестіру сипаттамалары анықталды.

Потенциометриялық титрлеу аниониттің құрамында  $pK = 7.2$ -ке тең негіздігі төмен функционалды топтар бар екенін көрсетеді.

Мыс иондарын төмен негізді макрокеуекті анионитпен сіңіру процесі жоғары бастапқы жылдамдықпен және тез тепе-теңдікке қол жеткізумен сипатталатыны анықталды, бұл мыс иондарын сіңірудің алғашқы 10-15 минутында тепе-теңдік мәндерінің 70%-ға жуығын қамтамасыз етеді.

Сорбция процесінің басты параметрлері анықталды. Ленгмюр теңдеуінің координаттарында сорбция изотермасының аналитикалық сипаттамасы жүргізілді. Жоғары жылдамдықтардың арқасында тепе-теңдік жағдайында 10-15 ммоль/л концентрациясы бар ерітінділерден бөліп алу дәрежесі 99.6-98.3%-ға жететіні көрсетілген.

Сорбция процесін динамикалық режимде зерттеу ауыр металл иондарын сулы ерітінділерден жаңа негіздігі төмен аниониттерде бөлу мүмкіндігін көрсетті.

**Түйінді сөздер:** анионит, сорбция, алмасу сыйымдылығы, динамикалық алмасу сыйымдылығы, ауыр металл иондары.

### 1. Кіріспе

Қазіргі уақытта табиғи сулардың өнеркәсіптік ағындармен ластануы елеулі проблема болып табылады, бұл экологиялық жағдайды нашарлатады [1]. Ағынды сулар, әдетте, ерітілген, коллоидты және ерімейтін күйде болатын бейорганикалық және органикалық заттардан тұратын күрделі гетерогенді жүйелер. Ластануға негізгі үлесті гальваникалық және өндеу

---

**Citation:** Kurmanaliev M.K., Jenisbek J. Special features of copper and nickel sorption on low-base anionites. *Chem. J. Kaz.*, **2021**, 3(75), 47–57. (In Kaz.). DOI: <https://doi.org/10.51580/2021-1/2710-1185.38>

өндірістері қосады. Осыған байланысты түсті және ауыр металдардан ағынды суларды тазартудың тиімді және экологиялық ұтымды әдістерін іздеу жүргізілуде. Сорбциялық тазарту ағынды сулардан ауыр металдарды бөлудің тиімді әдістерінің бірі болып табылады. Бұл әдістің артықшылығы – әртүрлі сипаттағы ластануды жою мүмкіндігі, қайталама ластанудың болмауы және процесі басқару [2-4]. Ластағыштың төмен концентрациясы кезінде сорбциялық тазалауды қолданған дұрыс. Сорбция процесін зерттеу тепе-теңдікке қол жеткізу жылдамдығын, ерітіндінің белгілі бір құрамы мен берілген температура үшін иониттің максималды алмасу сыйымдылығын, күрделі түзілу кезінде иондардың ионитпен әрекеттесу механизмін анықтауға, масса тасымалының диффузия коэффициенттерін есептеуге мүмкіндік береді [5]. Практикалық тұрғыдан алғанда, аниониттермен ауыр металл катиондары бірге болған кезде селективті сорбцияны зерттеу сөзсіз қызығушылық тудырады.

Жұмыстың мақсаты төмен концентрацияланған сулы ерітінділерден Purolite A170 және Purolite A172 (бұдан әрі A170 және A172 деп белгіленген) жаңа аниониттерімен мыс (II) және никель иондарының сорбция заңдылықтарын зерттеу, сондай-ақ Cu (II) және Ni-ден гальваникалық өндірістердің сарқынды суларын толық тазарту үшін оларды қолдану тиімділігін бағалау болып табылады.

## 2. Эксперименттік бөлім

Зерттеу нысаны жаңа аниониттер болды. Бұл аниониттерде бірдей функционалды топтар бар – қайталама амин топтары, бірақ матрицаның морфологиясында ерекшеленеді. A172 анионитінде ол гель, ал A170 анионитінде стирол мен дивинилбензолдың макрокеуекті сополимерлері бар.

Алынған жаңа аниониттердің қышқылдық-негіздік қасиеттері потенциометриялық титрлеу әдісімен зерттелді. Статикалық алмасу сыйымдылығы (СОЕ) белгілі әдістермен анықталды [6,7]. Мыс (II) катиондары мен ОН формасындағы комплекс түзгіштің кинетикалық параметрлерін зерттеу статистикалық әдіспен жүргізілді. Модельдік ерітінді ретінде 0,05 м  $\text{CuSO}_4$  сулы ерітіндісі таңдалды. Тұрақты иондық күш ( $\mu = 0,1$ ) 0,1 н NaCl енгізу арқылы жасалды; ерітінді көлемінің ионит массасына қатынасы – 200:1, анионит түйіршіктерінің мөлшері – 0,3 мм. [6].

*Динамикалық режимдегі тәжірибелер* 20 °С температурада жүргізілді. Бөлшектерінің мөлшері 2.5-3.5 мм болатын сорбенттердің бөлігі қолданылды. Жұмысқа кіріспес бұрын зерттелген сорбенттердің өлшенген бөліктері тазартылған суда 10-нан 14 сағатқа дейін сақталды. Мыс (II) катиондарының динамикалық алмасу қабілеттілігін анықтау мыс концентрациясы 10 мг/л болатын мыс сульфатының ерітіндісін аниониттің әртүрлі формаларымен толтырылған бағандар арқылы өткізу арқылы жүзеге асырдық: баған биіктігі 60 см; ішкі диаметрі 1 см; бағандағы сорбенттің массасы 10 г; сорбент қабатының биіктігі 18 см; 20 см сорбенттің үстіндегі сұйық қабат; ерітіндінің шығыны 1.5 см<sup>3</sup>/мин. Бағаннан шығатын фильтрат

белгіленген уақыт аралығында 30 мл бөлек бөліктерде жиналды, фильтраттағы мыс (II) құрамы сандық түрде комплексометриялық әдіспен бақыланды. Фильтраттағы мыс (II) концентрациясы бастапқы сұйықтығының концентрациясына тең болған кезде сорбция процесі аяқталды деп саналды. Элюаттағы мыс (II) иондарының концентрациясының сорбция жүктемесінің жұмыс уақытына тәуелділігін көрсететін динамикалық сорбция режимінің шығыс қисықтары алынды. Фильтратта  $\text{Cu}^{2+}$  иондары пайда болғанға дейінгі динамикалық алмасу қабілеті (DAC) формула бойынша анықталды [6]

$$\text{DAC} = \frac{C_0 \cdot V}{g},$$

мұндағы  $C_0$  - бастапқы ерітіндідегі  $\text{Cu}^{2+}$  концентрациясы, мг/л;  $V$  –  $\text{Cu}^{2+}$  пайда болғанға дейін сорбент арқылы өткен ерітіндінің көлемі фильтрат, л;  $g$  - құрғақ сорбенттің салмағы, g.

Жалпы динамикалық алмасу қабілеті (ТДАС) мг/г-да формула бойынша есептелді:

$$\text{ТДАС} = \frac{(V \cdot C_0 - \sum V_{\text{II}} \cdot C_{\text{II}})}{g},$$

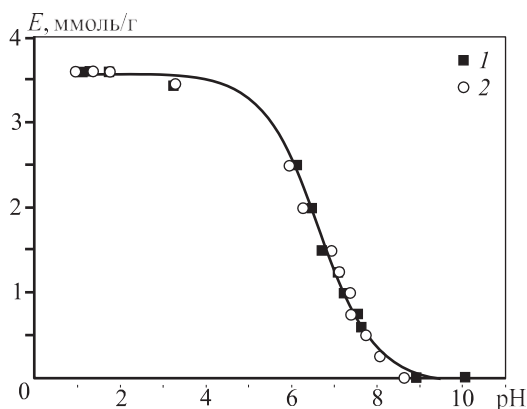
мұндағы  $C_0$  - бастапқы ерітіндідегі  $\text{Cu}^{2+}$  концентрациясы, мг/л;  $V$  – теңестіруге дейінгі сорбент арқылы өткен ерітіндінің көлемі фильтраттағы және бастапқы ерітіндідегі  $\text{Cu}^{2+}$  үшін концентрация, л;  $V_{\text{II}}$  –  $\text{Cu}^{2+}$  иондары пайда болғаннан кейін фильтраттың бір бөлігінің көлемі (серпінділіктен кейін), л;  $C_{\text{II}}$  - серпіндіден кейін фильтраттың бір бөлігіндегі  $\text{Cu}^{2+}$  концентрациясы, мг/л;  $g$  - құрғақ сорбенттің салмағы, g.

Никель, қорғасын және мырыш иондары бойынша зерттеулер осы келтірілген әдістеме бойынша жіргізілді.

### 3. Нәтижелер және оларды талқылау

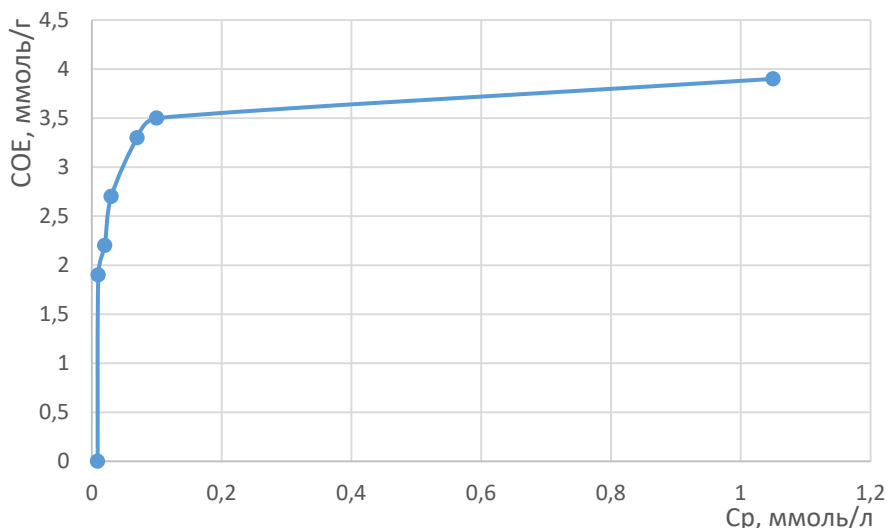
A170 және A172 аниониттерінің қасиеттерін макромолекулалық негіздер ретінде толығырақ сипаттау қажет болды. Осы мақсатта аниониттердің тұз қышқылымен потенциометриялық титрлеу қисықтары алынды (1-сурет).

Суретте келтірілген мәліметтерден A170 және A172 аниониттері әлсіз негіз класына жататындығына сүйене отырып, олардың анион алмасу сыйымдылығы ерітінділердің қышқылдығына байланысты және рН төмендеген кезде жоғарылайды, рН ~ 2 кезінде толық анион алмасу сыйымдылығына тең максималды мәнге жетеді. Екі аниониттің потенциометриялық титрлеу қисықтары іс жүзінде бірдей, бұл табиғи, өйткені олар бірдей функционалды топтарды қамтиды. Олардың функционалды топтарының тиімді диссоциация тұрақтыларының логарифмдері ~ 7.2 болды. Олардың толық анион алмасу сыйымдылығының мәні 3.8 ммоль/г тең болды.



**1-сурет** – Аниониттердің потенциометриялық титрлеу қисықтары.  
0.1 м NaCl фонында А170 (1) және А172 (2) 0.1 м тұз қышқылының ерітіндісімен.

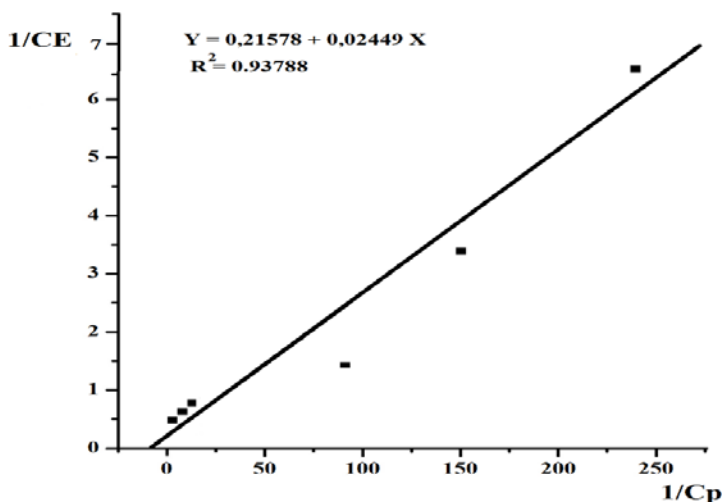
Зерттелетін сорбенттің мыс иондарына ынтықтығын бағалау үшін  $COE = f(Cp)$  координаттарындағы ауыспалы концентрациялар әдісімен сорбция изотермасы құрылды (2-сурет), бастапқы учаскенің сызықтық сипаты (Генри учаскесі) ерітіндідегі аз концентрация кезінде іс жүзінде сандық сорбция болатындығын көрсетеді. Ерітіндідегі комплекстүзгіш металл иондарының көбеюіне байланысты изотерманың біртіндеп қанығуына мүмкіндік беретін полимердің бос функционалды белсенді топтарын осы процеске қосымша тарту арқылы тепе-теңдік комплекстің пайда болу жағына ауысады.



**2-сурет** – Мыс иондарын А170 анионитімен сорбциялау изотермасы.



Ленгмюр теңдеуінің изотермасы кері координаттарында түзу сызықты екені табылды (3-сурет). Ол төмен негізді аниониттің барлық белсенді орталықтары тең энергияға және сорбция энтальпиясына ие екендігін куәландырады, соның нәтижесінде сорбент бетінде мономолекулалық сорбциялық қабат пайда болады.

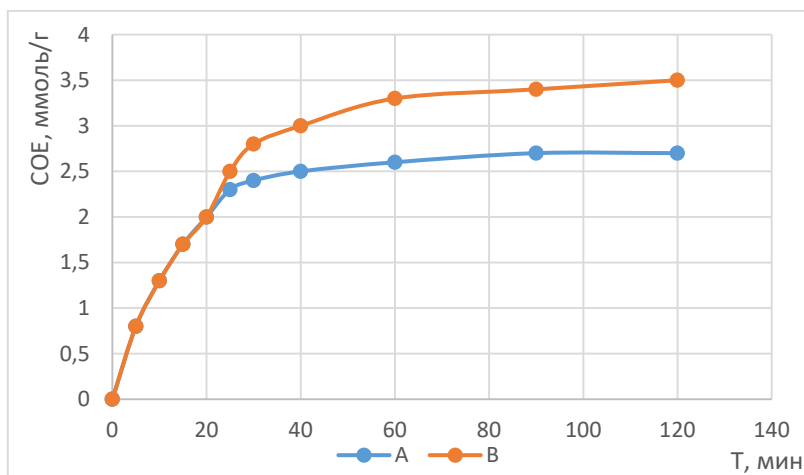


3-сурет – Ленгмюр координаты арқылы мыс иондарын сорбциялау изотермасының графикалық бейнесі.

САС-тың ерітіндідегі мыс ионының бастапқы концентрациясына тәуелділігін зерттеу нәтижелері (2-сурет) сорбенттің мыс иондарына қатысты селективтілігін көрсетеді, бұл бастапқы  $\text{Cu}^{2+}$  концентрациясы төмендеген кезде бөлу коэффициентінің ұлғаюымен расталады. 0.005 м-ден төмен концентрацияның төмендеуімен сорбция процесі іс жүзінде толық түрде жүреді. Сонымен қатар мыс иондарын сіңірудің алғашқы 10-15 минутында тепе-теңдік мәндерінің 70%-ға жуығын қамтамасыз етеді.

Комплекстердің қатысуымен сорбциялық процестің оңтайлы жағдайларын таңдау үшін масса тасымалын тежейтін кезеңді анықтау маңызды. Комплекстің ионогенді топтары мен  $\text{Cu}^{2+}$  иондарының өзара әрекеттесу кинетикасы механизмінің сипатын анықтау процесі сулы ерітінділерде араластыру болған және болмаған кезде жүргізілді.

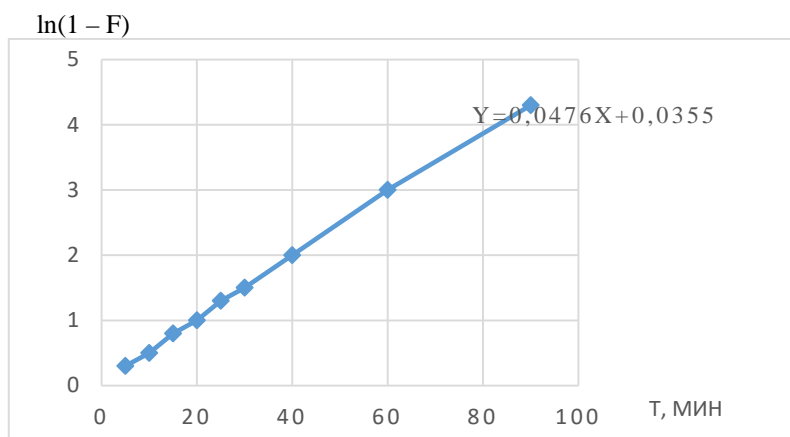
Мыс (II) иондарын кешенді сіңіру процесі өте күрделі механизм бойынша жүзеге асырылатыны анықталды. 4-суретте көрсетілгендей, сорбцияның бастапқы кезеңінде ерітіндіні араластыру мыс иондары бойынша комплекситтің статикалық алмасу сыйымдылығының шамасына әсер етпейді. Бұл факт осы кезеңдегі сорбцияның химиялық сипатын көрсетеді, бұл түйіршіктердің бетінде қарқынды комплекстің пайда болуымен түсіндіріледі. Алайда, беті мыс иондарымен толтырылған кезде, процесс диффузиялық сипатқа ие бола бастайды, нәтижесінде иондардың түйір-



**4-сурет** – Мыс иондары сорбциясының араластыру болғанда (В) және болмағанда (А) уақытқа тәуелділігі.

шіктер ішіне таралуы шектеулі сатыға айналады. Шектеу кезеңінде сорбция дәрежесі мыс иондарының комплексит түйіршіктеріне жеткізілу жылдамдығына және комплекситтің Доннан потенциалына байланысты, бұл иондардың полимер фазасына енуіне жол бермейді [8,9].

Реакция ерітіндісін араластыру иондардың сорбция жылдамдығына әсер ету сипаты процесс кинетикасы механизмiнiң сыртқы диффузиялық түрге жататындығын көрсетеді [8]. Мұндай болжам  $\ln(1 - F)$ -тің  $t$ -ға тәуелділіктің түзу сызықты сипатымен расталады (5-сурет). Ол пленкалық механизм бойынша жүзеге асырылатын диффузия процесiнiң көрiнiсi болып табылады.



**5-сурет** – Мыс иондарының сорбция процесiнде  $\ln(1 - F)$ -тің  $t$ -ға тәуелділігі.

Сондықтан процестің табылған эксперименттік кинетикалық параметрлерін кинетика теңдеуін басшылыққа ала отырып талдауға болады:

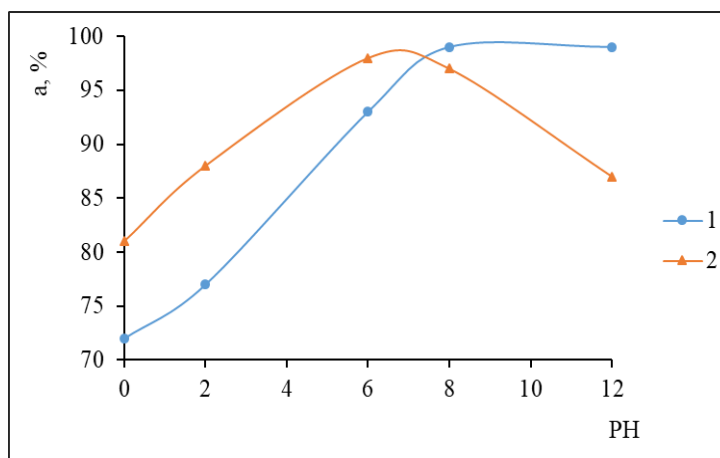
$$F(\tau) = Q/Q_{\infty} = 1 - \exp(-K \tau),$$

$$\ln(1 - F) = -K \tau,$$

мұндағы:  $F(\tau)$  – мүмкін болатын ең жоғары (тепе-теңдік) мәннен сорбцияланған ионның салыстырмалы үлесі,  $Q$ -уақыт бойынша сіңірілген ионның мөлшері  $\tau$ ,  $Q_{\infty}$  – тепе-теңдік кезіндегі сіңірілген ионның мөлшері,  $K$  – теңдеудің тұрақтысы;  $D$  – диффузия коэффициенті,  $\text{см}^2/\text{с}$ ;  $r$  – анионит дәнінің орташа радиусы,  $\text{см}$ ;  $\tau$  – уақыт,  $\text{с}$ ;  $n$  – натурал қатардың сандары.

Соңғы теңдеу негізінде есептелген диффузия мәні  $7.70 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2/\text{см}$  құрайды, оның жоғары мәні ионит түйірлеріндегі иондар ағынына аз диффузиялық қарсылықты қамтамасыз ететін ионит құрылымының жоғары кеуектілігімен түсіндіріледі, әсіресе бастапқы сәтте.

Ерітіндінің рН жоғарылауы САС-тың металл иондары бойынша жоғарылауына әкеледі. Жаңа сорбент пен  $\text{Cu}^{2+}$  арасындағы комплекстің түзілу бастапқы ерітіндінің рН-на өте тәуелді екендігі анықталды (6-сурет). Ерітіндінің рН жоғарылауы САС-тың металл иондары бойынша жоғарылауына әкеледі, тіпті күшті қышқыл ортада да бұл мән 0.1 н  $\text{HCl}$  ( $\text{CAC} = 2.89 \text{ ммоль/л}$ ) қатысты қанағаттанарлық мәнге ие, бұл түзілген комплекстің айтарлықтай беріктігімен түсіндіріледі.



**6-сурет** – Мыс иондарын А 170 аниониті арқылы бөлу дәрежесінің ортаның рН-на тәуелділігі. 1 –  $C_0(\text{Cu}^{2+}) = 100 \text{ мг/л}$ , 2-  $C_0(\text{Cu}^{2+}) = 100 \text{ мг/л}$ ,  $C(\text{Cl}) = 10 \text{ г/л}$ .

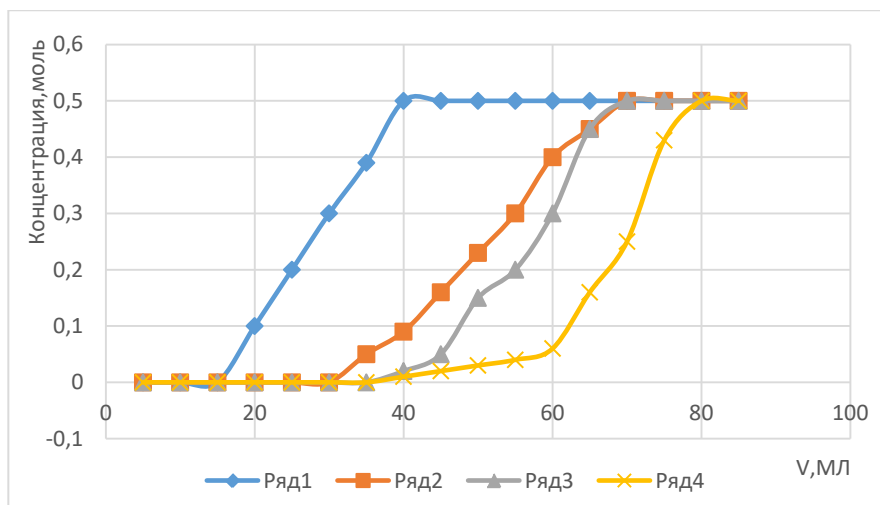
Ерітінділердің рН-нің мыс иондарының осы сорбенттің екіншілік амин топтарымен координациялық өзара әрекеттесу процесіне әсері көрсетілген. Оңтайлы жағдайлар рН 5-6 кезінде жасалады, өйткені ерітіндінің қышқылдығының жоғарылауымен депротондалған амин топтарының мөлшері азаяды, нәтижесінде аниониттің сорбциялық сыйымдылығы төмендейді, ал

сілтілі ортада сорбция процесі мыс гидрокомплекті аниондарының пайда болуымен мүмкін болады.

Сорбция процесін динамикалық режимде зерттеу мақсатында модельдік ерітінділер ретінде бастапқы концентрациясы 10 мг/дм<sup>3</sup> Pb<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup> және Ni<sup>2+</sup> катиондарының ерітінділері қолданылды. Дайындалған баған арқылы секундына 1-2 тамшы жылдамдықпен зерттелетін катиондар ерітіндісін өткізеді, бұл шамамен 10 м/сағ құрайды және 25 см<sup>3</sup> тең фильтраттың фракцияларын жинады, олардан түскен иондарды талдау үшін сынама алынды.

Адсорбцияның алынған тәжірибелік шығу тәуелділігінің сыртқы түрі 7-суретте көрсетілген.

Әртүрлі металдар тұздарының мысалында адсорбция динамикасын зерттеу ТДАС көрсеткіші төменде келтірілген қатарда ұлғаятынын көрсетті:



7-сурет – Динамикалық режимдегі шығыс қисығы:  
1 – Pb<sup>2+</sup>; 2 – Zn<sup>2+</sup>; 3 – Ni<sup>2+</sup>; 4 – Cu<sup>2+</sup>.

Сорбенттерді динамикалық жағдайда зерттеу практикадағы сорбциялық процесі толығымен көрсетеді және ДАС пен ТДАС анықтауға мүмкіндік береді. ДАС мәндері Pb<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, Ni<sup>2+</sup> және Cu<sup>2+</sup> иондары бойынша 5.6; 6.5; 7.4; 8.8 ммоль сәйкесінше болды. Демек, осы аниониттер арқылы ауыр металл иондарын динамикалық режимде бір-бірінен бөлуге болады. Мыс иондарын бөлу дәрежесі 99%-ға жуық.

Осылайша, негіздігі төмен анионитте динамикалық режимде жұмыс істеген кезде сорбцияның ең жақсы көрсеткіштері зерттелген үлгі үшін алынғаны анықталды.

#### 4. Қорытынды

1. Зерттелген жаңа А170 және А172 негіздігі төмен аниониттерді суды ауыр металл иондарынан сорбциялық тазарту үшін қолдануға болады.

2. рН = 5-6 аралығында әлсіз негізді аниониттер А 170 және А 172 мыс бойынша жоғары алмасу сыйымдылығына ие екендігі көрсетілді (4 ммоль/г)

3. Алынған нәтижелер, аниониттер сулы ерітінділерден мыс иондарын тазарту дәрежесі 99%-ке дейін бөліп алуда тиімді болатынын көрсетті.

#### Information about authors:

Kurmanaliev Musrepbek – Doctor of Chemical Sciences, Professor; e-mail: mkk@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8561-4332>

Zhenisbek Shuak – masters, e-mail: Zhenisbek\_shuak@mail.ru; ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-8741-6941>

#### Әдебиеттер тізімі

1. Исидоров В.А. Введение в химическую экотоксикологию. СПб.: Химиздат, **1999**. 144 с.

2. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. Л.: Химия, 1982. 168 с.

3. Климов Е.С., Бузова М.В. Природные сорбенты и комплексоны в очистке сточных вод. Ульяновск: УлГТУ, **2011**. 201 с.

4. Ергожин Е.Е., Чалов Т.К., Ковригина Т.В. Синтетические и природные иониты для сорбционных технологий. Алматы, **2018**. 440 с.

5. Zagorodni AA. Ion exchange materials: properties and application. Amsterdam, Elsevier. **2006**.

6. Ергожин Е.Е., Курманалиев М.К. Основы ионного обмена. Алматы: Альманах, **2020**. 274 с.

7. Harland C.E. Ion exchange: theory and practice. Royal Society of Chemistry, Cambridge, **1994**. 286 p.

8. Котова А.Д., Крысанова Т.А., Крысанова В.А. Кинетика ионного обмена. Воронеж: ИПЦ Научная книга, **2012**. 75 с.

9. Кокотов Ю.А., Золотарев П.П., Елькин Г.Э. Теоретические основы ионного обмена. Л.: Химия, **1986**. 280 с.

#### Резюме

#### ОСОБЕННОСТИ СОРБЦИИ ИОНОВ МЕДИ И НИКЕЛЯ НА НИЗКООСНОВНЫХ АНИОНИТАХ

*М.К. Курманалиев\*, Ш. Женисбек*

*Алматинский технологический университет, Алматы, Казахстан*

*\*E-mail: mkk@mail.ru*

В работе исследованы закономерности процесса сорбции ионов меди и никеля из модельных растворов низкоосновными анионитами, содержащими координационные вторичные группы. Определены основные кинетические, концентрационные координационные характеристики процесса комплексообразования ионов меди и никеля с лигандными группами низкоосновного сорбента.

Потенциометрическим титрованием показано, что анионит содержит в своем составе низкоосновные функциональные группы, рК которого равна 7.2.

Установлено, что процес сорбции ионов меди низкоосновным макропористым анионитом характеризуется высокой начальной скоростью и быстрым достижением равновесия, что обеспечивает за первые 10-15 минут поглощения ионов меди порядка 70% от равновесных значений.

Определены основные параметры процесса сорбции. Проведено аналитическое описание изотермы сорбции в координатах уравнения Ленгмюра. Показано, что вследствие высоких скоростей степень извлечения из растворов концентрацией 10-15 ммоль/л в условиях равновесия достигает 99.6-98.3%.

Исследования процесса сорбции в динамическом режиме показали возможность разделения ионов тяжелых металлов из водных растворов на новых низкоосновных анионитах.

**Ключевые слова:** анионит, сорбция, обменная емкость, динамическая обменная емкость, ионы тяжелых металлов.

### Summary

## SPECIAL FEATURES OF COPPER AND NICKEL SORPTION ON LOW-BASE ANIONITES

*M.K. Kurmanaliev\*, J. Jenisbek*

Almaty technological university, Almaty, Kazakhstan

\*E-mail: mkk@mail.ru

In the work, the regularities of the process of sorption of copper and nickel ions from model solutions by low-base anionites containing coordination secondary groups are investigated. The main kinetic and concentration coordination characteristics of the process of complexation of copper and nickel ions with ligand groups of a low-base sorbent are determined.

Potentiometric titration shows that anionite contains low-base functional groups, the pK of which is equal to 7.2.

It is established that the process of sorption of copper ions by low-base macroporous anionite is characterized by a high initial rate and rapid achievement of equilibrium, which ensures absorption of copper ions about 70% of the equilibrium values in the first 10-15 minutes.

The main parameters of the sorption process are determined. Analytical description of sorption isotherm in coordinates of Langmuir equation is carried out. It was shown that due to high rates, the degree of extraction from solutions with a concentration of 10-15 mmol/l under equilibrium conditions reaches 99.6-98.3%.

Studies of the sorption process in a dynamic mode showed the possibility of separating heavy metal ions from aqueous solutions on new low-base anionites.

**Key words:** anionite, sorption, exchange capacity, dynamic exchange capacity, heavy metal ions.

---

---

## References

1. Isidorov V.A. Introduction to chemical ecotoxicology. SPb.: Himizdat, **1999**. 144 p. (In Russ.).
2. Smirnov A.D. Sorption water purification. L.: Chemistry, **1982**. 168 p. (In Russ.).
3. Klimov E.S., Buzova M.V. Natural sorbents and complexons in wastewater treatment. Ulyanovsk: UISTU, **2011**. 201 p. (In Russ.).
4. Ergozhin E.E., Chalov T.K., Kovrigina T.V. Synthetic and natural ionites for sorption technologies. Almaty, **2018**. 440 p. (In Russ.).
5. Zagorodni A.A. Ion exchange materials: properties and application. Amsterdam, Elsevier, **2006**.
6. Ergozhin E.E., Kurmanaliev M.K. Fundamentals of ion exchange. Almaty: Almanach, **2020**. 274 p. (In Russ.).
7. Harland C.E. Ion exchange: theory and practice. Royal Society of Chemistry, Cambridge, **1994**. 286 p.
8. Kotova A.D., Krysanova T.A., Krysanova V.A. Ion exchange kinetics. Voronezh: CPI Scientific Book, **2012**. 75 p. (In Russ.).
9. Kokotov Yu.A., Zolotarev P.P., Elkin G.E. Theoretical foundations of ion exchange. L.: Chemistry, **1986**. 280 p. (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)) (<http://publicationethics.org/about>), "Еуропалық ғылыми редакторлар қауымдас-тығы" (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) және "Ғылыми жарияланымдар әдеби жөніндегі комитеттің" (<http://publicet.org/code/>) қабылданған халықаралық стандарттарды ұстанады.

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

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

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

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

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



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

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

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

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

## *Этика научных публикаций*

Редакционная коллегия и главный редактор научного журнала «Химический журнал Казахстана» (далее – Журнал) придерживаются принятых международных стандартов «Комитета этики по публикациям» ([Committee on Publication Ethics – COPE](http://publicationethics.org/about)) (<http://publicationethics.org/about>), «Европейской ассоциации научных редакторов» (European Association of Science Editors – EASE) (<http://www.ease.org.uk>) и «Комитета по этике научных публикаций» (<http://publicet.org/code/>).

Во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (плагиат, изложение недостоверных сведений и др.) и в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, признания общественностью, полученных автором научных результатов, каждый член редакционного совета, автор, рецензент, а также учреждения, участвующие в издательском процессе, обязаны соблюдать этические стандарты, нормы и правила и принимать все меры для предотвращения их нарушений. Соблюдение правил этики научных публикаций всеми участниками этого процесса способствует обеспечению прав авторов на интеллектуальную собственность, повышению качества издания и исключению возможности неправомерного использования авторских материалов в интересах отдельных лиц.

Все научные статьи, поступившие в редакцию, подлежат обязательному двойному слепому рецензированию. Редакция Журнала устанавливает соответствие статьи профилю Журнала, требованиям к оформлению и направляет ее на первое рассмотрение ответственному секретарю Журнала, который определяет научную ценность рукописи и назначает двух независимых рецензентов – специалистов, имеющих наиболее близкие к теме статьи научные специализации. Рецензирование статей осуществляется членами редакционного совета и редакционной коллегии, а также приглашенными рецензентами других стран. Решение о выборе того или иного рецензента для проведения экспертизы статьи принимает главный редактор. Срок рецензирования составляет 2-4 недели, но по просьбе рецензента он может быть продлен.

**Редакция и рецензент** гарантируют сохранение конфиденциальности неопубликованных материалов присланных на рассмотрение работ. Решение о публикации принимается редакционной коллегией Журнала после рецензирования. В случае необходимости рукопись направляется авторам на доработку по замечаниям рецензентов и редакторов, после чего она повторно рецензируется. Редакция оставляет за собой право отклонить публикацию статьи в случае нарушения правил этики. Ответственный редактор не должен допускать к публикации информацию, если имеется достаточно оснований полагать, что она является плагиатом.

**Авторы** гарантируют, что представленные в редакцию материалы являются новыми, ранее неопубликованными и оригинальными. Авторы несут ответственность за достоверность и значимость научных результатов, а также соблюдение принципов научной этики, в частности, недопущение фактов нарушения научной этики (фабрикация научных данных, фальсификация, ведущая к искажению исследовательских данных, плагиат и ложное соавторство, дублирование, присвоение чужих результатов и др.)

Направление статьи в редакцию означает, что авторы не передавали статью (в оригинале или в переводе на другие языки или с других языков) в другой журнал(ы)

и что этот материал не был ранее опубликован. В противном случае статья немедленно возвращается авторам с рекомендацией отклонить статью за нарушение авторских прав. Не допускается дословное копирование более 10 процентов работы другого автора без указания его авторства и ссылок на источник. Заимствованные фрагменты или утверждения должны быть оформлены с обязательным указанием автора и первоисточника. Чрезмерные заимствования, а также плагиат в любых формах, включая неоформленные цитаты, перефразирование или присвоение прав на результаты чужих исследований, неэтичны и неприемлемы. Необходимо признавать вклад всех лиц, так или иначе повлиявших на ход исследования, в частности, в статье должны быть представлены ссылки на работы, которые имели значение при проведении исследования. Среди соавторов недопустимо указывать лиц, не участвовавших в исследовании.

Если обнаружена ошибка в работе, необходимо срочно уведомить редактора и вместе принять решение об исправлении.

Решение об отказе в публикации рукописи принимается на заседании редакционной коллегии в соответствии с рекомендациями рецензентов. Статья, не рекомендованная решением редакционной коллегии к публикации, к повторному рассмотрению не принимается. Сообщение об отказе в публикации направляется автору по электронной почте.

После принятия редколлегией Журнала решения о допуске статьи к публикации редакция информирует об этом автора и указывает сроки публикации. Оригиналы рецензий хранятся в редакции Журнала в течение 3 лет.

---

---

### *Ethics of scientific publications*

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

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

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

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

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

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

the author and the source. Excessive borrowing as well as plagiarism in any form, including unofficial quotations, paraphrasing, or appropriation of rights to the results of other people's research, is unethical and unacceptable. It is necessary to recognize the contribution of all persons, who in one way or another influenced the course of the research in particular the article, should contain references to works that were of importance in the conduct of the research. Among the co-authors, it is inadmissible to indicate persons who did not participate in the study.

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

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

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

Технический секретарь *К. Д. Мустафинов*

Верстка на компьютере *Д. Н. Калкабековой*

Подписано в печать 27.09.2021.

Формат 70x100<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. 9,5 п.л. Бумага офсетная. Тираж 500.