

Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан ион алмастырғыш адсорбция әдісімен тазарту

¹Бабажанова С.З., ¹Нүрділлаева Р.Н. *,
²Мехмет Али Өзлер

¹Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Түркістан, Қазақстан

²Мугла Сыткы Кочман университеті,
Мугла, Түркия

*E-mail: raushan.nurdillayeva@ayu.edu.kz

Мақалада өндірістік ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан ион алмастырғыш адсорбция әдісімен тазартудың эксперименттік нәтижелері келтірілген. Зерттеу нысаны ретінде Түркістан локомотив пайдалану депосының ауыр және түсті металл иондары бар ақаба сулар негізіндегі модельдік суы алынды. Сорбент ретінде фосфор қышқылды КРФ-10П катиониті қолданылды. Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}) тазарту барысында катионит мөлшерінің, жанасу уақытының, ерітінді температурасының әсерлері қарастырылды. Жүргізілген тәжірибелер негізінде тазалану дәрежесінің оңтайлы жағдайлары анықталды: $m_{KRF-10P} = 2,0$ г, $\tau = 1,0$ сағ., $t = 55^\circ C$. Анықталған оңтайлы жағдайларда ақаба сулар құрамындағы мырыш ионының тазалану дәрежесі 96,1%-ға дейін, қорғасын ионының тазалану дәрежесі 89%-ға дейін, кадмий ионының тазалану дәрежесі 95%-ға дейін жетті. Зерттеу нәтижелері ақаба сулардың құрамындағы ауыр және түсті металл иондарын полимерлі фосфор қышқылды КРФ-10П катиониті қатысында ион алмастырғыш адсорбция әдісімен тазарту мүмкіндігін көрсетті.

Түйін сөздер: ақаба су; ауыр және түсті металл иондары; ион алмастырғыш адсорбция; ион алмастырғыш шайырлар; КРФ-10П катиониті; тазалану дәрежесі.

Wastewater treatment from ions of heavy and non-ferrous metals by ion-exchange adsorption

¹Babazhanova S.Z., ¹Nurdillayeva R.N.,
²Mehmet Ali Ozler

¹Khoja Akhmet Yassawi Kazakh-Turkish
International University
Turkistan, Kazakhstan

²Mugla Sitki Kochman University,
Mugla, Turkey

*E-mail: raushan.nurdillayeva@ayu.edu.kz

This article presents the results of experimental research on wastewater treatment from ions of heavy and non-ferrous metals by ion exchange adsorption. The object of investigation was a model solution containing ions of heavy and non-ferrous metals and prepared of wastewater from Turkistan locomotive depot. As a sorbent, phosphorus-acidic cationite KRF-10P was used. The impact of the cation exchanger mass, reaction time of cationite and temperature of the solution on the degree of wastewater treatment from ions of heavy and non-ferrous metals (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}) were studied. On the basis of experiments, optimal conditions of wastewater treatment from ions of heavy and non-ferrous metals were established: $m_{KRF-10P} = 2.0$ g, $\tau = 1.0$ h, $T = 55^\circ C$. At the optimized conditions, the degree of wastewater treatment from zinc ions reached 96.1%, the degree of removal of lead ions reached 89%, the degree of removal of cadmium ions reached 95%. Experimental results showed the possibility of wastewater treatment from ions of heavy and nonferrous metals by ion exchange adsorption using phosphorus-acidic cationite KRF-10P.

Keywords: wastewater; ions of heavy and non-ferrous metals; ion-exchange adsorption; cationite KRF-10P; purification rate.

Очистка сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов ионообменной адсорбцией

¹Бабажанова С.З., ¹Нүрділлаева Р.Н. *,
²Мехмет Али Өзлер

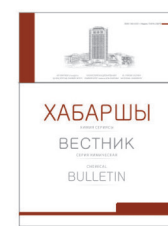
¹Международный казахско-турецкий
университет им. Ходжи Ахмеда Ясави
Түркістан, Қазақстан

²Университет Муглы им. Сыткы Кочман,
Мугла, Түркия

*E-mail: raushan.nurdillayeva@ayu.edu.kz

В статье приведены результаты экспериментальных работ по очистке сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов методом ионообменной адсорбции. Объектом исследования явился модельный раствор содержащий ионы тяжелых и цветных металлов на основе сточных вод Туркестанского локомотивного депо. В качестве сорбента использован фосфорнокислый катионит КРФ-10П. Были рассмотрены влияние массы катионита, продолжительности взаимодействия катионита и температуры раствора на степень очистки сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}). На основе проведенных экспериментов определены оптимальные условия степени очистки сточных вод: $m_{KRF-10P} = 2,0$ г, $\tau = 1,0$ ч, $t = 55^\circ C$. В установленных оптимальных условиях степень очистки сточных вод от ионов цинка достигла 96,1%, очистки от ионов свинца достигла 89%, очистки от ионов кадмия достигла 95%. Результаты исследований показали возможность очистки сточных вод от ионов тяжелых и цветных металлов методом ионообменной адсорбции с применением фосфорнокислого катионита КРФ-10П.

Ключевые слова: сточная вода; ионы тяжелых и цветных металлов; ионообменная адсорбция; ионообменные смолы; катионит КРФ-10П; степень очистки.



Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан ион алмастырғыш адсорбция әдісімен тазарту

¹Бабажанова С.З., ¹Нүрділлаева Р.Н.*, ²Мехмет Али Өзлер

¹Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті, Түркістан, Қазақстан

²Мугла Сытқы Кочман университеті, Мугла, Түркия

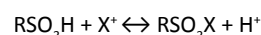
*E-mail: raushan.nurdillayeva@ayu.edu.kz

1. Кіріспе

Қоршаған ортаның әртүрлі жолдармен ластануының ішінде, табиғи сулардың ауыр және түсті металдар иондарымен ластануы ерекше орын алады. Тау-кен өнеркәсібі мен түсті және ауыр металлургия өндірістерінің ақаба суларының құрамында, авто және әуе құрылысы, темір-жол кешенінен шығатын ақаба сулар мен қолданылған ерітінділердің құрамында көптеген ауыр және түсті металдар иондары кездеседі [1]. Ауыр және түсті металл иондарының (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}) қауіптілік дәрежесі бойынша өте улы болып табылатынын ескерсек, олардың су құрамында өте аз мөлшерде болғанның өзінде, қоршаған ортаға үлкен зиянды әсерін тигізеді [1]. Осыған орай, өндірістік ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан тазарту мәселесі өзекті болып табылады.

Соңғы кезде ион алмастырғыш адсорбция әдісі ақаба суларды мырыш, қорғасын, кадмий, мыс, сынап, хром, никель, ванадий, марганец сияқты ауыр металдардан, сондай-ақ, күшәннің қосылыстарынан, фосфордан, цианды қосылыстардан, ББЗ-дан, радиоактивті заттардан тазартуда кеңінен қолданылуда [3]. Ион алмасу (ион алмастырғыш) адсорбция әдісі – тазаланатын су құрамындағы иондар мен полиэлектролиттер-иониттер құрамындағы қозғалғыш иондар арасындағы алмасу реакциясына негізделген ақаба суларды тазарту әдісі. Бұл әдіс ерітінді иондары мен ион алмастырғыш қасиетке ие қатты фазаның әрекеттесу үдерісіне негізделген. Осы қатты фазаны құрайтын заттар – иониттер. Олар суда ерімейді. Ион алмастырғыш шайырлар – органикалық жасанды иониттер, ион алмасу реакциясына қатысатын функционалды топтары кеңістіктік тор түзетін көмірсутекті радикалды мономерлі түйіндермен байланысқан полимерлер. Ион алмастырғыш шайырлардың ақаба суларды тазартуда практикалық маңызы зор.

Құрамында ластаушы иондар бар ақаба суларды иониттермен тазалау кезінде ионит пен ерітінді (ақаба су) арасында ион алмасу реакциясы орын алады, нәтижесінде ластаушы ион ерімейтін полимерлі ионмен байланысады, мысалы:



мұндағы: X^+ – ластаушы ион;

RSO_3H – H формадағы сульфо қышқылды катионит [4].

Ақаба суларды қорғасын (II) иондарынан тазартудың электрохимиялық әдісі [5] еңбекте көрсетілген. Зерттеулер ток тығыздықтары 100 – 500 А/м² аралығында жүргізілген. Нәтижесінде 300 А/м² ток тығыздығында ақаба суларды қорғасын (II) иондарынан тазалану дәрежесі 65,7%-ға жеткен.

[6] еңбекте су ерітінділеріндегі мыс, мырыш, кобальт, никель сияқты ауыр және түсті металл иондарын экстракциялау арқылы тазарту әдісі келтірілген. Тазарту рН=7-9 аралығында жүргізілген. Экстрагент ретінде гумин қышқылының 0,1%-дық сулы ерітіндісі, ал еріткіш ретінде изоамил спирті қолданылған. Кобальт үшін рН=8,6 болғанда тазалану дәрежесі 92,5%-ды, мыс үшін рН=7,8 болғанда тазалану дәрежесі 95%-ды, никель үшін рН=8,8 болғанда тазалану дәрежесі 77,8%-ды, мырыш үшін рН=8,2 болғанда тазалану дәрежесі 93,5%-ды көрсететіндігі анықталған.

Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан табиғи адсорбент – жұмыртқа қабығын қолданып сорбциялағанда мырыштың тазалану дәрежесі 98,92%-ды, мыстың тазалану дәрежесі 99,48%-ды, кадмийдің тазалану дәрежесі 99,45%-ды көрсететіндігі анықталған [7].

Темір жол ақаба суларының құрамындағы ауыр және түсті металл иондарын табиғи адсорбент – бентонит сазымен адсорбциялау нәтижесінде никельдің концентрациясы

0,14 мг/л-ден 0,01 мг/л-ге дейін, мыстың концентрациясы 0,28 мг/л-ден 0,04 мг/л-ге дейін, мырыштың концентрациясы 0,46 мг/л-ден 0,01мг/л-ге дейін, кадмийдың концентрациясы 1,07 мг/л-ден 0,01мг/л-ге дейін, қорғасынның концентрациясы 2,00 мг/л-ден 0,02 мг/л-ге дейін кемитіндігі [8] еңбекте келтірілген.

[9] еңбекте ақаба суларды қорғасын (II) иондарынан тазартуға табиғи сорбент – цеолитпен сорбциялағанда тазалану дәрежесі 80,39%-ды, СаА типіндегі синтетикалық цеолитті қолданып сорбциялағанда тазалану дәрежесі 85,22%-ды құрағаны анықталған.

Ион алмастырғыш шайырларды қолданып ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан тазарту әдісі Ресей ғалымдарының ғылыми-зерттеу жұмыстарында келтірілген. Бұл әдістерде сорбент ретінде күшті негізді АВ-17 анионитіне иммобилизацияланған бензой қышқылының 2-[2-(α -2-окси-5-сульфобензилазо)-бензилидин гидразині қолданылған. Нәтижесінде, мыстың концентрациясы 0,69 мг/л-ден 0,0021 мг/л-ге дейін, мырыштың концентрациясы 0,75 мг/л-ден 0,0025 мг/л-ге дейін, кадмийдың концентрациясы 0,020 мг/л-ден 0,0000 мг/л-ге дейін, қорғасынның концентрациясы 0,36 мг/л-ден 0,0000 мг/л-ге дейін төмендеген [10].

[11] еңбекте ақаба суларды Cr^{3+} , Co^{2+} және Ni^{2+} иондарынан тазарту IRN-77 катиониті қатысында жүргізілген. Бұл зерттеулерде адсорбент мөлшері, ерітіндінің рН-ы және сорбциялану ұзақтығы сияқты параметрлердің әсері зерттелген. Тәжірибенің оңтайлы жағдайларында ауыр және түсті металдардың тазалану дәрежесі 95%-ға дейін жеткен.

2. Тәжірибелік бөлім

Ұсынылып отырған жұмыстың мақсаты Түркістан локомотив пайдалану депосының ақаба суларын ауыр және түсті металл иондарынан ион алмастырғыш адсорбциялық әдіспен тазарту болып табылады.

[12] еңбектен фосфор қышқылды катиониттер ион алмасу жолымен және комплекс түзу арқылы металл иондарын сорбциялайтыны белгілі. Катиониттің құрамындағы фосфорильді топтағы оттектің (P=O) электрондық тығыздығының жоғары болуы ауыр және түсті металл иондарымен берік комплекс түзілуіне әкеледі. Ұсынылып отырған жұмыста сорбент ретінде фосфор қышқылды КРФ-10П катиониті қолданылды. КРФ-10П – полимерлі

катионит, кеуекті құрылысқа ие, құрамында фосфор қышқылды ионогенді топтар бар. Жоғары тазалау қабілетіне және сіңіру қасиеттерін қалпына келтіруге бейім.

Зерттеу нысаны ретінде Түркістан локомотив пайдалану депосының ауыр және түсті металл иондары бар ақаба сулардың негізінде модельдік су алынды. Оның құрамы 1-кестеде келтірілген.

Ақаба сулардың құрамындағы Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} иондарының концентрациясын анықтау «МУ 08-47/163. Табиғи, ауыз, технологиялық таза, тазартылған ақаба су. Инверсионды вольтамперметрлік әдіспен кадмий, қорғасын, мырыш және мыстың концентрациясын өлшеу» әдістемесімен зерттелінді [13]. Бұл әдістеме табиғи сулар (жер асты және жер үсті сулары), минералды, технологиялық таза және тазартылған су сынамаларының құрамындағы кадмий, қорғасын, мырыш, мыс иондарының массалық концентрациясын инверсионды вольтамперметрлік (ИВ) әдіспен анықтауға негізделген. Инверсионды вольтамперметрлік әдіс анализделінетін элементтің немесе заттың өлшеуіш электродтың бетінде немесе көлемінде электрохимиялық жинақталуы және әр элементке сәйкес белгілі бір потенциал мәнінде анодты және катодты поляризациялау үрдісі кезінде еруіне негізделген. Вольтамперограммадағы элемент шыңының биіктігі анықталынатын элементтің массалық концентрациясына пропорционал.

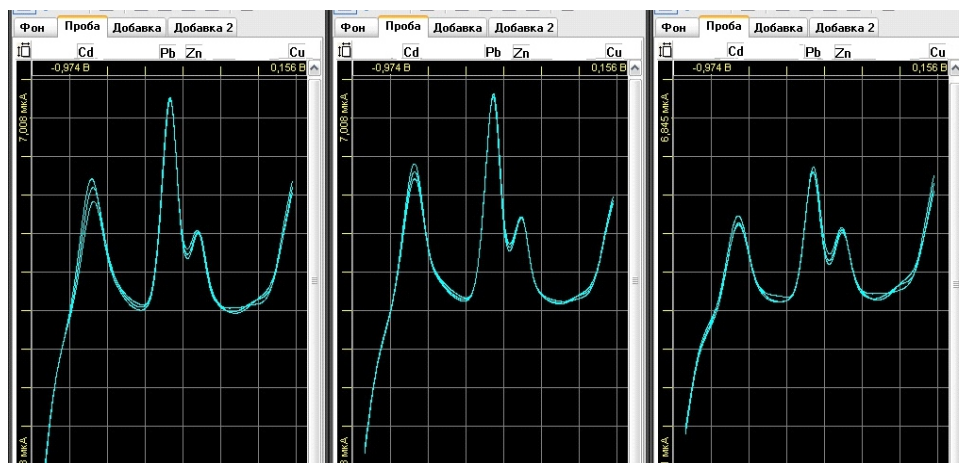
Түркістан локомотив пайдалану депосының ауыр және түсті металл иондары бар ақаба сулардың негізінде модельдік судың «СТА-1» инверсионды вольтамперметрлік анализаторында алынған қисық сызығы 1-суретте келтірілген.

Катиониттің тәжірибеге дайындығы МЕСТ 10896-78 бойынша жүргізілді [14]. Массасы 100 грамнан аспайтын ионит мөлшерін стаканда (кристалдауға арналған ыдыста немесе фарфор ыдыста) натрий хлориді ерітіндісімен 5 рет өңделді. 5 сағаттан кейін ерітінді төгіліп, сумен иониттің көлемін 5:1 қатынаста алып бірнеше рет сумен шайылды. Катионитті Н-формаға ауыстыру үшін 5%-дық тұз қышқылы қолданылды.

Ақаба суды ауыр және түсті металл иондарынан тазартуды жүргізу үшін КРФ-10П катионитін сумен жанастырып, белгілі бір уақыттан кейін сүзгі қағазының көмегімен сүзгіште сүзіп алынды. Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} иондарының массалық концентрациясы «СТА-1» инверсионды вольтамперметрлік анализаторында анықталды [13].

1-кесте – Түркістан локомотив пайдалану депосының ауыр және түсті металл иондары бар ақаба сулардың негізінде модельдік судың құрамы

Ауыр және түсті металл иондары	Ақаба судағы концентрациясы, мг/л	ШРЕК, мг/л
Zn^{2+}	0,91	1,0
Pb^{2+}	1,90	0,03
Cd^{2+}	1,02	0,001



1-сурет – Түркістан локомотив пайдалану депосының ауыр және түсті металл иондары бар ақаба сулардың негізінде модельдік судың «СТА-1» инверсионды вольтамперметрлік анализаторында алынған қисық сызығы

Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан тазарту КРФ – 10П катиониті қатысында зерттелді. Сорбентпен сорбциялаудың оңтайлы жағдайларын анықтау үшін тазалану дәрежесіне әртүрлі факторлардың (катионит мөлшері, жанасу уақыты, ерітінді температурасы) әсерлері зерттелді.

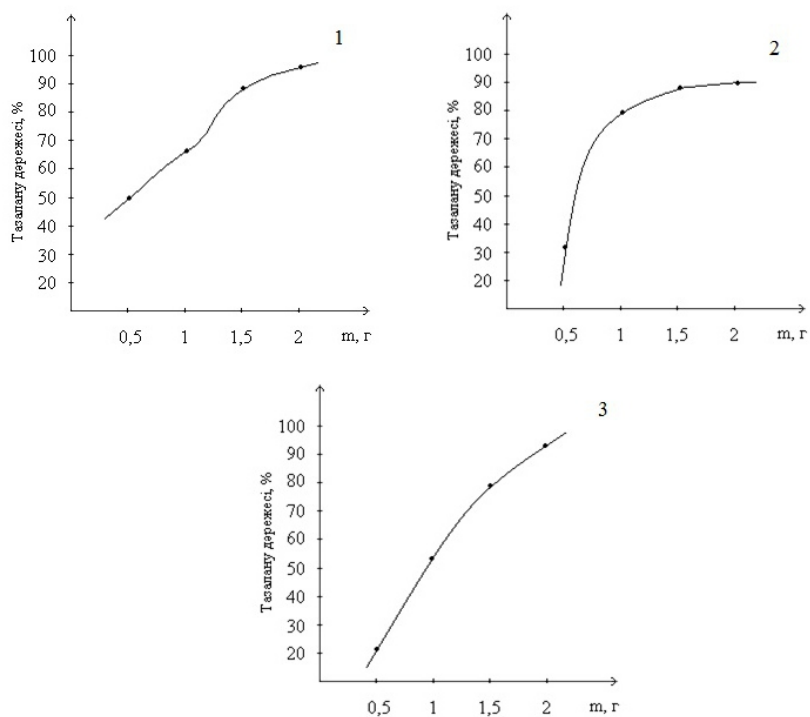
3. Зерттеу нәтижелері және оларды талдау

Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан (Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+}) тазарту дәрежесіне КРФ-10П катиониті мөлшерінің әсері зерттелді (2-кесте). Катиониттің массасын 0,5 г-нан 2 г-ға дейін арттырғанда ақаба судың құрамындағы мырыш ионының концентрациясы 0,46 мг/л-ден 0,04 мг/л-ге дейін, қорғасын ионының концентрациясы 1,28 мг/л-ден 0,17 мг/л-ге дейін, кадмий ионының концентрациясы 0,80 мг/л-ден 0,06 мг/л-ге дейін төмендеді. Мырыш ионының тазалану дәрежесі 50%-дан 96%-ға, қорғасын ионының тазалану дәрежесі 33%-дан 91%-ға, кадмий ионының тазалану дәрежесі 22%-дан 94%-ға жоғарылағанын 2-суреттен байқауға болады. [12] еңбектен фосфор қышқылды катионитпен (КФ-7) мырыш, кадмий, никель, темір, мыс сияқты металл иондарын сорбциялау ион алмасу жолымен, сондай-ақ, координациялық байланыстың түзілуімен жүретіндігі белгілі. Бұл еңбекте фосфор қышқылды катиониттің құрамындағы фосфорильді топтағы оттектің (P=O) электрондық тығыздығының жоғары болуы ауыр және түсті металл иондарымен берік комплекс түзетіндігі анықталған. Осыған орай, берілген жағдайда фосфор қышқылды КРФ-10П катиониті ақаба судың құрамындағы мырыш, қорғасын, кадмий иондарымен комплексті қосылыс түзуіне байланысты ауыр және түсті металл иондарын өз бетіне сіңіреді, ол өз алдына тазалану дәрежесінің артуына алып келеді.

Зкестеде ақаба суларды КРФ-10П катиониті көмегімен Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} иондарынан тазарту барысындағы жанасу

уақытының әсері келтірілген. Жанасу уақытын 0,25 сағаттан 1 сағатқа дейін жоғарылатқанда ақаба судың құрамындағы мырыш ионының концентрациясы 0,082 мг/л-ден 0,038 мг/л-ге дейін, қорғасын ионының концентрациясы 1,28 мг/л-ден 0,32 мг/л-ге дейін, кадмий ионының концентрациясы 0,80 мг/л-ден 0,026 мг/л-ге дейін кемитіндігі анықталды. Мырыш ионының тазалану дәрежесі 91%-дан 96%-ға, қорғасын ионының тазалану дәрежесі 33%-дан 84%-ға, кадмий ионының тазалану дәрежесі 22%-дан 97,5%-ға жоғарылайтындығы анықталды (3-сурет). Адсорбент пен ерітіндінің жанасу уақыты маңызды параметрлердің бірі. Адсорбент өзін қоршаған сұйық ортадағы затты тез сіңіреді. Жанасу уақытының адсорбцияның жылдамдығына әсері мардымды болатындығы [15, 16] еңбектерде зерттелген. Біздің зерттеу нәтижелеріміз көрсеткендей, жанасу уақытын арттыру адсорбцияның сіңіру үдерісінің жеткілікті жүруіне жағдай жасайды.

Ақаба суларды катионит көмегімен Zn^{2+} , Pb^{2+} , Cd^{2+} иондарынан тазарту үдерісіне ерітінді температурасының әсері зерттелінді (4-кесте). Тәжірибе 25–55°C аралығында жүргізілді. Температураны 25°C-тан 55°C-қа дейін жоғарылатқанда ақаба судың құрамындағы мырыш ионының концентрациясы 0,11 мг/л-ден 0,036 мг/л-ге дейін, қорғасын ионының концентрациясы 0,99 мг/л-ден 0,21 мг/л-ге дейін, кадмий ионының концентрациясы 0,35 мг/л-ден 0,052 мг/л-ге дейін кеміді. Мырыш ионының тазалану дәрежесі 88%-дан 96,1%-ға, қорғасын ионының тазалану дәрежесі 48%-дан 89,5%-ға, кадмий ионының тазалану дәрежесі 66%-дан 95,1%-ға жоғарылайтындығы анықталды (4-сурет). Температураның артуымен сорбаттың энергиясы артып сорбциялануы жоғарылайтындығы [14] еңбекте анықталған. Микроқуысты сорбенттерде қуыстың эффективті өлшемімен шамалас зат молекуласы сорбцияланғанда молекуланың қуысқа енуі олардың кинетикалық энергиясына тәуелді болады. Сорбат молекуласы жеткілікті энергияға (температураға) ие

1– Zn²⁺; 2– Pb²⁺; 3– Cd²⁺

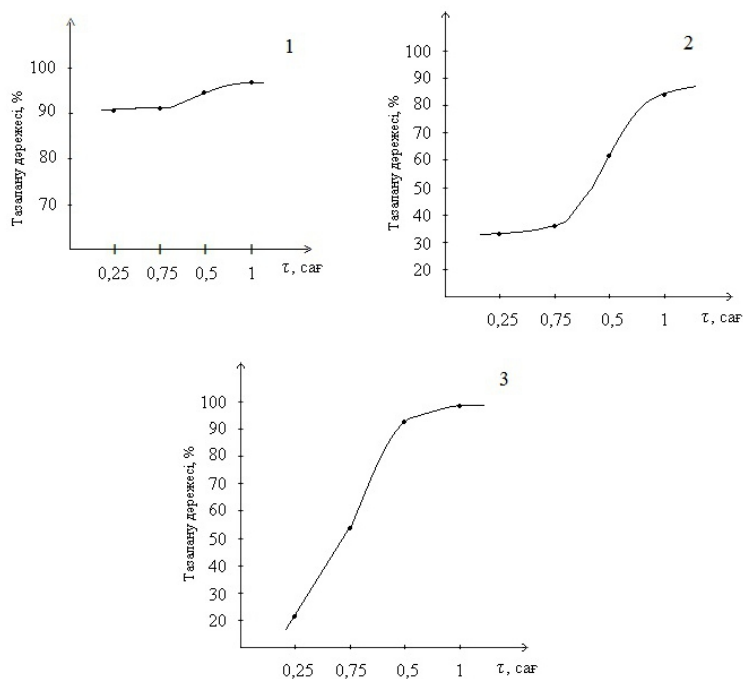
2-сурет – Ақаба суларды ион алмастырғыш адсорбция әдісімен ауыр және түсті металл иондарынан тазалану дәрежесіне ҚРФ-10П катиониті мөлшерінің әсері

2-кесте – Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан тазарту үдерісіне ҚРФ-10П катиониті мөлшерінің әсері

Сынама №	Ақаба судың мөлшері, мл	ҚРФ-10П, г	Zn ²⁺		Pb ²⁺		Cd ²⁺	
			Судағы бастапқы концентрациясы, мг/л	Тазалаудан кейінгі концентрация, мг/л	Судағы бастапқы концентрациясы, мг/л	Тазалаудан кейінгі концентрация, мг/л	Судағы бастапқы концентрациясы, мг/л	Тазалаудан кейінгі концентрация, мг/л
1	10	0,5	0,91	0,46	1,90	1,28	1,02	0,80
2	10	1		0,3		0,38		0,47
3	10	1,5		0,1		0,22		0,22
4	10	2		0,04		0,17		0,06

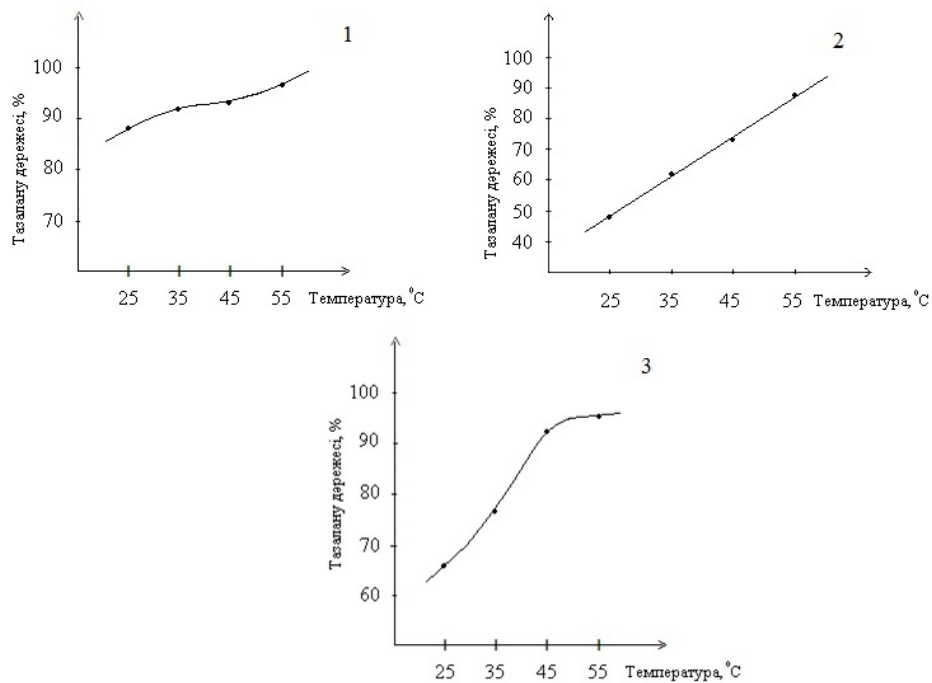
3-кесте – Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан тазарту үдерісіне жанасу уақытының әсері

Сынама №	Ақаба судың мөлшері, мл	Жанасу уақыты, сағ	Zn ²⁺		Pb ²⁺		Cd ²⁺	
			Судағы бастапқы концентрациясы, мг/л	Тазалаудан кейінгі концентрация, мг/л	Судағы бастапқы концентрациясы, мг/л	Тазалаудан кейінгі концентрация, мг/л	Судағы бастапқы концентрациясы, мг/л	Тазалаудан кейінгі концентрация, мг/л
1	10	0,25	0,91	0,082	1,90	1,28	1,02	0,80
2	10	0,5		0,076		1,22		0,47
3	10	0,75		0,056		0,74		0,07
4	10	1		0,038		0,32		0,026



1– Zn²⁺; 2– Pb²⁺; 3– Cd²⁺

3-сурет – Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан тазалану дәрежесіне катионитпен жанасу уақытының әсері



1– Zn²⁺; 2– Pb²⁺; 3– Cd²⁺

4-сурет – Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан тазалану дәрежесіне температураның әсері

4-кесте – Ақаба суларды ауыр және түсті металл иондарынан тазарту үдерісіне ерітінді температурасының әсері

Сынама №	Ақаба судың мөлшері, мл	Температура, °С	Zn ²⁺		Pb ²⁺		Cd ²⁺	
			Судағы бастапқы концентрациясы, мг/л	Тазалаудан кейінгі концентрация, мг/л	Судағы бастапқы концентрациясы, мг/л	Тазалаудан кейінгі концентрация, мг/л	Судағы бастапқы концентрациясы, мг/л	Тазалаудан кейінгі концентрация, мг/л
1	10	25	0,91	0,11	1,90	0,99	1,02	0,35
2	10	35		0,072		0,74		0,23
3	10	45		0,057		0,54		0,074
4	10	55		0,036		0,21		0,052

болғанда қуысқа еніп сорбцияланады, яғни температураның артуымен сорбциялау сыйымдылығы артады; бұл құбылыс «белсендірілген адсорбция» атауына ие. Температураның әсеріне байланысты ауыр және түсті металл иондары үшін активтендіру энергиясының мәні есептелді. Zn²⁺ ионы үшін $E_a = 12,7$ кДж/моль, Pb²⁺ ионы үшін $E_a = 14,8$ кДж/моль, Cd²⁺ ионы үшін $E_a = 20,2$ кДж/моль болатындығы және адсорбцияның диффузиялық-кинетикалық режимде жүретіндігі анықталды.

4. Қорытынды

Қорыта айтқанда, ақаба суларды катиониттің көмегімен Zn²⁺, Pb²⁺, Cd²⁺ иондарынан тазарту барысындағы тазалану дәрежесі әртүрлі параметрлерге тәуелді зерттелінді. Ақаба суларды ауыр және металл иондарынан тазарту кезінде катионит мөлшері, жанасу ұзақтығы, ерітінді температурасының әсерлері қарастырылды. Тәжірибенің оңтайлы жағдайлары $m_{\text{КРФ-10П}} = 2$ г, $\tau = 1$ сағ, $t = 55^\circ\text{C}$ болатындығы анықталды. Оңтайлы жағдайларда мырыш ионының тазалану дәрежесі 96,1%-ға дейін, қорғасын ионының тазалану дәрежесі 89%-ға дейін, кадмий ионының тазалану дәрежесі 95%-ға дейін жетті.

Әдебиеттер тізімі

- 1 Казанкапова М.К. Создание модифицированных углерод-минеральных сорбентов для очистки природных объектов от техногенных загрязнений; дисс. на соиск. уч. ст. доктора философии (PhD), КазНУ им. аль-Фараби. – Алматы, 2013. – С. 53.
- 2 Карилхан А., Жорабек А.А., Суимбаева А.М. Ауыр металдардың адам денсаулығына әсері // Материалы Международной научно-практической конференции «Наука и образование – ведущие факторы Стратегии «Казахстан – 2050». – Караганда, 2013.
- 3 Гельферих Ф. Иониты. Основы ионного обмена. – М: Изд. иностранной литературы, 1962. – 490 с.
- 4 Никольский Б.П. Физическая химия. – Л: Химия, 1987. – 880 с.
- 5 Жылкайдарова Ж.Б., Тұрлыбаева Г.А., Нурдиллаева Р.Н. Очистка сточных вод от ионов свинца (II) электрохимическим способом // Наука и мир. – 2014. – Т. 3, № 5 (9). – С. 115-117.
- 6 Патент 2525307 РФ. Способ извлечения ионов тяжелых металлов / Жданова А.В., Вялых Е.А., Дегтев М.И., Иларионов С.А. – Оpub. 10.08.2014.
- 7 Y.Müh. Elif Filiz. Doğal kaynaklardan elde edilen adsorbanlardan ağır metal giderimi. Yüksek lisans tezi. – İstanbul, 2007. – S. 111.
- 8 Сатанов Е., Байхамурова М., Саинова Г.А., Нурдиллаева Р.Н. Технология очистки сточных вод предприятий железнодорожного транспорта // Материалы VII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум 2015». – Москва, 2015.
- 9 Жылкайдарова Ж.Б., Нурдиллаева Р.Н., Мирзаев А.А. Очистка сточных вод от ионов свинца (II) и фосфора цеолитами // Материалы VII Международной студенческой электронной научной конференции «Студенческий научный форум 2015». – Москва, 2015.
- 10 Патент №2480420 РФ. Очистка сточных вод от тяжелых металлов / Татаева С.Д., Атаева Н.И. – Оpub. 27.04.2013.
- 11 Rengaraj S., Yeon K.H., Kang S.Y., Lee J.U., Kim K.W., Moon S.H. Studies on adsorptive removal of Co(II), Cr(III) and Ni(II) by IRN-77 cation-exchange resins // Journal of Hazardous Materials. – 2002. – Vol. 92. – P. 185-198.
- 12 Меквабишвили Т.В., Копылова В.Д., Слабкая Л.Д., Салдадзе М.К. О сорбционных свойствах фосфорнокислого катионита КФ-7. – Л: Наука. – 1975. – С.62-65.
- 13 МУ 08-47/163. Вода природная, питьевая, технологически чистая, очищенная сточная. Методика выполнения измерений массовых концентраций кадмия, свинца, цинка и меди методом инверсионной вольтамперометрии. Томск, 2007.

- 14 ГОСТ РФ 10896-78. Иониты. Подготовка к испытанию. – Введ. 01.01.80. – М.: ИПК Издательство стандартов. – 7 с.
- 15 Yang R.T. Adsorbents: Fundamentals and Applications. – Hoboken, New Jersey: John Wiley&Sons, Inc., 2003. – 403 p.
- 16 Yu B., Zhang Y., Shukla A., Shukla S.S., Dorris K.L. The removal of heavy metals from aqueous solutions by sawdust adsorption-removal of lead and comparison of its adsorption with copper // Journal of Hazardous Materials. – 2000. – B84. – P. 83-94.
- 17 Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. – Л.: Химия, 1982. – 168 с.

References

- 1 Kazankapova MK (2013) Create a modified carbon mineral sorbents for purification of natural objects from technogenic pollution [Sozdaniye modifitsirovannykh uglerod mineral'nykh sorbentov dlya ochistki prirodnykh ob'yektov ot tekhnogenykh zagryazneniy]. Dissertation for Doctor Philosophy (PhD) degree, Almaty, Kazakhstan. P.53. (In Russian)
- 2 Karilkhan A, Zhorabek AA, Sembayeva AM (2013) Effect of heavy metals on human health [Auyr metaldardyn adam densaulygyna aseri]. Materials of the International scientific conference «Science and education - the leading factor of strategy «Kazakhstan - 2050» [Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Nauka i obrazovaniye - vedushchiye faktory Strategii «Kazakhstan - 2050»], Karaganda, Kazakhstan. (In Kazakh)
- 3 Gel'ferikh F (1962) Ionites. Fundamentals of ion exchange [Ionity. Osnovy ionnogo obmena]. Foreign Literature, Moscow, Russia. (In Russian)
- 4 Nikol'skiy BP (1987) Physical chemistry [Fizicheskaya khimiya]. Khimiya, Leningrad, Russia. (In Russian)
- 5 Zhylkaydarova ZhB, Turlybayeva GA, Nurdillayeva RN (2014) Russ J Science and world+ 3:115-117. (In Russian)
- 6 Zhadanova AV, Vyalykh YeA, Degtev MI, Ilarionov SA (2014) A method for recovering heavy metal ions [Sposob izvlecheniya ionov tyazhelykh metallov]. The patent of the Russian Federation No. 2525307 [Patent Rossiyskoy Federatsii Nomer 2525307]. (In Russian)
- 7 Elif Filiz (2007) Those derived from natural sources adsorbed heavy metal removal [Dogal kaynaklardan elde edilen adsorbanlardan agir metal giderimi]. Dissertation for the Master Degree, Istanbul, Turkey. P.111. (In Turkish)
- 8 Satanov Ye, Baykhamurova M, Sayinova GA, Nurdillayeva RN (2015) Wastewater treatment technology of railway transport [Tekhnologiya ochistki stochnykh vodp redpriyatiy zheleznodorozhnogo transporta]. Materials of VII International Student e-conference "Student scientific forum 2015", Moscow, Russia. (In Russian)
- 9 Zhylkaydarova ZhB, Nurdillayeva RN, Mirzayev AA (2015) Wastewater treatment from lead ions (II) and phosphorus by zeolites [Ochistka stochnykh vod ot ionov svintsa (II) i fosfora tseolitami]. Materials of VII International Student e-conference "Student scientific forum 2015", Moscow, Russia. (In Russian)
- 10 Tatayeva SD, Atayeva NI (2013) Wastewater treatment from heavy metals [Ochistka stochnykh vod ot tyazhelykh metallov]. The patent of the Russian Federation No. 2480420 [Patent Rossiyskoy Federatsii Nomer 2480420]. (In Russian)
- 11 Rengaraj S, Yeon KH, Kang SY, Lee JU, Kim KW, Moon SH (2002) J Hazard Mater 92:185-198. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3894\(02\)00018-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3894(02)00018-3)
- 12 Mekvabishvili TV, Kopylova VD, Sladkaya LD, Saldadze MK (1975) Nauka, Leningrad, USSR. P.62-65.
- 13 (2007) MI 08–47/163. Water is a natural, drinking, technologically clean, purified wastewater. Methods of measurement of mass concentrations of cadmium, lead, zinc and copper by stripping voltammetry [Voda prirodnyaya, pit'yevaya, tekhnologicheskii chistaya, ochishchennaya stochnaya. Metodika vypolneniya izmereniy massovykh kontsentratsiy kadmiya, svintsa, tsinka i medi metodom inversionnoy vol'tamperometrii]. Tomsk, Russia. (In Russian)
- 14 (1980) GOST 10896-78. RF Ion exchangers. Preparation for the test [Ionity. Podgotovka k ispytaniyu]. Publ. 01.01.80. (In Russian)
- 15 Yang RT (2003) Adsorbents: Fundamentals and applications. John Wiley&Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. ISBN 0471462411, 9780471462415
- 16 Yu B, Zhang Y, Shukla A, Shukla SS, Dorris KL (2001) J Hazard Mater B84:83-94 [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3894\(01\)00198-4](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00198-4)
- 17 Smirnov AD (1982) Sorption purification of water [Sorbtsionnaya ochistka vody]. Khimiya, Leningrad, USSR. (In Russian)