

## Құрамында хром (VI) бар ағынды суларды тазарту

Қ. Советова, А.Г. Исмаилова\*

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан  
\*E-mail: akmaral.ismailova@kaznu.kz

Хромды өндіру кезінде және құрамында хром бар материалдарды тасымалдау процесінде табиғи сулар мен топырақтың хром қосылыстарымен ластануы сөзсіз болады. Бұл жұмыста құрамында хром бар қосындылармен ластанған ағынды және табиғи суларды тазарту тәсілі ретінде көміртекті сорбенттермен хром иондарының сорбциясы (VI) зерттелді. Сорбциялық әдіспен элементтерді бөліп алу және концентрлеу хромды бөлудің ең тиімді және қарапайым технологиялық тәсілдерінің бірі болып табылады. Хром (VI) бөліп алу үшін аммиакты селитрамен модификацияланған бидай дәнін қайта өңдеу қалдықтарынан БДҚҚ (бидай дәнінің қауызы немесе кебек) алынған көміртекті сорбенттер қолданылды. Өңделген сорбенттер БДҚҚ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%), БДҚҚ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (5%), БДҚҚ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (7%) түрінде пайдаланылды. Хром сорбциясы әртүрлі факторларға байланысты зерттелді. Ең тиімді сорбент болып БДҚҚ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%) екені анықталды және оның көмегімен 30 минут ішінде рН=1 мәніндегі ерітінділерден хром бөліну дәрежесі 98% – бен бөліп алынады. Бұл сорбент құрамында 36 мг/л дейін хром иондары (VI) бар өнеркәсіптік ағынды суларды тазарту үшін сынақтан өткізілді. Металдың бөліну дәрежесі 95,2% құрады. Алынған нәтижелер ағынды сулар құрамындағы хромнан тазарту үшін БДҚҚ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%) сорбентін қолданудың мүмкінділігі мол екендігін куәландырады.

**Түйін сөздер:** хром; сорбция; сорбент; сорбциялық алмасу сыйымдылығы; тазарту дәрежесі.

## Очистка сточных вод содержащих хром (VI)

К. Советова, А.Г. Исмаилова\*

Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан  
\*E-mail: akmaral.ismailova@kaznu.kz

При производстве хрома и в процессе транспортировки хромсодержащих материалов неизбежно происходит загрязнение природных вод и почв соединениями хрома. В данной работе исследована сорбция ионов хрома (VI) углеродными сорбентами, как способ очистки сточных и природных вод, загрязненных хромосодержащими соединениями. Сорбционный метод извлечения и концентрирования является одним из наиболее эффективных и простых технологических способов выделения хрома. Для извлечения хрома (VI) применяли углеродные сорбенты, полученные из отходов переработки пшеничного зерна ОППЗ (шелуха или отруби пшеничного зерна), модифицированные аммиачной селитрой. Были использованы ОППЗ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%), ОППЗ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (5%), ОППЗ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (7%). Сорбцию хрома исследовали в зависимости от различных факторов. Установлено, что наиболее эффективным сорбентом является ОППЗ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%), с помощью которого за 30 мин удаётся извлекать хром на 98% из растворов при рН=1. Данный сорбент был апробирован для очистки промышленных сточных вод содержащих до 36 мг/л ионов хрома (VI). Степень извлечения металла составила 95,2%. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности применения сорбента ОППЗ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%) для очистки сточных вод от соединений хрома (VI).

**Ключевые слова:** хром; сорбция; сорбент; емкость сорбционного обмена; степень очистки.

## Treatment of waste water containing chromium (VI)

K. Sovetova, A.G. Ismailova\*

Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan  
\*E-mail: akmaral.ismailova@kaznu.kz

In the production of chromium and in the process of transportation of chromium-containing materials, contamination of natural waters and soils with chromium compounds inevitably occurs. In this paper, the sorption of chromium (VI) ions with carbon sorbents is studied as a method for treating waste and natural water contaminated with chromium-containing compounds. Sorption method of extraction and concentration of elements is one of the most effective and simple technological method of chromium extraction. For extraction of chromium (VI), carbon sorbents obtained from recycling of wheat grains waste (RWGW) (wheat husk or bran) modified with ammonium nitrate were used. RWGW (recycling of wheat grains waste) + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%), RWGW (recycling of wheat grains waste) + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (5%), RWGW (recycling of wheat grains waste) + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (7%) were used. Chromium sorption was investigated depending on various factors. It has been established that the most effective sorbent is RWGW (recycling of wheat grains waste) + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%), with which it is possible to extract chromium by 98% from solutions at pH=1 in 30 min. This sorbent has been tested for industrial wastewater treatment containing up to 36 mg/L of chromium (VI) ions. The metal recovery rate was 95.2%. The obtained results indicate the prospects of application of RWGW (recycling of wheat grains waste) + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%) for wastewater treatment from chromium (VI).

**Key words:** chromium; sorption; sorbent; capacity of sorption exchange; degree of purification.



## Құрамында хром (VI) бар ағынды суларды тазарту

Қ. Советова , А.Г. Исмаилова\* 

Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан

\*E-mail: [akmaral.ismailova@kaznu.kz](mailto:akmaral.ismailova@kaznu.kz)

### 1. Кіріспе

Хром – өмірлік маңызды микроэлемент, бұл элемент көміртекті және липидті алмасуды реттеп, қандағы қанттың деңгейін қалпына келтіріп, инсулинді өндіруді оңтайландырады және холестерин метаболизмін реттеуге мүмкіндік береді.

Тотығу дәрежесі +3 және +6 болатын хром қосылыстарының барлығы улы болып келеді. Әсіресе бұл хром қышқылы мен оның тұздарына, сонымен бірге хром (VI) оксидіне қатысты. Олар теріні, тыныс алу жолдарын зақымдап, көзді ауыртады [1,2].

Хром және оның қосылыстары – қазіргі жаңа техниканың бағалы материалдары болып саналады. Хром – қара металлургияда қолданылатын бірден – бір легирлеуші элемент. Хром және хром құймаларын: металл қорытпаларын дайындауда, электроникада, антикоррозиялық жабындар дайындауда, тері илеуде, бейнелеу өнерінде әртүрлі бояулар дайындауда, химиялық реакцияларда өршікті ретінде пайдаланылады [3,4].

Қазіргі таңда еліміз хром кенінің қоры жөнінен және хром өндіру бойынша әлемдегі алдыңғы қатарлы елдердің (дүние жүзі бойынша хром өндіруден 2-орын) құрамында. Хромды өндіру кезінде және тасымалдау процесінде міндетті түрде хром немесе хром өнімдерінің жергілікті жерлердегі суға, топыраққа өтуі байқалады. Химиялық сарқынды суларда, машина жасайтын зауыттарда, тоқыма өнеркәсібінде, былғары илеу кәсіпорындарында және басқа да кәсіпорындардағы сарқынды сулардың құрамындағы хромның мөлшері ШРЕК-дан жоғары [5]. Осыған байланысты ағынды суларды хром (VI) иондарынан тазарту бүгінгі таңдағы өзекті мәселелердің біріне айналып отыр.

Өнеркәсіптік ағынды суларды құрамындағы хромнан тазартудың бірнеше әдістері бар. Ең жиі қолданылатын әдістер: реагенттік (химиялық), физика-химиялық,

биологиялық, электрхимиялық, флотациялық, сорбциялық болып бірнеше топқа жіктеледі [6-12].

Ағын суларды тазартудың ең тиімді, қарапайым технологиялық әдістерінің бірі – сорбциялық әдіс. Сорбция процесінде сорбенттер ретінде табиғаты әртүрлі ұсақ дисперсті реагенттер қолданылады. Бұл әдіс экологиялық тазалығымен, қолжетімділігімен, қарапайымдылығымен, концентрлеу коэффициенті мәнінің жоғарылығымен және бөлу әдістерінің ішіндегі жоғары селективтілігімен ерекше болып табылады. Сорбциялану үдерісін гальваникалық өндірістік ағын сулардан хромды бөлу және тазарту үшін қолданады [6,7].

Зерттеу жұмысының негізгі мақсаты хром ионының көміртекті сорбенттермен сорбциясын зерттеу және құрамында хром бар ағынды суларды тазалау тәсілі ретінде әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің «Физика – химиялық талдау және зерттеу орталығында» дайындалған бидай қауызы негізінде модифицирленген көміртекті сорбенттерді сынау.

### 2. Тәжірибелік бөлім

Жұмыста бихроматтың стандартты ерітіндісі қолданылды, ол үшін калий бихроматының нақты мөлшері нақты көлемде ерітілді.

Хром (VI) мөлшері фотометрлік әдіспен анықталды. Ерітінді құрамындағы хромды – Cr (VI) фотометрлік әдіспен анықтау үшін 1,5-дифенилкарбазид индикаторы қолданылды. Индикаторды дайындау үшін: 0,1 г ДФК (1,5-дифенилкарбазид) аналитикалық таразыда өлшеп алынды, үстіне 49 мл 90% C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>OH және 1 мл H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (1:9) ерітінділерін құйып, 100мл-лік стаканда шыны таяқша көмегімен араластыра отырып біртекті фазаға айналғанша ерітінді дайындалды. Дайын болған индикаторымыз қара түсті ыдыста (темный сосуд) сақталады. Индикаторымызды стаканнан арнайы ыдысқа ауыстырмас бұрын рН-ын тексеріп аламыз, рН (ДФК)=1-2 аралығында болуы керек.

Әдісте қолданылатын дифенилкарбазид қышқыл ортада бихромат ионымен күлгін түсті қосылыс түзе отырып әрекеттеседі. Әдіс өте сезімтал: толқын ұзындығы  $\lambda=540$  нм кезінде молярлы жұтылу коэффициенті  $\epsilon=4,2 \cdot 10^2$  тең.

Градуирлеу графигін тұрғызу үшін: сыйымдылығы 50,0 мл өлшем колбаларына стандартты калий бихроматының ерітіндісінен 0; 0,5; 1,0; 3,0; 5,0; 10,0 мл алынып, оған 0,5 мл (10 тамшы) концентрілі  $H_3PO_4$ , 1 мл ДФК индикаторын қосып, өлшем колбасы бидистилденген сумен белгіге дейін жеткізілді. 15 минуттан соң ерітінділердің оптикалық тығыздығын жасыл жарық сүзгісінде ( $\lambda=540$  нм), қабат қалыңдығы 20 мм кюветада, салыстыру ерітіндісі ретінде нөлдік ерітіндіні қолданып, ерітіндінің оптикалық тығыздығы фотокolorиметр (КФК-2) құрылғысында өлшенді.

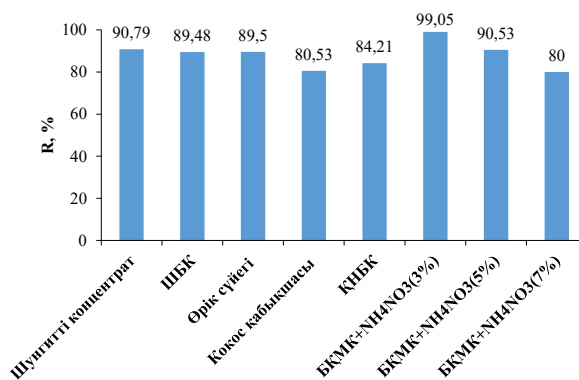
Сорбция процесі түрлі сорбенттермен статикалық жағдайда орындалды, сорбент:ерітінді қатынасы 1:50 мен 1:500 аралығында болу үшін құрамында хром (VI) бар бихроматтың стандартты ерітіндісінің нақты көлеміне белгілі қатынасқа сәйкес массадағы сорбент салынып, тәжірибе мақсатына қажет уақыт аралығында жанастырылды, белгілі уақыттан кейін зерттеуге үлгі алынып отырылды. Ортаның рН мәні 0,5 тен 7 аралығындағы әсерін зерттеу үшін қажетті қышқылдылық NaOH және HCl ерітіндісі арқылы тұрақтандырылып, ерітіндінің рН-ы «И-160МИ» иономерімен реттелді. Сорбциядан кейінгі металл концентрациясы фотометриялық әдісімен және көп компонентті жүйе құрамынан индуктивті плазмалы байланысқан масс-спектрометрия әдістерімен ICP-MS Agilent 7500 құрылғысында анықталды.

### 3. Зерттеу нәтижелері және талқылау

Хроммен ластанған ағынды суларды сорбциялық әдіспен тазарту үшін табиғаты әртүрлі сорбенттермен қатар көміртекті сорбенттер де жиі пайдаланылады. Көміртекті сорбенттердің қолданылу себебі, тазарту дәрежесі, кеуектілігі жоғары, құны арзан, қолжетімді болып келеді. Көміртекті сорбент ретінде шунгитті концентрат, қайың негізді белсендірілген көмір, өрік сүйегі, Шұбаркөлдік белсендірілген көмір, кокос қабықшасы қолданылады. Ғылыми мақалада зерттеу жұмысын жүргізу үшін алғаш рет әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-нің «Физика – химиялық талдау және зерттеу орталығында» дайындалған аммиакты селитрамен модификацияланған бидай дәнін қайта өңдеу қалдықтарынан БДҚҚ (бидай дәнінің қауызы немесе кебек) алынған көміртекті сорбенттер қолданылды (немесе бидай қауызының модификацияланған көміртекті БҚМК сорбенті). Өңделген сорбенттер БДҚҚ+ $NH_4NO_3$  (3%), БДҚҚ+ $NH_4NO_3$  (5%), БДҚҚ+ $NH_4NO_3$  (7%) түрінде пайдаланылды. Жақшада сорбенттерді модификациялау кезінде аммоний нитратының құрамы көрсетілген және сәйкесінше ондағы селитра мөлшері 3%, 5%, 7%-ды құрайды. Бидай өндірісінің қалдықтарын карбонизациялау нәтижесінде алынған модификацияланған көміртектің йодтық саны 61,5 тең. Сорбенттердің алыну жағдайлары (пиролиз

уақыты, температурасы, өлшемі, модифицирлеуші қоспа құрамы, активациялау уақыты) және әдістемесі [13] келтірілген.

Алдымен жоғарыда аталып өткен көміртекті сорбенттер көмегімен хромның стандартты ерітіндісінің сорбциясы зерттелініп, сорбция процесіне селективті сорбент таңдалып алынды. Хромның стандартты ерітіндісінің сорбциялық тәуелділігі 1-суретте келтірілген.



1-сурет – Хромның түрлі сорбенттермен сорбциялану тәуелділігі ( $l=2$  см,  $C=10^{-4}$  моль/л)

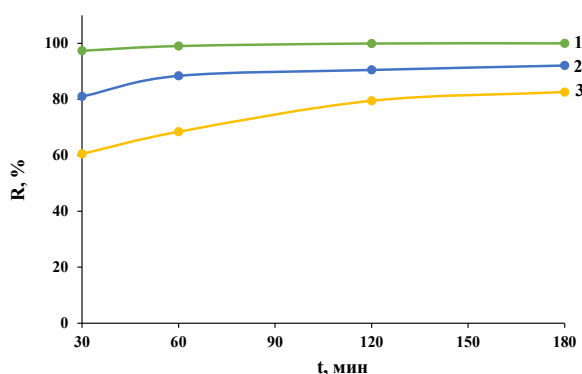
Берілген 1-суретте, көміртекті сорбенттердің ішінен ең максималды бөліну дәрежесін бидай қауызы негізінде модифицирленген көміртекті БҚМК+ $NH_4NO_3$  (3%) сорбенті көрсетті, яғни оның максималды бөліну дәрежесі  $R=99,05\%$ -ды құрайды.

Сорбция процесінің эффективті жүруіне бірнеше факторлар әсер етеді. Мысалы, процесс кезінде қолданылатын сорбенттің табиғаты, құрылымы, құрамының өзіндік ерекшелігі, сорбент кеуектілігі, металл концентрациясы, ерітіндінің қышқылдық ортасы, қатты фаза сорбент пен сұйық фаза ерітіндінің қатынасы, яғни сорбент массасы және т.б. факторлар әсер етеді. Сол себепті, хромның жаңадан өңделген сорбенттермен бөлінуіне бірнеше факторлардың әсері зерттелді.

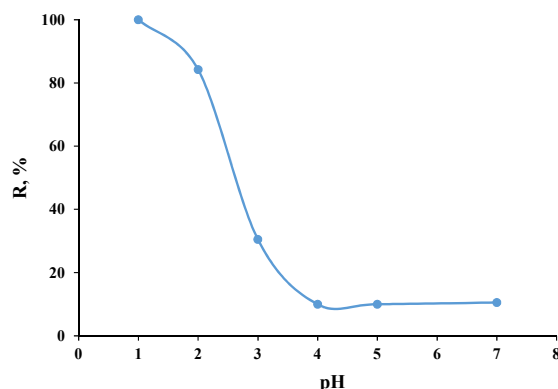
#### 3.1 Сорбция процесіне уақыттың әсері

Хромның бидай қауызы негізінде модификацияланған көміртекті сорбентімен уақытқа байланысты сорбциясы (БДҚҚ+ $NH_4NO_3$  (3%), БДҚҚ+ $NH_4NO_3$  (5%), БДҚҚ+ $NH_4NO_3$  (7%)) көміртекті сорбенттерімен қарастырылды. Зерттеу нәтижесі 2-суретте келтірілген.

Байқап тұрғанымыздай, қарастырылып отырған бидай қауызы негізінде модифицирленген көміртекті сорбенттердің ішінен ең ықтималды бөліну дәрежесін БҚМК+ $NH_4NO_3$  (3%) сорбенті көрсетеді, оның сандық бөліну дәрежесі  $R=97,37\%$ -ды құрайды. Және де таңдап алынған сорбентпен хромның сорбциясы үшін ықтималды уақыт 30 минутты құрайды.



**2-сурет** – Хромның уақытқа байланысты сорбциялық тәуелділігі (1 – БҚМК+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%); 2 – БҚМК+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (5%); 3 – БҚМК+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (7%))



**3-сурет** – Ортаның қышқылдылығына байланысты хромның сорбциялық тәуелділігі (l=2см, t=30 мин; сорбент – БҚМК+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%))

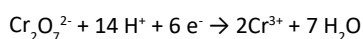
### 3.2 Ортаның қышқылдылығына байланысты хром сорбциясы

Хромның таңдап алынған сорбентпен сорбциясына ортаның қышқылдығының әсері төмендегі 3-суретте көрсетілген.

3-суреттен БҚМК + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(3%) сорбентімен хром сорбциясына pH әсерін зерттеу нәтижесінде, максимальды бөліну дәрежесі pH=1 тең болған кезде орнайтынын байқауымызға болады. pH=1 тең болған кезде R=98,0%, ал күшті қышқылдық ортада pH мәні бірден кем болғанда хромды бөліп алудың ықтималды жағдайы t=30 минутта бөліну дәрежесі R=99,90%-ды құрады.

Сұлы ортада хром анион және катион күйінде жүреді, сонымен қатар поликонденсатты ион түрінде де кездеседі. Әдебиеттерді зерттей келе сұлы ерітіндідегі хромның күйін және оның қышқылдық ортадағы адсорбциялық қабілетін келесідей түрлерге талдауға болады:

1) Қатты қышқылдық ортада (pH≤1) сұлы ерітіндіде Cr (VI) кеуекті материалдармен (сорбенттермен) Cr(VI) → Cr(III) ауысып, келесі схема бойынша тотығу – тотықсыздану реакциясына түсуі мүмкін:



Яғни, қатты қышқылдық ортада (pH≤1) сұлы ерітіндіде хром (Cr<sup>3+</sup>) катион күйінде болады, сондағы Cr<sup>3+</sup> ионы сорбция барысында кеуекті сорбент бетіне жинақталады.

2) pH = 1-6 интервалында сұлы ерітінді құрамында Cr (VI) → Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> анион түрінде кездеседі.

3) pH = 6-7 болған кезде, сұлы ортада хром Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub><sup>2-</sup> және CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> күйінде болады.

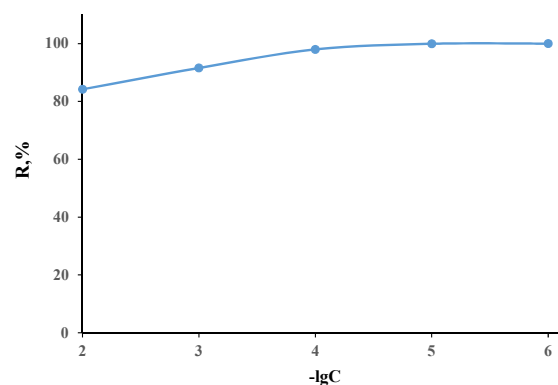
4) pH ≥ 7 болған кезде, Cr (VI) практикалық тұрғыда сорбцияланбайды сұлы ерітінді құрамында CrO<sub>4</sub><sup>2-</sup> мономер күйінде кездеседі [14].

Зерттеу нәтижесі бойынша сандық бөліну дәрежесі pH мәні 1-1,3 аралығында басталады.

### 3.3 Хромның сорбциясына металл концентрациясының әсерін зерттеу

Хромның сорбциясына металл концентрациясының әсерін зерттеу үшін металдың әртүрлі сұйытылған ерітінділері дайындалып, сорбция процесі жүргізілді және оның нәтижелері 4-суретте келтірілген.

БҚМК + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%) сорбентімен хром сорбциясына ерітінді концентрация әсерінен ерітінділер сұйытылған сайын бөліну дәрежесі тұрақталанатыны көрінеді және де тиімді металл концентрациясы C=10<sup>-4</sup> моль/л құрайды, себебі металл концентрациясын ары қарай сұйылту оның түрінің өзгермейтіндігін дәлелдейді.



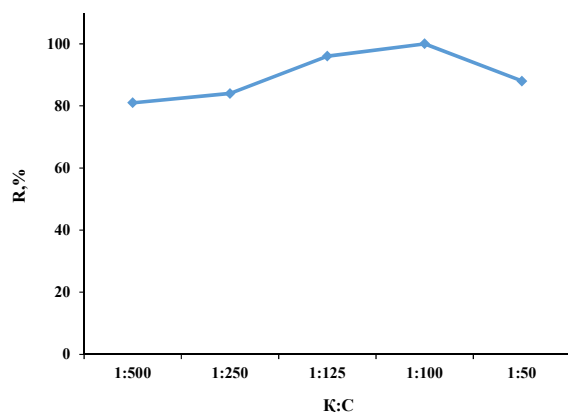
**4-сурет** – БҚМК + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(3%) сорбентімен хром сорбциясына металл концентрациясы әсерінің тәуелділік графигі (l=2 см, t=30 мин; сорбент – БҚМК+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%), pH=1)

### 3.4 Сорбция процесіне қатты және сұйық фазалар қатынасының әсері

Хромның селитра мөлшері 3% болатын бидай қауызынан модификацияланған көміртекті сорбентпен (БҚМК + NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%)) сорбциясына қатты және сұйық

фазалардың қатынасының әсері зерттелініп, нәтижелер 5-суретте көрсетілді.

БҚМК +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (3%) сорбентімен хром сорбциясына қатты және сұйық фазалар қатынасының зерттеу нәтижелерінен сорбция процесіне ықтималды фазалар қатынасы 1:100 көрсетеді, себебі қатты және сұйық фазалардың өзара қатынасы 1:100 құрағанда тазару дәрежесі жоғары мәнге ие – 98,95% болды.



**5-сурет** – БҚМК +  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (3%) сорбентімен хром сорбциясына қатты және сұйық фазалар әсерінің тәуелділік графигі (l=2 см, t=30 мин; сорбент – БҚМК+ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (3%), pH=1,  $C_{Cr^{6+}}=1 \cdot 10^{-4}$  моль/л)

Сонымен, хром стандартты ерітіндісінен хромды бөліп алынуына әртүрлі факторлардың әсерін зерттей келе тиімді мәндер нәтижелері 1- кестеде жинақталған:

**1-кесте** – Хромның бөлінуіне ықтималды жағдайлар

Сорбент түрі	БҚМК+ $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (3%)
Металл концентрациясы	$C = 10^{-4}$ моль/л
Фазалар қатынасы	Қ:С = 1:100
Ортаның қышқылдығы	pH = 1,0
Ықтималды уақыт	t = 30 минут
Бөліну дәрежесі	98,0%

Алынған ықтималды мәндерді қолданып хроммен ластанған ағынды су құрамынан (нақты объектілерден) хром мөлшерін анықтауға болады.

Осы мақсатта таңдап алынған параметрлерді пайдалана отырып, зерттеу объектісі АҚ «Ақтөбе хром қосылыстары зауытынан» шыққан хром қосылыстармен ластанған ағынды судың сорбциясы жүргізілді.

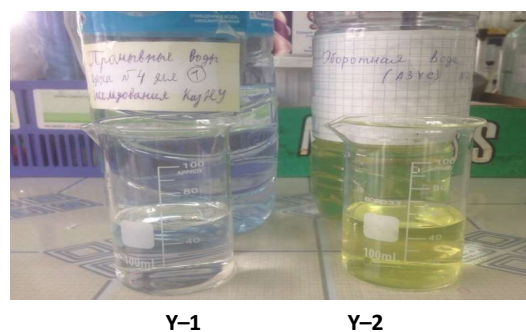
АҚ «АХҚЗ» – Ақтөбе қаласында орналасқан, хром қосылыстарын өндіретін мамандандырылған кәсіпорын. Зауыт құрылысы 1949 жылы қараша айында КСРО

Министрлер Кеңесінің қаулысы бойынша бой көтеріп, 1957 жылы шілде айында өзінің алғашқы жұмысын бастады. Аталмыш зауыт: натрий монохроматы, натрий бихроматы, калий бихроматы, хром ангидридi, металлургиялық және пигментті хром оксидтері сияқты қосылыстарды және хром сульфатын өндіріп шығарады.

Мамандандырылған кәсіпорын орналасқан аймақта жыл сайын экологиялық бақылау, сараптама жұмыстары жүргізіледі. Соның нәтижесінде Ақтөбе қаласындағы ірі өзендер мен ағынды сулар құрамында хромның мөлшері ШРЕК-дан (0,005 – 0,05 мг/мл) асып кеткені анықталды. Сондықтан қазіргі таңда хроммен ластанған ағынды суларды тазарту өзекті мәселелердің біріне айналып отыр.

6-суретте зерттеу нысаны ретінде Ақтөбе қаласынан алынған хром қосылыстарымен ластанған екі түрлі үлгі бейнеленген:

- 1) АҚ «АХҚЗ» зауытындағы №4 цехтан алынған сарқынды су (Y-1);
- 2) АҚ «АХҚЗ» зауытындағы айналмалы су (Y-2).



**6-сурет** – Ақтөбе қаласынан алынған зерттеу нысаны

Зерттеуге алынған үлгілер құрамын анықтау үшін индуктивті плазмалы байланысқан масс-спектроскопия әдісі қолданылды және зерттеу нәтижелері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте бойынша №1-үлгі құрамында хром жоқ болып шықты. Бірақ, нақты хромның бар немесе жоқ екеніне көз жеткізу үшін, ары қарай зерттеу жұмыстарын жүргіздік. Химиялық зерттеу нәтижесі бойынша хромның үлгі құрамында нақты жоқ екендігі, керісінше №1-үлгіде күкірт мөлшерінің көп екендігі анықталынды.

№2 – үлгі құрамында хром мөлшері көп болды (36,0 мг/л). АҚ «АХҚЗ» зауытындағы айналмалы су құрамындағы хром мөлшерін азайтып, жою үшін жоғарыдағы зерттеу нәтижелері бойынша хромның бөлінуіне ықтималды жағдайларды қолдана отырып, сорбция процесі жүргізілді. Сонымен хром анықталуына кедергі келтіретін иондар бүркемеленіп, сорбцияға дейінгі және кейінгі нәтижелер салыстырылды. АҚ «АХҚЗ» зауытындағы айналмалы су (Y-2) құрамындағы хромды сорбция әдісімен зерттеу нәтижелері 3-кестеде келтірілген.

**2-кесте** – Индуктивті плазмалы байланысқан (ИПБ) масс – спектроскопия әдісімен анықтаудан алынған өндірістік ерітінділердің құрамы

Элемент	Үлгі – 1	Үлгі – 2
	Мөлшері, мг/л	
Na	көп мөлшерде	410,0
K	17,0	14,00
Ca	0,49	64,00
Mg	0,23	42,00
Al	1,40	0,56
Cr	0,00	36,0
Fe	0,15	0,35
Mn	0,0001	0,042
Cu	0,69	0,24
Ni	0,04	0,15
Zn	0,20	3,70
Sr	0,069	1,90
V	3,90	0,00

**3-кесте** – АҚ «АХҚЗ» зауытындағы айналмалы су (Y-2) құрамындағы хромды сорбция әдісімен зерттеу нәтижелері

Сорбцияға дейін	Сорбциядан кейін	Сорбциядан кейінгі тазарту дәрежесі	Статикалық алмасу сыйымдылығы
(Y-2) құрамындағы Cr мөлшері, мг/л		R, %	CAC, моль/г
36,0	0,047	95,26	0,181·10 <sup>-5</sup>

#### Әдебиеттер

- 1 Мамырбаев А.А. Токсикология хрома и его соединений. – Актобе: Көкжиек, 2012. – С.7-8.
- 2 Андреева Н.Н, Цвириова А.С., Красюкова В.С., Пономарева Н.И. Экспрессное определение хрома (III) и хрома (VI) в биологически активных добавках к пище // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2005. – Т.71, №11. – С.13.
- 3 Қоқанбаев Ә.Қ. Беттік құбылыстар. – Алматы, 2013. – 656 б.
- 4 Гириш Кумар К., Мутхазельви Р. Спектрофотометрическое определение хрома (III) с использованием 2-гидроксипензальдиминоглицина // Журнал аналитической химии. – 2006. – Т.61, №1. – С.33-36.
- 5 ГН 2.1.5.2280–07. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования. Дополнения и изменения № 1 к ГН 2.1.5.1315–03.
- 6 Злобина Е., Даминава А. Экстракция хрома. – М.: Lambert Academic Publishing, 2013. – С.10-12.
- 7 Басаргин Н.Н., Оскотская Э.Р., Грибанов Е.Н., Розовский Ю.Г. Избирательное концентрирование и спектрофотометрическое определение Cr(III) в природных и сточных водах // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2011. – Т.77, №7. – С.9-11.
- 8 Аникин В.Ю., Басаргин Н.Н., Косолапова Н.И., Розовский Ю.Г. Определение хрома (VI) и хрома (III) в почвах, питьевых, природных и сточных водах после предварительного концентрирования сорбентом // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. – 2008. – Т. 74, №6. – с.15-19.

Кестеден көріп тұрғанымыздай сорбцияға дейін зерттеу нысанының құрамында 36,0 мг/л хром болса, сорбциядан кейінгі хром мөлшері 0,047 мг/л-ді құрайды. Тазартылғаннан кейінгі есептелген бөліну дәрежесі 95,2%-ды көрсетеді.

Хромның сулы ерітінділерден ықтималды жағдайда толық бөлінуіне селективті сорбент ретінде БҚМК+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>(3%) көміртекті сорбенті анықталды және ағынды суларды тазалау тәсілі ретінде сыналды.

#### 4. Қорытынды

Зерттеу жұмысында хромның сорбциясы жүргізілді. Зерттеу нәтижесінде хромды бөлуде көміртекті сорбенттердің ішінен ШК (94,74%), ШБК (96%) және ҚБК (92,11%) сорбенттерімен бөліп алу дәрежесі анықталды.

Зерттеу жұмысында жаңадан өңделген құрамында селитра мөлшері 3%, 5%, 7% болатын бидай қауызы негізінде модифицирленген (БҚМК+ NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%), БҚМК+ NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (5%), БҚМК+ NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (7%)) көміртекті сорбенттер көмегімен хромның сорбциясы зерттелінді. Барлық аталған үш сорбентте ортаның қышқылдығына байланысты сорбция жүргізілді, тиімді сорбент таңдалды, хромның БҚМК+ NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%) сорбентімен ықтималды бөліну дәрежесі (98%) ортаның қышқылдылығы рН = 1 және сорбция уақыты t = 30 минутта анықталды.

Көпкомпонентті жүйеден, яғни АҚ «АХҚЗ» зауытындағы айналмалы су құрамындағы хромды сорбциялық әдіспен бөліп алу процесі жүргізіліп, сыналды. Сорбцияға дейін зерттеу нысанының құрамында 36,0 мг/л хром болса, сорбциядан кейінгі хром мөлшері 0,047 мг/л-ді құрады. Ал, тазарту дәрежесі 95,2% - ды көрсетті.

Зерттеу жұмысының нәтижесі бойынша қолданылған БДҚҚ+NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (3%) сорбенті химиялық өнеркәсіптерден шығарылатын ағынды сулар құрамындағы хромнан тазартуда қолданылу мүмкіндігі бар.

- 9 Suvardhan K., Suresh Kumar K., Rekha D., Kiran K., Jaya Raj B., Chiranjeevi P. Novel solid-phase extraction and pre-concentration technique coupled with ICP-AES for the determination of Cr(III), Ni(II) and Zn(II) in various water samples // *Zhurnal Analiticheskoi Khimii*. – 2007. – Vol.62, Is.4. – P.376-381.
- 10 Лейкин Ю.А. Физико – химические основы синтеза полимерных сорбентов. М.: БИНОМ, 2015. – 15-17 с
- 11 Rana P., Mohan N., Rajagopal C. Electrochemical removal of chromium from waterwaste by using carbon aerogel electrodes // *Water Research*. – 2004. – Vol.38, Is.12. – P.2811-2820.
- 12 Баранова М.В., Шарифуллина Л.Р. Исследование сорбционной активности углеродных материалов к ионам хрома (VI) // *Успехи химии и химической технологии*. – 2017. – Т.ХХХI, №13. – С.60-62.
- 13 Тасибеков Х.С. Технология производства новых углеродсодержащих материалов полифункционального назначения на основе растительного сырья Казахстана. Годовой отчет о научно исследовательской работе. – N0115PK01197. – Алматы: КазНУ, 2016. – 55 с.
- 14 Головина В.В., Еремина А.О., Соболев А.А., Чесноков Н.В. Извлечение хрома из водных растворов пористыми материалами на основе отходов лесозаготовки местного древесного сырья (кора и щепа) // *Журнал Сибирского федерального университета. Химия*. – 2017. – №6. – С.191.

### References

- 1 Mamyrbayev AA (2012) Toxicology of chromium and its compounds [Токсикология хрома и его соединений]. Kokshiek, Aktobe, Kazakhstan. P.7-8. (In Russian)
- 2 Andreeva NN, Tsvirova AS, Krasnyukova VS, Ponomareva NI (2005) Plant laboratory. Diagnostics of materials [Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov] 71:11-13. (In Russian)
- 3 Kokanbaev AK (2013) Surface processes [Bettik qubilistar]. Almaty, Kazakhstan. ISBN 978-601-80333-5-3. (In Kazakh)
- 4 Girish K, Mutkhalzvi P (2006) *J Anal Chem* 61:33-36. <https://doi.org/10.1134/S1061934806010072>
- 5 GN 2.1.5.2280–07. Maximum permissible concentrations (MPC) of chemicals in water of water objects of economic, drinking, cultural, and household water use. Additions and changes №1 to GN 2.1.5.1315–03. (In Russian)
- 6 Zlobina E, Daminova A (2013) Extraction of chromium [Ekstraktsiya khroma]. Lambert Academic Publishing, Moscow, Russia. P.10-12. (In Russian)
- 7 Basargin NN, Oskotskaya ER, Griбанov EN, Rozovskiy YuG (2011) Factory laboratory. Diagnostics of materials [Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov] 77:9-11. (In Russian)
- 8 Anikin VYu, Basargin NN, Kosolapova NI, Rozovskiy YuG (2008) Factory laboratory. Diagnostics of materials [Zavodskaya laboratoriya. Diagnostika materialov] 74:15-19. (In Russian)
- 9 Suvardhan K, Suresh Kumar K, Rekha D, Kiran K, Jaya Raj B, Chiranjeevi P (2007) *Journal of Analytical Chemistry [Zhurnal Analiticheskoi Khimii]* 62(4):376-381.
- 10 Leykin YuA (2015) *Physico-Chemical Bases of Polymer Sorbents Synthesis*. BINOM, Moscow, Russia. P.15-17. (In Russian)
- 11 Rana P, Mohan N, Rajagopal C (2004) *Water Res* 38:2811-2820. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.02.029>
- 12 Baranova MV, Sharifullina LR (2017) *Advances in Chemistry and Chemical Technology [Uspekhi khimii i khimicheskoy tekhnologii]* 16:60-62. (In Russian)
- 13 Tasibekov KhS (2016) *Technology for the production of the new polyfunctional carbon-containing materials based on vegetable raw materials in Kazakhstan. Annual report of research work (MSE N0115PK01197)*. KazNU, Almaty, Kazakhstan. (In Russian)
- 14 Golovina VV, Eremina AO, Sobolev AA, Chesnokov NV (2017) *Journal of Siberian Federal University. Chemistry [Zhurnal Sibirskogo federal'nogo universiteta. Khimiya]* 6:191. (In Russian)