

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

# ҚАЗАҚСТАННЫҢ ХИМИЯ ЖУРНАЛЫ

---

---

## ХИМИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ КАЗАХСТАНА

---

---

### CHEMICAL JOURNAL of KAZAKHSTAN

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

**4 (60)**

ОКТЯБРЬ – ДЕКАБРЬ 2017 г.  
ИЗДАЕТСЯ С ОКТЯБРЯ 2003 ГОДА  
ВЫХОДИТ 4 РАЗА В ГОД

АЛМАТЫ  
2017

УДК 546.59:544.6

*Ж. А. СУПИЕВА<sup>2</sup>, В. В. ПАВЛЕНКО<sup>3</sup>, А. Т. ТАУРБЕКОВ<sup>2</sup>,  
М. А. БИЙСЕНБАЕВ<sup>1</sup>, М. И. ТУЛЕПОВ<sup>2</sup>, З. А. МАНСУРОВ<sup>1</sup>*

<sup>1</sup>Жану мәселелер институты, Алматы, Қазақстан,

<sup>2</sup>Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан,

<sup>3</sup>Познань технологиялық университеті, Познань, Польша.

E-mail: zhazyra@mail.ru

## **КАРБОНИЗАЦИЯЛАНҒАН ТАБИҒИ МАТЕРИАЛДАР НЕГІЗІНДЕ АЛТЫННЫҢ ТОТЫҚСЫЗДАНУЫН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Жұмыста өрік қабығы мен күріш қауызының негізіндегі көміртек сорбенттерде алтынның сорбциялық процестерін зерттеу нәтижелері келтірілді. Алынған көміртек сорбенттер 0,20–0,25 В (ХКЭ) төмен тотығу-тотықсыздану потенциалдарға ие және тұз қышқылы ортадағы алтын (III) иондарына қатысты сорбенттер-тотықсыздандырғыштар ретінде көрінді. Алтын (III) сорбциялау кезде берілген сорбенттердің беттігінде металдық алтын бөлінді. Металдық алтынның бөлінуі сорбенттің гранулдарының барлық беттігінде біркелкі емес, бірақ жеке бөліктерінде жүрді, ол алтын кристалдарының өсуін көрсетті. Осыдан, металдық алтынның бөліну процесі мен сорбенттің тотықсыздандырғыш топтарының тотығуы электрохимиялық болып табылды, яғни, катодтық және анодтық бөліктері бар. Катодтық бөліктері сорбцияның бастапқы сәтінде түзілді, онда алтын (III) тотықсыздануы жүрді.

**Түйін сөздер:** алтын иондары, алтынның электрототықсыздануы, сорбция, платиналы электрод, көміртек сорбенттері.

Қазақстанда алтын алтынды кен орындарында да, сонымен қатар, түсті металдарды өндіру кезде полиметалл шикізатының құрамдас бөлігі ретінде де өндіріледі. Кейбір бағалау бойынша республикадағы ААҚ «Қазцинк» жыл сайын 5,5–6 тонна қымбат металл шығаратын ірі өндіруші болып табылады. Екінші орынды ААҚ «Қазақмыс» алады, мұнда алтынды мыс өндірісінің қосалқы металы түрінде өндіреді [1].

Осыған байланысты, Қазақстан Республикасының жан басына шаққандағы меншікті алтын өндірісі 1,1 грамнан аспайды, дамыған елдерге қарағанда 10–20 есе кем [1] болып табылады. Екінші жағынан, алтын қорларының теңгерімінің төмендеуі сөзсіз, алтынға бай минералды шикізатты өндеуге байланысты тиімді технологияларды іздеуге және енгізуге алып келеді. Қазақстандық алтын өндіретін кәсіпорындардың негізгі проблемалары көміртегі мен мышьяк рудаларын өндеу үшін дәлелденген және экологиялық қауіпсіз технологиялардың болмауы болып табылады. Қазіргі уақытта Қазақстан алтынның ірі аймақтық өндірушісі емес, Қытай, Ресей және Өзбекстан сияқты мемлекеттер ірі өндірушісі болып табылады, соған қарамастан осы бағалы металдың әлемдік бағалары өсіп, өткен жылғы халықаралық тұрақсыздық болғанмен тартымды актив болды. Алдағы бірнеше жылда алтын бағасы бір деңгейде қалатын немесе тіпті артатын

болса, отандық және шетелдік инвесторлардың Қазақстан алтын тау-кен өнеркәсібінде іскерлік белсенділіктің одан әрі өсуін болжауға болады. [1]

[2-8] шихтадан алтынды бөліп алудың көптеген техникалық жолдары дамыған, бірақ олардың технологиялары әмбебап емес, іс жүзінде руданың әрбір түрі процестің жеке параметрлерін талап етеді. Өз кезегінде, өсімдік өзегі негізінде алынған кеуекті көміртекті материалдарды қолдану [9-13] «көміртек бағандарда» әдісін және «көміртегі пульпада» әдісін пайдалана отырып сұйылтылған ерітінділерден алтынды бөліп алу және концентрлеу үшін перспективалы әдісі ретінде қарастыруға болады [14-21].

Жұмыста алтынның төмен құрамына және элюаттардың күрделі тұзды құрамына байланысты өсімдік өзегі негізінде алынған нанокеуекті көміртекті материалдарды қолдану мүмкіндігі қарастырылды, төмен концентрленген сілтісіздендірілген ерітінділерден алтынды концентрлеу және бөліп алу процестерінде қолданылды [22].

Осы жұмыста алтынды сорбциялаудың электрохимиялық әдісі қолданылды. Платина электродында алтынның (III) электрототықсыздану шекті тогына сәйкес сәйкес келетін тұрақты потенциал кезде I, t-қисық жазбалары арқылы алтынның (III) кинетикалық сорбциялық қисықтар алынды. I, t-қисықтардың жазбалары потенциостатта автоматты түрде жүзеге асырылды.

Эксперименттер келесідей жүргізді. Электрохимиялық ұяшықта 20 мл белгілі бір концентрациясымен алтынның (III) зерттелетін ерітіндісі орналастырды. Қаныққан KCl ерітіндісімен толтырылған тұзды көпірдің көмегімен ұяшықты хлоркүміс салыстырмалы электродымен және платина көмекші электродымен біріктірді. Электрохимиялық ұяшыққа индикаторлы платина электродты орналастырды. Магнитті араластырғышқа ұяшықты қойып және оны қосты. Индикаторлы электродқа «ELINS» потенциостаттың көмегімен +0,2 В потенциал (ХКЭ) берді, оның мәні платиналы электродта алтынның электрототықсызданудың шекті тогының аймағына сәйкес.

0,5–1 минуттан кейін алтын (III) тотықсызданудың шекті тогының мәнінің жазбалары басталғаннан кейін электролитті ұяшыққа алтынмен (III) 0,2–0,5 г сорбентті қосты. Нәтижесінде алтынның (III) концентрациясы электролитте төмендеді; алтынның (III) тотықсызданудың тоқтың мәнінің төмендеуін байқады. Нәтижесінде I, t-қисық төмендеді. Токтың төмендеуіне байланысты I, t-қисығын алудың ұзақтығы 4-тен 20 минутқа дейін болды. «Ерітіндідегі алтынның (III) пайызы – уақыт» тәуелділік кинетикалық I, t-қисықтар бойынша құрды.

Жұмыста [23] карбонизацияланған табиғи материалдар негізінде алынған көміртек сорбенттері бір мезгілде ион алмасу және тотықсыздану қасиеттеріне ие екендігін көрсетті. ӨҚҚ-ның (өрік қабығының карбонизаттары) тотықсыздандырғыш қасиеттерін анықтау үшін олардың стационарлық потенциалдарын өлшеу жүргізді, нәтижелерін 1-кестеде көрсетті.

1-кестеде көрініп тұрғандай, ӨҚ (өрік қабығы) мен КҚ (күріш қауызы) негізінде өсімдік өзегінің карбонизаттары өте төмен тотығу-тотықсыздану потенциалдарға ие. Стационарлы (нақты) потенциалдың мәні карбонизация-

1-кесте – 0,25 н HCl ерітіндісінде әр түрлі жүйенің потенциалдары

Жүйе және шарттар	E, В (ХКЭ)
Pt-лы электродта өрік қабығының карбонизаттары	0,20–0,25
Pt-лы электродта күріш қауызының карбонизаттары	0,23–0,37
Pt-лы электродта $[AuCl_4]^-$ $[AuCl_4]^-$ – 17,75 мг/л	0,76
Pt-лы электродта $[AuCl_4]^-$ $[AuCl_4]^-$ – 23,9 мг/л	0,73
Pt-лы электродта Au (Алтынды сорбциялағаннан кейін өрік қабығының карбонизаты)	0,40
Pt-лы электродта Au (Алтынды сорбциялағаннан кейін күріш қауызының карбонизаты)	0,45

ның шартына байланысты өзгеруі мүмкін, мысалы, ӨҚ карбонизатында оның өлшемі 0,20-дан 0,25 В-қа (ХКЭ-хлор күміс электроды) дейін диапазонында орналасты. Осыдан, өсімдік текті лигноцеллюлозалық материалдардың карбонизаттары тотықсыздандырғыш қасиеттерге ие, олар тотықсыздандырғыш топтардың – карбоксилді, фенолды, гидроксилді, аминді бар болуымен негізделген – берілген көміртек материалдардың беттігінде [24].

Осы топтардың салыстырмалы мөлшері карбонизация шарттарына байланысты. Карбонизация кезде бастапқы этапта ароматикалық қосылыстар түзді, олар карбонизация температурасының артуымен полициклді ароматикалық қосылыстарға (ПЦАК) және фуллерен тәрізді қосылыстарға конденсирленді. Осылайша, карбонизацияланған сорбенттер ион алмасу ғана емес, тотығу-тотықсыздану сорбенттері болып табылады [24].

$[AuCl_4]^-$  өлшенген стационарлы (нақты) потенциалы түз қышқылды ортада (1-кесте) 0,76 В-қа (ХКЭ) тең. Алтын-тотықтырғыш және сорбент-тотықсыздандырғыш арасында потенциал айырымы 0,51–0,56 В құрды. Кез келген тотықтырғыш-тотықсыздандырғыш реакцияның практикалық толық (99,9%) жүру үшін потенциал айырымы 0,24 В қажет [2]. Осы деректерге сүйене отырып, алтынның (III) металдық күйге дейін тотықсыздану мүмкіндігі бар. Бұл мүмкіндік алтын (III) сорбциялағаннан кейін сорбенттердің потенциалының мәнімен растады. Осы потенциалдың мәні карбонизацияланған өрік қабығы кезде 0,40 В (ХКЭ) (1-кесте) құрды. Карбонизаттардың қабілеттілігі, мысалы, грек жаңғағы қабығының Au (III) металдық күйге дейін тотықсыздануы динамикалық және статистикалық сыйымдылықты анықтау бойынша тәжірибемен растады, 1-суретте көрсетілгендей, сорбенттің беттігінде металдық алтын болғанын көзбен де көрінді.

Металдық алтынның бөлінуі карбонизаттың барлық беттігінде біркелкі болмады, бірақ оның жеке аудандарында болды. Осыдан, металдық алтынның бөліну процесі мен сорбенттің тотықсыздандырғыш топтарының тотығуы электрохимиялық болып табылды, яғни, катодтық және анодтық бөліктері бар. Катодтық бөліктері сорбцияның бастапқы сәтінде түзілді, онда



1-сурет – Алтынның сорбциялау процесінен кейін өрік қабығының негізінде активті көмірдің беттігінің фотосуреті

алтын (III) тотықсыздануы жүрді. Карбонизацияланған өрік қабығының (КӨК) негізінде алтын (III) сорбциясының химизмі келесідей ұсынуға болды:

Катодтық процесс:  $\text{Au (III)} + 3\text{e}^- = \text{Au}^0$ ;

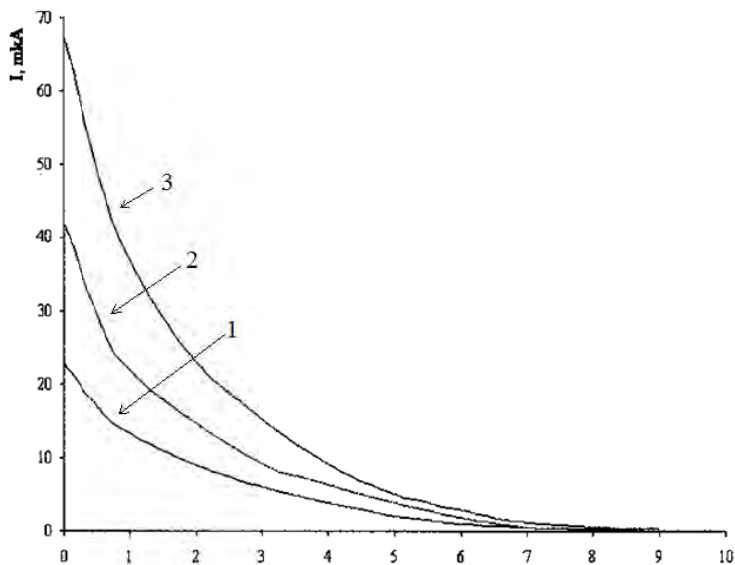
Анодтық процесс:  $\text{КӨК-Red} - 3\text{e}^- = \text{КӨК-Ох}$ ,

мұндағы Red және Ох – сорбенттің көміртек топтардың тотықсызданған және тотыққан формалары.

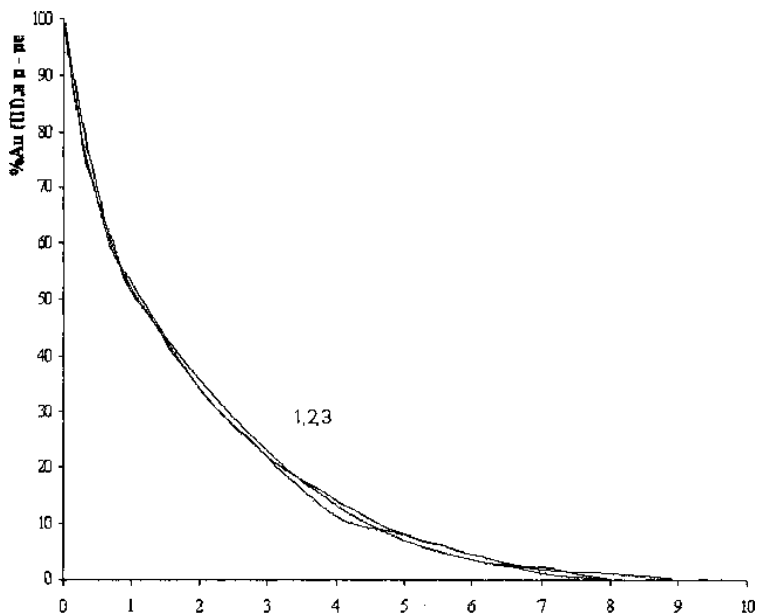
2-суретте КӨК-2 сорбентінде Au (III) сорбциясының кинетикалық қисықтары оның әртүрлі концентрацияларында көрсетті. Алтынның (III) зерттелген концентрациясы (8,88–35,5 мг/л) аясында, оның концентрациясына тәуелді емес, алтынның (III) толық сорбциясы 8 минут ішінде жүрді. Осылайша, I, t-кисығында ерітіндіден алтын (III) шығарды, оның сорбциясы алтынның (III) концентрациясының артуымен артты.

Егер 2-суреттің деректерінесептесе, онда «ерітіндіде алтынның (III) пайызы – уақыт» тәуелділік алды, ол алтынның (III) түрлі мөлшері үшін кинетикалық қисықтары айтарлықтай бір қисықпен (3-сурет) бірігуден көрінді.

Алтынның ( $t_{1/2}$  сорбция) бастапқы құрамының адсорбциясының жарты уақыты  $t_{1/2}$  алтынның бастапқы концентрациясына тәуелді емес және 1,2 минут құрды. Алтынның (III) құрамына  $t_{1/2}$  тәуелділігі алтынның (III) концентрациясының зерттелген аймағы үшін сорбция процесінің кинетикасы теңдеудің бірінші ретті түріне байланысты болатынын көрсетті.



2-сурет – 0,1н НСІ ертінідiсінде КӨҚ-2 сорбентте алтынның (III) сорбциясының кинетикалық қисықтары. Алтын ертінідiсінiң көлемі – 20 мл.  
Сорбенттің массасы – 0,2 г. Сорбенттің диаметрі – 0,5 мм.  
Алтын (III) концентрациясы: 8,88 (1); 17,75 (2) және 35,5 (3) мг/л



3-сурет – 0,1н НСІ ертінідiсінде КӨҚ-2 сорбентте алтынның (III) сорбциясының кинетикалық қисықтары. Ертінідiнiң көлемі – 20 мл.  
Сорбенттің массасы – 0,2 г. Бөлшектің диаметрі – 0,5 мм.  
Алтын (III) концентрациясы: 8,88 (1); 17,75 (2) және 35,50 (3) мг/л

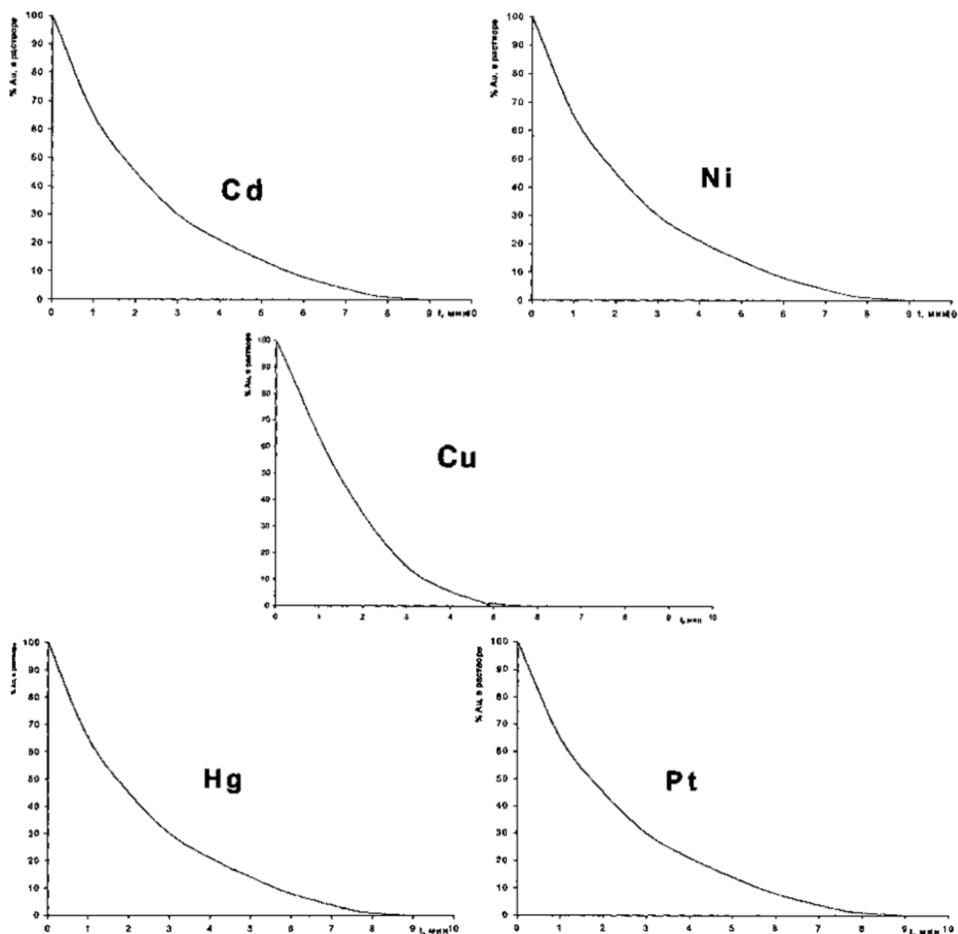
Алтын (III) 0,1–5н HCl-дан қышқылдықтың кең диапазонында (97–98%) сорбцияланды. Толық сорбциясы (100%) 8 минут ішінде 2н HCl ертінділерде жүрді, және осы уақытта 5н HCl ертінідісінде 97% сорбцияланды. Ертіндінің қышқылдықтың артуымен сорбциялық дәрежесінің төмендеуі ғана емес, сонымен бірге сорбция процесінің жылдамдығының белгілі бір төмендеуі де байқады. Алтын (III) сорбция процесі кезінде ортаның қышқылдығына тәуелді емес, сорбентте оның металдық алтын түрінде тотықсыздануы және бөлінуі жүрді. Алтынның (III) сорбциясына металл тұздарының қоспаларының әсері анықтады. 2-кестеде түрлі металдардың тұздары қатысуымен алтын (III) сорбциясының толық деректерін келтірді: Co (II), Zn (II), Fe (III), Ni (II), Cd (II), Cu (II), Hg (II), Pt (IV).

2-кесте – Алтын сорбциясына металл тұздарының қоспаларының әсері

Au (III) концентрациясы, мг/л	Қоспалардың концентрациясы, г/л	98%-ға Au(III) сорбциясының уақыты, мин
17,75	Ni (II) - 10 г/л NiSO <sub>4</sub>	8
17,75	Cd (II) -10 г/л CdSO <sub>4</sub>	8
17,75	Co (II) -10 г/л CoSO <sub>4</sub>	8
17,75	Zn (II) - 10 г/л ZnCl <sub>2</sub>	8
17,75	Fe (III) -1 г/л FeCl <sub>3</sub>	1,5
17,75	Cu (II) - 7 г/л CuSO <sub>4</sub>	5
17,75	Pt (IV) – 5 г/л H <sub>2</sub> PtCl <sub>6</sub>	8
17,75	Hg (II) – 0,5 г/л Hg(NO) <sub>3</sub>	8

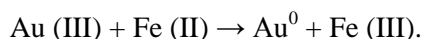
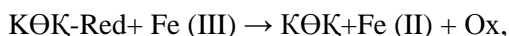
4-суретте металл тұздарының қатысуымен КӨҚ-2 сорбентте алтын (III) сорбциясының кинетикалық қисықтарын көрсетті. Алынған деректер белгілі бір мөлшерде (100–800 есе) көрсетілген металдар алтын (III) сорбциясына кедергі келтірмейтінін көрсетті. Бұл металдар, әдебиет деректеріне сәйкес [25-29], көміртек сорбенттермен сорбциялануы тиіс. Олар алтын (III) сорбциясына кедергі келтірмеді, бұл алтын (III) сорбция жылдамдығы металл-қоспалардың сорбция жылдамдығынан айтарлықтай жоғары екенін көрсетті. Сонымен қатар, Ni, Cd, Co, Zn металл иондары КӨҚ-2 сорбенттің стационарлы потенциалына қарағанда төменірек оң стандартты тотығу-тотықсыздану потенциалға ие. Сондықтан бұл металдар тотығу-тотықсыздану әсерлесуіне ене алмады. Бұл металдардың сорбциясы ион алмасу сипаты бойынша өту керек. Электрохимиялық процестердің жылдамдығы алмасу иондық процестеріне қарағанда әрдайым жоғары. Бұл металдар неге алтынның (III) сорбциясына кедергі келтірмейтінін түсіндіре алды.

Мыс (II) және темір (III) тұздарының қатысуымен алтынның (III) тотықсыздану жылдамдығы айтарлықтай артты. Алтын(III) толық сорбциясы мыс (II) ионы болған жағдайда 5 минутте жүрді, және темір (III) жағдайда – 1,5 минут, ал осы қоспалар болмағанда – 8 минут. КӨҚ-2 сорбентпен алтын



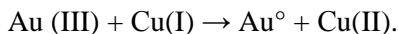
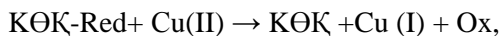
4-сурет – 0,1 н HCl ерітіндісінде металл тұздарының қатысымен КӨҚ-2 сорбентте алтынның (III) сорбциясы. Алтынның (III) концентрациясы – 17,75 мг/л, ерітіндінің көлемі – 20 мл

(III) сорбция жылдамдығын артуы каталитикалық әсер арқылы түсіндіруге болады: сорбент темір (III) темір (II)-ке дейін тотықсыздандырды, ал мыс (II) – мыс (I)-ге дейін. Темір(II)мен мыс (I) иондары сорбенттің беттік қабатындатүзеді және дереу алтын (III) иондарымен тотығу-тотықсыздану әсерлесуге түсті. Темір (II) мен мыс (I) иондарыменалтынның (III) тотықсыздануы сорбенттердің беттік қабатында жүрді, беттігіндеметалдықалтын бөлінді. Іс жүзінде темір (III) тұздары болған кезде алтынның (III) сорбциялау процесі келесідей схемамен көрсетуге болды:



*Мыс (II) тұздарының қатысында:*





Темірмен (II) алтынның (III) тотықсыздану жеңілдігі алтынды анықтаудың аналитикалық әдістерінде кеңінен қолданылды [30].

#### ӘДЕБИЕТ

- [1] Бекзатов А. Золото Казахстана: краткий обзор // Kazakhstan. – 2004. – № 1. <http://www.investkz.com/journals/38/236.html> 16.10.2017.
- [2] Soleimani M., Kaghazchi T. Adsorption of gold ions from industrial wastewater using activated carbon derived from hard shell of apricot stones – An agricultural waste // Bioresource Technology. – 2008. – Vol. 99. – P. 5374-5383.
- [3] Кучное выщелачивание золота – зарубежный опыт и перспективы развития. Справочник / Под ред. В. В. Караганова, Б. С. Ужженова. – М.; Алматы, 2002. – 260 с.
- [4] Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Золото рудное: утверждены распоряжением МПП России от 05.06.2007 г. № 37-р.
- [5] Когановский М.А. Адсорбция и ионный обмен в процессах водоподготовки и очистки сточных вод. – Киев, 1983. – 239 с.
- [6] Ласкорин Р.Г., Скитяева Е.И. Сорбционное извлечение золота активированными углями из растворов сложного солевого состава // Цветные металлы. – 1978. – № 3. – С. 15.
- [7] Иванова Л.С., Габчак С.Л., Грабовский Р.Щ., Сторожук В.Н. Влияние химической природы поверхности углей на степень извлечения золота и серебра из цианидных растворов // Адсорбция и адсорбенты. – 1980. – Т. 8. – С. 58.
- [8] Иванова Л.С., Грабовский Р.Щ., Сторожук В.Н. Комплексообразование на химической поверхности // Адсорбция и адсорбенты. – 1980. – Т. 8. – С. 65.
- [9] Павленко В.В., Ануров С.А., Мансуров З.А., Бийсенбаев М.А., Конькова Т.В., Азат С., Танирбергенова С.К., Жылыбаева Н. Получение микропористых активных углей на основе карбонизованной скорлупы абрикоса // Вестник КазНУ. Серия химическая. – 2014. – Т. 3(75). – С. 114-124.
- [10] Azat S., Rosa Busquets, Pavlenko V.V., Kerimkulova A.R, Raymond L.D. Whitby, Mansurov Z.A. Applications of activated carbon sorbents based on greek walnut // Applied Mechanics and Materials. – 2014. – Vol. 467. – P. 49-51.
- [11] Абишева А.К. Карбонизированные сорбенты на основе скорлупы грецких орехов и виноградных косточек. – Алматы, 2000. – С. 119.
- [12] Mansurov Z.A., Zhylybaeva N.K., Tazhkenova G.K., Ryabikin Yu.A., Shabanova T.A., Mansurova R.M. Carbonized sorbents on the basis of walnut shells, grape kernels and apricot stones // Inter. Conf on Carbon Carbon'03. – Spain, 2003. – P. 70.
- [13] Мансуров З.А., Жылыбаева Н.К., Уалиева П.С., Мансурова Р.М. Получение и свойства сорбентов из растительного сырья // Химия в интересах устойчивого развития. – 2002. – Т. 10. – С. 339-346.
- [14] Поконова Ю.А., Грабовский А.И. Углеродные адсорбенты из растворов серебра и других металлов // Журнал Цветные металлы. – 2003. – № 12. – С. 40-42.
- [15] Сонгина О.А., Захарова В.А. Амперометрическое титрование. – М.: Химия, 1979. – 303 с.
- [16] Ласкорин Р.Г., Садовникова Г.И., Скитяева Е.И. Влияние микроструктуры некоторых активированных углей на сорбционное извлечение ионов дицианоаурата // Журнал Цветные металлы. – 1973. – Т. 7, № 7. – С. 18.
- [17] Грабовский А.И., Иванова Л.С., Коростышевский Н.В. Сорбционное извлечение золота и серебра активными углями из промышленных цианидных растворов // Журнал Цветные металлы. – 1976. – Т. XLIX, № 6. – С. 1379.

- [18] Грабовский А.И., Иванова Л.С., Мацкевич Е.С., Сторожук Р.К. Исследование процесса сорции золота и серебра из цианистых растворов на активированном угле // Журнал прикладной химии. – 1978. – Т. 51, № 7. – С. 1515.
- [19] Ибрагимова Р.И., Воробьев-Десятовский К.П., Тихомолова К.П., Ермилова О.А. Сорбция иона  $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$  из цианидных растворов на активированных углеродных волокнах // Журнал прикладной химии. – 2002. – Т. 75. – С. 737.
- [20] Кинле Х., Бадер Э. Активные угли и их промышленное применение. – Л.: Химия, 1984. – 216 с.
- [21] Мухин В.М., Клушин В.Н. Производство и применение углеродных адсорбентов. – М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2012. – 308 с.
- [22] Разработка технологии безобжигового вскрытия упорных руд и концентратов (месторождения Саяк-4, Большевик и др.) и извлечения золота из технологических растворов с применением нанопористых сорбентов: отчет о НИР (заключительный) / РГП ИПГ КН МОН РК: рук.д.х.н. Мансуров З.А., испол. Павленко. – Алматы, 2014. – 118 с. – № ГР 0212РК01345.
- [23] Захаров В.А., Бессарабова И.М., Мансурова Р.М., Николаева А.Ф. Исследование сорбции золота (III) на зауглероженном сорбенте // Вестник КазНУ. – 2003. – № 3(31). – С. 129-135.
- [24] Углеродные наноструктурированные материалы на основе растительного сырья / Под ред. проф. З. А. Мансурова. – Алматы: Қазақ университеті, 2010. – 301 с.
- [25] Никифорова Т.Е., Козлов В.А. Сорбция ионов  $\text{Cu}(\text{II})$  соевым шротом, модифицированным монолацетатом натрия // Журнал прикладной химии. – 2008. – Т. 81, №2. – С. 428-433.
- [26] Румянцева Е.В., Чернышенко А.О., Неборако А.А., Сараева Е.Ю., Вихорева Г.А., Кильдиева Н.К. Сорбционные свойства хитозана с амортизированной структурой // Современные перспективы и исследования хитина и хитозана: Материалы VIII междунар. конф. – М., 2006. – С. 126-130.
- [27] Marshall W.E., Champagne E.T., Evans W.J. Use of rice milling byproducts (hulls & bran) to remove metal ions from aqueous solution // J. Environ. Sci. Heals. – 1993. – Vol. 28, № 9. – P. 1977-1992.
- [28] Ставицкая С.С., Миронюк Т.И., Картель Н.К., Стрелко В.В. Сорбционные свойства «пищевых волокон» во вторичной переработке вторичного сырья // Журнал прикладной химии. – 2001. – Т. 74, № 4. – С. 531-536.
- [29] Srivastava V.C., Mall I.D., Mishra I.M. Removal of cadmium(II) and zinc(II) metal ions from binary aqueous solution by rice husk ash // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. – 2008. – Vol. 312. – P. 172-184.
- [30] Меретуков М.А., Орлов А.М. Металлургия благородных металлов. Зарубежный опыт. – М.: Металлургия, 1991.

## REFERENCES

- [1] Bekzatov A. Zoloto Kazaxstana: Kratkij obzor // Kazakhstan. 2004. N 1. <http://www.investkz.com/journals/38/236.html> 16.10.2017.
- [2] Soleimani M., Kaghazchi T. Adsorption of gold ions from industrial wastewater using activated carbon derived from hard shell of apricot stones – An agricultural waste // Bioresource Technology. 2008. Vol. 99. P. 5374-5383.
- [3] Kuchnoe vyshhelachivanie zolota – zarubezhny opyt I perspektivy razvitiya. Spravochnik / Pod red. V. V. Karaganova, B. S. Uzhkenova. M.; Almaty, 2002. 260 s.
- [4] Metodicheskie rekomendacii po primeneniyu Klassifikacii zapasov mestorozhdenij i prognoznyh resursov tverdyh poleznyh iskopaemyh. Zolotorudnoe: utverzhdeny rasporyazheniem MPR Rossii ot 05.06.2007 g. № 37-r.
- [5] Koganovskij M.A. Adsorbicija I ionnyjobmen v processah vodopodgotovki I ochistki stochnyh vod. Kiev, 1983. 239 p.

[6] Laskorin R.G., Skityaeva E.I. Sorbcionnoe izvlechenie zolota aktivirovannymi uglyami iz rastvorov slozhnogo solevogo sostava // *Cvetnyemetally*. 1978. N 3. P. 15.

[7] Ivanova L.S., Gabchak S.L., Grabovskij R.Shh., Storozhuk V.N. Vliyanie ximicheskoy prirody poverxnosti uglej na stepen izvlecheniya zolota i serebra iz cianidnyx rastvorov // *Adsorbciya I adsorbenty*. 1980. Vol. 8. P. 58.

[8] Ivanova L.S., Grabovskij R.Shh., Storozhuk V.N. Kompleksoobrazovanie na ximicheskoy poverxnosti // *Adsorbciya I adsorbenty*. 1980. Vol. 8. P. 65.

[9] Pavlenko V.V., Anurov S.A., Mansurov Z.A., Bijsenbaev M.A., Konkova T.V., Azat S., Tanirbergenova S.K., Zhylybaeva N. Poluchenie mikroporistykh aktivnykh uglej na osnove karbonizovannoy skorlupy abrikosa // *Vestnik KazNU. Seriya ximicheskaya*. 2014. Vol. 3(75). P. 114-124.

[10] Azat S., Rosa Busquets, Pavlenko V.V., Kerimkulova A.R., Raymond L.D. Whitby, Mansurov Z.A. Applications of activated carbon sorbents based on greek walnut // *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 467. P. 49-51.

[11] Abisheva A.K. Karbonizirovannye sorbenty na osnove skorlupy greckix orexov i vinogradnyx kostochech. Almaty, 2000. P. 119.

[12] Mansurov Z.A., Zhylybaeva N.K., Tazhkenova G.K., Ryabikin Yu.A., Shabanova T.A., Mansurova R.M. Carbonized sorbents on the basis of walnut shells, grape kernels and apricot stones // *Inter. Conf on Carbon Carbon'03. Spain, 2003*. P. 70.

[13] Mansurov Z.A., Zhylybaeva N.K., Ualieva P.S., Mansurova R.M. Poluchenie i svojstva sorbentov iz rastitelnogo syrya // *Ximiya v interesax ustojchivogo razvitiya*. 2002. Vol. 10. P. 339-346.

[14] Pokonova Yu.A., Grabovskij A.I. Uglерodnye adsorbenty iz rastvorov serebra I drugih metallov // *Zhurnal cvetnye metally*. 2003. N 12. P. 40-42.

[15] Songina O.A., Zaxarova V.A. Amperometricheskoe titrovaniye. M.: Ximiya, 1979. 303 p.

[16] Laskorin R.G., Sadovnikova G.I., Skityaeva E.I. Vliyanie mikrostruktury nekotorykh aktivirovannykh uglej na sorbcionnoe izvlechenie ionov dicianoaurata // *Zhurnal cvetnye metally*. 1973. Vol. 7, N 7. P. 18.

[17] Grabovskij A.I., Ivanova L.S., Korostyshevskij N.V. Sorbcionnoe izvlechenie zolota I serebra aktivnymi uglyami iz promyshlennykh cianidnykh rastvorov // *Zhurnal cvetnye metally*. 1976. Vol. XLIX, N 6. P. 1379.

[18] Grabovskij A.I., Ivanova L.S., Mackevich E.S., Storozhuk R.K. Issledovanie processa sorbcii zolota I serebra iz cianistykh rastvorov na aktivirovannom ugle // *Zhurnal prikladnoj ximii*. 1978. Vol. 51, N 7. P. 1515.

[19] Ibragimova R.I., Vorobev-Desyatovskij K.P., Tixomolova K.P., Ermilova O.A. Sorbciya iona  $[Au(CN)_2]^-$  iz cianidnykh rastvorov na aktivirovannykh uglерodnykh voloknah // *Zhurnal prikladnoj ximii*. 2002. Vol. 75. P. 737.

[20] Kinle X., Bader E. Aktivnyye ugli i ih promyshlennoye primenenie. L.: Ximiya, 1984. 216 p.

[21] Muxin V.M., Klushin V.N. Proizvodstvo I primenenie uglерodnykh adsorbentov. M.: RXTU im. D. I. Mendeleeva, 2012. 308 p.

[22] Razrabotka tekhnologii bezobzhigovogo vskrytiya upornykh rud I koncentratov (mestorozhdeniya sayak-4, Bolshevik i dr.) I izvlecheniya zolota iz tekhnologicheskikh rastvorov s primeneniem nanoporistykh sorbentov: otchet o nir (zaklyuchitelnyj) / RGIPIG KN MON RK: ruk. d.x.n. Mansurov Z.A., ispol. Pavlenko. Almaty, 2014. 118 p. № gr 0212rk01345.

[23] Zaxarov V.A., Bessarabova I.M., Mansurova R.M., Nikolaeva A.F. Issledovanie sorbcii zolota (iii) na zauglerozhennom sorbente // *Vestnik KazNU*. – 2003. – № 3 (31). – S. 129-135.

[24] Uglерodnye nanostrukturirovannyye materialy na osnove rastitelnogo syrya / Pod red. prof. Z. A. Mansurova. Almaty: Qazaq universiteti, 2010. 301 p.

[25] Nikiforova T.E., Kozlov V.A. Sorbciya ionov Cu (II) soevym shrotom, modifitsirovannym monoxlacetatom natriya // *Zhurnal prikladnoj ximii*. 2008. Vol. 81, N 2. P. 428-433.

[26] Rumyancheva E.V., Chernyshenko A.O., Neborako A.A., Saraeva E.Yu., Vixoreva G.A., Kildieva N.K. Sorbcionnyye svojstva xitozana s amortizirovannoy strukturoj // *Sovremennyye perspektivy i issledovaniya xitina I xitozana: Materialy viii mezhdunar. konf. M., 2006*. P. 126-130.

[27] Marshall W.E., Champagne E.T., Evans W.J. Use of rice milling byproducts (hulls & bran) to remove metal ions from aqueous solution // J. Environ. Sci. Heals. – 1993. Vol. 28, N 9. P. 1977-1992.

[28] Stavickaya S.S., Mironyuk T.I., Kartel N.K., Strelko V.V. Sorbcionnye svoystva «pishhevyyh volokon» vo vtorichnoy pererabotke vtorichnogo syrya // Zhurnal prikladnoy khimii. 2001. Vol. 74, N 4. P. 531-536.

[29] Srivastava V.C., Mall I.D., Mishra I.M. removal of cadmium(ii) and zinc(ii) metal ions from binary aqueous solution by rice husk ash // Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects. 2008. Vol. 312. P. 172-184.

[30] Meretukov M.A., Orlov A.M. Metallurgiya blagorodnykh metallov. Zarubezhnyy opyt. M.: Metallurgiya, 1991.

### Резюме

*Ж. А. Супиева, В. В. Павленко, А. Т. Таурбеков,  
М. А. Биисенбаев, М. И. Тулепов, З. А. Мансуров*

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗОЛОТА НА КАРБОНИЗОВАННЫХ ПРИРОДНЫХ МАТЕРИАЛАХ

В работе представлены результаты исследования процессов сорбции золота на углеродных сорбентах на основе абрикосовых косточек и рисовой шелухи. Показано, что полученные углеродные сорбенты обладают низкими окислительно-восстановительными потенциалами от 0,20–0,25В (ХСЭ) и по отношению к ионам золота (III) в солянокислой среде проявляют себя, как сорбенты-восстановители. При сорбции золота (III) на поверхности данных сорбентов выделяется металлическое золото. Выделение металлического золота происходит неравномерно по всей поверхности гранул сорбента, а на отдельных участках, на которых идет рост кристаллов золота. Отсюда вытекает, что процесс выделения металлического золота и окисления восстановительных групп сорбента является электрохимическим, т.е. имеются катодные и анодные участки. Катодные участки, на которых в дальнейшем идет восстановление золота (III), образуются в начальный момент сорбции.

**Ключевые слова:** ионы золота, электровосстановление золота, сорбция, платиновый электрод, углеродные сорбенты.

### Summary

*J. A. Supieva, V. V. Pavlenko, A. T. Taurbekov,  
M. A. Biisenbaev, M. I. Tulepov, Z. A. Mansurov*

#### A STUDY OF GOLD REDUCTION ON NATURAL CARBONIZED MATERIALS

This paper presents the results of studies of sorption processes of gold on carbon sorbents, based on apricot kernels and rice husks. It is shown that the obtained carbon sorbents possess low oxidation-reduction potentials from 0.20 to 0.25 V (Ag-AgCl electrodes) and they behave themselves, as reducing sorbents with respect to gold (III) ions in the hydrochloric acid medium. Metallic gold is deposited on the surface of these sorbents during gold (III) sorption. The deposition of metallic gold occurs not uniformly on the entire surface of the granules of the sorbent, but in certain areas where gold crystals grow. It follows that the process of deposition of metallic gold and oxidation of reducing groups of the sorbent is electrochemical, i.e. there are cathode and anode sites. Cathode sites are formed at the initial moment of sorption, where gold (III) reduction is subsequently followed.

**Key words:** gold ions, gold electroreduction, sorption, platinum electrode, carbon sorbents.