

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASI

Əlyazması hüququnda

DAŞKƏSƏN DƏMİR FİLİZİNİN EMAL TULLANTILARINDAN SƏNAYE ƏHƏMİYYƏTLİ METALLARIN (Co, Cu, Zn, Mn) ÇIXARILMASI

İxtisas: 3303.01- Kimya texnologiyası və mühəndisliyi

Elm sahəsi: Texnika

İddiaçı: **Aybəniz Akif qızı Quliyeva**

Fəlsəfə doktoru elmi dərəcəsi almaq üçün təqdim edilmiş
dissertasiyanın

AVTOREFERATI

Bakı – 2021

Dissertasiya işi Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının akademik M. Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-Üzvi Kimya İnstitutunda “Əlvan metal tərkibli mineral xammalın emalı” laboratoriyasında yerinə yetirilmişdir.

Elmi rəhbər: kimya elmlər doktoru, professor
Arif Əmrah oğlu Heydərov

Rəsmi opponetlər: texnika elmlər doktoru, professor
Hikmət Camal oğlu İbrahimov
texnika elmlər doktoru, professor
Fikrət Məmməd oğlu Sadıqov
texnika elmlər doktoru, dosent
Qəhrəman Söyün oğlu Həsənov

Azərbaycan Respublikasının Prezidenti yanında Ali Attestasiya Komissiyasının Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutu nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurası

Dissertasiya şurasının sədri:

kimya elmlər doktoru, akademik
Vaqif Məhərrəm oğlu Abbasov

Dissertasiya şurasının elmi katibi:

texnika üzrə fəlsəfə doktoru, dosent
Zaur Zabil oğlu Ağamalyev

Elmi seminarın sədri:

texnika elmlər doktoru, dosent
Səyyarə Qulam qızı Əliyeva



GİRİŞ

Mövzunun aktuallığı və işlənmə dərəcəsi. Azərbaycanca tərkibində bir çox qiymətli metal saxlayan yataq ehtiyatının nisbətən az, seyrək, istismar şəraitinin çətin və ekoloji durumun əlverişsiz olması klassik istismar texnologiyalarının istifadəsinə imkan vermir. Digər tərəfdən klassik yol ilə istismar olunan yataqların tədqiq olunan metala görə zəngin sahələri get-gedə azaldığı üçün nisbətən kasıb sahələr istifadəsiz qalır. Tullantılardakı metalların qatılığı bəzən filizin kasıb sahələrindəki metalların qatılığına ekvivalent olur.

Daşkəsən Filizsaflaşdırma ASC-nin (2001-ci ilədək “Azərbaycan Dağ-Mədən Filizsaflaşdırma kombinatı”) mədənlərində 1954-cü ildən bu günə kimi 90 milyon tondan çox dəmir filizi emal olunmuşdur. Bu illər müddətində dəmir filizinin emalı nəticəsində 46.5 milyon ton tullantı alınmışdır. Fabrikin dəmir filizinin həm quru, həm də nəm üsulla zənginləşdirilməsi nəticəsində alınan tullantılar 42 hektar sahəni əhatə edən bir ərazidə - tullantıxanada toplanmışdır. Bu tullantılar yağış və qar suları ilə təbii yuyulmaya məruz qalaraq axıntı suları ilə ətraf mühitə metalların miqراسiyasına səbəb olur ki, bu da ərazinin ekoloji normalarını pozur. Daşkəsən dəmir filizi yatağının illər boyu istismarı nəticəsində yataq ətrafında toplanan tullantılar bir çox qiymətli metalların hasilat mənbəyi kimi istifadə oluna bilər. Qum halında olan yaş tullantının təxmini həcm ölçüsünə, xüsusi çəkisinə və digər parametrlərinə əsaslanan hesablamalar göstərdi ki, onun ümumi kütləsi ən azı 20 milyon ton civarındadır.

Hal-hazırda Daşkəsən dəmir filizi sahəsində bir neçə növ mineral tullantılar mövcuddur: karyerüstü süxurlar, boş filiz qatının süxurları, dəmir filizinin zənginləşdirmə kombinatının tullantıları, kobalt və alunit yataqlarının tullantıları. Bu tullantıların tərkibində külli miqdarda ağır və əlvan metallar (Co, Cu, Mn, Zn, Cd, Pb, Fe, Al, Cr, V və s.) vardır. Çətin zənginləşən bu tullantıları mövcud kimyəvi emal üsulları ilə işləmək rentabelli sayılmır. Ona görə də qiymətli komponentlərin istehsalının xammal bazasını genişləndirən, təbii resurslardan səmərəli istifadə edilən yeni emal metodlarının

hazırlanması ön plana keçir. Bu səbəbdən kasıb sahələrin, o cümlədən tullantıların yeraltı və ya topa halında yuma üsulu ilə işlənməsi daha əlverişli hesab edilə bilər.

6 dekabr 2016-cı il tarixində qəbul edilmiş “Azərbaycan Respublikasında ağır sənaye və maşınqayırmanın inkişafına dair Strateji Yol Xəritəsi” çərçivəsində yerli xammaldan, ilk növbədə filiz və onların tullantı məhsullarından geniş istifadə edilməsinə xüsusi diqqət verilmişdir (Maddə 7.2.3.; Prioritet 2.3.; Tədbir 2.3.2.; 2.4.1.; 1.1.4. və s.).

Təqdim olunan dissertasiya işi prioritet istiqamətlərdən olan belə problemlərin həllinə yönəlmiş, filizin emal tullantılarının kompleks işlənməsi məqsədini daşıyır. Hal-hazırda dağ-mədən sənayesinin qarşısında innovativ və elmi cəhətdən əsaslanmış yollarla yüksək çeşidli məhsulların alınması vəzifəsi durur. Bununla əlaqədar olaraq, dəmir filizinin emalı tullantılarından Co, Cu, Zn və Mn-in çıxarılması, qatılaşdırılması sahəsi üzrə aparılan elmi-tədqiqat işləri aktualdır və “Yol xəritəsində” nəzərdə tutulan mövcud problemlərin həlli istiqamətində Azərbaycan Respublikasının Sənayeləşdirmə proqramının həyata keçirilməsi istiqamətinə uyğundur.

Daşkəsən filiz hövzəsindəki tullantıların mineroloji və kimyəvi tərkibi xarici ölkələrdə olan zənginləşmə məhsullarından tam fərqlidir. Bu günə qədər kobalt, mis, sink, manqan, alüminium tərkibli tullantıların sənaye emal texnologiyası mövcud deyil və belə tərkibli xammalın emal məsələsi aktual olaraq qalır. Təqdim olunan iş bu problemin həll edilməsinə həsr edilir.

Tədqiqatın obyektı və predmeti. Daşkəsən filiz hövzəsinin emalından alınan, Qoşqar çayı vadisində yerləşən dəmir filizinin zənginləşdirilməsindən alınan tullantılardır.

Tədqiqatın məqsəd və vəzifələri. Daşkəsən dəmir filizi emalından alınan mineral tullantıların tərkibindəki iqtisadi cəhətdən əlverişli olan metalların turşu ilə yuyulması qanunauyğunluqlarını müəyyənləşdirmək, məhlula keçmiş qiymətli komponentlərin çıxarılıb qatılaşdırılması üsulunu işləməklə ətraf mühitin çirklənməsinin qarşısını almaq və qiymətli metalların yüksək çıxımını təmin edən texnoloji sxemi hazırlamaqdır. Bu məqsədə nail

olmaq üçün aşağıdakı məsələlərin həlli qarşıya qoyulmuş və yerinə yetirilmişdir:

-emaldan alınan mineral tullantıların tərkibindəki iqtisadi cəhətdən əlverişli olan metalları müəyyənləşdirmək və onların istehsal prosesini təşkil etmək;

-tullantıların qranulometrik, kimyəvi və mineroloji tərkibini dəqiqləşdirmək;

- tullantının aşınması üçün lazım gələn sulfat turşusunun mənbəyinin tapılması;

-zəif sulfat turşusu məhlulu ilə yumanın kinetik xassələrini və qiymətli komponentlərin məhlula keçmə mexanizmini öyrənmək;

-tullantıdakı metalların məhlula keçməsinə təmin edən faktorları təyin etmək;

-tullantıların tərkibinə daxil olan mineralların səth xassələrinin dəyişilməsini öyrənmək;

-məhlulun pH-nı dəyişməklə tərkibində qiymətli komponentləri ayrılıqda selektiv konsentratlar şəklində çökdürmək;

-qatılığı normadan aşağı olan metalları məhluldan təbii sorbentlərdən (monoetanolaminlə modifikasiya olunmuş Aydağ seoliti) istifadə etməklə qatılaşıdırmaq və sorbsiyanın mexanizmini öyrənmək;

-dəmir filizinin zənginləşməsindən alınan tullantılardan bir sıra qiymətli metalların (Co, Cu, Zn, Mn) topa həllolma üsulu ilə çıxarılması texnologiyasının işlənməsi və mobil texnoloji kompleksin yaradılması;

-tullantıdakı metalların təxmini ehtiyatına görə çıxarılaçaq metalların mövcud satış qiymətlərinə əsasən iqtisadi gəlirinin hesablanması.

Tədqiqat metodları. İş yerinə yetirən zaman kimyəvi, geokimyəvi, rentgen faza (RFA), termiki (DTA) və infraqırmızı (İQ), enerji dispersiyalı rentgen spektral (EDS) analiz metodlarından istifadə edilmişdir.

Müdafiyyə çıxarılan əsas müddəalar. Daşkəsən dəmir filizinin zənginləşmə tullantılarından çıxarılması iqtisadi cəhətdən sərfəli olan metalların müəyyənləşdirilməsi; tullantılardan Co, Cu, Zn, Mn-in çıxarılmasının səmərəli parametr və rejimlərinin

öyrənilməsi; məhlula keçmiş qiymətli metalların (Co, Cu, Zn, Mn) arsen və dəmirdən təmizlənməsi, hidrolitik çökmə və sorbsiya üsulları ilə selektiv konsentratların alınması; tullantılardan bir sıra qiymətli metalların topa həllolma yolu ilə çıxarılmasının texnologiyasının işlənməsi və mobil texnoloji kompleksin yaradılması.

Tədqiqatın elmi yeniliyi. İlk dəfə olaraq dəmir filizinin emalından alınan tullantıların tərkibinə daxil olan metalların (Co, Cu, Zn, Mn) zəif sulfat turşusu məhlulu ilə yuyulmasının qanunauyğunluqları müəyyənləşdirilmişdir. Otaq temperaturunda pH-dan asılı olaraq komponentlərin məhlula keçməsinin və məhluldakı metalların selektiv çökməsinin kinetik parametrləri təyin edilmişdir.

Texnoloji məhlullardan arsen və dəmirin birlikdə, əlvan metal ionlarının isə ayrı-ayrı konsentratlar şəklində çökdürülməsi şəraiti öyrənilmiş, alınan çökcütlərin individuallığı fiziki-kimyəvi analiz üsulları ilə təsdiqlənmişdir.

Texnogen məhlullardan əlvan metal ionlarının monoetanol-aminlə modifikasiya olunmuş seolit vasitəsilə selektiv çıxarılması metodu işlənmiş, sorbsiyanın mexanizmi aydınlaşdırılmışdır və məlum olmuşdur ki, Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} və Mn^{2+} ionlarının sorbsiyası iki mexanizm üzrə gedir: ionmübadilə və kompleks əmələgətirmə. Həmçinin, ionların sorbsiya olunma sırası təyin edilmişdir.

Daşkəsən filiz hövzəsinin digər faydalı yataqlarındakı xammallardan (Zəylik-Alunit yatağı, Şimali Daşkəsəndəki kobalt yatağı, mərmərlənmiş əhəngdaşının emal tullantılarından) istifadə etməklə Filizsaflaşdırma kombinatının tullantılarından qiymətli metalların çıxarılmasının səmərəli parametr və rejimləri müəyyən edilmişdir.

Tədqiqatın nəzəri və praktiki əhəmiyyəti. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində dəmir filizinin yaş zənginləşməsindən alınan tullantıların kompleks emalının optimal metodu təklif olunur. Metod tullantıların zəif sulfat turşusu ilə aşınması, qiymətli komponentlərin məhlula keçməsi, məhlullardan isə çökmə və sorbsiya üsulları ilə çıxarılması şəraitinin tədqiqinə əsaslanır. Çoxkomponentli məhlullardan Co, Cu, Zn, Mn kimi qiymətli metalların çıxarılması və

qatılaşdırılması üçün laboratoriya mobil pilot qurğusu təqdim olunur. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində Azərbaycanda ilk dəfə filiz tullantılarından təbiətə ziyan vurmada faydalı metalların yuma üsulu ilə hasilat texnologiyası işlənib hazırlanmışdır.

Sonda müasir dövrün ən global problemlərindən biri olan ətraf mühitin mühafizəsini təmin edən, tullantıların kompleks emalına imkan verən texnoloji sxem təklif olunmuşdur.

Aprobasiyası və tətbiqi. Dissertasiya işinə aid tədqiqatların nəticələri əsasında xarici və Respublika jurnallarında və konfrans materiallarında 15 elmi əsər nəşr edilmişdir, onlardan 7 məqalə, 8 konfrans materiallarıdır. Dissertasiya işinin materialları aşağıdakı elmi konfranslarda müzakirə edilmişdir:

M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş Respublika elmi konfransı (Bakı, noyabr 2016), Türkiyə-Ulusal kimya konqresi (Ankara, sentyabr 2017), Akademik R.Ə. Əliyevanın 85 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq elmi konfransı (Bakı, noyabr 2017), Azərbaycan Texniki Universiteti Bakı Steel Company “Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri mövzusunda 2-ci Beynəlxalq Elmi-texniki konfransında (Bakı, noyabr 2017), International Symposium “Environmental and engineering aspects for sustainable living”, (Hannover, dekabr 2017), Ümummilli Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistrant və gənc tədqiqatçıların “Kimyanın aktual problemləri” XIII Beynəlxalq Elmi Konfransı (Bakı, may 2019), Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Müasir kimyanın aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfransının (Bakı, oktyabr 2019), Azərbaycan və Türkiyə Universitetləri: təhsil, elm, texnologiya" I Beynəlxalq elmi-praktiki konfransı (Bakı, dekabr 2019).

Dissertasiya işinin yerinə yetirildiyi təşkilatın adı. Dissertasiya işi AMEA-nın akademik M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunda aparılan elmi tədqiqat işlərinin planına uyğun olaraq yerinə yetirilmişdir (0115 Az 2099 №-li dövlət qeydiyyatı).

Müəllifin şəxsi rolu. Əlvan metal tərkibli kasıb filiz və

tullantıların emalının müasir halı, məsələnin qoyuluşu, işin məqsədi, bu məqsədə çatma yolları, tətbiq olunan üsulun əsaslandırılması, Dağ-mədən kombinatından nümunələrin götürülməsi, təcrübələrin təşkili və aparılması, alınan nəticələrin analizi, məqalə və tezislərin yazılması, çapa hazırlanması şəxsən müəllif tərəfindən və bəzən də onun iştirakilə yerinə yetirilmişdir.

İşin strukturu və həcmi. Dissertasiya işi girişdən, 4 fəsildən, nəticələrdən, istinad olunmuş 176 adda ədəbiyyat siyahısından ibarətdir. İş 187091 (giriş 10999, I fəsil 69011, II fəsil 25117, III fəsil 44021, IV fəsil 33660, nəticələr 4283) işarədən ibarət olub, 28 cədvəl, 22 qrafik və 30 şəkli əhatə edir.

Girişdə dissertasiya işinin aktualığı əsaslandırılmış, işin məqsədi, müdafiyyə çıxarılacaq müddəalar verilmiş, işin elmi yeniliyi və praktiki əhəmiyyəti şərh edilmişdir.

Birinci fəsildə dissertasiya işinin məzmununa uyğun olaraq kasıb filiz və tullantıların emalının müasir metod və texnologiyaları haqqında ədəbiyyat materiallarının analizi verilmiş, emalın müxtəlif istiqamətləri təhlil edilmişdir. Həmçinin, bu fəsildə texnogen tullantıların tərkibinə daxil olan metalların (Fe, Mn, Cu, Zn, Co və Al) pH-dan asılı olaraq məhlulda ion formalarının mövcudluğu araşdırılmışdır. Burada texnogen məhlullardan metalların selektiv yolla çıxarılması üsulları haqqında da məlumat verilir.

İkinci fəsil metodik hissə adlanır. Burada dəmir filizi tullantılarının xarakteristikası, tədqiqat obyektı, materialın granulometrik, kimyəvi və mineroloji tərkibi, aparılan təcrübələrin gedişi və istifadə olunan qurğuların təsviri verilmişdir.

Üçüncü fəsil Daşkəsən dəmir filizi tullantılarının yuyulması və texnoloji məhlullardan metal konsentratlarının alınmasına həsr edilmişdir. Burada, həmçinin, metallardan dəmir və arsenin təmizlənməsinə aid elmi tədqiqat işlərinin nəticələri verilmişdir.

Dördüncü fəsil tullantıların yuma məhlullarından metal ionlarının (Co, Cu, Zn, Mn) monoetanolaminlə modifikasiya olunmuş təbii seolitlə sorbsiyasının öyrənilməsinə həsr edilmişdir.

Dissertasiya yerinə yetirilmiş elmi işin xülasəsi olaraq, əsas nəticələr və istinad olunmuş ədəbiyyat mənbələrinin siyahısı ilə yekunlaşır.

İŞİN ƏSAS MƏZMUNU

Oksidləşmiş kasıb filiz və tullantıların emalının müasir metod və texnologiyaları haqqında ədəbiyyat icmalı.

Araşdırılan ədəbiyyat materiallarının təhlilinə əsasən müəyənləşdirilmişdir ki, Daşkəsən dəmir filizinin yaş emal tullantılarından sənaye əhəmiyyətli metalların (Co, Cu, Zn, Mn) çıxarılması üçün ən sərfəli yol zəif sulfat turşusu məhlulu ilə aşındırılan topa və yeraltı yuma üsuludur. Həmçinin, göstərilir ki, Daşkəsən filiz hövzəsinin tullantıları öz tərkibinin nadirliyinə görə (Co-ın olmasına görə) digər bu tip tullantılardan fərqlənir. Dünya praktikasında bu tip tullantıların emalı və onların yuyulmasının fiziki-kimyəvi parametrləri və məhluldakı metal ionlarının selektiv ayrılması tam öyrənilməmişdir.

pH-dan asılı olaraq məhlulda metalların ion formalarının mövcudluğunun araşdırılması göstərmişdir ki, məhlulda metalın miqdarından və qatılığından asılı olaraq elementlər müxtəlif tipli hidrosokomplekslər əmələ gətirirlər.

Daşkəsən dəmir filizi tullantılarının xarakteristikası, tədqiqat obyektı və metodikası.

Daşkəsən dəmir filizi yatağı Kiçik Qafqazın Şimal yamacında yerləşir. Dövlət tərəfindən təsdiq olunan dəmir filizinin ehtiyatı 270 milyon tondur. Bu yatağın istismarını hal-hazırda “Daşkəsən Filiz-saflaşdırma” Açıq Səhmdar Cəmiyyəti (ASC) aparır. Cəmiyyətin istehsal etdiyi əsas əmtəəlik məhsullar dəmir filizi konsentratı və xırdalanmış dəmir filizidir. Fabrikdə 1 t filizdən 500 kq-a yaxın hazır məhsul alınır¹.

Fabrikdə gün ərzində 4-5 min ton dəmir filizi çıxarılır. 2018-ci ildə ASC 1.7 milyon ton dəmir konsentratı istehsal etmişdir¹. Konsentrat iki üsulla – quru və nəm (yaş) maqnitli seperasiya yolu ilə alınır.

Zənginləşmə zamanı dəmir filizinin tərkibində olan faydalı komponentlər (Co, Cu, Zn, Mn, Al) filiz ilə birlikdə çıxarılır və emal zamanı bu elementlər müəyyən miqdarda konsentratın tərkibində

¹ <http://www.kepeztv.az/news/id/4340>

qalır, digərləri isə tullantı kimi saflaşdırıcı fabrikin tullantıxanasına atılır.

Tullantıların əsas makroelementləri alüminium, kalsium, dəmir və silisiumdan ibarətdirsə, qiymətli metal kimi maraq doğuran mikroelementləri aşağıdakılardır: kobalt, mis, sink, manqan, qurğuşun, ittrium, sirkonium, arsen və qallium.

Cədvəl 1-də yaş üsulla zənginləşmədən alınan tullantıların fiziki, mexaniki parametrləri verilmişdir. Qranulometrik tərkibə görə tullantıların 70-90%-ni 0.3 mm-dən kiçik hissəciklər təşkil edir.

Cədvəl 1

Tullantıların fiziki və mexaniki parametrləri və orta qranulometrik tərkibi %

Götürülmüş sahələr	Nümunələrin nemliyi. %	Nümunələrin nemli nümunələrin çəkisi. q/sm ³	Nümunələrin quru nümunələrin çəkisi. q/sm ³	orta qranulometrik tərkib (mm). %							
				+ 0.63	- 0.63	- 0.4 + 0.315	- 0.315 + 0.16	- 0.16 + 0.1	- 0.1 + 0.063	- 0.063 + 0.005	- 0.005
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I sahə	12.5	1.89	1.83	1.3	1.9	6.9	42.5	22.3	11.4	7.7	6.0
II sahə	0.74	1.85	1.89	6.5	6.1	17.2	44.8	14.2	5.9	2.3	3.0
III sahə	4.6	1.66	2.0	3.2	3.3	8.8	31.5	20.7	14.7	4.5	13.3

Cədvəl 2

Müxtəlif sahələrdən götürülmüş orta yaş tullantı nümunələrinin kimyəvi tərkibi

Nümunələr götürülmüş sahələr	Maddələrin orta tərkibi, %										
	SiO ₂	Na ₂ O	MnO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	CuO	TiO ₂	CoO
I sahə	47.5	0.54	0.71	15.5	8.06	22.76	3.27	0.88	0.01	0.037	0.51
II sahə	44.0	0.56	0.49	21.2	8.02	12.42	3.45	8.25	0.17	0.4	0.01
III sahə	58.0	0.60	0.36	11.7	5.1	9.1	3.85	9.2	0.05	0.55	0.01

Tullantılarda az miqdar: Co - 27-60 q/t, Cu 432-517 q/t, MnO – 0.24-0.71 q/t, Zn - 155 q/t, Pb – 82 q/t, Y– 27 q/t, Zr – 28 q/t və As - 121 q/t. kimi komponentlər vardır.

Tullantıların mineroloji analizi onlarda hematit (Fe_2O_3) –5.6%; kvars (SiO_2) – 13.3%; pirit (FeS_2) – 1.5%; kalsit (CaCO_3) – 12.8%; dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) – 3.0%; manganokalsit ($(\text{Ca},\text{Mn})\text{CO}_3$) – 2.0%; kaolinit ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) – 12.2%; klinoxlor ($(\text{Mg},\text{Fe}^{2+})_5\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_8$) – 9.3%; andradit $3\text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{SiO}_2$ – 40.3%; minerallarından təşkil olduğunu göstərdi.

Götürülmüş nümunələrdə spektral analiz vasitəsilə aşkar edilmiş mikroelementlər: Ti, Cr, V, Mn, Cu, Zn, Pb, Co, Ni, Ga, Ba, Mo, Zr, Y, Sc, Sr. Tullantıda bu elementlərin qatılıqları 0.0001-0.01% arasında dəyişir.

Termiki (derivatografik) analiz metodundan istifadə edilməklə tullantıların və onun turşu ilə emalından sonrakı qalığın tərkibindəki mineralların aktivliyi və çəki azalması izlənmişdir. Məlum olmuşdur ki, xam tullantıdakı çəki itkisi ümumi kütlənin 2.1%-ini, yumadan sonrakı qalıqda isə 0.12%-ini təşkil edir.

Sonda materialların topa şəklində kimyəvi həllolması və yuyulması metodikası göstərilir. Həmçinin, bu fəsilə təcrübələrin laboratoriya perkolyasiya qurğuları və aşınmanın böyüdülmüş laboratoriya qurğusu haqqında məlumat verilir.

Daşkəsən Dağ-mədən filiz saflaşdırma kombinatının tullantılarından qiymətli komponentlərin perkolyasiya həllolma yolu ilə tədqiqi.

İlkin təcrübələr tullantıdakı metalların effektiv aşınmasını təmin edən həlledicinin növünün axtarışı ilə aparılmışdır. Müxtəlif həlledicilərin (NaOH , NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, H_2SO_4 , CH_3COOH) yoxlanışının müqayisəsi göstərdi ki, tullantıların aşınması üçün ən sərfəli reagent sulfat turşusu məhluludur. Nəzərə alaraq ki, 1 ton tullantının aşınmasına minimum 600 l H_2SO_4 (1 N) sərf olunur (hesablamalarımıza görə). Kənar yerdən reaktiv alınmasın deyərək sulfat turşusunun əldə edilməsi bizim tərəfimizdən alunitin emal məhsullarından olan K_2SO_4 və Na_2SO_4 -ın məhlullarının elektrolizi ilə həyata keçirilmişdir.

Çəkisi məlum olan tullantı (0.3-0.5kq) kalonkalara doldurulub,

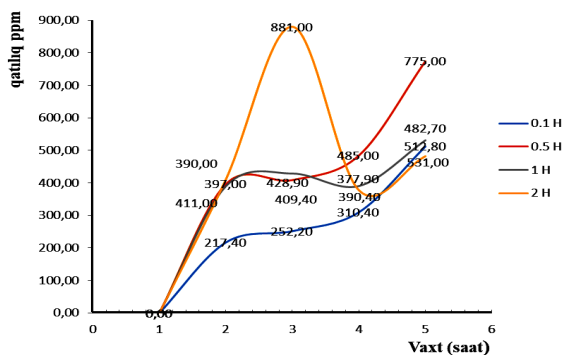
damcı rejimi ilə müxtəlif qatılıqlı sulfat turşusu (0.1-2 N) məhlulu ilə aşınmışdır. Təcrübələr zamanı alınan məhlulların keyfiyyətinə təsir edən faktorlar: yuma məhlulunun qatılığı, vaxt, pH, eH və məhlula çıxan qiymətli komponentlərin miqdarı izlənmişdir. Məhsuldar məhlullarda pH, eH və sərbəst turşuluq izlənmiş, kobalt, manqan, mis, sink, dəmir və digər metallar analiz edilmişdir. Məhlullarda metalların təyini Brüker-S2 Picofox rentgenoflüoresent spektrometrində aparılmışdır. Kalonkalardakı tullantıların yuyulması iki rejimdə: a) aşınmadan alınan məhlullar ilkin turşuluq həddinə (pH=1.5) qədər gətirildikdən sonra yenə yuyulmağa göndərilir; b) metalların çıxımının dinamikasını müqayisəli öyrənmək məqsədi ilə qatılığı məlum olan turşu yeni porsiyalarla tullantılardakı qiymətli komponentləri tam yuyana qədər verilir. Təcrübələr yeraltı yumanı oxşadan spiralvari böyüdülmüş laboratoriya qurğusunda və perkolyasiya sütununun oxşarı olan borularda aparılmışdır. Bu təcrübələrdə tullantının çəkisi 5-10 kq arasında dəyişdirilmişdir.

Tullantıların yuyulmasına tələb olunan sulfat turşusu axarlı olan fərdi qaydada hazırlanmış diafraqmalı elektrodializ qurğusunda alınmışdır. Qurğuda katod kimi paslanmayan polad lövhə, anod kimi qurğuşun lövhədən istifadə edilmişdir. Elektrodlar arasındakı sahə azbest lövhə ilə sərhədlənmişdir. Dəqiqədə 0.25 litr sürətlə axan kalium sulfat məhlulundan 6 V gərginlik və 3 A cərəyan şiddətli cərəyan keçdikdə katod sahəsinin məhlulunda pH=12-13 (qələvi), anod sahəsindəki məhlulda isə pH=2-2.5 olan (turş) mühit yaranır.

Göstərilən elementlərdən sənaye əhəmiyyətli metalları (kobalt, mis, sink və manqan) kimyəvi yolla tullantılardan ayırmaq və qatılaştırmaq tədqiqatımızın əsas məsələsinə daxildir.

İlkin təcrübələr otaq temperaturunda 500 q tullantının 0.1-2 N sulfat turşusu məhlulları ilə damcı üsulu ilə aşındırılması ilə misin məhlula keçən miqdarının izlənməsi ilə aparılmışdır (şəkil 1).

Göründüyü kimi, turşunun qatılığını 0.1 N-dan 2 N-a qədər artırıqda misin məhluldakı qatılığı artır. Çox saylı təcrübələr və hesablamaların müqayisəsi əsasında aşınmaya tələb olunan turşunun qatılığı 1 N götürülmüşdür.



Şəkil 1. Sulfat turşusunun qatılığında asılı olaraq müxtəlif vaxtlarda məhlula keçən misin qatılığı

Damcı rejimi ilə aşınma zamanı alınan məhsuldar məhluldakı metalların qatılıqlarının suvarmanın sayından asılı olaraq dəyişməsinin nəticələri cədvəl 3-də verilmişdir. Aşınmada ilkin məhlulun 30%-i tullantının islanmasına sərf olunur. İlkin məhlulun həcmi 210 ml-ə qədər azalır.

Cədvəl 3

Damcı rejimi ilə suvarma zamanı alınan məhsuldar məhlulda metalların qatılığının dəyişməsi. (suvarma vaxtı - 30 dəq., nümunənin kütləsi - 500 q, H₂SO₄ turşusunun ilkin pH=1.5, yuma məhlulunun həcmi-300 ml)

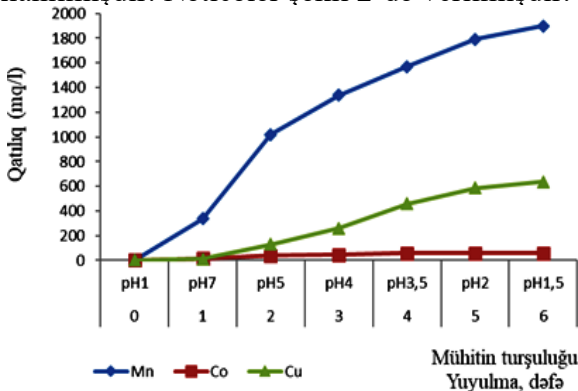
Təcrübələrin sayı		Metalların qatılığı. mq/l						Yumadan sonra məhlulun pH-1
		Ca	Co	Mn	Cu	Zn	Fe	
1	1-ci dövr suvarma	1537	0.89	2.39	0.93	1.5	3.41	8
2	2-ci dövr suvarma	2700	1.52	40.59	2.97	4.09	—	6.96
3	3-cü dövr suvarma	2891	7.57	134	4.66	14.98	—	6.8
4	4-cü dövr suvarma	3116	23.33	294	94.3	33.53	—	6.6
5	5-ci dövr suvarma	3272	31.23	392	228	43.39	—	6.4
6	6-cı dövr suvarma	4047	48.96	568	891	63.10	220	6.0

Altı dəfə yumadan sonra məhlulların pH-ı tədricən 8-dən 6.0-ya kimi enir. İlkin məhlulun pH-nın 1.5-dən 8-ə qalxmasına səbəb tullantıdakı kalsium tərkibli mineralların (kalsit və dolomitin) sulfat turşusunu neytrallaşdırmasıdır (1-ci dövr suvarma). Bu zaman məhlulə keçən əlvan metalların miqdarı çox cüzdür. Bu, ilkin andakı yuyulmuş metal ionlarının hidrolizi və ya onların bərk fazalı səthdə sorbsiyası ilə əlaqələndirilə bilər. 2-ci və 3-cü suvarmada pH 6.96-dan 6.8-ə düşür.

pH-ın belə düşməsi az da olsa əlvan metal ionlarının qatılığında fərq yaradır. Kobalt 8.5; manqan 55; mis 5; sink isə əvvəlki suvarmaya nisbətən 10 dəfə qatılmış olur.

Dördüncü suvarmada pH-ın 6.6-ya düşməsi məhluldakı ionların qatılığının aşkar dərəcədə artmasına gətirib çıxarır. Bu turşuluq həddində (pH=6.6) dəmirin məhlulə keçidi hələlək müşahidə olunmur. Altıncı suvarmadan sonra alınan məhlulun tarazlıq pH-ı 6-ya çatır. Bu zaman kobalt, manqan, mis və sinklə yanaşı dəmirin də məhlulda qatılığı artmış olur (220 mq/l). Birinci suvarma ilə müqayisədə 6-cı suvarmada alınan məhlulda kobalt – 55, manqan – 238, mis – 958, sink – 42, dəmir isə 64 dəfə qatılmış olur.

Növbəti seriya təcrübələr həllolma müddətinin günlər ərzində dəyişməsi ilə aparılmışdır. Yuma məhlulu perkolyatorda 24 saat ərzində saxlanmışdır. Nəticələr şəkil 2-də verilmişdir.



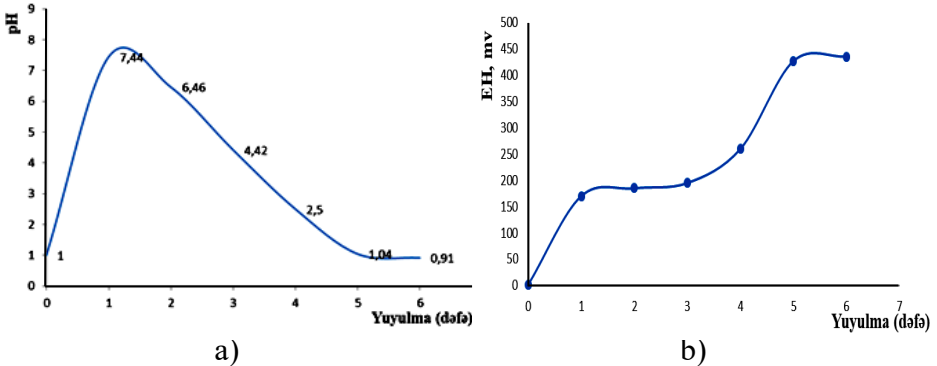
Şəkil 2. Tullantının 1 N sulfat turşusu ilə aşınmasının vaxtdan və məhlulun pH-dan asılılığı. (Tullantının kütləsi- 500 q, B:M=5:1, t=20°C, aşınma müddəti 24 saat)

Göründüyü kimi, yuma mərhələləri və materialın turşu ilə kontakt müddəti artdıqca qiymətli metalların qatılığı məhlulda artmış, pH isə azalmışdır. 1-4-cü günlər ərzində sulanmada pH 7-dən 3.5-ə qədər azalmış, məhlulda metalların qatılığı isə sürətlə artmışdır. Bu hal tullantı hissəciklərinin üst laylarında nazik təbəqələrdə olan fraksiyaların həll olması ilə əlaqələndirilə bilər.

5 və 6-cı aşınmalarda həllolmanın intensivliyində və məhluldakı metalların qatılığında az fərq müşahidə edilir. İntensivliyin aşağı düşməsinə səbəb həlledici molekullarının tullantı hissəciklərinin daxilinə diffuziya etməsinin qeyri-mümkünlüyü nəticəsində reaksiya məhsulunun məhsuldar məhlula az keçməsidir.

Altı yuyulma müddətində (hər dəfə yeni turşu əlavə edilir) pH-ın və oksidləşmə reduksiya potensialının (eH) dəyişməsi şəkil 3 (a) və (b)-də verilmişdir.

Göründüyü kimi, yuyulmaya verilən məhlulun pH=0.95 olduğu halda birinci yumada bu rəqəm 7.44-ə qədər qalxmış, sonrakı yuyulmalarda isə pH=0.91-ə kimi azalmışdır, prosesin oksidləşmə-reduksiya potensialı isə 170 mV-dan 435 mV-a kimi qalxmışdır. Bu onunla izah edilir ki, ilk dəqiqələrdə tullantılarda olan kalsium tərkibli minerallar (kalsit və dolomit) sulfat turşusu məhlulunu neytrallaşdırır (pH qalxır).

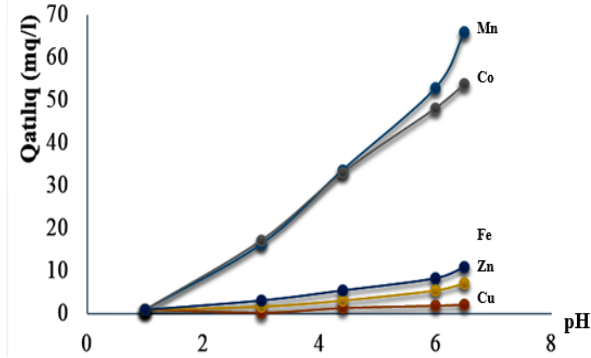


Şəkil 3. Yuma mərhələlərindən asılı olaraq məhlulun pH-ın (a) və oksidləşmə reduksiya potensialının (b) dəyişməsi. (Tullantının kütləsi 500 q, yumada sərf olunan sulfat turşusunun qatılığı – 1 N, B:M=5:1, temperatur - 20°C, damcı üsulu ilə yuma müddəti - 24 saat)

Sonrakı yumalarda isə alınan məhlullarda sulfatlı birləşmələrin hidrolizi nəticəsində turşuluğun qalxması ilə metalların qatılığının artması müşahidə edilir. Beşinci mərhələdə yumada eH-in artması məhluldakı metal və kükürd ionlarının qatılığının dəyişməsi ilə əlaqədardır. Növbəti təcrübələr yeni yuyucu məhlullarla yox, yuyulmadan alınmış məhlulları hər dəfə perkolyasiya kalonkasına (dövrəyə) qaytarmaqla aparılmışdır. Nəticələr şəkil 4-də verilmişdir.

İlk üç dövr aşınmalarda metalların məhlula çıxımı tədricən artdığı halda, məhlulun pH-ı da 3-dən 6.5-ə kimi artmış olur. Manqan və misin məhluldakı qatılığı 65.85 mq/l və 52.99 mq/l olduğu halda, kobalt və sinkin məhluldakı qatılığı 2.18 və 7.09 mq/l olur.

Metalların belə az miqdarda məhlula keçməsi dövr edilən məhlullarda turşuluğun azlığı ilə əlaqədardır. Şəkil 4-dən görüldüyü kimi, 4-cü yumada alınan məhlulun pH-ı 6.5-ə çatmışdır. Bu pH-da dəmir, mis, sink ion şəklində yox, hidroksidlər halında olur. Alınan çöküntülər perkulyatorun aşağı hissəsində dəmir hidroksidləri tərəfindən tutulmuş olur. Bunu məhlulun tarazlıq pH-nın tədricən 3-dən 6.5-ə kimi qalxması ilə izah etmək olar.



Şəkil 4. Yumadan alınan məhlulları dövrəyə qaytarmaqla metalların qatılığının məhlulun pH-dan asılılığı. (1-ci dövrdən alınan məhlulun pH-3; 2-ci dövrdə 4.4; 3-cü dövrdə 6, 4-cü dövrdə 6.5), B:M=1:1.

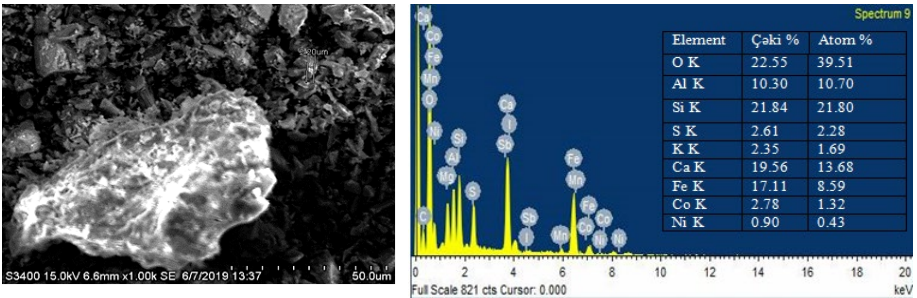
pH>6.5 qiyməti bir sıra metalların: kobalt, mis, sink və dəmirin qatılığının azalmasına gətirib çıxarır. Perkolyatorun aşağı hissəsində (məhlulun çıxacağında) qonur rəngli dəmir hidroksidlərinin yığılması

müşahidə olunur. pH 5.2-6.5 intervalında məhluldakı dəmir - $\text{Fe}(\text{OH})_2$ və $\text{Fe}(\text{OH})_3$ çöküntü formasında olur. Bu pH intervalında Cu^{2+} , Zn^{2+} , Co^{2+} , Al^{3+} ionları çökərək $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -in aktiv səthində adsorbsiya etmiş olur. Təzə çökmüş üçvalentli dəmirin oksidhidroksidli amorf fazası 150 mq-kv/q udma tutumuna malikdir. Vaxt keçdikcə çöküntünün dehidratlaşması (OH^- qrupunun itməsi) nəticəsində dəmir (III) hidroksidin sıxlığı artır və onun həcmi azalması ilə adsorbsiya tutumu da azalmış olur. Turş mühitdə (pH=3) təzə çökmüş $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -də sink və mis ionlarının olması müşahidə edilmir.

Məhlulda Zn^{2+} , Cu^{2+} , Fe^{2+} , Fe^{3+} , Co^{2+} , Mn^{2+} ionları pH artdıqca kationun qatılığından asılı olaraq müxtəlif ion və molekulyar formada olurlar. Çoxsaylı təcrübələrə əsasən belə nəticəyə gəldi ki, əlvan metal tərkibli məhsulların yuyulmasından alınan məhlulların pH-ını 3.5-4-dən yuxarı həddə qədər artırmaq məqsədə uyğun deyil.

Tullantıların tərkibinə daxil olan mineralların oksidləşməsi və səth xassələrinin dəyişməsi.

Mineral fazaların dəyişməsi ilkin xam tullantıda, sulfatlaşmış kütlədə və sulfatlaşmış kütlənin suda həllolmasından alınan kekdə nümunələrin difraktoqramları, mikroşəkilləri və İQ-spektrləri araşdırılmaqla tədqiq edilmişdir.



Şəkil 5. Sulfatlaşmış tullantı kütləsinin SEM-EDS analizi

İlkin tullantının və onun sulfatlaşmış kütləsinin difraktoqramlarının müqayisəsi göstərdi ki, spektrlərdə elə bir fərq yoxdur. Gipsin ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) və epsomitin ($\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) yeni fazaları əmələ gəlsə, arsenopirit və kalsitin intensiv pikləri itir, andraditin intensivliyi isə azalır. Kvars və kvanit mineralları təcrübə

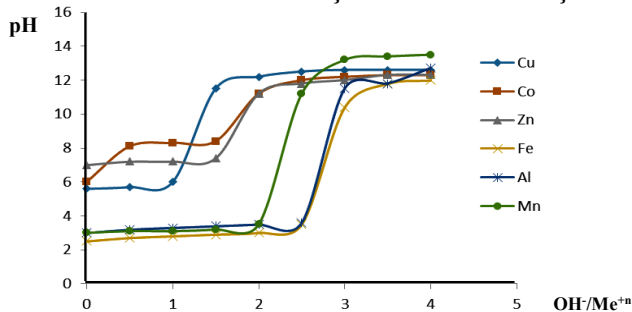
müddətində inertlik göstərib, praktiki olaraq həll olmur. Tullantının və onun sulfatlaşmış kütləsinin 100 dəfə böyüdülmüş mikroşəkillərinin müqayisəsi göstərdi ki, H^+ və SO_4^{2-} -in təsiri ilə nümunədə quruluş dəyişikliyi baş verir ki, bu da fazaların dəyişməsinə, boşluqların yaranmasına, amorfliğun artmasına gətirib çıxarır (şəkil 5).

EDS analizinin nəticələri göstərdi ki, sulfatlaşmış tullantı nümunəsində kalsium - 19.56%, silisium - 21.84%, dəmir - 17.11%, alüminium - 10.30% miqdarındadırsa, maqnezium, kobalt, nikel, kalium və kükürdün miqdarı isə 3%-dən aşağıdır, 0.9-2.78% arasında dəyişir (şəkil 5).

Nümunələrin İQ spektri sulfatlaşmış kütlədə OH^- (3401 və 3542 sm^{-1} , $3000-3600\text{ sm}^{-1}$) və SO_4^{2-} qruplarının (1116 və 602 sm^{-1}) olmasını təsdiqlədi.

Daşkəsən dəmir filizi tullantılarının yuyulması və məhlullardan metalların çökdürülməsi.

Yuma məhlullarının hidrolitik çökmə yolu ilə arsenin təmizlənməsi və selektiv konsentratların alınması təcrübələri ilk anda standart (Cu (II), Zn (II), Fe(II), Fe (III), Mn (II), Co (II)) məhlullarında aparılmış, alınan nəticələr texnoloji məhlullarda yoxlanılmışdır və prosesin optimal şəraiti müəyyənləşdirilmişdir. Kobalt, mis, sink, dəmir, alüminium və manqan sulfatları olan məhlulların fərdi qaydada 0.1 N natrium hidrokسيد məhlulu ilə potensiomtrik titrlənməsinin nəticələri şəkil 6-da verilmişdir.



Şəkil 6. 0.1 N natrium hidrokسيد məhlulu ilə metal ionlarının potensiomtrik titrlənməsi zamanı pH-ın qiymətinin OH^-/Me^{+n} nisbətindən asılılığı.

Əyriyənin xarakterindən görüldüyü kimi, 0.1 N natrium hidrosidlə iki və üçvalentli metalların sulfatlı duz məhlullarının titrlənməsində müxtəlif tərkibli çöküntülər əmələ gəlir. Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Fe^{3+} ionları olan 0.01 M məhlullarda sinkin başlanğıc çökməsi pH-ın 6.4 qiymətində, tam çökmə isə 8.0-də; mis üçün başlanğıc çökmə pH=6.3; tam çökmə pH=7.2-də, kobalt üçün başlanğıc çökmə isə pH=7.5; tam çökmə isə pH=9.2-də; Fe (III) üçün başlanğıc çökmə pH=2.5; tam çökmə pH=4.57-də müşahidə olunur.

İQ-spektroskopiya və kimyəvi analiz yolu ilə bir daha sübut olundu ki, sulfatlı məhlullardan metalların qatılığı 0.01-dən 100 q/l-ə qədər olduqda $MeSO_4 \cdot 3Me(OH)_2$ tərkibli əsasi duz, çox duzlaşdırılmış məhlullardan isə tərkibi $Me(OH)_n$ olan sadə hidrosidlili çöküntülər əmələ gəlir ($Me=Cu^{2+}$, Zn^{2+} , Co^{2+}).

Məhsuldar məhlulun kimyəvi tərkibi və metal ionlarının qatılığına əsaslanaraq biz tərəfdən emalın sadə və ucuz variantı olaraq əhənglə məhluldan dəmir və arsenin tullantı kimi, əlvan metalların isə selektiv hidratlı çöküntü şəklində çökdürülməsi üsulu təklif olunur. Belə ki, arsen yüksək zəhərliyi ilə xarakterizə olunduğu üçün məhlulda onun qatılığı 0.05 mq/l-dən yüksək olmamalıdır. Texnoloji arsen tərkibli məhlullardan arseni ayırmağın ən geniş yayılmış üsulu onun dəmir (III) arsenat (skorodit- $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$) mineralı şəklində çökdürülməsidir.

Dəmir və arsenin texnoloji məhlullardan çökdürülməsi təcrübələrinin nəticələri cədvəl 4-də, kekin kimyəvi tərkibi isə cədvəl 5-də verilmişdir.

Cədvəl 4

Dəmir və arsenin məhluldan çökməsinin nəticələri

CaCO ₃ -in sərfi, q/l	pH	Məhlulda komponentlərin qatılığı, q/l						
		H ₂ SO ₄	Fe	Cu	Zn	Co	As	Al
0	1.0	31.2	13.63	0.64	0.089	0.007	0.23	1.9
30	2	24.5	3.54	0.64	0.089	0.007	0.05	1.9
45	2.8	8.2	1.45	0.64	0.089	0.007	0.02	1.9
60	3.2	4.1	0.1	0.63	0.086	0.007	0.01	1.8

Göründüyü kimi, pH=3.2 qiymətinə qədər çökən dəmir və

arsendir. Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Mg^{2+} ionları isə məhlulda qalır.

Alınmış solğun yaşıl rəngli çöküntünün RFA-sı onun amorf olduğunu göstərdi. Çöküntünün identifikasiyası İQ-spektroskopiya üsulu ilə aparıldı və fazanın $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$ olması təsdiqləndi.

Cədvəl 5

pH=2.8 qiymətində neytrallaşmadan alınan çöküntünün kimyəvi tərkibi (%)

Komponentlər	CaO	Fe	S	Cu	Zn	Co	As
Kütlə payı.%	31.2	35.5	30.1	0.09	0.004	0.003	0.086

Emalın növbəti mərhələsində dəmir arsenli təmizlənmədən alınan filtratda əmtəli mis-sink konsentratının ayrılması üzrə tədqiqat işləri aparılmışdır. İkinci mərhələdən alınan məhlulun pH-ı kalsium karbonat vasitəsi ilə 40°C-də pH=6-ya qaldırıldıqda iki valentli mis, sink və qismən də olsa azacıq kobalt çökmüş olur.

Çöküntülərdə dəmir, mis, sink və kobaltın kütlə paylarının müqayisəsi göstərdi ki, texnoloji turşu məhlullardan tərkibi mis və sinklə zəngin çöküntü almaq üçün məhlulun pH-nı 6-7-dən yuxarı qaldırmaq lazım deyil. pH-ın 9-a qalxması çöküntüdə kobalt və manqanın miqdarının artmasına gətirib çıxarır.

Digər bir yarım fəsil kobalt filizinin sulfatlaşdırıcı emalından alınan məhlullardan əlvan metalların çökdürülməsinə həsr edilmişdir.

Tərkibində eritrit, kobaltın və skutterudit mineralları olan tullantı materialının qatı sulfat turşusu ilə 650°C-də sulfatlaşmasından alınan kütlənin 0.1 N turşu ilə yuyulması nəticəsində kobaltın məhlula keçməsinin yüksək çıxımına nail olunmuşdur. Məhlulda komponentlərin qatılığı aşağıdakı kimi olmuşdur (q/l): Co – 2.17-3.43; Fe – 3.7-9.3; As – 1.305-2.77.

Kobaltla zəngin filizin 1 N sulfat turşusu ilə yuyulmasından alınan məhlulda əlvan metalların çökməsinin nəticələri cədvəl 6-da verilmişdir.

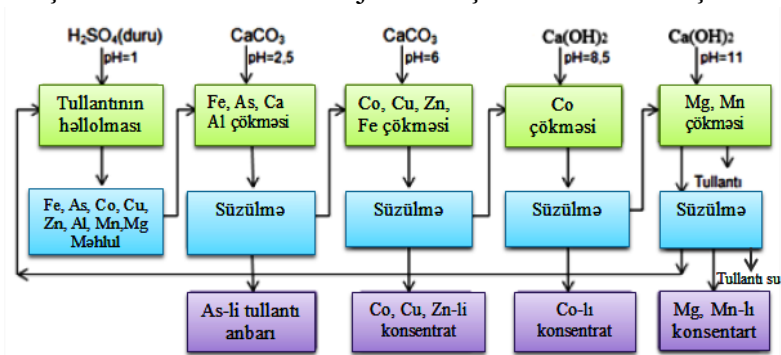
Göründüyü kimi, pH-ın 11 qiymətində məhlulda olan kobalt, mis və sinkin 99%-dən çoxu çökmür. Alınan əlvan metal konsentratlarının fərdiliyi kimyəvi, RFA və İQ spektroskopiya üsulları ilə təsdiqlənmişdir.

Cədvəl 6

Kobaltla zəngin filizin 1 N sulfat turşusu ilə yuyulmasından alınan məhlulda qiymətli komponentlərin çökməsi (V=470 ml)

Məhlulda elementlərin miqdarı. mq/l									
pH	Çöktürünün kütləsi. q	Ca	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	As	S
4.18		283	21.12	12.04	478	10.21	4.34	234.4	328.4
Kekdə elementlərin miqdarı. %									
6	1.095	7.63	0.43	0.307	12.37	0.438	0.11	10.04	10.02
8.5	0.67	7.29	0.162	0.296	2.10		0.124	0.17	5.6
11	0.417		0.98	0.075	17.78			0.11	1.28
Çökmə faizi. %		99.5	99.52	99.90	99.66	99.5	99.0	100	98.8

Texnoloji məhlullardan metalları selektiv konsentratlar şəklində çökdürülməsinin texnoloji sxemi şəkil 7-də verilmişdir.



Şəkil 7. Tullantıların yuma məhlullarından arsenin və metalların selektiv konsentratlar şəklində çökdürülməsi.

Sorbsiya üsulu ilə məhlullardan Co, Cu, Zn, Mn ionlarının çıxarılması.

Metal ionlarının sulfatlı məhlullardan sorbsiyası sənayedə geniş istifadə olunan Tovuz rayonunun Aydağ yataqlı seoliti ilə öyrənilmişdir. Seolitlər qələvi və qələvi-torpaq metallarının alüminosilikatlarından ibarət kristallaşma suyu saxlayan təbii minerallardır. Yüksək sorbsiya tutumu xassəsi, ucuz əldə edilməsi və təbiətdə geniş yayılması seolitlərdə əlvan metal ionlarını məhlullardan çıxarıb, qatılaşdırmaq imkanı yaradır.

Təbii seolitlər əlvan metal ionlarına qarşı aşağı həcm tutumunda selektivdirlər. Əlvan və nadir metal ionlarına qarşı selektivliyi artırmaq məqsədi ilə seolitlərin sorbsiya etmə xarakteristikasını üzvi reagentlərlə modifikasiya yolu ilə həyata keçirirlər. Əlvan metal ionları ilə davamlı kompleks sabitliyi göstərən monoetanolaminlə (MEA) modifikasiya olunan seolitlərin selektiv sorbent olması laboratoriyada təcrübələrlə sübut olunmuşdur. Modifikator kimi istifadə etdiyimiz MEA-də əsaslıq xassəsi həm -OH, həm də -NH qruplarına görə təyin edilir. MEA xüsusi xelat əmələgətirən liqand olub, qələvi torpaq metallarını sorbsiya etmir.

Daşkəsən filiz hövzəsindən götürülmüş tullantıların topa həll olmasından alınan məhlullardan mis, sink, kobalt, manqan və alüminiumu hidrolitik çökdürmə yolu ilə selektiv konsentratların alınması zamanı aparılan tədqiqatlar göstərdi ki, məhluldakı ionları tam çökmür. Məhlulda qalan ionların sorbsiya yolu ilə çıxarılması maraqlıdır.

Məhlullardan əlvan metal kationlarının (Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} və Mn^{2+}) adsorbsiyası dinamik və statik rejimdə, həm təbii, həm də modifikasiya olunmuş seolit nümunələrində yoxlanılmışdır. İlkin, MEA-lə modifikasiyalaşmış və sorbsiyadan sonrakı nümunələrin İQ-spektrləri çəkilmiş, alınan nəticələrə görə sorbsiyanın seolitlərin səthindəki monoetanolaminlə metal kompleksinin əmələ gəlməsi ilə baş verdiyi ehtimal olunur. Kompleksəmələgəlmə amin qrupunun azotu və spirt qrupunun oksigeni vasitəsi ilə həyata keçirilir. Təcrübi nəticələr seolit maddəsinə görə sorbsiya tutumu ST (mq/q) və sorbsiya dərəcəsi (R , %) kimi ifadə olunmuş, aşağıdakı formullarla hesablanmışdır:

$$ST = (C_0 - C_{tar}) \frac{V}{m}$$

$$R = \frac{C_0 - C_{tar}}{C_0} \cdot 100\%$$

Burada ST – statik həcm tutumu (mq/q),

C_0, C_{tar} - məhlulda ionların ilkin və tarazlıq qatılıqları, mq/l

V - məhlulun həcmi, l

m - sorbentin kütləsi, q

Adsorbsiya izoterminin təsvirində Ləngmür tənliyindən istifadə edilmişdir.

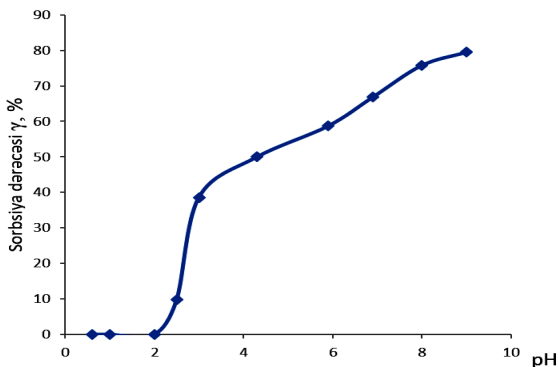
$$ST = \frac{ST_{\max} \cdot k \cdot C}{1 + k \cdot C}$$

Burada ST_{\max} – adsorbsiya tutumunun son həddi, mq/q

k- adsorbsion tarazlıq sabiti

Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} və Mn^{2+} ionlarının adsorbsiya dərəcəsinə məhlulun pH-ı təsir edir. Belə ki, pH-dan asılı olaraq molekulun elektrolitik dissosiasiyası dəyişmiş olur. Texnoloji məhlullarda ən qiymətli metal kobalt sayıldığı üçün məhluldan onun sorbsiyası tədqiq edilmişdir. İonitin sorbsiya tutumunun $CoSO_4$ məhlulunun pH-dan asılılığı şəkil 8-də verilmişdir.

Alınan nəticələrə görə, belə qənaətə gəlmək olar ki, kobaltın məhluldan sorbsiyası üçün optimal pH 6-8 arasında ola bilər. Qüvvətli turş mühitdə (pH=1-2) kobaltın sorbsiyası müşahidə olunmur.



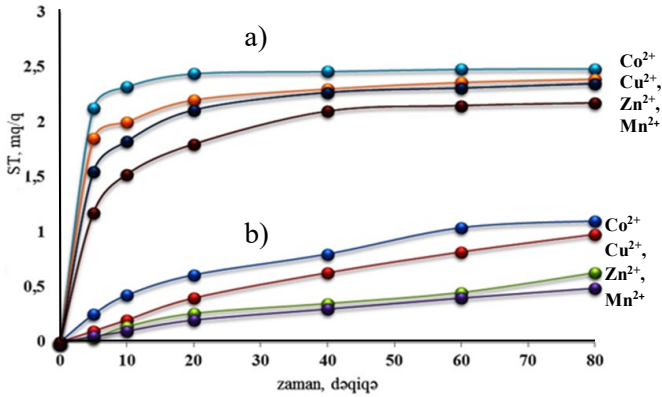
Şəkil 8. İonitin sorbsiya dərəcəsinin $CoSO_4$ məhlulunun pH-dan asılılığı. ($C_{Co^{2+}}=1$ q/l, kontakt müddəti 1 gün, $m_{ionit} = 1$ q, $V_{məhlul}= 0.1$ l.)

Göründüyü kimi, məhlulun pH-nın aşağı qiyməti ionitin sorbsion xarakteristikasına nəzərə çarpacaq dərəcədə təsir göstərir, daha dəqiq desək, H^+ -ionunun təsiri ilə modifikasiyalaşmış seoliddəki qələvi qruplarının reaksiyaya girmək qabiliyyəti azalmış olur.

Həmçinin, ilkin təcrübələr göstərdi ki, pH-ın artması kobaltla yanaşı, mis, sink və manqanın da modifikasiya olunmuş seolitlə

sorbsiya dərəcəsinə artırır. Qüvvətli turş mühitdə (1 N H₂SO₄) bu metalların sorbsiyası baş vermir. Bu onunla izah edilir ki, turş məhlullarda bu ionları ionıtdən desorbsiya etmək olar.

Aydağ yataqlı təbii seolitə və onun monoetanolaminlə modifikasiya olunmuş nümunəsinin məhluldan Co²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ və Mn²⁺ ionlarını pH=6 qiymətində sorbsiyasının müxtəlif vaxtlarda kinetik qiymətləri şəkil 9-da verilmişdir.



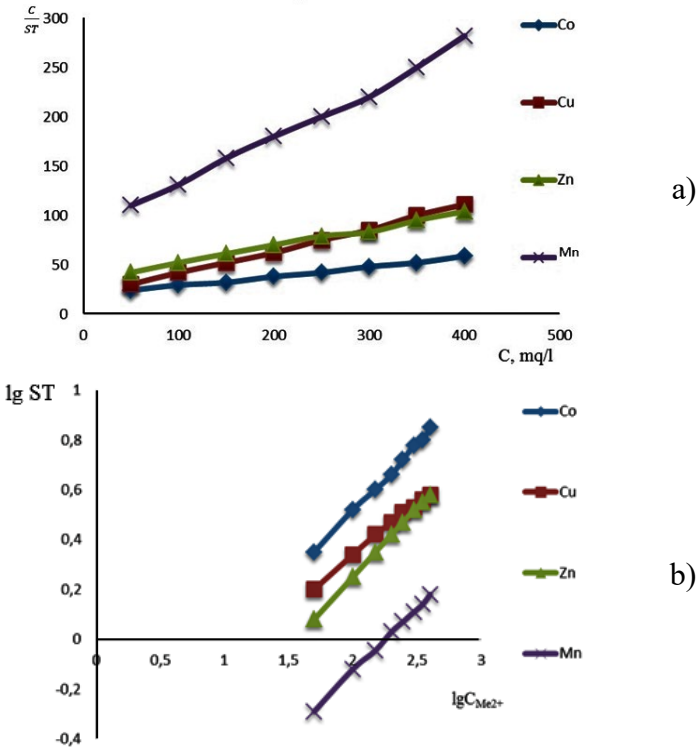
Şəkil 9. Seolitə Co²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ və Mn²⁺ ionlarının sorbsiya tutumunun kontakt müddətindən asılılığı. (C_{Me²⁺} =100 mq/l, pH=6, t=20° C, m=1q, V_{məhlul}= 0.2 l)

Modifikasiya olunmuş (a) və olunmamış (b) seolitə sorbsiya tutumlarının müqayisəsi göstərdi ki, MEA-lə modifikasiya olunmuş seolitdə Co²⁺, Cu²⁺, Zn²⁺ və Mn²⁺ ionlarının sorbsiyası ilk 15 dəq. müddətində yüksək sürətlə baş verir. Sorbsiyanın sonuna doğru sürət azalır və sistemdə tarazlıq bütün ionlar üçün 1 saat müddətində yaranır. Bu zaman 98.1% Co²⁺, 95.6% Cu²⁺, 94% Zn²⁺ və 87% Mn²⁺ sorbsiya olunmuş olur. Halbuki, bu müddət ərzində modifikasiya olunmamış seolit məhluldan 40% Co²⁺, 33% Cu²⁺, 19% Zn²⁺ və 17% Mn²⁺ sorbsiya etmiş olur.

Seolitlərin sorbsiya tutumlarının da müqayisəsi (şəkil 9) göstərdi ki, modifikasiyalaşma seolitə aktivliyini dərəcələrlə artırır. Fərdi məhlullardan metalların ilkin qatılığı 100 mq/l olduqda MEA-lə modifikasiya olunmuş seolitə sorbsiya tutumu Co üçün 2.5 mq/q, Cu üçün 2.4 mq/q, Zn üçün 2.35 mq/q, Mn üçün isə 2.2 mq/q

qiymətləri almış olur. Nəticələr modifikasiya olunmamış seolitle müqayisədə 4 dəfə yüksək olur (şəkil 9). Metal ionlarının adsorbsiya qabiliyyəti aşağıdakı sıra ilə azalmış olur: $\text{Co}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$.

Tədqiq olunan hər bir ionun sorbsiya xarakteristikasının hesablanması Ləngmür və Freyndlix tənlikləri ilə aparılmışdır. Alınmış təcrübi nəticələrin Ləngmür və Freyndlix tənliklərindəki xətti şəkil dəyişdirilməsi nəticələri şəkil 10 (a) və (b) göstərilmişdir.

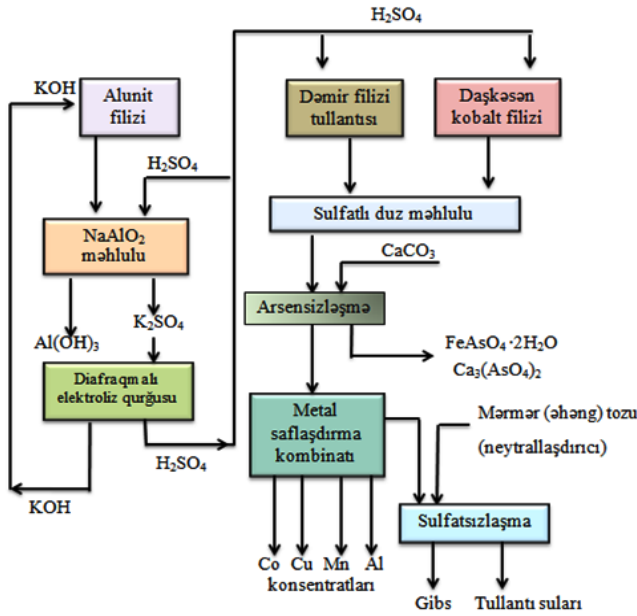


Şəkil 10. Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} və Mn^{2+} ionlarının adsorbsiyası üçün Ləngmür (a) və Freyndlix (b) izotermləri

Tədqiqatlardan alınmış nəticələr sorbsiya prosesinin iki mexanizm üzrə: ionmübadilə və donor-akseptor mexanizmləri üzrə getməsinə ehtimal etməyə imkan verir. İndəyişmə mexanizmində ehtimal edilir ki, məhlullardan Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} və Mn^{2+} ionlarının seolitle sorbsiyası seolitdəki H^+ və OH^- qruplarının əvəzlənməsi yolu

ilə, həmçinin, seolitdəki Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+ kationlarının ağır metal ionları ilə əvəz etməklə həyata keçirilir. İondəyişmənin təsiri ilə yanaşı modifikasiya olunmuş seolitlə sorbsiya olunan metal kationları (Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Mn^{2+}) arasında möhkəm rabitələrin əmələ gəlməsi də sorbsiyaya səbəb ola bilər.

Aparılan tədqiqatlar nəticəsində Daşkəsən dəmir filiz zənginləşdirmə tullantılarından alınan məhlullardan Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} və Mn^{2+} ionlarının çıxarılmasının prinsiplial texnoloji sxemi işlənib hazırlanmışdır (şəkil 11).



Şəkil 11. Daşkəsən Filizsaflaşdırma kombinatının tullantılarından Co, Cu, Mn, Al-un çıxarılmasının prinsiplial texnoloji sxemi

Daşkəsən dəmir zənginləşdirmə kombinatının tullantılarındakı (“Plyaj” adlanan tullantı) metalların iqtisadi potensialı.

Daşkəsən mineral tullantılarının qiymətli metal potensialı çox yüksək olduğu üçün hasilatın təşkili nəticəsində «Daşkəsən Filizsaflaşdırma» ASC şirkətinin iqtisadi fəaliyyətinə töhfə verməklə

yanaşı, ölkə sənayesinin müvafiq metal ehtiyacını müəyyən qədər ödəyəcək, ekologiyaya zərər verən ağır metallardan azad olmuş tullantıların çeşidli sahələrdə istifadəsinə və ərazinin rekultivasiya edilməsinə yol açacaqdır.

Təqdim edilən texnoloji sxemin həyata keçməsi nəticəsində 20 milyon ton tullantıdakı metalların 50%-i çıxarılsa belə, ayrılıqda mis, sink, kobalt və manqan konsentratlarını almaqla, iqtisadi cəhətdən 167.74 milyon dollar qazanc əldə edilə bilər. Bütün göstərilən məlumatlar ona əsas verir ki, saflaşdırıcı fabrikin tullantıxanasından yenidən kompleks şəkildə aşınma üsulu ilə emal etməklə kobaltı, mis, sinki və manqanı məhlula keçirib, bu elementləri hidrolitik çökdürmə və ya sorbsiya üsullarından istifadə etməklə müvafiq konsentratlar almaq olar. Aşınmadan sonra tullantıxanada yığılmış qum və çınqıldan tikinti materialı kimi istifadə etmək olar.

NƏTİCƏLƏR

1. Daşkəsən dəmir filizinin zənginləşdirmə tullantılarında iqtisadi cəhətdən əlverişli olan metallar müəyyənləşdirilmiş, müxtəlif yerlərdən və dərinliklərdən götürülmüş nümunələrin ilkin kimyəvi və mineroloji analizi aparılmış, tullantıların fiziki-mexaniki xüsusiyyətləri araşdırılmışdır [3]. Filizsaflaşdırma kombinatının tullantılarından qiymətli komponentlərin perkolyasiya üsulu ilə həllolma, diafrqmalı elektroliz, hidrolitik çökmə və sorbsiya üsullarından istifadə etməklə çıxarılmasının səmərəli parametr və rejimləri müəyyənləşdirilmişdir [2].

2. Təcrübələr zamanı alınan məhlulların keyfiyyətinə təsir edən faktorlar (yuma məhlulunun qatılığı, yuma müddəti, məhlulların pH və eH-1, B:M fazalar nisbəti və s.) müəyyənləşdirilmişdir. Tullantıların yuyulmasına tələb olunan sulfat turşusu axarı olan, fərdi qaydada hazırlanmış diafrqmalı elektrodializ qurğusunda Daşkəsən-Zəylik yatağındakı alunitin qələvi vasitəsi ilə topa həllolmasından alınan K_2SO_4 duzunun elektrolizindən alınmışdır [2].

3. Tədqiq olunan tullantının 1 N sulfat turşusu ilə həll olunmasının qanunauyğunluğu öyrənilmişdir. Turşu məhlulu ilə altı mərhələli yuma zamanı ilkin mərhələdə pH 0.95-dən 7.44-ə qədər

yüksəlmiş, sonrakı mərhələlərdə turşuluq azalmağa başlamış, son 6-cı mərhələdə isə pH-ın qiyməti 0.91-ə düşmüşdür. Prosesin oksidləşmə-reduksiya potensialı isə 170 mV-dan 435 mV-ə qədər qalxmışdır. Perkolyasiya kolonkalarında (sütunlarda) yumadan alınmış məhlulların qatılığı aşağıdakı kimi olmuşdur: (I nümunə) pH=2; Al-3.23 q/l; Fe-13.63 q/l; Mn-1.89 q/l; Cu- 0.64 q/l; Co-5.8 mq/l; Zn-89.16 mq/l; (II nümunə) pH=4.8; Ca-223 mq/l; Mn-1383 mq/l; Co-478 mq/l; Cu-5.8 mq/l ; Zn-4.34 mq/l. 6 dəfə yumadan sonra məhlula keçən metalların çıxım faizi belə olmuşdur: 65.9% Co; 30.5% Cu; 25.1% Zn; 17.5% Mn; 4.1% Fe; 1.82% Al [1, 6].

4. Texnoloji məhlullardan qiymətli metalların (Co, Cu, Zn, Mn) çıxarılıb qatılaşdırılması və arsenin zəhərlilik dərəcəsinin azaldılması məqsədi ilə hidrolitik çökmə və iondəyişdirici sorbsiya üsullarından istifadə olunmuşdur. Məhlullarda metalların selektiv konsentratlar şəklində alınmasını təmin edən pilləli neytrallaşma metodundan istifadə etməklə [1, 6]:

- Məhlulun pH-nı əhəngdaşı ilə 2.5-4-ə qaldırdıqda, ondakı arsenin $\text{Ca}_3(\text{AsO}_4)_2$ və FeAsO_4 şəklində çökməsi nəticəsində (99.9%) qablaşdırılıb saxlanılan, ekoloji cəhətdən qorunan məhsul alınmışdır [15].

- Məhlulun pH-ı 4.0-dən 6.0-a kimi qaldırdıqda Cu, Zn, Co-lı konsentrat alınmışdır.

- Məhlulun pH-ı 6.0-dən 8.5-ə kimi qaldırdıqda Co-lı konsentrat, pH 11-də isə Mg və Mn-lı konsentrat alınmışdır.

5. Tərkibində eritrit, kobaltın və skutterudit mineralları olan tullantı materialının qatı sulfat turşusu ilə 650°C -də sulfatlaşmasından alınan kütlənin 0.1 N turşu ilə yuyulması nəticəsində kobaltın məhlula keçməsinin yüksək çıxımına nail olunmuşdur. Məhlulda komponentlərin qatılığı aşağıdakı kimi olmuşdur (q/l): Co – 2.17-3.43; Fe – 3.7-9.3; As – 1.305-2.77. Alınan məhlullardan dəmirin arsen ilə birlikdə əlvan metal ionlarından ayrılmasının optimal şəraiti müəyyənləşdirilmişdir. Məlum olmuşdur ki, otaq temperaturunda məhluldan solğun yaşıl rəngli amorf çöküntü, 90°C temperaturda isə kristallik çöküntü ($\text{FeAsO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) alınır [11, 15].

6. Fiziki-kimyəvi analiz metodları ilə tullantıların tərkibinə

daxil olan mineralların qatı sulfat turşusu ilə oksidləşməsi və səth xassələrinin dəyişməsi tədqiq edilmiş və belə nəticəyə gəlinmişdir ki, sulfat turşusu ilə aşınma materialdakı mineralların sızma xassələrini yüksəltməklə əlvan metalların məhlula çıxımını artırır [11].

7. Əlvan metal tərkibli konsentratlar ayrıldıqdan sonrakı məhlullardan mis, sink, kobalt və manqan ionlarının monoetanolaminlə modifikasiya olunmuş təbii seolitlərlə sorbsiyasının qanunauyğunluqları öyrənilmişdir. Alınan nəticələrdən məlum olmuşdur ki, monoetanolaminlə modifikasiya olunmuş seolit texnoloji məhlullardan Co^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} və Mn^{2+} ionlarını ayıran effektiv sorbent kimi istifadə oluna bilər. Aşkar olunmuşdur ki, metal ionlarının adsorbsiya xassəsi həm məhlulun pH-ından, həm də metal ionlarının ilkin qatılığından asılıdır. Aminlə modifikasiya olunmuş seolitdə metal ionlarının sorbsiyasının seçicilik sırası aşağıdakı kimi olmuşdur: $\text{Co}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Mn}^{2+}$. Tədqiq olunan sistemlərin adsorbsiya üzrə nəticələri Lənqmür və Freyndlix izotermlərinə görə araşdırılmışdır. Məlum olmuşdur ki, təcrübi nəticələr Lənqmür sahəsi ilə üst-üstə düşür [9].

8. Aparılan tədqiqatlar nəticəsində Azərbaycanda ilk dəfə filiz tullantılarından təbiətə ziyan vurmada faydalı metalların yuma üsulu ilə hasilat texnologiyası işlənib hazırlanmışdır. Laboratoriya şəraitində yeraltı aşındırma prosesini modelləşdirən sınaq stendi hazırlanmışdır. Tədqiq edilən texnoloji sxemin həyata keçməsi ayrılıqda kobalt, mis, sink və manqan konsentratlarını (metalların qatılıqları 26-30%-ə qədər çatır) almaqla, iqtisadi cəhətdən 167.74 milyon dollar qazanc gətirə bilər [2].

DİSSERTASIYA İŞİ ÜZRƏ AŞAĞIDAKI ELMİ ƏSƏRLƏR ÇAP EDİLMİŞDİR:

1. Гейдаров, А.А. Исследование перколяционного выщелачивания ценных компонентов из хвостов обогащения Дашкесанского ГОК-а / А.А.Гейдаров, Ч.М.Кашкай, А.А.Гулиева, Г.А.Курбанзаде, М.К.Махмудов, З.Р.Джафаров // Химические Проблемы, – Баку: – 2016. 1 (14), – с. 17-26.
2. Haydarov, A.A. Recovery of precious metals from Dashkesan mineral tailings by combined methods / A.A.Haydarov, Ch.M.Kashkay, A.A.Guliyeva, A.B.Huseynova, A.N.Aghayev, Z.R.Jafarov // Azerbaijan Chemical Journal, – Baku: – 2016. 3, – p. 121-130.
3. Heydərov, A.Ə., Quliyeva, A.A., Kələntərova, S.X., Məmmədova, L.M., Kaşqay, Ç.M., Ağayev, Ə.N., Cəfərov Z.R. Daşkəsən dəmir filizinin emal məhsullarından qiymətli metalların yuyulub çıxarılması şəraitinin tədqiqi // M.Nağıyev adına Kataliz və Qeyri-üzvi Kimya İnstitutunun 80 illik yubileyinə həsr olunmuş respublika elmi konf., – Bakı: – 15-16 noyabr, – 2016, – s. 308-310.
4. Mahmudov, M.K., Haydarov, A.A., Guliyeva, A.A. Corption concentration of ions of non-ferrous metals by modified natural zeolites from technoqenic solutions // Türkiyə-Ulusal Kimya Konqresi, – Ankara: – 10-14 eylül, – 2017, – p. 72.
5. Heydərov, A.Ə., Quliyeva, A.A., pH-ı tənzimləməklə sulfatlı məhlullardan hidrolitik yolla arsenin təmizlənməsi və selektiv Cu, Zn, Co, Mn konsentratlarının alınması // Akademik Rəfiqə Əlirza qızı Əliyevanın 85 illik yubileyinə həsr olunmuş Beynəlxalq elmi konf., – Bakı: – 16-17 noyabr, – 2017, – s. 221.
6. Kashkay, Ch.M., Heydərov, A.Ə., Quliyeva, A.A. Müasir hidrometallurgiya üsulları ilə nəcib və əlvan metalların filizlərdən və tullantılardan emalı // Metallurgiya və materialşünaslığın problemləri mövzusunda 2-si Beynəlxalq Elmi-texniki konfransın materialları, – Bakı: – 28-30 noyabr, –

2017, – s. 66-68.

7. Haydarov, A.A. Purification of sulphate contained technological solutions from arsenic by hydrolytic precipitation and receiving of selective Cu, Zn, Co, Mn concentrates / A.A.Haydarov, A.A.Guliyeva, A.B.Muradova, A.X.Qurbanzade // Azerbaijan Chemical Journal, – Bakı: – 2017. 4, – p. 78-85.
8. Guliyeva, A.A. Haydarov, A.A., Mahmudov, M.K. Applying by modified natural zeolites for extraction non-ferrous metals // Euro-Eco Hannover International symposium, – Hannover: – 2 December, – 2017, – p. 13-14.
9. Guliyeva, A.A. Sorption recovery of cobalt, copper, zinc, and manganese ions from technical solutions by modified natural zeolites / A.A.Guliyeva, A.A.Haydarov, M.K.Makhmudov, N.M.Kasumova // Russian Metallurgy, – 2018. № 7, – p. 605–613.
10. Heydərov, A.A. Sulfat turşusu mühitində gallium (III)-un di-(2-etilheksil) fosfat turşusunun kerosindəki məhlulu ilə ekstraksiyası / A.A.Heydərov, L.T.Tağıyeva, A.A.Guliyeva, E.A.Teymurova, G.İ.Alişanlı // Kimya problemləri, – Bakı: – 2019. № 2 (17), – s. 330-338.
11. Quliyeva, A.A. Kobalt tərkibli filizlərin emalından alınan sulfatlı məhlullardan arsenin FeAsO_4 şəklində ayrılması // – Bakı: Azərbaycan Texniki Universiteti, Elmi Əsərlər, – 2019. № 2, – s. 150-158.
12. Guliyeva, A.A. Study of the surface properties of minerals in the composition of tails of Dashkesan iron ores // Azerbaijan Chemical Journal, № 4, 2019, p.48.
13. Heydərov, A.Ə., Quliyeva, A.A., Alişanlı, G.İ. Kazımova, E.M. Daşkəsən dəmir filizinin emal tullantıları bəzi metalların hasilat mənbəyidir // Ümummillî Lider Heydər Əliyevin anadan olmasının 96-cı ildönümünə həsr olunmuş doktorant, magistrant və gənc tədqiqatçıların “Kimyanın aktual problemləri” XIII Beynəlxalq Elmi Konfransı Materialları, – Bakı: – 15-16 may, – 2019, – s. 41-42.
14. Гулиева, А.А., Гейдаров, А.А., Алышанлы, Г.И. Новый подход к переработке хвостов обогащения Дашкесанского

горно-обогатительного комбината // Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun 90 illik yubileyinə həsr olunmuş “Müasir kimyanın aktual problemləri” mövzusunda Beynəlxalq Elmi Konfrans, Bakı: – 2-4 oktyabr, – 2019, – s. 254.

15. Heydarov, A.A., Gulieva, A.A., Taghiyeva, L.T., Alışanlı, G.I. An innovative approach to arsenic deposition by hydrolytic sedimentation // Azərbaycan və Türkiyə Universitetləri: təhsil, elm, texnologiya I Beynəlxalq elmi-praktiki konfransı, – Bakı: – 18-20 dekabr, – 2019, – p. 205.

Dissertasiyanın müdafiəsi “18” iyun 2021-ci il tarixində saat 10⁰⁰-da Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası akademik Y.H.Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun nəzdində fəaliyyət göstərən ED 1.17 Dissertasiya şurasının iclasında keçiriləcək.

Ünvan: Bakı şəhəri, Xocalı prospekti, 30. AZ 1025,

Dissertasiya ilə AMEA akademik Y.H. Məmmədəliyev adına Neft-Kimya Prosesləri İnstitutunun kitabxanasında tanış olmaq olar.

Dissertasiya və avtoreferatın elektron versiyaları www.nkpi.az rəsmi internet saytında yerləşdirilmişdir.

Avtoreferat 17 may 2021-ci il tarixində zəruri ünvanlara göndərilmişdir.

Çapa imzalanıb: 08.05.2021

Kağızın formatı: A5

Həcm: 39900

Tiraj: 100