

**TÜRKMENISTANYŇ BILIM MINISTRIGI
TÜRKMEN POLITEHNIKI INSTITUTY**

M. KELOWA

ÝODUŇ WE BROMUŇ TEHNOLOGIÝASY

Hünär: “Organiki däl maddalaryň himiki tehnologiýasy”



AŞGABAT - 2010

GIRIŞ

Hormatly Prezidentimiz Gurbanguly Berdimuhamedow öz çykyşlarynda ýurdumyzyň ägirt uly resurs potensialyna eýedigini, tebigy baýlyklarmyzyň ýurdumyzyň, halkymyzyň abadançylygyny üstünlikli ösdürmegiň möhüm faktory bolup durýandygyny, bu baýlyklary hemme taraplaýyn oýlanyşykly amala aşyrmagy başarmalydygymyzy belläp geçýär.

Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň täze ykdysady syýasatynda ägirt uly eksport potensialy bolan, halk hojalygynyň iň perspektiwaly pudaklarynyň biri – himiýa industriýasyna möhüm ähmiýet berilýär.

Ýod önümçiligi ýurdumyzyň himiýa senagatyny ösdürmegiň geljegi uly ugurlarynyň biridir. Munuň özi Türkmenistanda örän baý çig mal serişdeleriniň bolmagy, dünýä bazarynda ýoda bolan islegiň artmagy bilen şertlendirilýär. Türkmenistanda ýod öndürmek boýunça desgalaryň taslamasy we gurluşygy babatda halkara bäsleşigi ygylan edildi.

Ýurdumyzyň bu gymmatly önümi öndürýän öndebaryjy himiýa kärhanalarynda önümçilik kuwwatlyklarynyň we ähli çig mal pudaklarynyň giň möçberde durkuny täzelemek göz önünde tutulýar. Şol kärhanalar Balkanabadyň ýod we Hazaryň himiýa zawodlarydyr. Himiýa pudagynyň kärhanalaryny häzirki zaman enjamlary bilen tehniki taýdan gaýtadan enjamlaşdyrmak we täze önümçilikleri döretmek Türkmenistanda ykdysady pudagy ösdürmegiň ileri tutulýan ugurlaryň biri bolup durýar.

2020-nji ýyla çenli Türkmenistan gymmatly himiýa çig malynyň öndürilişini her ýylda 1550 tonna ýetirmegi göz önünde tutýar. Şunuň ýaly ýokary ösüş derejesine zawodlaryň ikisinde olary döwrebaplaşdyrmak bilen önümçilik kuwwatlyklaryny artdyrmagyň hasabyna ýetmek göz önünde

tutulýar. Balkanabadyň ýod zawodynyň, Boýadagyň ýod bölüminiň hersinde bir desga, Hazaryň himiýa zawodynda üç desga hereket edýär.

Häzir ýurdumyzda möhüm döwlet maksatnamasynyň çäginde ilaty ýodlaşdyrylan duz bilen üpjün etmek baradaky wezipe üstünlikli çözüldi.

Ýod we beýleki himiýa önümlerini öndürmek üçin bar bolan mineral çig malynyň gory boýunça Türkmenistan dünýäde ilkinji orunlaryň birini eýeleýär. Bu baýlygyň netijeli peýdalanylmagy ýod-bromly suw ýataklaryny toplumlaýyn özleşdirmegiň maksatnamasyny durmuşa geçirmäge kömek eder. Öňden işläp gelýän tehnologiýa ulgamlaryň döwrebaplaşdyrylmagy we çig mal binýadynyň durkunyň täzelenilmegi kärhana önümleriniň möçberini artdyrmaga we hilini ýokarlandyrmaga mümkinçilik berer.

Business inintiative Direktions Halkara seçip alyş komiteti (B.I.D.) 1999-njy ýylda Hazaryň himiýa zawodyna hil üçin halkara Altyn ýyldyzyny berdi. Ol has takygy kärhananyň esasy önümi bolan tehniki ýodyň hili üçin berildi.

Ýerasty suwda diňe bir ýod we brom bolman, natriý hloridleri, kalsiý, magniý we beýleki gymmatly himiýa maddalary bar. Köp babatda olaryň, netijeli peýdalanylmagyny häzirki zaman bazarlary kesgitleýär. Bu ýerde skwažinalary abatlamak we önümçilik kuwwatlyklary artdyrmak bilen bir wagtda bromly demriň, ozokeritiň, tehniki uglerodyň, agardyjy serişdeleriň, aýakgap kreminiň, şeýle hem magnit suwuklygynyň, posa garşy ulanylýan serişdeleriň hem-de önümleriň beýleki görnüşlerini içerki we daşarky bazarlaryny öwrenmek barada uly işler geçirilýär.

I. UMUMY MAGLUMATLAR

Ýod tebigatda örän seýrek duşýan elementdir. Ýod 1811-nji ýylda fransuz himigi Kurtua tarapyndan açylýar. 14 ýyl soň bolsa fransuz alymy Balard brom elementini açýar. Bromuň we ýoduň senagat önümçiligi XIX asyrdan başlanýar.

Ýod we onuň birleşmeleri gymmat bahaly himiki önümlerdir we dünýä bazarynda olara bolan islegler barha artýar. Ýoduň esasy ulanylýan ýeriniň medisnadygyny hemmeler bilýär. Emma, ondan başga-da ol surat çykarmak üçin ulanylýan materiallary, katalizatorlary, ýoduň duzlaryny, onuň organiki birleşmelerini öndürmekde hem-de seýrek aşgar metallarynyň käbirini (rubidiý we seziý) arassalap almakda we beýleki önümçiliklerde ulanylýar.

Tehniki brom - sintetiki derman serişdelerini (bromkamfora, bromizowal, lewomisetin, sintomisin, fenobarbital we ş.m.), zäherli himikatlary (geterofos, bromly metil we beýl.), penoplast, boýaglary almakda ulanylýar. Brom we onuň birleşmeleri surat çykarmakda, ýangyn söndüriji serişdeleriň önümçiliginde (brometil, bromly metilen we beýl.), gidrawliki suwuklyklary almakda, motor ýangyjynyň önümçiliginde ulanylýar. Şeýle hem agardyjy serişde, sintetiki kauçuk, syýa, mineral boýaglar alnanda, deri senagatynda we beýl. ulanylyşy artýar.

1.1. Türkmenistanyň ýod we brom önümçilikleri barada

1.1.1. «Hazar» himiýa zawody

«Hazar» himiýa zawody (öňki Çeleken himiýa zawody) günbatar Türkmenistanyň köne we himiýa senagatynyň iri kärhanalarynyň biridir. Hazaryň himiýa zawodynyň öndürýän önümleri: tehniki ýod, demir bromidi, kaliý ýodidi, ýodoform, aklaýjy serişde, maldarçylyk üçin kaliý ýodaty "ÇDA" markaly,

tehniki kömür K-354 markaly kaliý, gipohloridi. «Hazar» Himiýa zawody 1933-nji ýyldan bäri işläp gelýär. Bu zawod ýod öndürmek boýunça belli kärhanalaryň biridir. Ilki başda ýod ýönekeý kömür adsorbsiýa usuly bilen öndürilip başlanýar. Ýod senagat möçberinde 1932-nji ýylda öndürilip başlanýar. 1969-njy ylda kuwwatlylygy 225 tonna tehniki ýoda barabar bolan kömür adsorbsiýa usulynda işleýän enjam oturdylýar. 1963-1969-njy ýyllarda öňki soýuzda ilkinji gezek howa-desorbsiýa usulynda ýod öndürýän önümçilik işe girizilip başlanýar. Onuň kuwwatlylygy 110 tonna tehiki ýoda barabar bolýar.

1985-nji ýylda kuwwatlylygy 120 tonna tehniki ýod öndürýän titandan ýasalan tejribe-senagat desgasy işe girizilýär. 1994-nji ýylda ýoduň arassa görnüşini (marka „Ç“) öndürýän kuwwatlylygy ýylda 50 tonna barabar bolan enjam işe girizilýär.

Brom önümleriniň (bromly demir) önümçiligi ilkinji gezek 1940-njy ýylda ýola goýulýar. Oturdylan enjamlar könelişenden soňra, aşakdaky kuwwatlylykar işe girizilýär:

1964-nji ýylda 1-2-3-nji desgalaryň bromly demir öndürjiliginiň umumy kuwwatlylygy 3000 tonna ýetirilýär; 1965-nji ýylda 4-5-nji desgalaryň bromly demir önürjiliginiň umumy kuwwatlylygy 2200 tonna ýetirilýär;

1978-nji 6-njy desganyň bromly demir öndürjiliginiň kuwwatlylygy 1100 tonna ýetirilýär.

1981-nji ýylda 7-nji oturtma enjamynyň bromly demir öndürjiliginiň kuwwatlylygy 1100 tonna ýetirilýär.

XX asyryň 90-njy ýyllarynyň başlarynda “Hazar” himiýa zawody ýylda 300 tonna ýod we 6000 tonnadan gowrak bromly demir öndürýär. Zawodda ýod we bromly demirden başga-da, ýodly kaliý, ýodat kaliý we ýodoform öndürilýär. 1976-njy ýylda kaliý ýodunyň önümçiligi 330 tonna kuwwatlylykda ýola goýulýar. Kaliý ýodunyň „ÇDA“ we „FK“ görnüşleri öndürilýär.

1989-njy ýylda kaliý ýoduny öndürýän tehnologi liniýanyň esasynda Ukrainanyň „ýodobrom“ açyk paýdarlar jemgyýeti maldarçylyk üçin ýaramly kaliýniň ýodly turşusynyň önümçiligini ýola goýýar. Önümçiligiň kuwwatlylygy ýylda 45 tonna ýetirilýär.

1996-njy ýylda zawodyň işgärleri Türkmenistanyň ylymlar akademiýasynyň Himiýa institutynyň alymlary bilen bilelikde ýodat kaliýniň “ÇDA” görnüşini öndürmegiň tehnologiýasyny önümçilige ornaşdyrýarlar. Önümiň bu görnüşini nahar duzuna ýodlaşdyrmakda ulanylýar. „Guwlyduz“ önümçilik toplumu ýodat kaliýniň belli bir mukdaryny önüme goşup ulanýar.

1978-nji ýylda ýodoform önümçiligi esaslandyrylyp, onuň kuwwatlylygy ýylda 60 tonna ýetirilýär.

„Hazar“ himiýa zawodynyň garamagyna 1998-nji ýylda tehniki uglerod öndürýän zawod hem berilýär. Häzirki wagtda tehniki ýod bilen bilelikde, tehniki uglerod hem geçginli önümleriň biridir.

Tehniki uglerodyň K-354 görnüşiniň önümçiligi 164-nji ýylda döredilýär, onuň ilkinji kuwwatlylygy ýylda 9400 tonna, soňra 1974-nji ýylda bolsa 10000 tonna ýetirilýär.

Häzirki wagtda hereket edýän oturtma enjamlaryň tehniki iýilmegi zerarly çykarylýan önümiň ýyllyk kuwwaty peseldi. Şonuň üçin tehniki uglerody öndürýän sehiň durkuny düýpgöter täzelemek hem-de dünýä ülnülerne laýyk gelýän täze zawody gurmak zerurlygy ýüze çykdy. Şunda daşary gurşawyň ekologik arassalygy göz önünde tutular.

„Ap-ak“ agardyjynyň önümçiligi „Hazar“ himiýa zawodynyň hünämenleriniň tagallasy bilen 1988-nji ýylda ýola goýulýar, kuwwatlylygy ýylda 100 tonna ýetirilýär.

Himiýa instituty tarapyndan hödürlenen tehnologiýa esasynda kuwwatlylygy ýylda 20 tonna barabar bolan 10 göterimli gipohlorit kalsiý öndürýän synag-desga 1997-nji ýylda gurulýar.

Häzirki wagtda „Türkmenhimiýa“ döwlet konserni ýod-brom önüminiň möçberini artdyrmak üçin kuwwatlylygy

ýylda 350 tonna ýod we 5500 tonna brom öndürýän desganyň gurluşygyna bäsleşik ygylan etdi.

1.1.2. Balkanabadyň ýod zawody

Balkanabat şäheriniň Uzboý şäherçesinde ýerleşýän Balkanabat ýod zawody 1969-njy ýyldan bäri işläp gelýär ýod önümini öndürmekde Türkmenistanyň himiýa pudagy boýunça esasy kärhanalaryň biri bolup durýar.

Birinji önüm - tehniki ýod 1969-njy ýylda kömür adsorbsiýasy usuly bilen (taslama kuwwatlylygy ýylda 100 tonna) alynýar. Ýod önümini almakda esasy çig mal bolup burow suwy hyzmat edýär.

1975-nji ýylda täze ýod seh - howa desorbsiýasynda işleýän seh (taslama kuwwatlylygy 255 ýylda tonna) işe girizilýär. Zawodyň kuwwatlylygy artdylyp, ýylda 350 tonna tehniki ýod öndürilýär. Kömür adsorbsiýa usulynda öndürilýän ýoduň hiliniň pesligi we ekologiki taýdan howpudyygy nazarda tutulyp, bu liniýa önümçilikden aýrylýar.

1977-nji ýylda kuwwatlylygy ýylda 1600 tonna barabar bromly demir öndürýän täze seh işe girizilýär. 1979-njy ýylda taslama kuwwatlylygy ýylda 3200 tonna bolan bromly demir FeBr_2 seh ulanmaga goýberilýär.

1979-njy ýylda edil şunuň ýaly önüm öndürýän we öňki kuwwatlylykda ikinji seh işe girizilýär. Kuwwatlylygy ýylda 1300 tonna barabar bolan tetrabromdefinolpropan (TBDP - $\text{C}_{15}\text{H}_{12}\text{Br}_4\text{O}_2$) önümçilgi ýörite seh görüşinde 1983-nji ýylda işe girizilýär.

1998-nji ýylda zawod taslama kuwwatlylygy ýylda ortaça 80 tonna bolan ýod desgasyň gurluşygyna işe başlaýar. 1999-njy ýylda kuwwatlylygy ýylda 85 tonna tehniki ýod öndürýän enjam Boýadag şahamçasynda oturdylýar.

„Balkanabat“ ýod zawodynyň önümleriniň görnüşleri: tehniki ýod; bromly demir; tetrabromdefinolpropan.

2008-nji ýyda zawodda tehniki ýoduň 196 tonnasy öndürilýär. 2009-njy ýylda ýoduň öndürilişini 210 tonna

ýetirmek göz önünde tutulýar. Nebitdag-Monjukly-Boýadag ýataklarynyň ýoda, broma baý suwlarynyň mümkinçiligi uludyr. Ýod-brom suwlarynyň tassyklanan gory bir gije-gündiziň dowamynda 60 müň kub metre barabar bolup, ýylda ýoduň 550 tonnasyny öndürmäge mümkinçilik berýär.

“Türkmenhimiýa” döwlet konserni bäsleşik ygylan etdi. Oňa laýyklykda Boýadag ýatagynyň ýod-brom suwlarynyň çig malynyň esasynda täze zawod gurmak göz önünde tutulýar. Zawodyň kuwwatlylygy ýylda 300 tonna ýod we 2800 tonna brom öndürmäge niýetlenendir.

1.1.3. «Bereket» ýod zawody

Türkmenistanyň Prezidentiniň 3834 belgili Karary bilen 1998-nji ýylda „Senagatsuw“ türkmen-türk kärhanasy döredilýär. Bu kärhana 2003-nji ýylda „Senagatsuw“ ady bilen hojalyk kärhanasyna, 2006-njy ýylda bolsa Türkmenistanyň Prezidentiniň 8018 belgili Karary esasynda şol at bilen döwlet kärhanasyna öwürilýär. Türkmenistanyň Prezidentiniň 8938 belgili karary bilen 2007-nji ýylyň 24-nji awgustynda „Türkmenhimiýa“ döwlet konserni döredilýär we bu kärhana „Bereket“ ýod zawody ady bilen onuň garamagyna geçirilýär.

„Bereket“ zawodynda ýod Seýitkerdere ýodly suw ýatagyň çig malyndan alynýar. Bu ýodly suw ýatagy özüniň ýoda baýlygy boýunça dünýäde seýrek duş gelýän ýatak bolup, onuň düzüminde ýoduň mukdary 345-350 mg/l ýetýär.

2000-2003-nji ýyllarda bu kärhanada oturtma enjmlarynyň ikisinde ýod öndürilýär. 2003-nji ýylda 3-nji, 2008-nji ýylda bolsa 4-nji oturtma enjamlary işe girizilip, ýoduň öndürilişi ýyldan ýyla artdyrylýar. 2000-nji ýylda öndürilen ýoduň möçberi 41,7 tonna ýetirilen bolsa, 2001 – 56,7; 2002 – 77,8; 2003 - 86,15; 2004 – 97,0; 2005 – 107,65; 2006 – 110; 2007 - 156 we 2008-nji ýylda 192,4 tonna ýetirilýär. Şeýlelikde, 8 ýylyň dowamynda öndürilen ýoduň möçberi 4,5 esse artýar. Kärhanada oturdylan enjamlaryň

köpüsi ýerli hünärmenler tarapyndan amala aşyrylandygy aýratyn belenilmäge mynasypdyr.

„Türkmenhimiýa“ döwlet konserniň Himiýa institutynyň alymlarynyň ýoduň alnyş tehnologiýa kämilleşdirmekde we amatly tertibini tapmakda hyzmaty uludyr.

II. ÝODUŇ WE BROMUŇ HÄSIÝETLERI

2.1. Ýoduň fiziki häsiýetleri

Gaty (kristallik) görnüşindäki ýod - metal öwüşginli gara-çal reňkli kristalldyr.

Ýoduň udel agramy – 4,948 (17 °C);

Ýoduň ýokary temperaturada ereme temperaturasy – 113 °C.

Ýod (ýokary temperaturada) eredilen görnüşinde elektrik toguny geçirmeýär.

Ýokary temperaturada 124,5 °C-da eredilen ýoduň dykzlygy - 3,944 g/sm³.

Ýoduň ereme ýylylygy - 3,74 kal/mol.

Ýoduň buglary benewşe reňkde bolýar we onuň beýleki galoidleriňki ýaly ýiti ysy bolýar. Ýod bug görnüşinde I₂-ň molekulalaryny emele getirýär, ol 600 °C-dan ýokary temperaturada atomlara dissosiirlenýär. 1500 °C-da molekulalaryň doly dissosiasıýasy geçýär.

I₂-ň atomlara dissosiasıýa energiýasy 35,2 kal/mol. Ýoduň gaýnama temperaturasy 184,5 °C.

1-nji tablisa

Ýoduň buglarynyň dürli temperaturalardaky basyşy

Kristallik ýod		Suwuk ýod	
Temperatura, °C	Buglaryň basyşy, mm.sim, süt.	Temperatura, °C	Buglaryň basyşy, mm.sim, süt.
1	2	3	4
0	0,030	114,1	89,8
15	0,131	127,1	142,9
30	0,469	169,4	505,5

50	2,154	184,4	764,2
64,5	6,05		
1	2	3	4
80,4	15,15		
102,7	50,65		
113,8	87,0		

Ýoduň buglary howadan 8,716 esse agyrdyr.

2-nji tablisa

Ýoduň howadaky doýgunlaşan buglarynyň
konsentrasiýasy:

Temperatura, °C	0	10	20	30	40	50
Konsentrasiýa, mg/l	0,44	1,16	2,80	6,35	13,40	27,20

Ýoduň dürli eredijilerde ereýjiligi

Ýoduň suwdaky ereýjiligi hloruň we bromuň ereýjiliginden ep-esli pes: ýoduň temperatura baglylykda ereýjiligi aşakda häsiýetlendirilýär:

3-nji tablisa

Ýoduň temperatura baglylykda ereýjiligi

Temperatura , °C	0	18	25	35	45	55	60
Ereýjiligi, g/l	0,1620	0,2765	0,3395	0,4661	0,6774	0,9222	0,9566

Ýoduň suwdaky ergini gyzyly-goňur reňkde bolýar. Galoid duzlarynyň gatnaşmagynda kompleks poliiodid-ionunyň emele gelmegi netijesinde ýoduň ereýjiligi artýar.

Ýoduň ereýjiligi ýodly duzlaryň gatnaşmagynda has ýokary, bromly duzlaryň gatnaşmagynda pesrāk, hlorly duzlaryň gatnaşmagynda bolsa has hem pesdir.

Erginde kükürttürşy we azottürşy duzlary bar bolsa, ýoduň suwdaky ereýjiligi peselýär.

Konsentirlenen kükürt kislotasynyň (83 %-den ýokary) 1 l-de 6,6 g ýod ereýär. Ergin benewşe reňkde bolýar. Kislota 42 %-e golaý suw bilen suwuklandyrylanda ol goňur reňke geçýär.

Ýod – suwuk organiki däl galogenidlerde, şeýle hem ýokary temperaturada eredilen ýodly duzlarda gowy ereýär. Suwuk kükürdiň iki okisinde ýod ionlara dissosiirlenip ereýär.

Ýod organiki eredijilerde gowy ereýär.

2.2. Ýoduň himiki häsiýetleri

Ýoduň atom agramy - 126,91.

Elementar ýod güýçli okisleýjidir.

Köp elementler bilen ýod reaksiýa ganaşmaýar (azot, kislorod, kükürt, selen, uglerod), käbir elementler bilen bolsa, ol diňe ýokary temperaturada täsirleşýär (kremniý we köp metallar bilen).

Wodorod bilen ýod otag temperaturasynda haýal, hlor we brom bilen bolsa aňsat täsirleşýär.

Metallar bilen ýod diňe suw buglarynyň gatnaşmagynda gowy täsirleşýärler. Ýoduň gury buglary täsir edende metalyň üsti bilen örtülýär we täsir edişiniň dowam etmeginiň önüni alýar. Temperatura ýokarlandyrylanda köp metallar ýod bilen täsir edişip başlaýarlar; mysal üçin, kümüş 50 °C-dan ýokary temperaturada ýod bilen täsirleşip başlaýar. Mis, sink, latun bilen ýod güýçli iýilýär. Molibden, wanadiý, tantal ýoduň täsirine has durnuklydyr.

Suwly erginlerde ýod gidrolizleşýär. Hlordan we bromdan tapawutlylykda ol gidraty emele getirenok. Uglerodyň gatnaşmagynda ýoduň buglary suw bilen täsir edişip, ýodly wodorody emele getirýär.

Okisleýjiler ýodly duzlaryň erginlerinden elementar ýody bölüp çykarýar. Dürli okislendirijiler bilen ýodidiň

okislenişiniň doly geçişi, şeýle hem okislenme tizligi pH sreda, ýodidiň konsentrasiýasyna, temperaturasyna we beýleki faktorlara bagly.

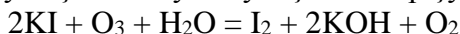
Ýagtylyk täsir edende ýod şu reaksiýa boýunça bölünip çykýar:



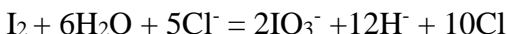
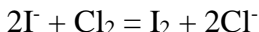
we ergin aşgar sreda geçýär. Şonuň üçin hem ýodly duzlary garaňky gaplarda saklaýarlar.

Ýodly duzlaryň turşy erginleri kislorod bilen diňe ýagtylykda däl-de garaňky ýerde hem okislenýärler. Bu reaksiýanyň geçmegi üçin onuň turşulygy kömür kislotasynyň erginindäki ýaly bolsa ýeterlikdir.

Ozon täsir edende ýodidleriň bitarap we aşgar erginlerinden ýod şu reaksiýa boýunça bölünip çykýar:

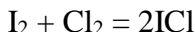
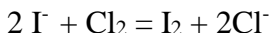


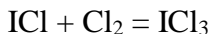
Bitarap we turşy erginlerdäki ýodide hlor bilen täsir edilende aňsat bölünip çykan ýod ýodata çenli okislenýär; reaksiýa 2 stadiýada geçýär:



Birinji ýagdaýda ergin gyzyly-goňur reňkde bolýar. Ikinji stadiýada bu reňk ýitýär.

Duz kislotasynyň gatnaşmagynda reaksiýa üç stadiýada geçýär:



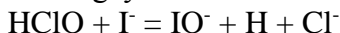


Bir wagtyň özünde şu aşakdaky reaksiýa geçýär:



ICl ýaşyl-sary reňkde bolýar.

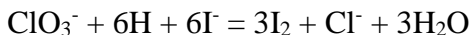
Gipohlorit täsir edende ýodidler turşy sredada ýody bölüp çykarmak bilen dargaýarlar:



Bu reaksiýa turşulygy pes we gowşak sredada hem geçip bilýär:



Hloratlar ýoditler bilen diňe turşy sredada täsirleşýärler:



Katalizatorsyz bu reaksiýa haýal geçýär, gowy katalizator hökmünde demir ulanylýar.

Brom, gipobromit we bromatlar bilen ýodidleriň täsirleşme reaksiýalary hloruň birleşmeleri bilen geçýän reaksiýalara meňzeşdir.

Hlorata garanyňda bromat (eginiň turşulygy pes bolan ýagdaýynda) ýoduň ionlary bilen çalt täsirleşýär. Katalizator (mysal üçin, ammoniý molibdaty) reaksiýany çaltlaşdyrýar.

Ýodat turşy sredada ýoduň ionlary bilen täsirleşende elementar ýod emele gelýär:

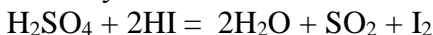


Bu reaksiýanyň geçmegi üçin, $\text{pH} = 6,5$ –a deň bolmagy ýeterlikdir, bitarap sredada ol geçmeýär.

Ýod aşgar bilen täsirleşende şu aşakdaky reaksiýa geçýär:



Konsentrlenen kükürt kislotasy gyzdrylanda ýodidi erkin ýoda çenli okisleyär:



Suwuklandyrylan kükürt kislotasy ýodidler bilen täsirleşenok. Elementar ýod bilen bolsa konsentrlenen kükürt kislotasy täsirleşmeýär.

Azot kislotasy ýodidi elementar ýoda çenli okisleyär. Konsentrlenen azot kislotasy ýody HIO_3 –e çenli okisleyär.

Ýod köp reaksiýalarda aktiw katalizator hökmünde hem ulanylýar (mysal üçin, aromatik uglewodoworodlar bromirlenende, galoid alkiler bilen magniý täsir edişende).

Ýoduň azajyk mukdarynyň garyndysy gaz fazasynda geçýän reaksiýalara güýçli täsir edýär. Wodorod bilen kislorodyň garyndysyna 0,002 % ýod goşulanda bu garyndy partlama howpsuz bolýar.

2.3. Bromuň fiziki-himiki häsiýetleri

Bromuň tehnologiýasy öwrenilende bromuň we onuň birleşmeleriniň esasy fiziki we himiki häsiýetlerini bilmek zerurdyr.

Brom - otag temperaturasynda goňur gyzyň, gara reňke ýakyn suwuklyk.

7,2 °C-da bu suwuklyk gataýar we gyzyň - goňur reňkli iňňe görnüşli kristallary (gowşak metal ýalpyldyly) emele getirýär.

Bromuň buglary - gyzyň-goňur reňkde, ýakymсыз ýiti yslydyr:

Bromuň gaýnama temperaturasy - 58,78 °C-a deň.

Brom D. I. Mendeleýewiň periodik sistemasynyň birinji uly periodynyň VII-nji gruppasynda ýerleşýär.

Bromuň tertip nomeri - 35; atom massasy - 79,916.

Bromuň fiziki häsiýetleri

Gaz görnüşindäki bromuň molekulalary 2 atomdan ybarat. Ýokary temperaturada ol atomlara dissosiirlenýär. Dissosiasiýa 800°C töwereginde başlanýar. Bromuň molekulalary ýagtylyk täsir edende hem dissosiirlenýärler.

Suwuk bromuň molekulalary hem iki atomdan ybarat.

Gaty bromuň dykzylygy - 4,1.

Suwuk bromuň dykzylygy temperatura bagly:

t,	°C, g/sm ³
0	3,1883
20	3,1023
40	3,0494

Bromuň esasy konstantalary

Bromuň buglarynyň howa bolan gatnaşykda

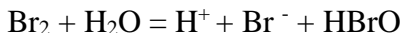
dykzylygy	5,52
0 °C-da we 760 mm sim.süt. bromuň buglarynyň dykzylygy	7,131
Kritiki temperatura, °C	311
Kritiki basyş, ata	102
Gaýnama temperaturasy, °C	58,8
Ereme temperaturasy,	-7,2
Bugarma ýylylygy, kal/g	45,60
Ereme ýylylygy, kal/g	16,2
Suwuk bromuň ýylylyk sygymy kal/(grad·g)	0,1125

Bromuň suwda ereýjiligi

Brom suwda beýleki galogenlerden tapawutlylykda aňsat ereýär. Bromuň suwdaky ergini ýa-da "bromly suw" laboratoriýa tejribesinde giňden ulanylýar.

Doýgun brom suwy - 53,6 °C-da gaýnaýar. Şol temperaturada - 3,50 % brom saklanýar; buglarynda bolsa - 98,8 % brom bar.

Suwly erginlerde bromuň gidrolizi şu reaksiýa boýunça geçýär:



Bromuň suwsyz erginlerde ereýjiligi

Konsentrlenen kislotalarda bromuň ereýjiligi ýokary däl. 95 %-li kükürt kislotasynyň 100 gramynda 0,75 g brom ereýär. 85 %-li fosfor kislotasynyda bolsa bromuň ereýjiligi ondan hem pes.

Organiki eredijileriň köpüsi bilen brom gowy garyşýar. Brom köp organiki maddalar bilen reaksiýa girýär. Käbir eredijiler – metil we etil spirtleri, efirler, dioksan, bromly etil we beýl. brom bilen birleşip önüm emele getirýärler.

Suwuk bromda dürli maddalaryň ereýjiligi

Suwuk bromuň eredijiligi pes. Bromda diňe bromly alýuminiý we az derejede bromly demir FeBr_3 ereýär.

Bromda fosforyň, myşýagyň, surmanyň we beýleki metallaryň galogenidleri we oksigalogenidleri şeýle hem köp organiki maddalar gowy ereýär.

Bromuň käbir birleşmeleriniň esasy häsiýetleri

Wodorod bilen brom HBr emele getirýär. Ol reňksiz gaz, suwda eredilende güýçli bromly wodorod kislotasyny emele getirýär. Bromuň bir we iki walentli birleşmeleri duzy emele getirýär. Bromidleriň köpüsi, ýagny kümüş, mis, simap we gurşun bromidlerinden başgalary suwda gowy ereýär. Bromidleriň köpüsi bir ýa-da birnäçe kristallogidratlary emele getirýärler. Bromidleriň suwda ereýjiligi, hloridleriň ereýjiligidən ýokary, emma ýodidleriňkiden pesdir.

Bromidler organiki eredijilerde hloridlere garanynda gowy ereýärler. Mysal üçin, natriý bromidi spirtde ereýär, emma natriý hloridi bolsa eremeýär. Bromidleriň gaýnama we

ýokary temperaturada ereme temperaturasy hloridleriňkiden pes.

Brom aşgar bilen pes temperaturalarda bromid we gipobromid emele getirýär:



Ýokary temperaturalarda bolsa bromid we bromat emele getirýär:



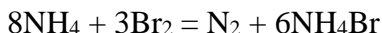
Şoňa meňzeş brom bilen karbonatlar, bikarbonatlar we gowşak kislotalaryň beýleki duzlary (erginleri aşgar sredada bolan) täsirleşýärler.

Brom suwy kümüşiň we simap okisleriniň we olaryň duzlary bilen eremeyän bromid we bromly kislota emele getirýär.

Ýodidler suwly erginlerde brom bilen elementar ýoda çenli okislenýärler, bromuň ondan soňky goşulmagy bilen bolsa – ýodata çenli okislenýär. Emma has güýçli okisleýjiler - hlor, bihromat we permanganat turşy sredada bromidleri elementar broma çenli okisleýärler.

Brom örän işjeň madda bolup, ähli elementler bilen diýen ýaly reaksiýa gatnaşýar. Bromuň kükürt, selen, tellur, fosfor, myşýak, surma, wismut bilen özra täsirleşmesi güýçli gyzgynlyk bilen amala aşýar, käwagtlar bolsa ýalyn hem emele gelýär. Brom käbir metallar bilen hem gowy täsirleşýär. Emma, köp metallar gury brom bilen kyn täsirleşýär.

Brom sulfiteri we tiosulfiteri suwly erginlerde sulfatlara çenli, nitritleri bolsa nitratlara çenli okisleýärler. Ammiagyň okislenme reaksiýasy:



III. BROMY WE ÝODY ALMAK ÜÇIN ULANYLÝAN ÇIG MAL

3.1. Bromuň we ýoduň tebigatda ýaýraýşy

Brom we ýod - ýaýran elementleriň sanyna girýär. Wernadskiniň maglumatlaryna görä ýer gabygynda bromuň umumy mukdary $10^{15} - 10^{16}$ t, ýod $10^{14} - 10^{15}$ t-a ýetýär.

Brom we ýod tebigatda üznüksiz aýlawda bolýar. Magma jynslary darganda olarda saklanýan aňsat ereýän görnüşinde bolan bromuň we ýoduň duzlary suw bilen okeana düşýär. Okeanyň suwlary bugaranda bolsa, howa akymy duzlaryň ägirt köp mukdaryny, şol sanda bromly duzlary gury ýere alyp gidýär.

Ýod erkin görnüşinde aýlaw edýär. Munuň özi ýodid ionuň howadaky kislorod bilen ýoda çenli aňsat okislenmäge ukyplydygy bilen düşündirilýär. Ýod deňiz suwunda birnäçe görnüşde (I^0 , I^- , I^+ , I^{5+}), brom bolsa diňe Br^- görnüşinde bolýar.

4-nji tablisa
Ýoduň we bromuň tebigatda ýaýraýşy (% (mass.))

Gurşaw	Br	J
1	2	3
Deňizýaka etraplarynyň howasynda	$3 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-7}$
Kontinental etraplaryň howasynda	$2 \cdot 10^{-7}$	$2 \cdot 10^{-8}$
Derýa suwy	$2 \cdot 10^{-6}$	10^{-7}
Deňiz suwy	$6,6 \cdot 10^{-3}$	10^{-6}
Atmosfera çökündisi	$4,5 \cdot 10^{-7}$	$8,5 \cdot 10^{-8}$
Nebit ýataklarynyň suwy	10^{-2}	$1,5 \cdot 10^{-3}$
Köllerin şor suwlary	$(10^{-2} - 10^{-1})$	-

1	2	3
Gury ýerleriň ösümlüklerinde	$1,9 \cdot 10^{-3} - 9,5 \cdot 10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-6}$
Deňiz ösümlüklerinde	$5,4 \cdot 10^{-2}$	$(2-5) \cdot 10^{-1}$
Torf	$3,6 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-4}$
Toprak	$3,3 \cdot 10^{-4}$	$1,8 \cdot 10^{-4}$
Laý	$2,5 \cdot 10^{-4} - 6,6 \cdot 10^{-5}$	$10^{-3} - 10^{-2}$
Dag jynslary kristallik çökündi	$(1,7-5) \cdot 10^{-4}$ $n(10^{-4} - 10^{-3})$	$3 \cdot 10^{-5}$ $n(10^{-4})$ $n(10^{-5})$
Duzlar (karnallit)	$(2,2 - 3,4) \cdot 10^{-1}$	$2 \cdot 10^{-3}$

Deňiz suwunda ýod $0,01 - 0,07$ mg/l-e ýetýär. Deňiz laýynda (gyrmança) ýoduň mukdary suwdakydan onlarça esse köpdür we $0,002-0,01$ %-e ýetýär. Fosforitlerde 280 mg/kg, goňur kömürde 6 mg/kg-a ýetýär. Deňiz suwundan alnan nahar duzunda $0,1$ mg/kg ýod, kaliý duzlarynda $0,06$ mg/kg saklanýar.

Umumy duzlulygy $3,5$ % (mass.) bolan deňiz suwunda bromuň ortaça mukdary 66 g/m³-a ýetýär.

Deňiz suwunyň esasy häsiýetnamalarynyň biri hem hloruň broma bolan gatnaşygydyr. Dünýä okeany üçin ol 293-e deň. Süýji suwlarda bu gatnaşyk has ýokary bolýar.

5-nji tablisa

Dürli deňiz suwlarynda hloruň we bromuň gatnaşygy

Deňiz	Cl ⁻	Br ⁻	Cl : Br
1	2	3	4
Okean	19,3	0,066	293
Ýapon deňzi	18,3	0,064	288
Barens deňzi	18,9	0,067	284
Gara deňiz	11,7	0,037	316
Baltika deňzi	7,6	0,025	304

1	2	3	4
Azow deňzi	5,7	0,020	231
Kaspiý deňzi	5,3	0,008	663
Aral deňzi	3,76	0,002	2187

3.2. Kaliý duzlarynyň gatlaklarynda bromuň saklanyşy

Deňiz suwy konsetrirlenme prosesinde brom suwuk fazada ýygnanýar we gaty faza diňe kaliý duzlary kristallaşanda geçýär. Brom has baý bolan kaliý minerallar: karnallit we silwin bolup, brom olarda izomorf goşundy görnüşinde bolýar. Bu minerallar gatlaklarda arassa görnüşinde seýrek duş gelýär, sebäbi olar beýleki duzlar bilen bilelikde ilki bilen NaCl kristallaşýar, karnallit we silwinit jynslary emele getirýär. Silwinitde hemişe 15-30 % kaliý hloridi bolup, galan bölegini natriý hloridi we eremeýän galyndy düzýär. Karnallitde brom silwinitdäkidən köpräk bolýar.

Silwinit

Silwinitden kaliý hloridi alnanda temperaturanyň ýokarlanmagy bilen kaliý hloridiniň ereýjiligi artýar, şol bir wagtda natriý hloridiň ereýjiligi bolsa üýtgemeyär. Silwinit gyzgyn erginde eredilýär, ol sowadylanda KC-i we NaCl-i bilen doýgunlaşýar. Şonda kaliý hloridi ereýär, natriý hloridi bolsa eremedik görnüşde galýar. Ergin sowadylanda kaliý hloridi kristallaşýar, ol bölünip alnandan soň galyndy ergin silwinitiň täze bölegini eretmek üçin ulanylýar. Silwinitiň eredilme prosesinde ondaky brom kaliý hloridi bilen ergine geçýär; kaliý hloridi kristallaşdyrylanda bromuň bir bölegi gaty faza izomorf görnüşinde geçýär.

Karnallit

Karnallitden KCl-i almak üçin gaýtadan işleme prosesinde emele gelýän şeloklar bromy almak üçin gymmatly çig mal hasaplanýar. Karnalliti kaliý hloridinden almaklyk bu

duzuň inkongruent ereýjiligine, ýagny suw ýa-da suwuklandyrylan duz erginleri bilen işlenilende dargama ukyplylygyna esaslanan. Ereýjiliginiň ýokarylygy sebäpli $MgCl_2$ -i ergine geçýär, KCl bolsa doly eremän galýar.

Karnalliti dargatmagyň birnäçe usuly bar. Karnalliti dargatmagy saýlap almaklyk köp derejede karnallit jynsyndaky goşundylaryň mukdary bilen kesgitlenilýär. Karnallit jynsynda, silwinitdäkiden köp brom saklanýar, şonuň üçin hem karnallit aşgarlarynda bromuň konsentrasiýasy ýokary bolýar we $3-4,5 \text{ kg/m}^3$ -a ýetýär. Karnallit jynsy gaýtadan işlenilende bromuň bir bölegi kristallaşýan kaliý hloridi we emeli karnallit bilen ýitýär, bromuň alnyş derejesi 60-80 %-e ýetýär.

Sowadyp dargatmak usuly:

Karnallit sowuk suw bilen işlenilýär, şonda magniý hloridi we KCl -ň bir bölegi ergine geçýär, beýleki bölegi bolsa ownuk şlam görnüşinde galýar. Ol eremedik $NaCl$ -den mehaniki usul bilen bölünip alynýar. Alnan şelok bugardylýar, soňra sowadylanda emeli karnallit kristallaşýar. Bu usulda bromuň ýaýraýşyny öwrenmek üçin geçirilen barlaglaryň netijesinde duzly suwlarda we aşgarlarda bromuň saklanyşy öwrenildi (% mass.) :

Başlangyç karnallit	0,172
Karnallit işlenilenden soň ilkinji aşgar	0,138 – 0,154
Kaliý hloridi	0,095 – 0,104
Zyňylýan natriý hloridi	0,065 – 0,073
Emeli karnallit	0,108 – 0,126
Karnallit kristallaşdyrylandan soň alynýan	
Ikilenji aşgar	0,205 – 0,218
Bromuň alnyşy	60 – 65%

Karnalliti dargatmagyň beýleki bir usuly “ahyrky aşgara çenli” usuldyr. Ol köp mukdarda kaliý hloridini we az mukdarda aşgar bilen karnalliti eretmeklige esaslanan. Şonda karnallitden magniý hloridi ergine tutuşlaýyn geçýär, kaliý hloridi şlam görnüşinde galýar. Aşgar sowadylanda kaliý hloridi we emeli karnallit bölünýär. Eger başlangyç karnallitde

bromuň mukdary 0,162% bolsa, onda soňky aşgarda onuň konsentrasiýasy 0,107 %-e deň, KCl-de - 0,060-0,065 %, emeli karnallitde 0,02-0,06 %. "Ahyrky" aşgara bromuň çykyşy 63% (başlangyç çig maldaky bromuň mukdaryndan).

Ahyrky aşgar"bilen dargatmak usulynda karnallit jynsy kaliý hloridiniň gyzgyn konsentirlenen ergini bilen dargadylýar. Şonda kaliý hloridi ergine geçýär; ergin sowadylandan soň emeli karnallit alynýar. Bu usul boýunça bromuň ahyrky aşgara çykyşy - 92%, galyndy erginiň ýitgisini hasaba almak bilen – 80% töweregi. Ahyrky aşgarda bromuň mukdary 0,066%.

3.3. Ýerasty we duzly suwlarda bromuň we ýoduň saklanyşy

Tebigatda ýerasty suwlar giňden ýaýrandyr we olar duzlaryň köp komponentli erginleri bolup, bromuň we ýoduň konsentrasiýasy bolsa normal konsentrasiýadan ýokarydyr. Bu suwlar köplenç nebit we duz ýataklarynda bolýar.

Ýerasty suwlary köp ýyllaryň dowamynda metamorfizasiýa sezewar bolup, himiki düzümi boýunça tapawutlanýan 2 sany ýerasty suwlaryň görnüşi emele gelipdir: hlorkalsili we aşgar.

Bu suwlaryň esasy komponentleri natriý hloridi bolup, ol suwdaky ähli duzlaryň mukdaryndan 60-90 %-i tutýar. Ondan başga-da hlorkalsili suwlar köp bolmadyk mukdarda magniý hloridi, aşgar suwlar bolsa - natriý karbonatyny we bikarbonatyny saklaýarlar. Hlorkalsili suwlarda köplenç ep-esli mukdarda brom we ýod saklanýar, şonuň üçin, bu suwlar ýody we bromy senagat usulynda almakda esasy çeşmeleriň biri bolup durýar. Aşgar suwlar ýod saklaýar, emma olarda bromuň mukdary az bolýar.

Ýerasty suwlaryň düzümi Cl⁻/Br⁻ konsentrasiýalarynyň gatnaşygy bilen häsiýetlendirilýär. Şoňa baglylykda A. P. Winogradow ähli suwlary 3 topara bölüpdir:

1. Cl^-/Br^- normal gatnaşykda bolan giňden ýaýran suwlar; $\text{Cl}^-/\text{Br}^- = 300$;
2. $\text{Cl}^-/\text{Br}^- > 300$ -e deň bolan suwlar (olar çöken nahar duzunyň eremegi netijesinde emele gelipdir);
3. $\text{Cl}^-/\text{Br}^- < 300$ -e deň bolan suwlar (olar nahar duzy çökenden soň galan galyndy erginden emele gelen).
 Cl^-/Br^- gatnaşygy norma golaý bolan suwlarda $\text{NaCl}/\Sigma_{\text{duz}}$ (0,6) gatnaşygy hem az bolýar we tersine Cl^-/Br^- gatnaşygy köp bolan suwlarda köp natriý hloridi bolýar.

3.4. Ýerasty duzly (şerebe) suwlaryň häsiýetlendirilişi

Ýod-brom suwlary ýeriň üstüne nebit bilen ýa-da ýörite suw skwazinalaryndan çykarylýar. Nebit bilen çykarylýan suwlar ýörite çökdürijilerde nebitden bölünýärler, soňra olary ýod-brom zawodlaryň suw saklaýjysyna berýärler.

Nebit ýataklarynyň ýod-brom suwlary düzümine we aşgarlygyna baglylykda 3 topara bölünýär:

- 1) aşgarlygy pes bolan ýokaryminerallaşan suwlar;
- 2) ortaça minerallaşan hlorkalsili suwlar;
- 3) aşgar suwlar.

Ýokary minerallaşan suwlar hemişe köp mukdarda kalsiý we brom hloridini saklaýarlar. Bu suwlaryň aşgarlylygy skwažinadan çykanda - 1-2 mg-ekw/l, birnäçe wagtdan soň aşgarlylygy 0,1-0,5 mg-ekw/l-e çenli peselýär. Şonuň ýaly suwlarda kükürtwodorodyň we erän uglerodyň iki okisiniň bolmagy netijesinde erginiň pH-y ep-esli artýar.

Ýody we bromy almak üçin ulanylýan duzly suwlaryň aşgarlylygy ýokary boldugyça, turşatmak üçin gerek bolan kükürt kislotasynyň mukdary hem artýar. Düzüminde ýod saklaýan suwlaryň köpüsi häzirki wagta çenli olaryň aşgarlylygynyň ýokarylygy sebäpli ulanylmaýar, sebäbi aşgarlylygy ýokary bolan suwlardan ýody almaklygyň ykdysady taýdan amatly usullary tapylanok.

Duzly suwlaryň aşgarlylygy metilmämişi indikatorynyň gatnaşmagynda duz kislotasy bilen titrlemek arkaly kesgitlenilýär we mg-ekw/l-de aňladylýar, ol HCO_3^- ýa-da $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$ hasabynda berlip bilner. Bu hasabat takyk däl, sebäbi bikarbonat bilen organiki kislotalaryň (naften) duzlary hem titrlenýär.

Ortaça minerallaşan suwlarda hemişe kalsiý hloridi we brom az bolýar. Bu suwlaryň aşgarlylygy 4-den 30 mg-ekw/l-e ýetýär.

Ýod-brom suwlarynda ýody almak üçin päsgel berýän köp goşundylar bolýar. Esasy goşundylaryň biri hem organiki kislotalaryň duzlarydyr. Bu kislotalaryň takyk tebigaty gutarnykly kesgitlenilmedik, emma nebitde saklanýan kislotalara meňzeşligi üçin naften kislotasy diýlip atlandyrylýar.

Ýokary minerallaşan suwlarda naften kislotalary (0,1 – 0,2mg-ekw/l), ortaça minerallaşan suwlarda (2-4mg-ekw/l), aşgar - 20-40 mg-ekw/l-e ýetýär.

Naften kislotalaryndan başga-da burow suwlarda beýleki organiki we organiki däl madalar bolup, olar bromy we ýody almaklygy kynlaşdyrýar.

3.5. Ýod saklaýan suwlaryň hilini gowulandyrmak

Ýod saklaýan suwlar basseýnlerde günün täsirine bugardylanda diňe bir ýoduň konsentrasiýasy ýokarlanman, aşgarlylygynyň we naften kislotalaryň mukdarynyň azalmagy netijesinde suwuň hili hem gowulanýar. Basseýnlerde ýerasty suwlar bugardylanda ýoduň konsentrasiýasyny 20-25 esse ýokarlandyryp bolýar.

Mysal üçin, ABŞ-nyň zawodlarynyň birinde 0,01 kg/m ýod we 0,3 kg/m brom saklaýan mineral suwlar nebiti kowýan zawoda kondensasion apparaturany sowatmak üçin berilýär. 45-50 C-a çenli gyzdyrylan suw bugardyjy başňalara berilýär, ol ýerde ony pürkýşrler we howanyň akymy bilen

sowadyarlar. Şonda, ondan natriý hloridi kristallaşýar. Erginiň köp gezek aýlanyşygyndan soň, ondaky konsentrasiýa 0,3 kg/m³-a çenli ýokarlanýar.

Ýerasty suwlaryň konsentrlenme prosesinde aýgarlylygyny peseltmegiň ähmiýeti uludyr. Burow suwlaryň bugarmagyna aşgarlylygynyň peselmegi kalsiý karbonatynyň kristallaşmagy bilen şertlenendir.

Suwlaryň bikarbonatlaryň bolmagy bilen ýüze çykýan aşgarlylygy erginleri heklemek usuly bilen ep-esli peseldip bolar.

Burow suwy konsentrlenende karbonatlar bilen bir wagtda naftenatlar hem çökündi emele getirýärler. Çökýän naftenatlar basseýniň üstünde bölekleyin köpürjikli zýýnyndylary emele getirýärler.

Burow suwy turşadylanda naften kislotalary suwuň üstüne ýagly plýonkam görnüşinde çykýarlar.1 sagadyň dowamynda çökdürilende burow suwdaky naften kislotalaryň mukdary takmynan iki esse azalýar, emma soň naften kislotalaryň mukdary üýtgänok. Suwuň üstüne çykan naften kislotalary el bilen aýyrýarlar.

Turşadylan burow suwlary naften kislotalardan arassalamak üçin flotasion maşynlary ulanmak maksadalaýykdyr. Burow suw arkaly howa üflenilende naften kislotalary köpürjik emele getirýärler, ol üstden üznüksiz zýrylyp durulýar. Naften kislotalary koagulyantlaryň kömegi bilen aýrylanda gowy netijeler gazanylýar. 1 m burow suwa 3 kg alýuminiý sulfaty goşulanda, naften kislotalaryň massasy 0,96-dan 0,18-e çenli azalýar, ýagny 5 esse azalýar.

Çökdürmeklik 1 saat 40 minudyň dowamynda geçirilýär, ondan soň suw örän dury bolýar we kislota goşulanda bulanüak bolanok. Emma, koagulyasiýanyň önümleri hereketli bolýar, olar bir-de ýüze çykýarlar, birden bolsa düýbe çökýärler. Çökdürmegi tizleşdirmek üçin alýuminiý sulfaty bilen bilelikde, burow suwa kerosin goşulýar. Şonda, çökündi kompakt massa görnüşinde üstüne çykýar we çökme prosesi 9 minut dowam edýär.

Demiriň III walentli duzlary (hlorly demir ýa-da hlorlanan demir sulfaty) bilen arassalamklygyň gowy netijeleri berýänligi barada maglumatlar bar. Şonda reagentleriň harclanyşy 0,03 kg/m –a ýetýär. Burow suwy demiriň III walentli duzlary bilen işlenilende emele gelýän demir okisiniň gidraty naften kislotalary öxi bilen alyp gidýär.

IV. ÝODUŇ TEHNOLOGIÝASY

4.1. Mineral suwlardan ýody almagyň usullary

Mineral suwlardan ýody almagyň belli bolan usullaryny ýoduň alnyşyna (elementar ýod ýa-da ýodid ion) baglylykda 2 topara bölmek bolýar.

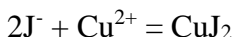
1-nji topara: howa desorbsiýa usuly, adsorbsiýa, ekstraktsiýa we flotasion usullar degişli.

Adsorbsion usullaryň arasyndan tejribede işjeňleşdirilen kömür we ionçalyşma smolanyň kömegi bilen ýody almagyň usuly ulanylýar. Ýody krahmal bilen bölmeklik tejribede ulanylmaýar.

Ýoduň kerosin bilen ekstraktsiýasy (uglewodorod we beýleki eredijiler bilen hlorirlenen) hem ulanylanok. Bu usulda işlenilen burow suwy bilen emulsiýa görnüşinde eredijiniň ýitgisi köp bolýar.

Ýodidi elementar ýoda çenli okislemezen burow suwlardan ýody ýodly mis, ýodly kümüş ýa-da ýodly simap görnüşinde bölüp almak bolýar. Ýodly misiň ereýjiliginiň pesligi ($0,2 \cdot 10^{-3} \%$) ýodidi örän pes konsentراسiýaly erginlerden hem çökdürmäge mümkinçilik berýär. Emma, Cl^- ionuň gatnaşmagynda Cu_2I_2 ereýjiligi CuCl_3^{2-} görnüşli kompleks ionlaryň emele gelmegi netijesinde tiz artýar. Şonuň üçin, misli usul diňe hloridiň pes konsentراسiýaly ergini üçin ulanmaga amatly (duzlaryň jemi 4-5%).

Ýodly misi çökdürmek üçin misli kuporos ulanylýar:



Emele gelen iki ýodly mis çalt dargaýar:



Bölünen ýody baglanyşdyrmak üçin dikeldiji, mysal üçin, natriý kükürtturşy ergini goşulýar. Burow suwy

turşatmaklyk talap edilenok, sebäbi reaksiýa bitarap sredada geçýär. Alnan ýodly mis demir okisi bilen garyşdyrylýar we kükürt kislotasy bilen işlenilýär:



Ýodly mis şeýle hem misli anodda burow suwuň elektrolizi geçirilende alynýar. Ýodidi ýodly kümüş görnüşinde çökdürmeklik onuň suwda we güýçli minerallaşan hlorldi erginlerde ereýjiliginiň pesligine esaslanan. Alnan ýodly kümüş demir bilen dikeldilýär we ýodly demiriň erginini gerek bolan birleşmelere gaýtadan işleýärler, kümüş bolsa azot kislotasynda eredýärler we tazedan prosesde ulanýarlar. Emma, kümüşň bahasynyň gymmatlygy we ýitgisiniň uludygy sebäpli bu usul ulanylmaýar.

Ýodidi ýodly simap görnüşinde çökdürmek üçin simabyň bir walentli duzlary ulanylýar. Çöken çökündi kükürtwodorod bilen işlenilýär we ýodlywodorod kislotasynyň ergini alynýar. Simabyň birleşmelerini saklaýan çökündini regenerirleýärler.

4.2. Mineral suwlarda ýodidiň elementar ýoda çenli okislenişi

Okisleme reaksiýasyny dowy geçirmegiň şertleriniň biri hem gapdal reaksiýalaryň geçmegini azaltmakdyr, ýagny erginiň pH-y dogry saýlap almak bolup durýar. Ýodidi okislemek üçin has amatly reagentleriň biri hem hlordur. Kömür adsorbsiýa usulynda okislemek üçin natriý nitriti ulanylýar.

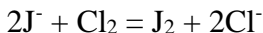
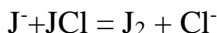
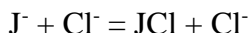
Howa desorbsiýa usuly üçin natriý nitriti amatly däl, sebäbi reaksiýanyň netijesinde emele gelýän azot okisleri howa bilen kowulýar we alynýan önümi hapalaýar. Ondan başga-da, ýody bölüp almak üçin natriý gipohloriti, ozon synag edilip görülendir. Ýody bölüp almak üçin elektrohimiýa usul teklip

edilen, emma, çylşyrymlylygy sebäpli we çykymynyň pesligi üçin bu usul tejribede ulanylmaýar.

Mineral suwlardan ýod hemişe olardan brom alnandan soň alynýar. Käbir ýagdaýlarda ilki bromy, soň ýody almaklyk maksadalaýyk bolýar.

4.2.1. Ýodidiň hlor bilen okislenişi

Ýodid elementar ýoda çenli köp okisleýjileriň tasirine aňsat okislenýär. Ýeterlik turşadylanda, ýoduň gidrolizi aradan aýrylanda, reaksiýany 2 stadiýada geçýän görnüşinde seretmek bolýar:



Ýodidi hlor bilen okislemeklik käbir beýleki reagentler bilen okislemekden tapawutlylykda wodorod ionlaryň gatnaşmagyny talap edýär. Şonuň üçin hem hlor bilen okislemeklik turşulygy pes bolan duzly suwlarda geçirilip bilner. Okislemegiň zerur bolan derejesini ýoduň gidroliziniň konstantasy boýunça takmynan bilip bolar:

$$K_1 = \frac{[H^+] \cdot [J^-] \cdot [HJO]}{[J_2]^3} = 3 \cdot 10^{-13}$$

$$K_2 = \frac{[H^+] \cdot [J^-]^5 \cdot [JO_3^-]}{[J_2]} = 2,5 \cdot 10^{-48}$$

Gidroliziň konstantasyndan görnüşi ýaly HJO-ň konsentrasiýasy J_2/J^- gatnaşygyna proporsioanldyr, şeýlelikde,

berlen pH-da ýoduň gidroliz derejesi işlenen okislenme derejesine baglydyr. Okislenme derejesi ýokary boldugyça, pH şonça-da az bolýar.

Ýodidiň başlangyç konsentrasiýasy $2 \cdot 10^{-4}$ mol/l ($25,4 \text{ g/m}^3$) we okislenme derejesi 95 % bolanda $[J^-] = 10^{-5} \text{ g-ekw/l-e}$ we $[J_2] = 10^{-4} \text{ g-mol/l-e}$ deň bolýar. Onda:

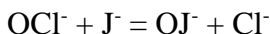
$$[HJO] = \frac{K_1 \cdot [J_2]}{[H^+] \cdot [J^-]} = \frac{10K_1}{[H^+]}$$

pH=7 bolanda $[HJO] = 3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/l-e}$ deň, ýagny ýoduň gidroliz derejesi 15 %-e deň. Ýodidiň gipohlorit bilen okislenişi

4.2.2. Ýodidiň gipohlorit bilen okislenişi

Ýodid gipohlorit bilen okislenende hlor bilen okislenme reaksiýasyndan haýalrak geçýär, ýöne reagentleriň çalt garyşdyrylmagy bilen ol örän ýokary tizlik bilen geçýär.

Köp mukdarda hlorid saklamayan bufer erginlerde gipohlorit ýodidi elementar ýoda çenli pH=1-8 we t=20-50 °C-da okislenýär:



J^- -nyň konsentrasiýasy $2 \cdot 10^{-4} \text{ g-ekw/l}$ bolanda bufer ergininde bar bolan wodorod ionlar, reaksiýany saklamak üçin ýeterlikdir. Hloridleriň erginlerinde J^- gipohlorit bilen doly okislenişi pH-3,25-3,5-dan pes bolanda görünýär, ýagny pH-ň çäkli ululygy hlor bilen okislenendäkiden biraz ýokary. PH-ň ýokarlanmagy bilen ýodidiň elementar ýoda çenli okislenmegi peselýär, ýöne hlorly suw bilen okislenendäkiden pes däl.

Gomogenizasiýa wagtynyň azalmagy hem elementar ýoduň çykyşyny gowulandyrýar (94-den 97 %-e çenli) we okisleýjiniň harçlanyşyny azaltýar.

4.2.3. Ýodidiň nitrit bilen okislenişi

Ýodidiň nitrit bilen okislenmeginiň öz aýratynlygy bar, duzly suwlarda ýodidler bilen bromidler hem bolýar, gowşak turşy sredada ol okislenmeýär. Bu şertlerde nitritiň artykmaçlygynda ýodid ýodata çenli ýodid bilen okislenmeýär.

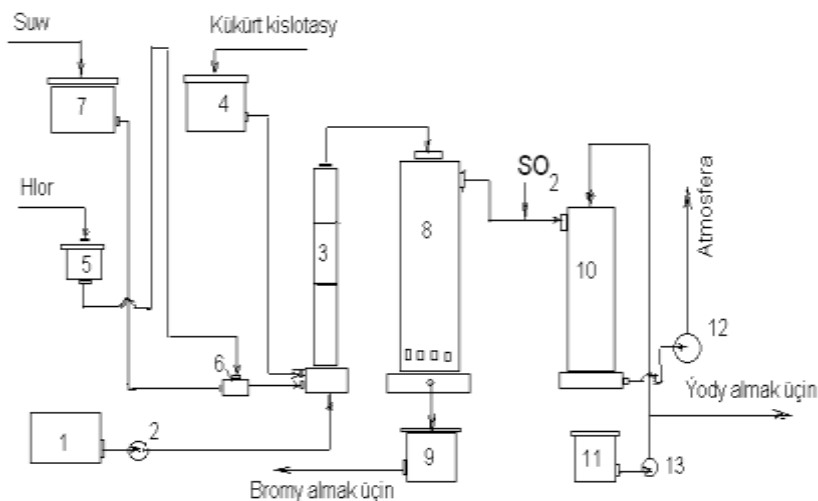
Ýodidiň elementar ýoda we ýodidiň ýodata çenli okislenmegi diňe güýçli sredada geçýär. Bitarap we aşgar sredada reaksiýa geçenok, şeýlelikde okisleýji nitrit ion däl-de, erkin azotly kislotadyr.

4.3. Ýoduň howa-desorbsiýa usuly boýunça alnyşy

Burow suwlardan ýody howa desorbsiýa usuly boýunça almaklyk bromuň howa desorbsiýa usulyna meňzeşdir we ondan diňe hlory arassalamak stadiýasynyň ýoklugy bilen tapawutlanýar. Bromuň we ýoduň howa desorbsiýa usuly boýunça alnyş prosesiniň apparaturasy hakykatda birmeňzeş, bu bolsa duzly suwdan ilki ýod, soňra brom alynýan kärhana üçin uly amatlyklary döredýär,

Prosesiň tehnologiýa shemasy (1-nji surat) şu stadiýalardan ybarat: burow suwy turşatmak; ýody bölüp almak; ýody how bilen kowmak (desorbsiýa); ýod-howa garyndysyndan ýody siňdirmek; ýod siňdirilende alnan konsentratlardan elementar ýody bölmek.

Howa desorbsiýa usuly aşgar suwlardan hem ýody almakda ulanylyp bilner. Bu ýagdaýda turşatmak stadiýasy aradan aýrylýar. Howa desorbsiýa usulynyň kömür usulyndan artykmaçlygy: ol ýönekeý, apparaturasy çylşyrymly däl, bu bolsa prosesi aňsat awtomatlaşdyrmaga mümkinçilik berýär, ýod has arassa alynýar.



1-nji surat. Ýoduň howa-desorbsiýa usuly boýunça alnyşynyň tehnologik shemasy:

1 – kabul ediji gap; 2, 13 – nasos; 3 - hlorator; 4, 7 – güýjendiriji gap; 5 – filtr; 6 – garyjy; 8 – desorber; 9 – bak; 10- absorber; 11 - kislotalaryň garyndysy üçin gap; 12 – wentilýator.

Burow suwy oturtmany hapalamaz ýaly başda mehaniki goşundylardan arassalaýarlar. Burow suwy kükürt ýa-da duz kislotasy bilen pH 2-3,5-a çenli turşatýarlar. Hlorlamak ýörite apparatda – hloratorda ýa-da göniden-göni burow suwuň desorbere barýan turbageçirijisinde geçirilýär. Hlorator içi boş, silindrik apparat, garyşdyrmak üçin içinde diafragma ýerleşdirilen.

Ýoduň desorbsiýasy üçin harçlanýan howa burow suwuň konsentrasiýasyna we temperaturasyna baglylykda 4000-20000 m³/kg-a ýetýär, bu bromuň desorbsiýasyna harçlanýan howanyň mukdaryndan ep-esli köpdür (200-600 m³/kg). Şoňa laýyklykda elektroenergiýanyň harçlanyşy hem artýar. Ýod-howa garyndysynda ýoduň konsentrasiýasy 0,05-0,25 g/m³.

Ýod-howa garyndysyndan ýody tutmak üçin bromuň önümçiliginde ulanylýan siňdirijiler ulanylýar. Ýody

siňdirmegiň has amatly usuly kükürtli angidrid bilen täsirleşdirmekdir.

Eger SO_2 gaz faza berilýän bolsa, onda ownuk ümür görnüşinde emele gelýän HJ we H_2SO_4 -nyň garyndysy oturtmaly absorberde tutulýar. Absorber kislota garyndysy (suwarylyş dykzylygy takmynan 1 m/sag) bilen tutulýar.

Ýodly wodorodyň absorbsiýa koeffisiýenti suwarylyş dykzylygyna W_{suw} we howanyň tizligine baglylykda W_g (m/s) şuna deň:

$$K_a = 27,1 \cdot W_s^m \cdot W_g^n$$

bu ýerde $m = 0,05 - 0,06$ we $n = 1,1 - 1,2$

Alynýan ýodlywodorod kislotasynyň konsentراسiýasy has ýokary bolup bilmez, sebäbi onuň konsentراسiýasynyň artmagy bilen gaz fazadaky HJ-ň deňagramly konsentراسiýasy artýar, ol bolsa ýod-howa garyndysyndaky HJ-ň konsentراسiýasyndan ýokary bolup bilmez. Ondan başga-da, ýodlywodorod kislotasynyň konsentrlenen erginleri howadaky kislorod bilen aňsat okislenýär, onuň netijesinde erginde HJ-ň konsentراسiýasynyň artmagy bilen ýoduň siňdirilme derejesi peselýär.

HJ bilen bir wagtda emele gelýän H_2SO_4 howadan çyglylygy sorup alýar. Şonuň üçin hem alynýan ergindäki HJ-ň konsentراسiýasy ýod-howa garyndysyndaky suw buglarynyň mukdary bilen hem kesgitlenýär.

Kislota garyndysynda HJ-ň praktikada ýetýän konsentراسiýasy $80-120 \text{ kg/m}^3$, H_2SO_4 – $55-90 \text{ kg/m}^3$. Absorbsiýa derejesi 96-98 %.

Kükürtli angidrid ergin görnüşinde berlende onuň harçlanyşy absorbirlenen ýoduň 1 kg-a 0,43-0,65 kg, ýagny teoretikiden 360-e çenli ýetýär.

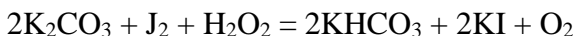
Kükürtli angidridiň köp harçlanmagy onuň ýodlywodorod kislotasynyň howadaky kislorod bilen

okislenmegi netijesinde emele gelyän ýod bilen täsirleşmegi bilen düşündirilýär.

Ýody ýod-howa garyndysyndan demir gyryndylary we ýodly demiriň erginleri bilen siňdirmek bolýar, emma, absorbsiýa prosesinde ýodly demir güýçli okislenýär, şonuň üçin bu suiňdirijiler praktikada ulanylanok.

Ýody ýod-howa garyndysyndan iýiji natriý ergini we soda bilen hem tutmak bolýar. Emma, bu usulda gat faza natriý bikarbonaty çökýär. Çökündiniň emele gelmezligi üçin sodanyň suwuklandyrylan ergini ulanylýar.

Ýod-howa garyndysyndan ýody siňdirmek üçin wodorod perekisiniň gatnaşmagynda potaşyň ergini hem ulanylyp bilner:



Bu prosesiň netijesinde ýod-howa garyndysyndan göniden-göni kaliý hloridini almak bolýar. Reaksiýa boýunça emele gelyän kaliý bikarbonaty suwda gowy ereýär we çökündi emele gelenok.

Kaliý ýodidiň ergininiň özi gowy okisleýji bolup durýar, onda siňdirmekligi göniden-göni şol ergin bilen geçirmek bolýar we oňa siňdirilen ýody dikeltmek üçin aşgar ýa-da wodorod perekisi goşulýar.

Başlangyç çig malyň häsiýetnamasy

Tebigatda ýerasty duzly suwlar giňden ýaýrandyr. Olarda duzlaryň köp mukdary, şol sanda ýoduň duzlary hem erändir. Şonuň ýaly duzly suwlar köplenç nebit ýataklarynda bolýar. Gatlaklardaky ýod saklaýan duzly suwlar skwažinadan dürli usullar bilen ýeriň üstüne çykarylýar, mysal üçin: elektroýükleýji nasoslar, erlift we ş.m. kömegi bilen.

Ýod saklaýan duzly suwlaryň wajyp häsiýetnamalarynyň biri hem, ondaky ýoduň

konsentrasiýasydyr. Konsentrasiýa ýokary boldugyça, 1 tonna ýody almak üçin işlenilmeli şerebe suwlaryň mukdary az bolýar, şonça-da onuň üçin gerek bolan apparaturanyň sany we ölçegi az bolýar. Senagatda ýody howa desorbsiýa usuly boýunça almak üçin ulanylýan şerebe suwlarda ýoduň minimal konsentrasiýasy $0,030 \text{ kg/m}^3$ töweregi bolýar. Şeýle hem howa desorbsiýa usuly boýunça ýod saklaýan şerebe suwlary gaýtadan işlemekligiň maksadalaýyklygy şerebe suwlaryň temperaturasy bilen kesgitlenilýär, ol $40\text{--}45^\circ\text{C}$ -dan pes bolmaly däl. Temperaturanyň ýokarlanmagy bilen üflemecligiň derejesi artýar, energoserişdeleriň, çig malyň harçlanyşy azalýar.

Şeýlelikde, howa desorbsiýa usuly boýunça ýoduň önümçiliginde ýokary tehniki-ykdysady görkezijileri gazanmak üçin şu faktorlar bolmaly:

- şerebe suwlarda ýoduň konsentrasiýasy ýokary bolmaly, $0,030 \text{ kg/m}^3$ -dan ýokary;
- aşgarlylygy pes bolmaly ýa-da bolmaly däl, 1 g-ekw/m^3 -dan az;
- şerebe suwlaryň temperaturasy ýokary bolmaly, 40°C -dan ýokary;
- kristallaşmagynyň we çökmeginiň şertleri bolmaly däl;
- organiki goşundylar az mukdarda bolmaly ýa-da bolmaly däl.

Önümçilige berilýän ýod saklaýan şerebe suwlar şu görkezijiler boýunça gözegçilik edilýär:

- ýod-ionuň konsentrasiýasy;
- aşgarlylygy;
- temperatura

Kükürt (S)

Arassa kükürt sary kristallik madda, dyklylygy $2,1 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, 119°C -da ereýär we 445°C -da gaýnaýar. Suwda ereýär, kükürtuglerodda gowy ereýär. Ýylylygyň udel mukdary

301 kJ/kg. 1 kg kükürdi ýakmak üçin zerur bolan gury howanyň mukdary 3,349 kg.

Ýoduň önümçiliginde ulanylýan kükürt TDS 127-64-e laýyklykda 99,5 % esasy madda saklamaly we 0,2 %-den köp bolmaly däl, turşulygy H_2SO_4 hasabynda 0,005-den köp däl, organiki goşundylaryň saklanyşy 0,3 %-den köp bolmaly däl, myşýagyň saklanyşy 0,0005 %-den köp däl, çyglylyk 2,0 %-den köp däl.

Kükürtli gaz (SO_2)

Atmosfera basyşda we 20 °C temperaturada kükürtli anhidrid ýiti ysly reňksiz gaz, dykzylygy $2,9 \text{ kg/m}^3$. Suwuk kükürtli anhidridiň dykzylygy 0 °C-da $1,435 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, 20 °C-da $- 1,383 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$, molekulýar massasy – 64,06, gaýnama temperaturasy – 10,08 °C.

Kükürdi, hlory, bromy, ýody we organiki maddalary gowy eredýär. Kükürtli anhidridiň suwda ereýjiligi aşakda görkezilen

Temperatura , °C	0	5	10	15	20	30	35
Ereýjiligi, %	68,8	69,8	51,4	43,5	30,7	25,8	21,8

Hlor (Cl)

Tehniki ýoduň önümçiliginde ýodidi okislemek üçin hlor ulanylýar. Hlor nahar duzunyň erginlerinden elektrohimiýa usul bilen alynýar, kükürt kislotasynyň kömegi bilen guradylýar, suwuklandyrylýar we ballonlarda alyjylara ugradylyýar.

Suwuk hlor - sary-ýaşyl reňkli, bogujy ýiti ysly madda. Atmosfera basyşda gaýnama temperaturasy - 34 °C, molekulýar massasy 70,906. Suwuk hloruň 0 °C-da otnositel dykzylygy 1,468. Suw bilen hlor atmosfera basyşda

we we 9,6 °C-dan pes temperaturada gaty gidratlary emele getirýär $\text{Cl} \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Suwly erginlerde hlor HCl we HOCl kislotalary emele getirýär, ol bolsa polada we beýleki materiallara güýçli täsirini ýetirýär.

Fiziki-himiki görkezijileri boýunça suwuk hlor şu norma laýyk gelmeli:

1. Hloruň saklanyşy, göwr. % - 99,6-dan az dälž
2. Çyglyk mas. % - 0,05-den köp dälž
3. Üç hlorly azot mas. % - 0,005-den köp däl.

Kärhanalarda hlor boçkalarda ýa-da ballonlarda saklanylýar, harçlaýjy gaplara gury gysylan howanyň kömegi bilen berilýär.

Gaz halynda polat turbageçirijiler arkaly geçirilýär.

Howa desorbsiýa prosesi boýunça tehniki ýoduň önümçiliginiň tehnologiýa prosesi (-nji surat) şu stadiýalardan ybarat:

- gatlakdaky duzly suwlary goşundylardan arassalamak;
- duzly suwlary turşatmak:
$$\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ = \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O};$$
- elementar ýody bölüp almak:
$$2\text{J}^- + \text{Cl}_2 = \text{J}_2 + 2\text{Cl}^-;$$
- ýody howa bilen üflemek (çykarmak);
- ýodhowa garyndysyndan ýody siňdirip almak:
$$2\text{HJ} + \text{Cl}_2 = \text{J}_2 + 2\text{HCl};$$
- ýoduň filtrasiýasy;
- ýody guratmak.

Skwažinalardan ýeriň üstüne çykarylan ýod saklaýan duzly suwlar 0,25-0,060 kg/m³ konsentrasiýa we 40-60 °C temperatura bilen polat turbageçirijiler arkaly çökdürijä geçirilýär, ol ýerde mehaniki goşundylardan we ugurdaş gazlardan arassalanylýar. Çökdürijiden duzly suwlar ýod önümçiliginiň kabul edijisine (1) berilýär.

Tebigy aşgarlylygyny bitaraplaşdyrmak maksady bilen we ýoduň gidroliziniň önüni almak üçin desorbsiýa bermezden

öň ýod saklaýan duzly suw $\text{pH}=2,0-3,5$ -a çenli 75-92 %-li kükürt kislotasy bilen turşadylýar. Soňra nasosyň kömegi bilen (12) sazlaýjy klapa arkaly (13) garyja berilýär. Kislotanyň harçlanyşy rotametr bilen ölçenilýär.

Ýod iony elementar ýoda çenli okislemek üçin turşadylan duzly suwa hloruň kollektorynda goýlan sazlaýjy klapa (16) arkaly gaz halyndaky hlor berilýär.

Hlor kärhana suwuklandyrylan görnüşde ýörite demirýol sisternalarda, boçkalarda getirilýär, ol ýerde hlor ýörite goýlan gaplara guýulýar. Suwuk hlor gapdan $3-5 \text{ kgs/sm}^2$ basyş astynda ýylylyk çalşyja berilýär. Ýylylyk çalşyja $45-50^\circ\text{C}$ temperatura çenli gyzdyrylýar. Şonda hlor gaz halyna geçýär. Gaz halyndaky hlor keramiki filtrlrde (15) arassalanylýar. Filtrlr gezekme gezegine işleýär.

Hlor duzly suwy geçirijide ýerleşdirilen garyja (4) berilýär. Okislenme derejesi 96-98 %.

Elementar ýoda çenli okislenen duzly suw desorbsion başny (5) berilýär. Ýody howa bilen üflemeçilik desorberiniň aşaky böleginde ýerleşdirilen deşikler arkaly amala aşyrylýar. İşlenilen duzly suw ($0,0010-0,0035 \text{ kg/m}^3$ ýod saklaýan) bitaraplaşdyrma stansiýasyna ýa-da brom önümçiligine berilýär.

$0,00015-0,00005 \text{ kg/m}^3$ elementar ýod saklaýan ýod-howa garyndysy desorberiniň aşaky böleginden duzly suwuň ownuk damjalaryndan arassalamak üçin desga ýörite berilýär we ondan soň bolsa absorbsiýa başny (6) geçirilýär. Desorber bilen absorberiniň arasyndaky gaz geçirijä kükürtli anhidrid (SO_2) berilýär. Ol howa bilen 5 %-li konsentrasiýa çenli suwuklandyrylýar.

Absorberiniň oturtmasy sorbent bolan - ýodlywodorod we kükürt kislotasynyň garyndysy bilen suwarylýar. Oturtmanyň suwarylma dykzlygy $1-5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{s}$. Sorbentdäki ýod ionuň konsentrasiýasyny $0,015-0,025 \text{ g/m}^3$ töwereginde saklaýarlar. Absorbsiýa derejesi 98-99 %. İşlenilen howa absorberden soň wentilýatoryň kömegi bilen desorbere (7) berilýär. Ýod

boýunça konsentrasiýasy 0,020-0,025 kg/m³ bolan sorbentiň bir bölegi siklden çykarylýar we nasos bilen (19) keramiki filtre (20) berilýär. Bu ýerde mehaniki goşundylardan arassalanylýar. Süzülen ergin ýoduň garyjyly kristallizatoryna (21) berilýär. Sorbentden ýody bölmeklik hlorgazly reaktorda amala aşyrylýar.

Hloruň harçlanyşy eH-metriň görkezijisi boýunça (elektron awtomatik potensiometr) sazlanýlar, okislenme-gaýtarylma potensial 540-580 mW-a deň bolmaly.

Reaktordan (21) ýod galyndy ergin bilen wagtal-wagtal sentrifuga (tip AG-630T) (22) berilýär. Ýoduň kristallary kondensat (gury önümiň massasyndan 5 esse köp mukdarda) ýa-da kaustik sodanyň 0,1 n ergini bilen ýuwulýar. Ondan soň kesilýär we geçiriji bunkere geçirilýär. Galyndy ergin we ýuwmak üçin ulanylan suwlar ýygnaýjyda (23) ýygnalýar, ol ýerden bolsa nasos (25) bilen duzly suwy turşatmak üçin iberilýär.

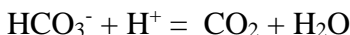
Ýod sentirfugadan soň 1,5-3 % çyglylyk bilen gaýnaýan gatlakly guradyja (24) ýüklenilýär. Yüklemeleklik wagtal-wagtal amala aşyrylýar. Ýod 60 °C-a çenli gyzdýrylan howa bilen guradylýar, guradylandan soň çyglylygyň saklanyşy 0,3 g/sm³-a deň. TDS-e laýyklykda kristal görnüşinde alnan tehniki ýod polietilenlawsan haltalara salynýar we sygymy 20-25 litr bolan karton barabanlara ýa-da agaç boçkalara ýerleşdirilýär.

Tehniki ýody almagyň tehnologiýa prosesi

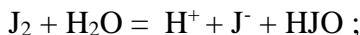
Duzly suwy bitaraplaşdyrmak we turşatmak

Ýod saklaýan duzly suw şu maksatlar bilen turşadylýar:

- a) tebigy aşgarlylygyny bitaraplaşdyrmak we zerur bolan turşulygy döretmek üçin:



b) ýoduň we hloruň gidroliziniň önüni almak üçin :



Gidroliziň netijesinde emele gelyän kislorodly birleşmeler desorbsiýa stadiýasynda howa bilen üflenilmeýär we işlenilen duzly suw bilen çykýar. Hloruň gidroliziniň geçmegi duzly suwdaky ýodid okislenende onuň harçlanyşyny artdyrýar. Ýoduň we hloruň gidroliziniň reaksiýalarynyň deňlemelerinden görnüşi ýaly wodorod ionlaryň konsentrasiýalarynyň artmagy bilen deňagramlyk çep tarapa (Le-Şatélyeniň prinsipi) süýşýär. Şol maksat bilen duzly suw pH=2,0-3,5-a çenli turşadylýar. Turşatmak üçin kükürt ýa-da duz kislotasy ulanylýar.

Şerebe suwuň aşgarlylygy metiloranž boýunça 1 m³ duzly suwy bitarap reaksiýa (pH=7) çenli ýetirmek üçin 1 n duz kislotasynyň mukdary bilen kesgitlenilýär we kg·ekw/m³-da aňladylýar. Şerebe suwuň aşgarlylygyny bitaraplaşdyrmak we turşatmak üçin zerur gerek bolan kislotanyň mukdaryny aşakdaky ýaly hasaplaýarlar.

Mysal. Başlangyç şerebe suwuň aşgarlylygy 5·10⁻³ kg·ekw/m³-a deň. 1 m³ duzly suwy 2,5·10⁻³ kg·ekw/m³-e çenli (2,5·10⁻³ mg·ekw/l) turşatmak üçin dykyzlygy 1840 kg/m³ bolan 92 %-li kükürt kislotasynyň harçlanýan mukdaryny hasaplamaly.

Çözülişi. Aşgarlylygyny bitaraplaşdyrmak üçin 5·10⁻³ kg·ekw/m³ kükürt kislotasy talap edilýär (esasy madda 100 % hasabynda). Şerebe suwuň turşulygyny döretmek üçin goşmaça 2,5·10⁻³ kg·ekw/m³ kükürt kislotasy talap edilýär.

1 m³ şerebe suwa gerek bolan mukdary: 5·10⁻³ kg·ekw/m³ + 2,5·10⁻³ kg·ekw/m³ = 7,5·10⁻³ kg·ekw/m³ kükürt kislotasy (100

% hasabynda). 1kg·ekw kükürt kislotasy molekulýar massasynyň esasynda bolan gatnaşygyna deň, ýagny $98/2 = 49$ ýa-da $7,5 \cdot 10^{-3} \cdot 49 = 367 \cdot 10^{-3}$ kg.

Bitaraplaşdyrmak we zerur bolan turşulygy döretmek üçin 92 %-li kükürt kislotasynyň harçlanyşy: $5 \cdot 10^{-3}$ kg·ekw/m³.

$$(367 \cdot 10^{-3} \cdot 100)/92 = 399 \cdot 10^{-3} \text{ (kg);}$$

$$399 \cdot 10^{-3} / (1,84 \cdot 1000) = 211 \cdot 10^{-6} \text{ (m}^3\text{) ýa-da 0,211 litr}$$

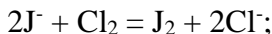
Kislota demir ýol sisternalaryndan merkezden daşlaşýan nasos bilen 11itr göwrümlü saklaýjy-gaba berilýär, ol ýerden bolsa nasos-dozator 12 bilen sazlaýjy klapany arkaly garyja (3) berilýär.

Kislotanyň duzly suw bilen garylmagy diafragma ýa-da garyjynyň içinde ýerleşdirilen beýleki abzallar arkaly üpjün edilýär. Turşatmaklygy 0,002 kg·/m³ (2 mg·ekw/l) çenli dowam edýärler. Önümçiligiň praktiki şertlerinde temperatura, ýodidleriň konsentrasiýasyna we berlen okislenme derejesine baglylykda duzly suwy turşatmaklyk pH=2-3,5-a çenli geçirilýär we pH-metriň görkezijisi boýunça gözegçilik edilýär. Ol aýna ýa-da hlorkümiş elektrodлары bilen üpjün edilýär.

Şerebe suwdaky ýodidi okislemek

Turşadylan ýod saklaýan duzly suwdan elementar ýody bölüp almak üçin okisleýji hökmünde hlor, natriý gipohloriti, ikihromturşy kaliý, natriý nitriti we beýl. ulanylýar.

Ýod şu reaksiýalar boýunça bölünýär:

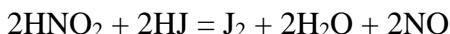
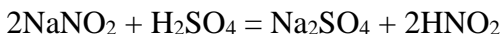
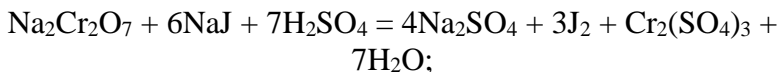


hlor artykmaç bolanda:



$\text{JO}^- + \text{J}^- + 2\text{H}^+ = \text{J}_2 + \text{H}_2\text{O}$ (bu reaksiýa bitarap we gowşak aşgar sredada hem geçip bilýär).

Gipohlorit artykmaç bolanda ýodidler ýodata çenli aňsat okislenýär:



Has arzan okisleýji hökmünde hlor ulanylýar. Hlor konsentrirlenen gaz görnüşinde, hlorly suw ýa-da howa bilen garyndysy görnüşinde ulanylýar. Hlor-howa garyndysy bilen okislemeklik pH=5-7,5-a çenli amala aşyrylyp bilner.

0,003-0,01% hlor saklaýan hlor-howa garyndysyny desorberiniň ortaky bölegine berýärler.

Hlor bilen berilýän howanyň mukdary desorbsiýa harçlanýan howanyň umumy mukdaryndan 10 % tutýar. Hlor şonuň ýaly usul bilen berlende kislotanyň harçlanmagynyň azalmagy bilen bir wagtda işlenilen suw bilen ýoduň ýitgisi hem azalýar.

Hloruň okisleýji hökmünde ýitgisi – artykmaç berlende bölünen ýoduň ýodata çenli okislenmegidir.

Hloruň hemişelik mukdary berlende ýod-ionuň okislenme derejesi onuň duzly suwdaky konsentrasiýasynyň artmagy bilen köpeliýär we hloridiň konsentrasiýasynyň köpelmegi bilen peseliýär. Duzly suwdaky ýodidiň okislenme derejesi formula boýunça kesgitlenilýär:

$$\frac{C_b - C_a}{C_b} \cdot 100,$$

bu ýerde C_b - başlangyç duzly suwda ýod-ionuň başlangyç konsentrasiýasy;

C_a - işlenilen duzly suwda ýod-ionuň ahyrky konsentrasiýasy;

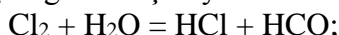
Mysal. Başlangyç duzly suwda ýod-ionuň konsentrasiýasy $0,03 \text{ kg/m}^3$; işlenilen duzly suwda - $0,002 \text{ kg/m}^3$.

Ýod-ionuň okislenme derejesini kesgitlemek.

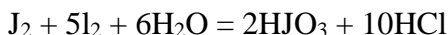
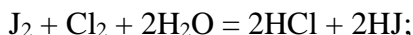
Çözülişi : Okislenme derejesi $= \frac{0,03 - 0,002}{0,03} \cdot 100 = 93,5 \%$

1 kg ýody almak üçin hloruň teoretiki harçlanyşy $0,280 \text{ kg}$, hakykatda bolsa hlor köp harçlanýar, sebäbi onuň käbir mukdary goşmaça reaksiýalara harçlanýar.

Duzly suw ýeterlik turşadylmasa, hlor bilen ýod suw bilen özara täsirleşmegine harçlanýar:



$\text{J}_2 + \text{H}_2\text{O} = \text{HJ} + \text{HJO}$ we ýoduň käbir mukdarynyň gipoýodide we ýodata çenli okislenmegine harçlanýar:



Hloruň goşmaça reaksiýalara harçlanmagyna galoidsindirijilik diýilýär.

Howa-desorbsiýa usuly boýunça 1 kg ýody almak üçin hakykatda hloruň harçlanyşy $0,7 - 1,0 \text{ kg-a}$ ýetýär.

Ýoduň howa bilen desorbsiýasy

Howa desorbsiýa usuly boýunça ulanylýan duzly suwlar ýoduň konsentrasiýasy, duzlulyk düzümi we temperaturasy

boýunça güýçli tapawutlanýarlar. Şonuň üçin esasy görkezijiler bolan ýoduň desorbsiýa derejesi, howanyň harçlanyşy, apparatyň ölçegi, wentilýatoryň kuwwatlylygy we ş.m. dürli düzümlü duzly suwlar üçin birmeňzeş dälidir.

Ýoduň kowulma prosesini häsiýetlendirýän esasy görkeziji hem howanyň harçlanyşydyr. Ol elektroenergiýanyň harçlanyşyny kesgitleýär.

Gaz garyndysynyň göwrüm birligindäki ýoduň konsentrasiýasynyň ergindäki ýoduň konsentrasiýasyna bolan gatnaşygyna ýoduň ýaýrama koeffisiýenti (H_g) ýa-da Genri konstantasy - $H_g = \frac{C_g}{C_s}$ diýilýär.

Ters akymly apparatda duzly suwdan ýody üfleme üçin zerur bolan howanyň teoretiki mukdary (B_o) :

$$B_o = \frac{1}{H_g} = \frac{C_s}{C_g},$$

Bu ýerde

C_s – duzly suwdaky ýoduň konsentrasiýasy, kg/m^3 ;

C_g - gaz howa garyndysynda ýoduň konsentrasiýasy, kg/m^3 ;

H_g – ýoduň ýaýrama koeffisiýenti (Genri konstantasy).

Şeýlelikde, ýody kowmak üçin harçlanýan howa ýoduň ýaýrama koeffisiýentine we onuň duzly suwdaky konsentrasiýasyna ters proporsionaldyr. Şol bir temperaturada dürli düzümlü duzly suwlar üçin ýaýrama koeffisiýenti giň çäklerde bolýar. Hlorly duzlaryň gatnaşmagynda ýoduň ýaýrama koeffisiýenti kompleks ionlaryň emele gelmegi netijesinde, mysal üçin, ClJ_3^- - peselýär, kükürttürşy duzlar bolanda - artýar.

Has hem temperaturanyň üýtgemegi bilen ýaýrama koeffisiýenti üýtgeýär. Temperatura 0°C -dan 50°C -a çenli üýtgände ýoduň ýaýrama koeffisiýenti 10-12 esse artýar.

Onda, ýoduň desorbsiýa prosesiniň gowy geçmegi üçin hloridleriň konsentrasiýasyny peseltmeli we sulfatlaryň konsentrasiýasyny, ýoduň konsentrasiýasyny we temperaturany artdyrmalydyr.

Praktikada ýod üflenende howanyň artkmaçlyk koeffisiýenti suwarylyş dykzylygyna we howanyň tizligine baglylykda 1,2 – 2,5 aralykda bolýar (teoretiki bilen deňeşdirilende). Ýoduň desorbsiýasynyň senagat desgalarynda suwarylyş dykzylygy $12-40 \text{ m}^3/\text{m}^2\cdot\text{s}$, howanyň tizligi bolsa 0,7-1,5 m/s.

Desorber arkaly sorulýan howanyň mukdary oturtmanyň gidrawliki garşylygyna bagly. Ol howanyň tizliginiň kwadratyna deň we suwarylyş dykzylygynyň ýokarlanmagy bilen artýar. Desorberiň işleýşiniň effektiwligini häsiýetlendirýän esasy görkezijiler hem kowulma derejesidir, ol prosentde aňladylýar we howa bilen elementar ýoduň haýsy böleginiň kowlandygyny (üflenilendigini) görkezýär. Kowulma derejesi berilýän we zyňylýan duzly suwlardaky elementar ýoduň mukdary boýunça kesgitlenilýär.

Kowulma derejesini hasaplamak üçin mysal:

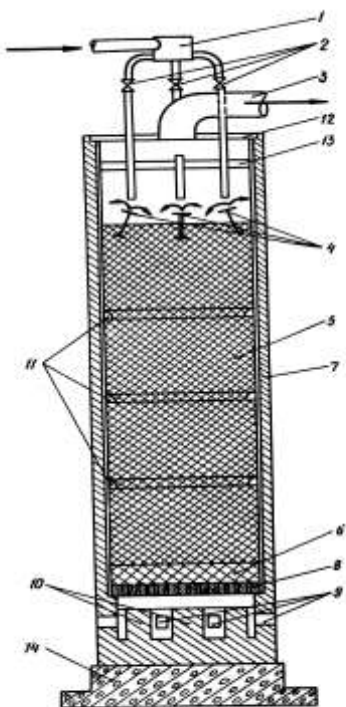
Desorbsiýa berilýän duzly suwdaky erkin ýoduň mukdary - $0,028 \text{ kg/m}^3$, zyňylýan duzly suwdaky elementar ýoduň mukdary - $0,001 \text{ kg/m}^3$.

$$\text{Kowulma derejesi} = \frac{0,028 - 0,001}{0,028} \cdot 100 = 96,5 \%$$

$$\text{Bölünme derejesi} = \frac{0,030 - 0,002 - 0,001}{0,030} \cdot 100 = 90\%$$

Duzly suwdan ýoduň desorbsiýa prosesi tegelek ýa-da kwadrat kesimli oturtmaly başnyada geçirilýär. Onuň meýdany $10-30 \text{ m}^2$ we beýikligi 14-16 m. Başny kislotany durnukly örgüli demirbetondan ýasalan.

Titandan ýasalan desorber has durnukly bolýar.



Ýoduň kowulma derejesi köp faktorlara, şol sanda duzly suwuň we howanyň temperaturasyna, howaduzly erginiň gatnaşygyna, howanyň we duzly suwuň desorberiň kesimi boýunça ýaýraşsyna oturtmanyň udel üstüne baglydyr.

Okislenme we desorbsiýa stadiýalary bölünme derejesi bilen häsiýetlendirilýär.

Bölünme derjesini hasaplamak üçin mysal. Başlangyç duzly suwda ýod-ionuň konsentrasiýasy $0,030 \text{ kg/m}^3$, zyňylýan dusly suwda ýod-ionuň mukdary $0,002 \text{ kg/m}^3$, zyňylýan duzly suwda elementar ýoduň mukdary $0,001 \text{ kg/m}^3$, okislenme derejesi 93,5 %, üflenme

derejesi 96,5 %.

Desorber (2-nji surat). 12 metre çenli oturtma bilen ýüklenen. Oturtmanyň esasy häsiýetnamalary onuň udel üsti (m^2/m^3) we erkin göwrümi (m^3/m^3). Oturtma (goýum) şu talaplara laýyk gelmeli: göwrüm birliginde üsti uly bolmaly, suwarylýan suwuklyk üst boýunça gyradeň ýaýramaly we duzly suw bilen gowy öllenmeli, korroziýa durnuklylygy ýokary bolmaly, mehaniki berk , dykzylygy pes bolmaly we bahasy ýokary bolmaly däl.

Howa desorbsiýa usuly boýunça ýoduň önümçiliginde formasy we ölçegi boýunça dürli görnüşli oturtmalary

ulanylmaly. Olardan has giňden ýaýrany - ýuka diwarly keramiki halka görnüşinde, beýikligi diametrine deň bolan, ölçegi 25-den 150 mm (Raşig halkalary) oturtmalardyr. Kiçi ölçegde bolan oturtmalar başnýa dökülýär. Uly (horda) oturtmalar hatara goýulýar, ol agaçdan ýasalan, ölçegi 50x40 mm, egilme burçy 30°.

Oturtmaly başnýda suwuklygyň gyrađeň ýaýramagyna 2 sany faktor täsir edýär: oturtmanyň boýunça duzly suwuň başlangyç ýaýramagy üçin goýlan konstruksiýa we apparatdaky suwuklygyň ýolunyň uzynlygy. Suwuklygyň oturtma boýunça apparatyň diwaryna akyp geçişi oturtmanyň beýikliginiň ulalmagy bilen artýar. Şonuň üçin, oturtmanyň beýikligi uly bolan kolonna apparatlarda her 2-3 metrden ýaýradyjy gurluş goýulýar, olar suwuklygyň hereketini diwardan apparatyň merkezi bölümine ugradýarlar.

Turşadylan duzly suw (elementar ýodly) polat turbageçiriji boýunça başnýanyň ýokarky bölegine berilýär, bu ýerde ol pürkujileriň kömegi bilen oturtma boýunça gyrađeň ýaýraýarlar. Mysal üçin, has giňden ýaýaran pürküji - Rudnew pürküjisi - möý görnüşli merkezi bakly, onuň şol bir beýikliginde birmeňzeş diametrli çykaryjy deşikler goýlan. Merkezi bak başnýanyň gapagynda goýlan. Yzyna serpikdirijilerden käbir aralykda diskler ýerleşdirilen. Duzly suwuň akymy diske urulyp pürkülýär.

Aýratyn diskler berilýän pürkülýän duzly suwuň diwarlar boýunça akmazlygy üçin sazlamaly. Desorberiň kesimi boýunça duzly suwuň ýaýraýşyny şunuň ýaly sazlaýarlar: oturtmanyň aşagyndan başnýanyň meýdany boýunça nusga alyjy gurluşlar gyrađeň edilip goýulýar, mysal üçin, ujunda gysgyç goýlan şlangly guýguç (başnýanyň diwary arkaly çykarylan). Duzly suwuň nusgasyny almak üçin gysgyjy aýyrýarlar we şlangada saklanan ergini dökýärler. Nusgany bir wagtda ähli nokatlardan alýarlar we elementar ýoduň mukdaryny kesgitleýärler. Şerebe suwuň we howanyň

oturtmanyň meýdany boýunça gyrađeň ýaýramagy - ýoduň maksimal kowulmagynyň şertleriniň biridir.

Howa desorbere apparatyň diwarlarynda bolan ýörite deşikler arkaly berilýär. Käwagtlar howanyň gowy ýaýramagy üçin oturtmanyň aşagynda ýörite sazlaýjy şiberler goýulýär.

Ýod-howa garyndysyndan şerebe suwuň syçramalaryny we ownuk damjalaryny bölmek üçin desorberiň ýokarky böleginde damja tutujy gurluş ýerleşdirilen. Şonuň ýaly gurluşlar hökmünde damjalaryň tutulyşy inersion we merkezden daşlaşýan güýçleriň täsirine esaslanan apparatlar ulanylýar.

Inersion damjatutujylaryň hereketi böwediň kömegi bilen gaz akymynyň ugruny üýtgetmegine esaslanan. Şonda, gaz akymynyň tizligi peselýär, suwuklygyň bölejikleri bolsa başdaky ugruny saklamaga çalşyp, gaz akymyndan çykýarlar.

Merkezden daşlaşýan güýjüň hereketine esaslanan damjatutujylara siklonlar degişli.

Siklonda gazyň damjalardan bölünmegi gaz akymynyň aýlawly hereketinde güýçlenýän merkezden daşlaşýan güýçleriň ulanylmagyna esaslanan.

Arassalama derejesi 98-99 %-e ýetýär. Siklonlaryň gidrawliki garşylygy ýokary bolýar (50-100 mm sim. süt.).

$0,15-0,5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ýod saklaýan ýod-howa garyndysy duzly suwuň syçramalaryndan we ownuk damjalaryndan bölünenden soňra gaz geçiriji boýunça absorbere berilýär.

Desorber we absorber arkaly sorulýan howanyň mukdary agregatyň ýod boýunça öndürijiligine bagly we ol oturtmada şlamyň emele gelmegi netijesinde üýtgeýär. Praktikada ýody üflemek boýunça ýokary netijeler howa bilen duzly suwuň gatnaşygy $150-200 \text{ m}^3/\text{m}^3$ (başlangyç duzly suwda ýoduň mukdary $0,080-0,050 \text{ kg/m}^3$) bolanda alynýar.

Desorbsiýa başnyasyna üflemek üçin berilýän howanyň temperaturasyny saklamak üçin resikl ulanylýar, ýagny wentilýator bilen zyňylýan ýyly howa retur howanyň kömegi bilen desorbere gaýtarylýar. Sistemada jebis bolmadyk

ýagdaýynda artykmaç howa ýygnanýar. Ony zyňmak üçin howa çykaryjyda ýa-da wentilýator bilen retur halkanyň arasyndaky retur kanalda wertikal çykaryjy turba goýulýar. Işlenilen duzly suw desorberiň aşaky böleginden kollektora berilýär we öz akymyna degaloidirmek we bitaraplaşdyrmak üçin ýa-da brom sehine berilýär.

Ýod-howa garyndysyndan ýoduň alnyşy

Ýod-howa garyndysyndan himiki tutujylaryň kömegi bilen ýody tutmak

Ýody ýod-howa garyndysyndan dürli siňdirijiler bilen tutmak bolýar:

- 1) Demir gyryndysy. Demir gyryndysy bilen tutulanda 300 kg/m^3 ýod saklaýan ýodly demir ergini alynýar. Emma, tutmak prosesinde önümi hapalaýan demir oksisleriniň gidratlary emele gelýär. Ondan başga-da, demir gyryndysy ýod-howa garyndysyndan demir gyryndysyny siňdirýär, şonuň üçin hem demir gyryndysy ýody tutmak üçin senagatda giňden ulanylmaýar.
- 2) Kaustik we kalsinirlenen sodanyň ergini. Şonda 2-5 %-li ýodly natriý ergini alynýar. Natriý bikarbonatynyň çökdürijisiniň emele gelmegi, şeýle hem ýod-howa garyndysyndan ýod bilen bilelikde naften kislotasynyň siňdirilmegi netijesinde bu usul senagatda ulanylmaýar.
- 3) Ýod-howa garyndysyndan ýody tutmagyň has maksadalaýyk usullarynyň biri hem onuň kükürtli anidrid bilen täsirleşdirilmegidir:



SO_2 eredilen kükürdi ýakmak bilen alynýar. 10-15 % SO_2 saklaýan gazlar howa bilen 5 % konsentrasiýa çenli suwuklandyrylýar we ýod-howa garyndysyna berilýär.

SO₂ ýod we suw buglary bilen täsirleşende ýodlywodorod bilen kükürt kislotasynyň ownuk damjalary emele gelýär, olar absorbsiýa başnyasynda oturtma bilen tutulýar. Absorber aýlanýan kislota garyndysy bilen suwarylýar. Erginde ýodlywodorod kislotasynyň artmagy bilen ýodlywodorodyň buglarynyň erginiň üstünden basyşy artýar. Ondan başga-da, ýodlywodorod kislotasynyň konsentriirlenen erginleri howadaky kislorod bilen okislenýär, netijede erginde ýodlywodorod kislotasynyň artmagy bilen siňdirilme derejesi peselýär.

Ýodlywodorod kislotasy bilen bir wagtda emele gelýän kükürt kislotasy, howadan suwuň buglaryny güýçli siňdirýär. Şonuň üçin, ergindäki ýodlywodorod kislotasynyň konsentراسیasy ýod-howa garyndysyndaky suw buglarynyň saklanyşy bilen kesgitlenilýär we düzümine, damjatuşy gurluşyň konstruksiýasyna, duzly suwuň temperaturasyna baglylykda dürli çäklerde bolup bilýär.

Käbir ýataklaryň duzly suwlary naften kislotalary bilen hapаланan, duzly suw turşadylanda olar erkin görnüşde bölünip çykýar we howa bilen bölekleyin üflenilýär, soňra bolsa sorbent bilen siňdirilýär we ýod hapаланýar. SO₂ bilen ýod tutulanda sorbentdäki naften kislotalarynyň mukdary ýoduň aşgar bilen siňdirilip alynýan konsentratlaryndakydan az bolýar.

SO₂ bilen ýod-howa garyndysyndan ýoduň absorbsiýa prosesi oturtmaly başnyada geçirilýär. Onuň beýikligi 10-12 metr, meýdany 10-30 m² tegelek ýa-da kwadrat kesimli. Absorber 4-6 m-e çenli 50x50, 80x80 ölçegli Raşiginiň keramiki halkalary bilen doldurylýar. Başny demirbetondan ýasalan (iki gat kislota çydamly kerpiç bilen örtülen).

Titandan ýasalan başnyada synag geçirilip görülen.

0,15-0,5·10⁻³ kg/m³ elementar ýod-howa garyndysy gaz geçiriji boýunça absorbere berilýär. Desorber bilen absorberiniň gaz geçirijisine 5 % konsentراسیaly SO₂ howa bilen aryndysy berilýär, ol teoretiki zerur mukdaryndan 7-5 % artykdyr.

SO₂-niň artykmaç berilmeginiň sebäbi onuň bir bölegi burow suwundan howa bilen desorbirlenen organiki goşundylaryň reaksiýasyna gidýär. SO₂-niň bir bölegi bolsa kislota garyndysynda ereýär.

Gaz halyndaky kükürtli angidrid forsunkaly peçde kükürt ýakylanda emele gelýär. Peçden soň (31) gaz halyndaky kükürtli angidrid ýakylýan kameradan (32) geçýär, bu ýerde sublimirlenen kükürt ýanýar we ýylylyk çalşyjyda 30-40 °C-a çenli sowadylýar.

Ýod-howa garyndysynyň absorberdäki tizligi 0,7-1,5 m/s. Absorberiň oturtmasy suwaryjy arkaly sorbent (ýodlywodorod bilen kükürt kislotasynyň garyndysy) suwarylýar. Suwaryjy titan turbalardan ýasalan, olaryň ujuna pürküji forsunka goýlan.

Oturtmanyň suwarylyş derejesi 1-5 m³/m²s. Sorbentdäki ýod-ionuň konsentrasiýasy 15-25·10⁻³ kg/m³ (15-25 mg/l) çäklerde saklanýar. 1 kg absorbirlenen ýoda harçlanýan kükürt angidridiniň mukdary 0,35-0,5 kg. Absorbsiýa derejesi 98-9 %.

Işlenilen howa absorberden soň wentilýator arkaly desorbere berilýär.

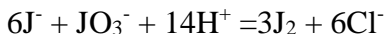
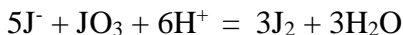
Sorbentiň damja görnüşinde çykmagynyň önüni almak üçin absorbentden soň damja tutujy goýlan. Ýygnaýjydan sorbent 15-25·10⁻³ kg/m³ konsentrasiýa bilen wagtal-wagtal ýada üznüksiz bölünme we kristallaşdyrma bölümüne geçirilýär. Aýlanýan sorbentiň umumy göwrüminiň stadiýasyny ýygnaýja süýji suwuň berilmegi bilen amala aşyrylýar.

Elementar ýody dikeldiji hökmünde kükürtli angidrid ulanylanda enjamlar - gaz geçirijiler, wentilýator, sorbentiň nasosy, armatura, turbageçirijiler we ş.m. – korroziýa durnukly materiallardan (titan, polietilen) ýasalýar.

Kislota garyndysyndan ýody bölmek

Sorbentden ýody bölüp almaklyk dürli okisleýjileriň - bertolet duzly, hlor, wodorod perekisi, ikhromturşy kaliý,

natriý nitriti, natriý gipohloriti we beýl. kömegi bilen geçirilýär.



Senagatda ýody bölmek we kristallaşdyrmak üçin okisleýjileri saýlap almaklyk şu faktorlara esaslanan: 1) gowy hilli önüm almak;

2) ykdysady taýdan maksadalaýyklygy;

3) tebigy suw howdanlaryna zyňylýan erginde zyýanly maddalaryň konsentrasiýasy rugsat edilýän bolmaly;

4) prosesiniň apparaturasy ýönekeý bolmaly.

Tehiki ýoduň hili (himiki arassalygy, konsentrasiýasy), şeýle hem bölünme we kristallaşdyrma stadiýalaryndaky ýitgisi sorbentiň düzümine, şeýle hem kristallaşdyrmagyň şertlerine bagly bolup durýar.

Sorbentdäki goşundylar izomorf däl (önüme kristallaryň üstüniň erginiň öllemegi netijesinde geçýärler). Izomorf (meñzeş kristallik strukturasy bolup, erginden kristallaşdyrylanda esasy önüm bilen birleşdirilen ýa-da üýtgeýän düzümlü garyşan kristallary emele getirýär) we adsorbirlenen (kristallaşmanyň esasy önümine ösýän kristallar bilen adsorbsiýasy netijesinde düşýärler) bolup bilýärler. Sorbentde hloridleriň, sulfatlaryň naften kislotalarynyň

goşundylary bolýar. Kristallarda adsorbirlenen goşundylaryň konsentrasiýasy – filtrde arassalamak, temperaturany ýokarlandyrmak, kristallaşdyrma tizligini peseltmek, kondensat ýa-da desinormal (0,1n) kaustik soda ergini bilen ýuwmak bilen peseldilýär.

Hemişe organiki däl goşundylar kondensat bilen G - S (gaty:suwuk) massa gatnaşygy 1:5-e deň bolanda gowy ýuwulýar.

Kristallaşma şertleriniň ýoduň himiki arassalaygyna we kristallaryň ululygyna täsiri kesgitlenende, kristallaşma temperaturasynyň ýokarlanmagy bilen kristallaryň himiki arassalygynyň hem artýanlygy kesgitlenildi.

Kärhanalardaky kristallizatorlar titandan ýasalan, ol ýod bilen kontaktlaşanda +50 °C-a çenli durnukly, şonuň üçin hem kristallaşma temperaturasyny 35:50 °C töwereginde saklaýarlar.

Ýodid-ionuň dürli okisleýjiler bilen okislenme-gaýtarylma reaksiýalarynyň tizligi giň çäklerde üýtgeýär.

Ýoduň has iri we himiki arassa kristallary 30-50 °C temperaturada we şu aşakdaky okisleýjiler ulanylanda alynýar:



Hlor okisleýji hökmünde ulanylanda sorbentiň temperaturasy üçin talap edilýän sentirfugada (tip FGN –630-1) 40x60 mkm ölçegli kristallary almak okisleýji hökmünde hlor ulanylanda kristallaşdyrmagyň şu şertlerinde almak bolýar: kristallaşma tizligi 20-30 kg/m³ sag, kristallaşma temperaturasy 15-24 oC, kristallizatoryň garyjysynyň aýlanma tizligi 400-400 aýlaw/min, kondensat bilen ýuwmaklyk G : S = 1 : 5.

Önümçilikde ýody bölmek we kristallaşdyrmak titandan ýasalan kristallizatora geçirilýär, ol konus düýpli we garyjyly silindrik apparat. Gapagynda sorbenti, hlory, kondensaty ermek üçin patrübok goýlan, nusgalyk almak we apparatyň

içki üstüni görmek üçin lýuk goýlan. Sorbent ýodidiň 15-25·10⁻³ kg/m³ konsentrasiýasy bilen ýygnaýjydan (10) nasos bilen filtr arkaly (20) kristallizatora berilýär, şol ýere hem düýbüne çenli goýberilen winiplast ýa-da ftoroplast turba boýunça hlor geçiriji magistraldan gaz halyndaky hlor berilýär.

Sorbentde ýoduň okislenme prosesi garyjynyň işledilmeginde sorbentdäki eH 540-580 mW-a ýetýänçä geçirilýär. eH platina ýa-da hlorkümiş elektrodlar bilen ölçelýär.

Ýoduň bölünişini analitiki usul bilen galyndy erginde ýoduň mukdary boýunça kesgitleýärler. Ol 0,7·10⁻³ kg/m³-dan ýokary geçmeli däl.

Bölünen we kristallaşdyrylandan soň kristallizatorda galan mukdaryny 20-30 min. garyşdyrýarlar we soňra suwsyzlandyrýarlar.

Ýody süzmek we guratmak

Ýoduň suspenziýasyny we galyndy ergini bölmeklik, şeýle hem kristallary suwsyzlandyrmak sentrifugada (awtomatiki, gorizental, wagtal-wagtal hereket edýän pyçakly çökündini aýyrýan) geçirilýär.

Sentrifuganyň öňki gapagynda çökündini kesiji mehanizm, ýükleýji bunker iýmitlendiriji turba, ýuwmak we regenerirmek üçin turba, ýüklenilýän gatlagyň derejesini sazlaýjy goýlan. Ýükleýji klapa gös-göni garyjyly kristallizatorda goýulýar.

Sentrifugada işlenilende suspenziýa, ýükleýji klapa we üpjün ediji turba arkaly sazlanýlar. Çökündiniň gatlagy berlen derejesine ýetirililende suspenziýanyň berilmegi awtomatiki kesilýär, ondan soň ýod gysylýar we talap edilen ýagdaýynda çökündi ýuwulýar.

Gysylan çökündi pyçak bilen kesilýär we bunker arkaly sentrifugadan çykarylýar.

Sentirfuganyň işleýiş režimi

Ýüklemek 15 min.

Gysmak 2 min.

Ýuwmak 10 min.

Gysmak 60 min.

Çykarmak 3 min.

Jemi 90 min.

Çökündiniň galyňlygy gatlagyň derejesiniň mehanizmi bilen gözegçilik edilýär we 1sıklde 40 kg ýod ýüklenilýär. Ýody ýuwmaklygyň temperaturasy 20-30 °C bolan kondensatyň (gury ýoduň mukdaryndan) 5 esse köp mukdary bilen amala aşyrylýar.

Çykýan galyndy ergin we ýuwmak üçin ulanylan suwlar galyndy erginiň ýygnaýjysyna zyňylýar, ol ýerden nasos bilen duzly suwy turşatmaga berýärler. On gezek sentrifugirlenenden soň sentrifuganyň elegindäki süzüji matanyň regenerasiýasy geçirilýär. Onuň üçin 10 %-li aşgar ergini ulanylýar.

Ýod bunker boýunça karton barabanlara (polietilenlawsan plýonkaly işlikli) ýa-da geçiriji bunkerlere berilýär.

Barabanlardaky we bunkerlerdäki ýoduň TDS-nyň talaplaryna laýyklygyna barlag geçirilýär.

Ýody guratmaklyk "gaýnaýan gatlakly" guradyjyda geçirilýär, ol 60 °C-a çenli gyzdyrylýar. Guradyjy titandan ýasalan, beýikligi 2 m bolan konus görnüşli apparat. Howa aşaky bölegine ýaýradyjy gözenek arkaly berilýär. Apparatyň aşaky kesiminde howanyň tizligi 0,360-0,400 m/s-a, ýokarky - 0,005-0,015 m/s-a deň. Silindrik böleginde 1,6 m beýiklikde ýod-howa massasynyň söndürijisi goýlan.

Guratmak üçin howa 1 apparata 130 m³/sag mukdarda 2 kgs/sm² basyş bilen berilýär. Absolyút çyglylygy 0,3 g/m³-dan köp däl, t=60 °C. Onuň harçlanyşyny hemişelik

saklaýarlar. Guradyjynyň temperaturasyny 3 nokatda garşylyklaýyn termometr bilen ölçeýärler.

Ýüklenilýän ýoduň mukdary 1 siklde 40 kg, guradylyşy – 2 sag.

Ýoduň çyglylygy 0,4 %-den az bolanda ýod karton barabanlara (polietilenlawsan işlikli) ýüklenilýär, onuň üçin:

- apparata howanyň berilmegini kesýärler;
- aparatyň aşaky bölegindäki şiber açylýar we wibrator işledilýär.

Taýýar önümiň TDS-a laýyklygynyň barlagy geçirilenden soň barabanlar çekilýär, markalanýar.

Guratma prosesinde ýoduň kristallary guradyjynyň diwarlaryna ýelmeşmegi mümkin. Onuň öňüni almak üçin wagtal-wagtal wibrator işledilýär. İşlenilen howa $1 \cdot 10^{-3} \text{ kg/m}^3$ ýod saklaýan oturtmaly skrubbere (28) berilýär. Ol 10 %-li kaustik soda ergini bilen suwarylýar, şol ýere hem wentilýator ýa-da inžektor bilen üflenilýär. Skrubberiň oturtmasy - ölçegi $25 \times 25 \text{ mm}$ bolan keramiki Raşig halkalary bolup durýar. Suwarylyş dyklyzlygy $10\text{-}15 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{-sag}$.

Suwarlyýan erginde ýoduň konsentrasiýasy $0,030 \text{ kg/m}^3$ -a ýetende ony ýody bölmek üçin sorbentiň gabyna geçirýärler. İşlenilen howada ýoduň galan mukdary $0,5\text{-}1,0 \cdot 10^{-6} \text{ kg/m}^3$ ($0,5\text{-}1,0 \text{ mg/m}^3$).

4.4. Kömür adsorbsiýa usuly boýunça ýoduň alnyşy

Mineral suwlardan ýody kömür-adsorbsiýa usuly boýunça almaklyk 1927-nji ýylda sowet inženerleri B.P. Denisowiç we A.G. Baýçikow tarapyndan işlenilip düzülýär we köp ýyllaryň dowamynda ýody almaklygyň ýeke-täk senagat usuly bolýar.

Proses kömür däneleriniň gatlagyndan erginiň süzülmegine esaslanan. Burow suwuň geçiş tizligi ýokary däl we ýoduň suwdaky konsentrasiýasy az bolansoň, kömüriň doýgunlaşmasy – uzak prosesdir. Şonuň üçin apparaturanyň

umumy göwrümi ulaldylýar. Aktiwirlenen kömür ýoddan başga-da dürli organiki goşundylary hem siňdirmäge ukyply, bu bolsa onuň adsorbsion häsiýetlerini peseldýär. Munuň özi bir tarapdan kömüriň ulanylyş möhletini azaltýar, beýleki bir tarapdan alynýan ýod hapalanýar.

Kömür adsorbsiýa usuly boýunça ýody almaklyk şu stadiýalardan ybarat: burow suwuň tebigy aşgarlygyny bitaraplaşdyrmak üçin turşatmak; okisleýjileriň kömegi bilen elementar ýody bölmek; kömürden aşgar ergini bilen ýoduň desorbsiýasy; konsentratlardan kislotanyň we okisleýjileriň kömegi bilen ýody almak.

4.5. Ionçalyşma smolanyň kömegi bilen duzly suwlardan ýoduň alnyşy

Galogenleriň dörtleýin ammoniý esaslary bilen sorbsiýasy ionçalyşma usulyň esasy bolup, ol bir eýýäm duzly suwlardan ýody almak üçin tekliplenen. 1953-nji ýylda ýapon patentleri peýda bolýar. Onda duzly suwdan ýody almak üçin anionitler ulanylypdyr, ýod J^- görnüşinde alnypdyr, soňra ony smolanyň öz içinde hlorly demir bilen elementar ýoda çenli okisläpdirler. Şondan soň smola ýodidiň ondan soňky siňdirilmegine ukyply bolupdyr. Biraz soň täze patentler çykýar, onda duzly suwdan göniden-göni elementar ýoduň anionitiň kömegi bilen alnyşy beýan edilýär. Häzirki wagtda ionit usuly senagatda ýody almak üçin Ýaponiýada ulanylýar. Köp ýurtlarda ionçalyşma usuly boýunça duzly suwlardan ýody almak üçin giňişleýin barlag we synag işleri geçirilen.

Anionitler gaz fazadan hem ýody gowy siňdirýärler, şonuň üçin hem olary atom reaktorlarynyň gaz zyňyndylaryndan ýoduň radioaktiw izotoplaryny tutmak üçin tekliplenen.

Kömür usuly bilen deňeşdirilende ionit usulynyň artykmaçlygy:

- 1) ionitiň ýod boýunça sorbsion sygymynyň ýokarylygy ($350-400 \text{ kg/m}^3$ -a çenli, KAD kömri üçin 50 kg/m^3), munuň özi gaýtadan işleýän sorbentiň massasyny azaltmaga, tehnologiýa apparaturalaryň mukdaryny we göwrümini kiçeltmäge mümkinçilik berýär; olaryň ýerleşýän meýdany azalýar;
- 2) ýoduň sorbsiýa prosesinde anionitiň köp gezek ulanylmagy;
- 3) anionit bilen ýoduň selektiw (seljeriji sorbsiýasy, şonuň üçin hem burow suwlaryndaky goşundylar (naften kislotasy we beýl.) alnan konsentraty hapalamaýar, bu bolsa konsentraty ýörite arassalamaklygy talap edenok;
- 4) kömür usuly bilen deňeşdirilende az turşulykda we okisleýjiniň az harçlanmagynda sorbsiýany geçirmäge mümkinçilik berýär;
- 5) gidrotransportyň kömegi bilen köp ýitgisiz ioniti ýüklemäge mümkinçiligi bar, şeýle prosesi doly mehanizmlaşdirip we awtomatlaşdyryp bolýar.

Howa desorbsiýa usulyndan ionit usulynyň artykmaçlygy - ionit usulyny pes temperaturaly we ýoduň konsentrasiýasy ýokary bolmadyk burow suwlar üçin hem ulanyp bolýar.

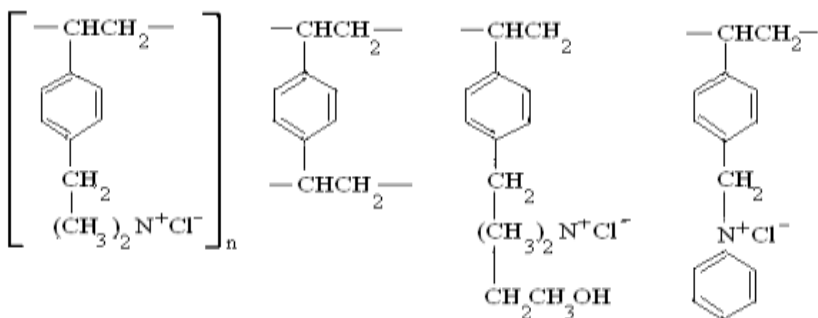
Ionit usuly termal suwlardan almaklyk maksadalaýyk däl, sebäbi ýokary temperaturada sorbsiýa prosesi ýaramaz geçýär.

4.5.1. Ýody almak üçin ulanylýan ionitleriň häsiýetnamasy

Ionçalyşma smola - sintetiki ýokarymolekulýar maddalar (polielektrolitler), suwda eremeýär, ýöne ony siňdirýär we onuň düzümine girýän ionlary (erginde bar bolan şonuň ýaly belgili beýleki ionlaryň ekwiwalent mukdaryny) ters çalşmaga ukyplydyr.

Duzly suwlardan ýody almak üçin köp anionitler barlagdan geçirilen we synag edilen, ýöne has gyzyklanma

döreden diwinilbenzolly stirolyň sopolimeriniň esasynda alnan güýçli esasly anionitlerdir. Ol anionitleriň käbirleriniň elementar öýjügiň formulasy:



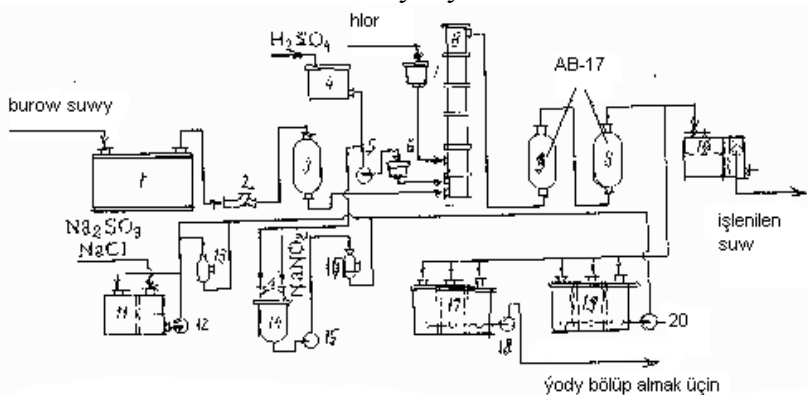
- (1) görnüşli güýçli esasly anionit AB-17x8 (soňky san diwinilbenzollyň prosent mukdaryny aňladýar), şeýle meňzeş häsiýetli daşary ýurt anioniti Daueks 1x8 (ABŞ), Amberlit IRA-400 (ABŞ), Diaion SA – 100 (Ýaponiýa), Wofatit SDW (GDR), Lewatit M500(FRG) we b. degişli.
- (2) görnüşli anionitiň tapawudy, aktiw gruppada metil radikal oksietil bilen ornuny çalşan. Bu topara AB-2 anionit we daşary ýurt anionitleri - marka Daueks 2x8 (ABŞ), Amberlit IRA-410 (ABŞ), 1MAC S –52 (Gollandiýa), Kastel A-300 (Italiýa) we beýl. degişli.
- (3) görnüşli anionitde piridiniý iony aktiw gruppa bolup durýar. Bu topara AMP, AB-18 anionitler degişli.

Ýoduň siňdirilmegini güýçlendirmek üçin makroöýjükli anionitleri ulanmaklyk, mysal üçin Duauon PA312L (Ýaponiýa) teklipl edilýär.

4.5.2. Ionçalyşma smolanyň kömegi bilen duzly suwlardan ýoduň alnyş prosesiniň tehnologi shemasy

Duzly suwlardan ionçalyşma smolanyň kömegi bilen ýody almak şu stadiýalardan ybarat:

- duzly suwy mehaniki goşundylardan arassalamak;
- duzly suwuň tebigy aşgarlyygyny bitaraplaşdyrmak we ony turşatmak;
- ýodidi elementar ýoda çenli hlor bilen okislemek;
- ýoduň smolada sorbsiýasy;
- ýoduň smoladan desorbsiýasy;
- konsentratdan elementar ýody almak.



3-nji surat. Stasionar gatlakda ionçalyşma smolada sorbsiýa usuly bilen ýody almagyň tehnologiýa shemasy.

- 1 – ýygnaýjy basseýn; 2, 5, 12, 15, 18, 20 – nasos; 3 – mehaniki filtr;
 4 – güýjendiriji gap; 6, 7 – filtr; 8 – hlorator; 9 – adsorber; 10 – smolatutujy;
 11, 14 – eredijiler; 13, 16 – druk-filtr; 17, 19 – ýygnaýjylar.

Hereketsiz gatlakly ionitde ýoduň sorbsiýasy geçirilende, duzly suwy mehaniki goşundylardan arassalamak hökmandyr, sebäbi asylan görnüşindäki bölejikler gatlagy dykýar, onuň garşylygyny artdyrýar. Asylan görnüşli ýa-da aýlanan gatlakly ionitde ýoduň sorbsiýasy geçirilende duzly suwy mehaniki goşundylardan arassalamaklyk zerurlegy ýok.

Hereketsiz gatlakly ionitiň tehnologiýa shemasy. Burow suw ýygnaýjy basseýnden 0,6 MPa basyş astynda nasos bilen kwars çägeli gatlakly filtre berilýär. Mehaniki goşundylardan arassalanylan suw hloratora berilýär, ol ýere bir wagtyň özünde nasos bilen filtr arkaly kükürt kislotasy, şeýle hem hlor berilýär. Hlorlanan suw ondan soň gezekli-gezegine hereket edýän adsorberleriň birine berilýär. Adsorberlerde ionçalyşma

smolada elementar ýoduň sorbsiýasy geçýär. Işlenilen suw smola tutujy arkaly zýňmaga ugradylýar. Smola ýod bilen doýgunlaşandan soň, adsorberden çykaryp sulfat ergini bilen elementar ýody ýodide çenli dikeltmek üçin işleýärler, ýodid natriý hloridinden desorbirlenýär, smolada galan ýodidi natriý nitritiniň turşadylan ergini bilen okisleýärler. Desorbsiýada alnan güýçli we gowşak aşgar erginler tazedan adsorbere berilýär, konsentrirenen ergin bolsa ýygnaýjydan ýody bölmek üçin geçirilýär.

4.6. Hazaryň himiýa zawodynda tehniki ýoduň öndürilişi

Önümçiligiň umumy häsiýetnamasy

Önümçilik 4 sany tehnologiýa desgalardan ybarat. Olaryň her haýsynyň düzümine 2 sany apparat – desorber we absorber girýär. Üç sany desganyň başnysy demirbetondan, 4-nji bolsa – titandan ýasalan.

Ähli desgalar üçin umumy birleşdirijiler:

Burow suwuň nasosy, kükürt kislotasynyň, galyndy erginiň kabul ediji we harçlaýjy gaplary, hlory gyzdyrmak üçin enjam, kristallaşdyrma we ýody gysma bölümleriniň enjamlary.

Tehniki ýoduň önümçiligi howa desorbsiýa usuly boýunça amala aşyrylýar. Düzüminde ýodid saklaýan burow suwy kükürt kislotasy bilen turşadýarlar we ýodidi hlor bilen elementar ýoda çenli okisleýärler. Ýody howa bilen kowýarlar we kislotalaryň garyndysy (sorbent) bilen siňdirýärler, soňra elementar ýody sorbentden bölüp, tehniki ýod alýarlar.

Desgalaryň işleýşi: №1, 2 - her haýsynyň öndürilijiliği ýylda 35 tonna - kuwwatlylygy – ýylda 40 t, 1971-nji ýylda.

Titandan ýasalan desga - kuwwatlylygy – ýylda 121 tonna, 1985-nji ýylda.

Öndürilýän önümiň häsiýetnamasy

Önümiň tehniki atlandyrylyşy - tehniki ýod.

Tehniki ýod TDS 545-76 –a laýyklykda A we B markalarda çykarylýar we ol şu aşakdaky tehniki şertlere laýyk gelmeli:

№	Görkezijiler	Marka üçin normalar	
		A	B
1.	Ýoduň massa paýy, %	99	97
2.	Hloridiň we bromidiň massa paýy, %, köp bolmaly däl.	0,01	0,015
3.	Organiki maddalaryň massa paýy, %, köp bolmaly däl	0,08	0,2
4.	Ýakylanda alynýan galyndy, %	0,05	0,2
5.	Suwuň massa paýy, %	0,8	-

Taýýar önüm - tehniki ýod – daşky görnüşi boýunça garamtyl-çal reňkli, metal öwürşginli kristallar, ululygy 30 mm, mahsus ysly. Himiki formulasy - J_2 . Molekulýar massasy – 253,8. Gaýnama temperaturasy 185,24 °C, ereme temperaturasy – 113,6 °C.

Tehniki ýoduň häsiýetleri, himiki arassa ýoduň häsiýetlerine meňzeşdir. Ýod ýananok, gyzdyrylanda goýy syýa reňkli buglary emele getirýär, olar sowadylanda suwuk fazadan geçip, tazedden gaty hala geçýär.

Ýoduň buglary howadan 8,716 esse ýeňil. Ýod suwda kyn ereýär. 15 °C-da 100 g suwda 0,028 g ýod ereýär. Spirtde, efirde, hloroformda, kükürtuglerodda, ýodidleriň erginlerinde gowy ereýär.

Tehniki ýod reaktiw we farmasewtiki serişdeleri almakda çig mal hökmünde ulanylýar, boýaglaryň önümçiliginde, foto-kino materiallaryň, sintetiki kauçugyň, seýrek metallaryň önümçiliginde ulanylýar.

Elementar ýod spirt ergini görnüşinde (ýod ergini), antiseptiki serişde hökmünde ulanylýar.

Tehniki ýoduň sygymy 251 we 28 litr bolan içine polietilentereftalat plýonkasy goýlan karton (TDS 17065-7 boýunça taýýarlanan) barabanlara gaplaýarlar, şeýle hem agaçdan ýasalan (TDS 14192-77) we göwrümi 25 litr bolan gaplara salýarlar.

Tehnologiki prosesiň beýany

Howa desorbsiýa usuly boýunça tehniki ýoduň önümçilik prosesi şu stadiýalardan ybarat:

- çig maly taýýarlamak;
- ýod saklaýan burow suwy turşatmak;
- ýodidi elementar ýody bölmek bilen okislemek;
- burow suwdan elementar ýoduň howa bilen desorbsiýasy;
- ýoduň ýod-howaly garyndydan gaýtarylyşy;
- kislotalaryň garyndysy bilen absorbsiýasy;
- ýod-howaly garyndydan ýody gaýtarmak;
- kislotalaryň garyndysy bilen absorbsiýasy;
- ýody bölüp almak we kristallaşdyrmak;
- kristallaşan ýody galyndy erginden bölüp aýyrmak, preslemek, gaplamak;
- went. zyňyndylary bitaraplaşdyrmak.

Çig maly taýýarlamak

Ýoduň önümçilgi üçin çig mal hökmünde ýod saklaýan burow suw ulanylýar. Ondan başga-da onuň (suwuň) düzüminde mehaniki goşundylar we nebit önümleri saklanýar, olar bolsa tehnologiki prosese zyýanly täsir edýär. Burow suwy arassalamak maksady bilen demirbeton gaplara berýärler, bu ýerde nebit önümleri plýonka görnüşinde udel agramynyň pesligi sebäpli suwuklygyň üstünde ýygnanýarlar, mehaniki

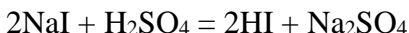
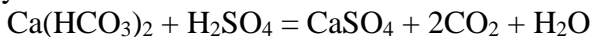
goşundylar bolsa udel agramynyň ýokarylygy sebäpli we burow suwuň akymynyň üýtgeýänligi üçin gabyň düýbüne çökýärler.

Burow suwuň turşadylyşy

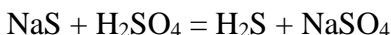
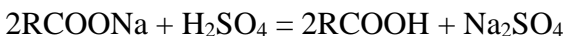
Başlangyç burow suwy –bikarbonat aşgarlydyr. Onda şeýle hem naften kislotalar, organiki we organiki däl maddalar (ýoduň alnyşyny kynlaşdyrýan) bolýar. Tebigy aşgarlylygyny bitaraplaşdyrmak maksady bilen we ýoduň gidroliziniň önüni almak üçin desorbsiya bermezden ön burow suwy kükürt kislotasy ýa-da galyndy ergin bilen turşadyrlar.Ýodidiň okislenme reaksiýasy bitarap ýa-da aşgar sredada geçmeýär. Şonuň üçin hem artykmaç turşulygy döretmek zerurdyr.

Turşatma prosesinde esasy we goşmaça prosesler geçýär:

-esasy:

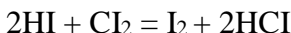


- gapdal:

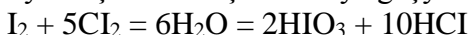


Ýodidi elementar ýody bölmek bilen okislemek

Buraw suwda ýod himiki baglanyşan ýagdaýda ýodlywodorod kislotanyň duzlary görnüşinde bolýarlar. Ýody elementar ýoda çenli okislemek gaz halyndaky hlor bilen amala aşyrylýar.



Hlor artykmaç bolanda şu reaksiýa geçýär:



Okislenme stadiýasynda hloruň dozirowkasy talap edilýär, sebäbi hlor ýetmezçilik edende ýod zyňylýan suw bilen ýodid görnüşinde ýitýär, hlor artykmaç bolanda – ýodat görnüşde ýitýär.

Burow suwdan elementar ýoduň howa bilen desorbsiýasy

Ýoduň desorbsiýa prosesiniň manysy elementar ýody howanyň akymy bilen üflemekdir. Ýoduň desorbsiýa prosesiniň effektivligini häsiýetlendirýän esasy görkezijileriň biri hem üflenme derejesidir.

Ýoduň üflenme derejesi köp faktorlara bagly: burow suwuň we howanyň temperaturasyna; howanyň harçlanyşyna, howanyň we burow suwuň desorberiň kesimi boýunça ýaýraýşyna bagly. Şol parametrlere näçe ýokary bolsa, üfleniş şonça-da ýokary bolýar.

Burow suwuň temperaturasy 37°C bolanda üfleme derejesi - 85,1 %. Üflenilen suwy (ýoduň galyndysy bilen) brom önümçiligine berýärler. Ýod-howaly garyndy (elementar ýody saklaýan) absorberiň gaz geçirijisine berýärler (gaýtarmak üçin).

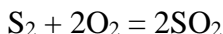
Ýod-howa garyndydan ýoduň gaýtarylyşy

Elementar ýody ýod-howa garyndydan kükürt dioksidiniň kömegi bilen tutýarlar:

Ýoduň gaýtarylma prosesinde suw buglarynyň gatnaşmagynda ýodly wodorod bilen kükürt kislotasynyň garyndysynyň ümüri emele gelýär:



Kükürt dioksidini kükürdi ýakmak bilen alýarlar:



Kislotalaryň garyndysy bilen absorbsiýasy

Ýod-howaly garyndydan ýoduň kükürt dioksidi bilen absorbsiýa prosesini oturtmaly başnyada - absorberde kislotalaryň garyndysynyň (sorbent) kömegi bilen geçirýärler. Sorbentiň üznüksiz berilmegi netijesinde ýodly-wodorodly kislotalaryň (ergindäki) konsentrasiýasy artýar.

Sorbentdäki ýod-ionyň massa paýy 5 %-den az bolmaly däl. Absorbsiýa derejesi - 99 %.

Ýygnaýjydan sorbent 20-25 g/l konsentrasiýa bilen wagtal-wagtal bölüp almak we kristallaşdyrmak üçin alýarlar.

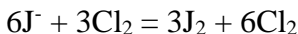
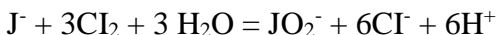
Aýlanýan (sirkulýasiýa) sorbentiň umumy göwrüminiň birsydyrgynlygy ýygnaýja süýji suwuň goşulmagy bilen amala aşyrylýar.

Işlenilen howa turba arkaly atmosfera zyňylýar.

Işlenilen howada (tehnologiki wentilýatordan soň) ýoduň konsentrasiýasy $1,0 \text{ mg/m}^3$ -dan ýokary bolmaly däl.

Ýoduň bölünişi we kristallaşdyrylyşy

Sorbentden ýody bölmeklik okisleyji – hlor bilen geçirilýär:



Bölünme we kristallaşma stadiýasynda ýoduň himiki arassalygy, şeýle hem onuň ýitgisi sorbentiň düzümine we kristallaşmanyň şertlerine bagly.

Sorbentiň temperaturasy 40-45 °C bolanda ýoduň has iri we himiki arassa kristallary alynýar. Ýoduň birmeňzeş kristallaryny almak üçin garyndyny gysylan howa bilen

garmaklyk göz önünde tutulýar. Ýoduň bölünme prosesiniň soňy galyndynyň analizi boýunça kesgitlenilýär onda ýod 1 g/l-den köp bolmaly däl.

Kristallaşan ýody galyndy erginden bölüp almak, preslemek gaplamak

Ýoduň bölünip alnan kristallaryny süzýärler we nutç filtrde suw bilen ýuýýarlar (erän duzlary aýyrmak üçin). Ýod-pasta emele gelýär, ol düzüminde 85 % ýod, 15 % çyglylyk saklaýar.

Bölünme stadiýasynda ýoduň çykymy 95%. Ýuwan ýod-pastany bizden tikilen haltalara salyp, gidrawliki presiň kömegi bilen çyglylygy aýyrýarlar. Ýoduň çykymy - 99 %.

Gaty görnüşde alnan ýody owradýarlar, karton barabanlara salýarlar we reglamentde görkezilen talaplara laýyklykda gaplaýarlar.

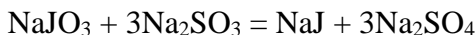
0,3-1,0 g/l ýod saklaýan galyndy ergini ýody tutmak üçin kömür filtrden geçirýärler we soňra burow suwy turşatmak üçin ulanýarlar.

Went. zyňyndylary bitaraplaşdyrmak

Ýoduň bölünme we kristallaşma, galyndy erginden bölüp almak we preslemek stadiýalarynda ýoduň we hloruň buglary bölünip çykýar. Işçi ýerlerinde gazlanmagynyň önüni almak üçin ýerli sorujylar goýlan.

Zyýanly goşundylary bitaraplaşdyrmaklyk desgada massa paýy 10 % bolan natriý sulfitli NaOH-yň suw ergini bilen amala aşyrylýar.

Şonda şu aşakdaky reaksiýa geçýär:



V. KALIÝ ÝODIDIŇ ÖNÜMÇILIGI

5.1. Taýýar önümiň häsiýetnamasy

1. Kaliý ýodidi TDS 4232 – 74 talaplaryna laýyklykda çykarylýar.

Fiziki – himiki görkezijileri boýunça kaliý ýodidi aşakdaky tablisada görkezilen talaplara we normalara laýyk gelmeli :

№	Görkezijiň atlandyryşy	Kada		
		a.ü.a.	a	HK
1	2	3	4	5
1.	Kaliý ýodidiň massa paýy (KI). % az bolmaly däl	99.0	99.0	99.5
2.	Suwda eremeýän maddalaryň massa paýy, % köp däl	0.010	0.020	—
3.	Nitritden, nitratdan we ammiakdan umumy azot, (N) massa paýy, % köp däl	0.01	0.002	Ýok
4.	Ýodatyň we ýoduň (J0 ₃) massa paýy, % köp däl	0.005	0.005	
5.	Sulfatlaryň massa paýy (SO ₄) % köp däl	0.005	0.010	0.01
6.	Fosfatlaryň massa paýy (PO ₄), % köp däl	0.001	norma	Ýok
7.	Hloridleriň we bromidleriň (Cl) massa paýy, köp däl	0.03	0.70	—
8.	Bariýniň (Ba) massa paýy, % köp däl	0.004	0.008	Ýok
9.	Demiriň massa paýy, (Fe)% köp dadäl	0.003	0.001	0.001
10	Kalsiniň (Ca) massa paýy, % köp däl	0.005	0.010	-
11	Magniýniň (Mg) massa paýy, % köp däl	0.003	0.005	-
12	Agyr metallaryň massa paýy (Pb), köp däl	0.0005	0.001	0.001
13	Garynja kislotasynyň massa paýy (HCOOH),% köp däl	0.001	0.001	Norma ýok

1	2	3	4	5
14	5% - li preparat ergininiň pH –y	6 – 9	6 – 9	-
15	Mysýada synag	-	-	Ýok
16	Nitrata synag	-	-	-
17	Tiosulf sulfite synag	-	-	-
18	Ýodly kislota synag	-	-	-
19	Sianide synag	-	-	-
20	Ereýjiligi			0.75b suwda 12 b.spirtde we 2.5 b gliserinde ereýär
21	Durulygy			1g preparat 10 ml suwda ereýär, ergin dury we renksiz bolmaly.
22	Aşgarlylygy			Ergin 1damja fenolftalein ergini goşulanda gülgüne reňke geçmeli däl
23	Guradylanda agramynyň ýitgisi, % köp däl			

2. Formulasy – KJ. Molekulýar massasy (halkara atom massasy boýunca) – 166.01.

Kaliý ýodidi ak kristal görnüşli poroşok, yssyz, ajymtyk – duzly tagamly, suwda, etil spirtde, gliserinde ereýär,

ýagtylykda goňur – gyzyl reňke geçýär, çyg howada çyg çekýar:

Dykyzlygy – $3,120 \text{ kg/m}^3$

Gaýnama temperaturasy – 1323°C

Ereme temperaturasy - $680 - 686^\circ\text{C}$

Kaliý ýodidi himiki – farmateftiki senagatda, ýodometriki titrlmek üçin laboratoriya praktikasynda ýodly birleşmeleri almakda ulanylýar.

TDS 3885 – 73 –e (TDS 17768 – 80. TDS 24207 – 80) gaplanylýar.

5.2. Kaliý ýodidiň ulanylyşy

Kaliý ýodidi tekstil, sellýuloza-kagyz senagatynda giňden ulanylýar:

- boýaglaryň organiki birleşmeleriniň sintezinde katalizator hökmünde;
- süýümleriň önümçiliginde, şol sanda poliamid, termodurnuklylygyny, ýylylyk- we termoçydamlylygyny ýokarlandyrmak üçin;
- sellýulozanyň çykymyny we legnifikasiýany ýokarlandyrmak üçin gaýnadylýan aşgara goşundy hökmünde;
- silikon kauçugy metal üste birikdirmek üçin;
- reňkiň durnuklylygyny we arassalygyny ýokarlandyrmak üçin okisleýji hökmünde.

Organiki himiýada kaliý ýodidiň ulanylyşy:

- elastomer poliuretanlary we lesitin ýodidi almak üçin;
- antibiotikleriň sintezi üçin;
- polimerlere, sintetiki süýümlere oda çydamlylygy bermek üçin;
- ýodbromkümüş emulsiýasyny almak üçin;
- surat çykarmakda ýüze gykaryjy hökmünde;
- pes udel elektrik geçirijilikli ion geçirijileri almak üçin;

- organiki galoid birleşmeleri almakda;
- sellýulozanyň süýümlü efirleriniň önümçiliginde katalizator hökmünde.

Oba hojalygynda kaliý ýodidi iýimlere goşundy hökmünde ulanylýar.

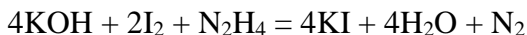
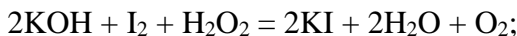
Analitiki himiýada olar ýodometriki titlemekde esasy reaktiwleriň biri bolup durýar.

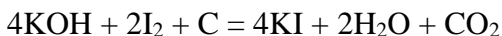
5.3. Kaliý ýodidiň alnyş usullary

Kaliý ýodidi almagyň köp usullary mälim bolup, olaryň hemmesi senagatda ulanylmaýar.

Kaliý ýodidi almak üçin başlangyç çig mal hökmünde esasan ýod we kaliý gidroksidi ýa-da potaş ulanylýar. Ýod aşgar metallaryň gidroksidleri ýa-da karbonatlary bilen özara täsirleşende ýodidiň baş molundan we ýodatyň bir molundan ybarat bolan garyndylar alynýar. Garyndylar drobly kristallaşdyrma bilen bölünip bilner. Bu usul boýunça ýodidi almaklyk köp gezek täzeden kristallaşdyrylmagyny talap edýär. Şonuň üçin, kaliý ýodidi alanlarynda, ýodatyň ýodide öwrülmesini üpjün edýän dikeldijileriň gatnaşmagynda aşgarlar ýa-da karbonatlar bilen ýoduň özara täsirleşýän usulyny saýlap almaga çalyşýarlar. Ýod we aşgar bilen özara täsirleşende gaty gapdal önümleri emele getirmeyän dikeldijiler gowy diýip hasap edilýär.

Dikeldijiler hökmünde wodorod peroksidi, garynja kislotasy, formaldegid, gidrazin, uglerod ulanylýar:





Wodorod peroksidi dikeldiji hökmünde ulanylanda ýoduň ergini kaliý ýodidiň ergininde taýýarlanylýar we oňa wodorod peroksidiň aşgar ergini goşulýar. Onuň temperaturasy 8-10 °C.

Alnan erginde täzeden ýody eredýärler we aşgar ergini goşulýar. Bu operasiýany KI ergini KIO₃ ýityänçä gaýtalaýarlar.

Garynja kislotasy bilen dikeldilende ony ýod, ýodid we kaliý ýodaty (ýokary temperaturada takmynan 70 °C) saklaýan ergine goşýarlar.

Kaliý ýodidi alnanda dikeldijiler hökmünde kükürtwodorod, demir gyryndysy ulanylyp bilner. Emma, olaryň ulanylmagy kükürdiň we demir gidroksidiniň emele gelmegi bilen baglanyşykly, ol bolsa, tilsimat prosesi çylşyrymlaşdyrýar, sebäbi çökündini bölüp almagyň we ony ýuwmaklygyň zerurlygy ýüze çykýar; şonda ýoduň ýitgisi köpeliýär.

Kaliý ýodidi almagyň has belli usullarynyň biri hem kristallik ýoduň aşgaryň suwly ergini bilen özara täsirleşmesine esaslanan usuldyr; reaksiýa umumy deňleme bilen aňladylýar:



Hakykatda, reaksiýa iki basgançakda geçýär. Ýoduň aşgar ergininde $[\text{OH}^-] > [\text{I}_2]$ sistemanyň çalt reňksizlenmegi bolup geçýär we deňagramlyk $\text{I}_2 + \text{OH}^- = \text{IOH} + \text{I}^-$ doly sag tarapa süýşýär. Soňra, ölçäp bolýan tizlik bilen ýodat-ion emele gelme reaksiýasy şu aşakdaky deňleme boýunça geçýär:



reaksiýa ýodid-ionuň gatnaşmagynda we temperaturanyň ýokarlanmagy bilen tizleşýär. Şonda, KI we

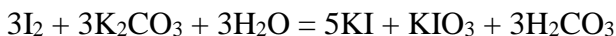
KIO₃ ergini alynýar. Has çylşyrymly proses ýodatyň ýodide öwrülme prosesi bolup durýar. KIO₃-iň KI-e garanyňda ereýjiligi ep-esli pesdir. Onuň bu häsiýeti sistemadan KIO₃-i aýratyn harytlyk önüm hökmünde bölüp almak üçin ulanylýar.

Usulyň ýetmezçiligi bolsa tehniki erginlerden (ýodly konsentratlar) başlangyç önümi – tehniki ýody almak üçin ýody kristallaşdyrmagyň zerurlygydyr. Bu stadiýada köp energetiki we material serişdeler harçlanýar, şeýle hem ýoduň ýitgisi bolýar.

Rus alymlary tarapyndan ýodly duzlary ýod-howaly garyndydan kaliý karbonatyň ergini bilen ýoduň buglarynyň sorbsiýasy arkaly (tehniki ýody almagyň stadiýasyny ulanmazdan) almagyň usuly işlenilip düzülen. Bu usulda duzlaryň ýodid-ýodat garyndysy emele gelýär. Kaliý karbonatyň artykmajyny bitaraplaşdyrmak üçin ergine tehniki ýod goşulýar. Bu usul boýunça ýodly duzlaryň alnyşy ýod-howaly garyndynyň burow suwuň damjalaryndan arassalamagyň stadiýasynyň geçirilmegi bilen çylşyrymlaşýar.

Ýod-howaly garyndydan kaliý ýodidiň önümçilgi ýody almagyň tehnologiýasynda ýarymperiodik we periodik prosesleri aradan aýyrýar.

Kaliý karbonatyň ergini bilen ýoduň sorbsiýa prosesi şu reaksiýa boýunça geçýär:



Sorbsiýany ýodid-ýodat garyndyda kaliý ýodidiň konsentراسيýasy 150 g/l-e ýetýänçä geçirýärler, sorbentiň temperaturasyny 40-50 °C töwereginde saklaýarlar, ondan soň ýodid-ýodat garyndynyň garynja kislotasy bilen kaliý ýodide çenli dikeldilme prosesi geçirilýär.

Tehniki ýoduň kaliý gidroksidiniň ergini bilen özara täsirleşmesi arkaly we alynýan kaliý ýodaty kaliý ýodide çenli dikeltmek, kaliý ýodatyň galan mukdaryny demir gyryndysy bilen täzeden dikeltmek, kaliý ýodidiň alnan erginini

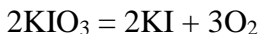
sulfatlaryň, demiriň we agyr metallaryň garyndysyndan arassalamak, arassalanan kaliý ýodidiň filtrasiýasiýasy, alnan filtraty bugartmak we kristallaşdyrmak, alnan kristallary sentrifugirlmek we guratmak ýoly bilen kaliý ýodidi almagyň tehnologiýasy hem işlenilip düzülen.

Bu usul senagatda ulanylýar, emma, onuň birnäçe ýetmezçilikleri bar:

- tehnologiki prosesin köp stadiýalylygy;
- 2 gezek dikeltmeklige goşmaça çykdaýjylaryň zerurlygy;
- ýoduň goşmaça ýitgisi;
- gyt bolan garynja kislotasynyň ulanylmagy.

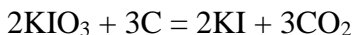
Görkezilen ýetmezçilikleri düzetmek maksady bilen täze usul teklip edilen. Ol usul boýunça ýody we garynja kislotasyny stehiometrik zerur bolan mukdardan 2-2,5 % we 1-1,5 % artykmaç alýarlar, ergini bugartmazdan ön bolsa pH = 4-5 we 95-100 °C temperaturada 1-5 sagadyň dowamynda saklaýarlar we ondan soň başlangyç ýoda bolan gatnaşykda 0,9-1,1 % mukdarda alnan kaliý sulfatyň ergini bilen işleýärler. Bu usul düzüminde 0,0001 % garynja kislotasyny saklaýan kaliý ýodidi almaga mümkinçilik berýär.

Senagatda ulanylýan usullaryň ýene biri hem KI we KIO₃ garyndy saklaýan erginiň guraýança bugardylmagy we galyndynyň eredilmegidir. Şonda, ýodat kislorody bölüp çykarmak bilen dargaýar.



KI + KIO₃ gury galyndysyny saza bilen şihanyň umumy massasyndan 3 % saza) garýarlar, 730-750 °C temperaturada 4-5 sagadyň dowamynda üznüksiz hereket edýän peçde eredilýär.

Şonda şu reaksiýa geçýär:



Işlenilip düzülen, emma senagatda ulanylmaýan usullara gidroperoksid usuly degişli. Bu usulyň artykmaçlygy ilki bilen prosesiň bir stadiýalylygydyr. Wodorod peroksidi bilen sistema başga goşundylar goşulanok, H_2O_2 -niň artykmaýy bolsa, aňsat dargaýar. Bu usulyň ýetmezçilikleri: erginleri sowatmaly bolýanlygy; prosese takmynan 60 % ahyrky önümiň gaýtarylyp berilmegi (I_2 -ň KI ergininde eredilmegi); gidroperoksid ergininiň az stabilli; KIO_3 -ň az galyndysynyň saklanmagy.

ABŞ-da aşgar metalyň ýodidi bir basgançaklaýyn alynýar, bu usulda elementar ýoduň we aşgar metalyň gidroksidiniň stehiometrik mukdarynyň garyndysynyň kükürtwodorodyň gatnaşmagynda garyşdyrylmagy bilen reaksiýanyň geçirilmegi. Alnan reaksiyon garyndy aşgar metalyň arassa suwly erginini we elementar kükürdiň çökündisi saklaýar, ol soňra bölünip alynýar.

5.4. Kaliý ýodidiň önümçiliginiň tehnologi shemasy

Kaliý ýodidiň alnyşynyň tehnologi prosesi şu stadiýalardan ybarat:

- kaliý gidroksidiniň erginini taýýarlamak;
- ýodid-ýodat garyndynyň sintezi;
- ergini goşundylardan arassalamak;
- ergini süzmek;
- kaliý ýodidiň erginini bugartmak;
- kaliý ýodidini sentrifugirmek;
- “gaýnaýan gatlak” tipli desgada kaliý ýodidi guratmak.

Kaliý gidroksid ergininiň taýýarlanylşy

Kaliý gidroksid erginini aşgarylaryň (1) taýýarlaýarlar. Ol şeýe massasy 170-180 kg bolan demir barabanlarda getirilýär. Barabanyň gapagyny önünden açýarlar we açylan ýerinden telferiň kömegi bilen ony pürküji guralyň

üstündäki aşgary erediji gözenege goýýarlar. Aşgary sirkulýasiýa arkaly eredýärler.

Sintez üçin dykzlygy $1140-1180 \text{ kg/m}^3$ bolan kaliý gidroksid ergini ulanylýar. Şonuň ýaly dykzlykda bolan ergini almak üçin, eredijä kondensatyň hasaplanan mukdaryny guýýarlar, ol eredijiniň aşaky böleginden suwuklygy alýar we pürküji gurala berýär, soňra ergin barabandaky aşgar doly ereýänçä aýlaw edýär.

Çökdürilen ergin aşgar ergininiň (2) ölçeyjisine şol bir nasos bilen berilýär.

Ýodid-ýodat garyndysynyň sintezi

Ýodid-ýodat garyndysynyň sintezi tehniki ýoduň dykzlygy $1140-1180 \text{ kg/m}^3$ bolan kaliý gidroksid ergini bilen garyşdyrýarlar.

Proses reaksiýanyň deňlemesi bilen aňladylýar:



Aşgar ergininiň ölçeyjisinden (2) (1-nji surata seret) ölçeyji aýnanyň kömegi bilen ölçelip alnan aşgar ergininiň mukdaryny KI-ň sintez reaktoryna (3) berýärler, ol göwrümi 1250 litr bolan emalirlenen polat gap, garyjy we bugly rubaşka (köýnek) bilen üpjün edilen.

Garyjyny işledip, reaktora 2-2,5 sagadyň dowamynda un görnüşli ýa-da ownuk döwlen tehniki ýoduň bölejiklerini aşaky ujy ýapylan we gapdal üsti deşikli ýörite turba arkaly ýükleyärler. Ýoduň zerur bolan mukdarynyň agramyny çekip alýarlar we güýçli gyzmazlygy we ýoduň ýitgisiniň bolmazlygy üçin az-azdan ýükleyärler.

Sintez wagtynda reaktordaky temperaturany $50-60 \text{ }^\circ\text{C}$ towereginde saklaýarlar. Temperatura ýokarlanan wagtynda ýoduň berilmegini kesýärler we suwly sowadyjyny işledýärler.

Reaktoryň içinde sintez wagtynda uly bolmadyk basyşy saklayarlar, şonuň üçin hem prosesi wakuum liniýalarda

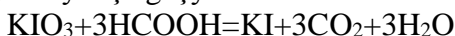
wentilleriň çala açylmagy bilen geçirýarler. Munuň özi ýoduň buglarynyň jaýyň içine düşmeginiň önüni alyar.

Erginde erkin ýoduň mukdary 5-7 g/l bolanda sintezi gutardy diyip hasap edýärler.

Kaliý ýodaty dikeltmek

Ýodid-ýodat garyndysynyň sintezi geçip gutarandan soň, reaktora (3) ölçeyjiden (4) seresaplylyk bilen sagatda 9-10 litr tizlik bilen polietilen turba boýunça garynja kislotasyny berýärler. Polietilen trubkanyň liniýasynda garynja kislotasynyň reaktora berilşiniň tizligini kranyň kömegi bilen sazlamak maksady bilen syn etmek üçin görmek aýna goýulýar. Reaktorda uly bolmadyk basyşy we erginiň temperaturasyny 50-60°C töwereginde saklaýarlar

Kaliý ýodaty garynja kislotasy bilen dikeldilmegi şu aýakdaky reaksiýa boýunça geçýär:



Garynja kislotasynyň harçlanyşyny (100 %-li) formula boýunça hasaplaýarlar: $P = a \cdot 0,18$,

bu ýerde a - reaktora ýüklenen ýoduň mukdary, kg; 0,18 – 1 kg ýoddan ýodid-ýodat garyndysynyň sintezi netijesinde emele gelen ýodaty dikeltmek üçin gerek bolan garynja kislotasynyň mukdary, kg.

Kislotanyň berilmesi galandan soň dikeldilen erginiň analizi geçirilýär, ýagny erginiň sredasy, erginde kaliý ýodatyň ýa-da garynja kislotasynyň artykmaçlygy kesgitlenilýär.

Ergini goşundylardan arassalamak

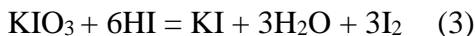
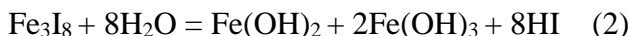
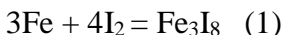
Sintez reaktorynda kaliý ýodaty garynja kislotasy bilen dikeldilenden soň erginiň düzümi: 5-7 g/l I_2 ; 3-4 g/l KIO_3 ; ergine aşgar bilen düşen agyr metallaryň duzlarynyň we garynja kislotasynyň yzlary. Arassa kaliý ýodidiň erginini almak üçin alnan ergini sintez reaktoryndan (3) goşundylary

aýyrmak üçin reaktora (5) berýärler. Reaktora öňünden ýaglardan arassalanan demir gyryndysy (20-30 kg) berilýär.

Demir gyryndysynyň üstünden ýaglary aýyrmak üçin ony natriý gidroksidiň 10%-li gyzgyn erginine (80 °C) çümdürýärler we hapalanýşyna baglylykda 20-30 min saklaýarlar.

Aşgar bilen işlenilen demir gyryndysyny 80 °C temperaturaly kondensat bilen ýuwürlar. Aşgar erginini köp gezek güýçli hapalanýança ulanýarlar.

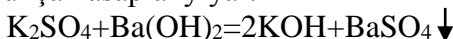
50-60 °C temperaturada demiriň ýod bilen özara täsirleşme we kaliý ýodidiň gaýtarylma reaksiýalary bolup geçýär:



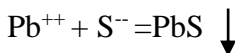
(3) deňleme boýunça emele gelen erkin ýod (1) deňleme boýunça reaksiýa girýär. Onuň ahyrky önümleri HI, I₂ bolup durýar.

Erginde 0.2-0.5 g/l erkin ýod galanda ergini seresaplylyk bilen gaýnaýança gyzdyrýarlar we elementar ýod demir bilen doly täsirleşýänçä, ýagny ergin doly reňksizlenýänçä saklaýarlar. Reňksiz erginde ýodatlaryň we sulfatlaryň goşundylarynyň mukdary barlanylýar. Ondan soň reaktora sulfat ionlary aýyrmak üçin bariý gidroksidiň (40 g/l) ýa-da bariý karbonatyň doýgun ergini goşulýar.

Bariý gidroksidiň harçlanyşy sulfat-ionlara otnositellikde stehiometriýa boýunça hasaplanylýar:

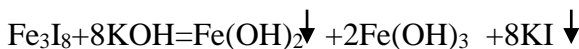


Ergindäki sulfatlaryň mukdary barlanylýar. Sulfat-ionlar aýrylandan soň kaliý sulfidiň 10 %-li erginini goşup, agyr metallaryň ionlaryny aýyrýarlar:



Ergindäki agyr metallaryň mukdary barlanylýar.

Bu operasiýalar geçirilenden soň ergine 10 mg-ekw/1-e çenli kaliý gidroksid ergini goşulýar. Kaliý ýodid ergini demir gidroksidiň koagulyasiýasy üçin gaýtadan gaýnaýança gyzdyrylýar (gaýnama temperaturasy 120 °C):



Erginde garynja kislotasynyň galyndylary bar bolsa, kaliý ýodid erginine erkin ýod boýunça konsentراسیýasy 18 g/l bolan kaliý ýodiddäki ýoduň ergini goşulýar. Ondan soň ergini täzedden garynja kislotasy galmaz ýaly gaýnadýarlar.

Ergini süzmek

Goşundylary aýyrmak üçin reaktordan goşundylardan arassalanan kaliý ýodid erginini nutç-filtre (6) ugradylýar, bu ýerde şlam erginden bölünýär. Filtrat nutç filtrden soň ramaly filtre (7) ugradylýar. Ondan soň kaliý ýodid ergini bugartmak üçin reaktora (8) berilýär.

Kaliý ýodid erginini bugartmak

Ramaly filtrden (7) soň kaliý ýodid erginini (dykzylygy 1300-1400 kg/m³) bugartmak üçin reaktora (8) berýärler. Bu reaktoryň göwrümi 1250 litr bolup, ol bugly rubaşka we ýakor garyjy bilen üpjün edilen.

Bugartmaklygy 1-2 sagadyň dowamynda 0,6-0,8 kgs/sm² (0,06- 0,08 MPa) basyşda we 100-120 °C temperaturada garyjynyň işledilmegi bilen geçirýärler. Göwrümi boýunça G:S=1:2 gatnaşyga ýetende, alnan pulpany sentrafuga berýärler.

Kaliý ýodidi kristallaşdyrmagyň 1-nji stadiýasyndan soň galyndy erginiň düzümi:

Massa paýy, KI %66

bolýandygyny göz öňünde tutmak zerurdyr. Göni sentrifuganyň özünde suw bilen ýuwmaklygy amala aşyrýarlar.

Galyndy erginleri erkin reaktora (8) ugradýarlar we +20 °C-a çenli sowadýarlar. Şonda, kaliý ýodidiň kristallaşmasy bolup geçýär. Işleäp duran garyjyda sowadylan galyndy ergini sentrifuga ugradýarlar. Galyndy ergini sentrifugadan ýygnaýja (10) ugradýarlar we kaliý gidroksidiň erginini taýýarlamak üçin ulanýarlar.

VI. BROMUŇ TEHNOLOGIÝASY

6.1. Duzly suwlardan bromy almagyň usullary

Bromy almak üçin başlangyç çig mal hökmünde düzüminde brom saklaýan (65 g/m^3 -dan deňiz suwunda $3\text{-}4 \text{ kg/m}^3$ -a çenli we kaliý önümçiliginiň aşgarlarynda ondan hem ýokary) dürli görnüşli duzly suwlar ulanylýar.

Brom duzly suwlarda bromid-ion görnüşinde bolýar. Ol duzly suwlardan kümüşiň ýa-da gurşunyň kyn ereýän duzlary görnüşinde bölünip alynýar. Emma, bu usullar çökdürijiniň gaýtadan işlenilen suw bilen ýitgisiniň köpdügi sebäpli tejribede ulanylmaýar.

Duzly suwlardan bromy (öňünden brom-iony elementar brom a çenli (okisläp) almaklygyň birnäçe usuly bar. Brom senagaty ýaňy ösüp başlanda okisleýji hökmünde marganesiň iki okisi, bertolet duzy we beýl. gaty okisleýjiler ulanylypdyr. Bromy üznüksiz almaklyk zerurlygy ýüze çykanda elektrookisleme we gaz halyndaky hlor bilen okislemeklik teklipl edilipdir. Häzirki wagtda brom-iony gaz halyndaky hlor bilen okisleýärler. Sebäbi bu usul has amatly we arzan düşýär.

Duzly suwlardan elementar bromy almaklygyň şu usullary bar:

- 1) suw bugy bilen kowmak;
- 2) howa ýa-da haýsy hem bolsa bir inert gaz bilen kowmak(desorbsiýa);
- 3) suw bilen garyşmaýan eredijiler bilen ekstraksiýa usuly;
- 4) kyn ereýän birleşmeler görnüşinde çökdürmek;
- 5) adsorbsiýa.

Has giňden ýaýran usullary: suwuň bugy bilen kowmak we bromy howa bilen üfleme.

Suw bugy bilen kowmak usuly gös-göni duzly suwlardan elementar bromy almaga mümkinçilik berýär. Emma, bu usul diňe duzly suwdaky bromuň konsentrasiýasy ýokary bolanda (1 kg/m^3 -dan ýokary) amatlydyr. Bromuň konsentrasiýasy peselende ony almak üçin buguň harçlanyşy birden güýçli artýar.

Howa desorbsiýa usuly boýunça bromuň konsentrasiýasy ýokary bolmadyk duzly suwlardan bromy almak bolýar, emma, şonda brom-howa garyndysyndan bromy tutmak üçin reagentler goşmaça harçlanýar, şeýle hem goşmaça stadiýa – alnan ýarymönümi elementar brom we beýleki önümlere öwürmeklik üçin gaýtadan işlemeklik zerur bolup durýar. Şoňa garamazdan, bugly usulyň çäkli ulanylýanlygy netijesinde howa desorbsiýa usuly giňden ýaýrandyr.

Howa desorbsiýa usulynyň ýetmezçiligi - duzly suwuň temperaturasy peselende howanyň zerur harçlanyşy we şoňa görä elektroenergiýanyň köp harçlanmagy, ol sowuk gyşly raýonlarda ýerüsti duzly suwlar ulanylanda prosesin tehniki-ykdysady görkezijilerini düýpli ýaramazlaşdyrýar.

Pes temperatura şertlerinde amatly bolan usuly işläp düzmeginiň synaglaryň geçirilendigi, bromy kerosiniň ýa-da tribromaniliniň we tribromfenolyň kyn ereýän birleşmeleri görnüşinde çökdürmek usulynyň gowy netijeleri berendigi barada edebiýat maglumatlary bar. Emma, çykymynyň pesligi we işlenilen ergin bilen kerosiniň ýitgisiniň köp bolýanlygy sebäpli ekstraksion usul giňden ýaýran däldir.

Adsorbsion usulda brom anionçalyşma smolanyň kömegi bilen alynýar. Ol pes temperaturada we bromuň ýokary bolmadyk konsentrasiýasynda amala aşyrylýar.

6.2. Duzly suwlardan suw bugy bilen kowmak arkaly bromuň alnyşy

Bromy almak üçin ilkinji üznüksiz hereket edýän desgada bromy kowmaklyk kolonna (sütün) görnüşli

enjamlarda amala aşyrylypdyr. Ol enjamda granitiň plitalary ýa-da çäge ýerleşdirilipdir we koksdan, çagyldan ýa-da keramiki halkalardan ýasalan oturtmalar bilen doldurylypdyr. Şonuň ýaly kolonnalaryň işleýşi gowy bolmandyr, sebäbi olarda hemişelik režimi saklamak başartmandyr we bromuň çykyşy güýçli üýtgäpdir.

Bu şeýle düşündirilýär: kolonna boýunça ýokaryk galýan suwuň we bromuň buglarynyň dykzlygy duzly suwlardan bromuň kowulmagy bilen aşakdan ýokarlygyna artýar. Şonda bromuň agyr buglary kolonnanyň aşaky böleginde çökýärler, netijede bolsa bromuň (gaýtadan işlenilen duzly ergini bilen) ýitgisi köpeliýär. Şol ýetmezçiligi aradan aýyrmak üçin brom kolonnasynyň ýöritleşdirilen konstruksiýasy işlenilip düzülýär we ol kolonnany işläp düzeniň Kubiýrskiý ady bilen atlandyrylýar.

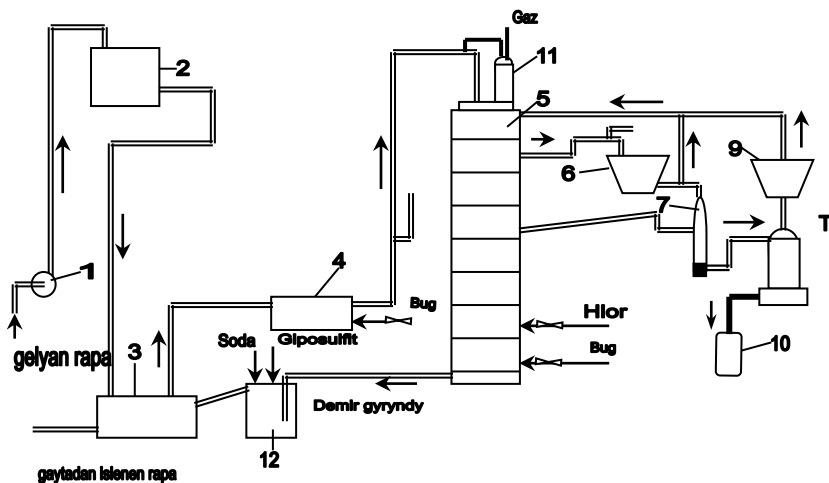
Bu kolonna birnäçe kameralara bölünýär we şol kameralardan yzygiderlilikde ýokardan aşak duzly ergin geçýär. Ergine tarap suw bugy we hlor berilýär. Her bir kamerada gazlar ýokardan aşak hereket edýärler we soňra turbalar boýunça ýokarda ýerleşen kamera barýar. Her bir kameranyň içinde bromuň kowulmagy netijesinde buglaryň dykzlygy ýokardan aşaklygyna artýar.

Kolonnanyň bu görnüşi kolonnanyň durnukly režimde işlemegini üpjün edýär, olaryň geçirijilik ukyby, şeýle hem bromuň çykyşy artýar.

Duzly erginlerden bugly usul boýunça bromy almaklygynyň tehnologiýasy

Bromly ergin bakdan ýylylyk çalşygy enjama berilýär, bu ýerde ol gaýtadan işlenilen duzly erginiň ýylylygy bilen gyzyr; soňra goşmaça ýiti bug bilen 75-80 °C-a çenli gyzdyrylýar. Gyzdyrylan ergini bromuň kolonnasynyň ýokarky bölegine berýärler. Kolonnanyň aşaky bölegine bug, azajyk ýokardan bolsa – hlor goýberilýär.

Hlor kolonna boýunça ýokaryk galyp we aşak barýan duzly ergine gabatlaşyp, elementar bromy gysyp çykarýar, ol bug bilen kowulýar. 7-nji kameradan çykýan bromuň, suw buglarynyň we gaz halyndaky hloruň garyndylaryny kondensatora berýärler. Ol ýerden kondensirlenen brom we brom suwy aýna gaba - bromy bölüjä düşýärler. Bu ýerde brom, udel agramy suwuňkydan köp bolanlygy sebäpli aşak çökýär. Brom brom bölüjiniň aşaky böleginden hlordan arassalamak üçin rafineri (8) üznüksiz berilýär. Bromly suw brom bölüjiniň ýokarky böleginden kolonna gaýdyp barýar.



5-nji surat. Bugly usul boýunça bromuň alnysynyň tehnologi shemasy

- 1 – nasos; 2 – güýjendirişi bak; 3 – ýylylyk çalşygy; 4 – ýyladyjy;
 5 – Kubiýerskiý kolonnasy; 6 – kondensator; 7 – brom bölüji; 8 – rafineri;
 9 – ters sowadyjy; 10 – bromuň ýygnaýjysy; 11 – söndürüşi başnýa;
 12 – bitaraplaşdyrjy.

Rafiner uly bolmadyk keramiki kolonnadan ybarat bolup, onda bugardyjy ýerleşdirilendir. Keramikadan ýasalan bugardyjy (egri turba) gyzgyn suwly wanna çümdürilendir. Ýokardan oturtma boýunça bromly çig mal berilýär, bugardyjyda bromuň bir böleginiň bugarmagy netijesinde

emele gelen bromuň buglary ters akymlaýyn ýokaryk galýar. Bromly çig mal bugardyjydan çykýan bromuň buglary bilen birleşende hlor bilen hlorly brom baýlaşýar. Şeýlelikde, brom hlordan arassalanýlýar. Bromly çig maldan hlor we hlorly brom (bromuň buglarynyň käbir mukdary bilen) keramikaly ters sowadyja berilýär, ol ýerde hlor bromly garyndy goşmaça bölünýär. Az mukdarda hlor saklaýan kondensat gaýtadan rafineriä barýar, hlordan, hlorly bromdan we bromuň käbir mukdaryndan ybarat bolan kondensirlenmedik buglar bolsa, kolonnanyň ýokarky kamerasyna berilýär, ol ýerde bolsa galoidler täze duzly ergin bilen tutulýar. Şol ýere hem kondensatorda kondensirlenmedik gazlar barýar. Galoidleriň gutarnykly tutulyşy uly bolmadyk keramikaly söndüriji başnyada geçirilýär. Ol başnyä täze duzly ergin berilýär. Ol ýerde ýuwulandan soň galan inert gazlar atmosfera zyňylýar. Rafinerlenen brom rafineriň aşaky böleginden sowadyjy arkaly taýýar önüm üçin ýerleşdirilen gaba berilýär. Arassalanan ergin kolonnadan bitaraplaşdyryja geçirilýär. Bitaraplaşdyryjy duzly suwda galan bromy giposulfitiň ergini bilen birleşdirmek üçin demir gyryndylary bilen doldurylandyr. Gaýtadan işlenilen bromly ergin hemişe turşy reaksiýada bolýar. Ondan başga-da, bromuň giposulfit bilen reaksiýasynda kislotanyň käbir mukdary emele gelýär. Şonuň üçin hem duzly ergini soda bilen bitaraplaşdyrýarlar. Bitaraplaşdyrylan ergin ýylylyk çalşyjydan geçýär, onuň ýylylygy bolsa täze berilýän ergini gyzdirmek üçin ulanylýar.

6.3. Bromuň howa-desorbsiýa usuly boýunça alnyşy

Öndürilýän önümiň häsiýetnamasy

Öndürilýän harytlyk önüm - "A" markaly demir bromidi. Himiki görkezijileri boýunça demir bromidi jedwelde görkezilen talaplara laýyk gelmeli:

№	Görkezijiler	Belgilenişi		
		Marka A	Marka B	Marka Ç
1.	Bromidiň massa paýy, % tomus pasly gyş pasly	51-den az däl	35-38 31-35	31-38 31-34
2.	Hloridiň massasynyň bromidiň massasyna bolan gatnaşygy, köp däl	2	2	norma ýok
3.	Okisli demiriň massa paýy, % köp däl	0,05	0,03	norma ýok

Formula : $\text{FeBr}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Molekulýar massasy - 215,665.

Tehniki demir bromidi - ýaşylymytl kristallaşan massa görnüşli ergin, howada çalymytl, soňra bolsa gyzylgoňur reňke geçýär.

Arassa duzuň dykzlygy - $2,4 \text{ g/dm}^3$

Ereme temperaturasy - 123°C

Gaýnama temperaturasy - 132°C

Tehniki kristallaşan demir bromidi gigroskopikdir.
Suwda we spirtde ereýär.

6.4. Prosesiň tehnologi shemasy

Bromy howaly desorbsiýa usuly boýunça almagyň prosesi şu asakdaky stadiýalardan ybarat:

- 1) duzly ergini bitaraplaşdyrmak we turşatmak;
- 2) elementar bromy bölüp çykarmak üçin ergini hlorldamak;
- 3) elementar bromy howa bilen gysyp çykarmak;
- 4) brom-howaly garyndyny hlordan arassalamak;
- 5) bromy brom-howaly garyndydan himiki siňdirijileriň kömegi bilen tutmak;
- 6) ýarym önümleri gaýtadan işläp gutarnykly taýýar önüm almak;
- 7) gaýtadan işlenilen ergini zyýansyzlandyrmak.

Kähalatlarda brom-howaly garyndyny turşatmak we hlordan arassalamak stadiýalary ulanylmaýar. Eger-de, duzly suwuň aşgarlylygy pes bolsa, mysal üçin kaliý önümçiliginiň aşgarly suwlary, käbir ýerasty suwlar, şeýle hem ýod önümçiliginiň turşy gaýtadan işlenilen suwlary ulanylanda turşatmak stadiýasy ulanylanok. Eger-de garyndy-da hloruň mukdary soňky önüme bolan tehniki şertlerde görkezilen mukdaryndan az bolsa, ýa-da hlor ýarym önümiň soňky gaýtadan işlenilmegine päsgel bermeyän bolsa, onda brom-howaly garyndyny arassalamaklyk talap edilmeýär.

Bromy brom-howa garyndysyndan tutmak üçin dürli görnüşli siňdirijiler ulanylýar. Siňdirilmegi netijesinde ýarym önümler alynýar, ýagny 15-den 40 %-e çenli brom saklaýan erginler, olardan bolsa soň suwuk brom ýa-da bromly birleşmeler alynýar.

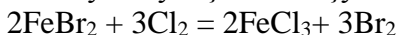
Duzly suwlardan bromy almagyň tutuş prosesi üznüksiz shema boýunça geçirilýär, şonuň üçin hem onuň doly ýa-da bölekleyin awtomatlaşdyrylyşy geçirilýär.

Howa desorbsiýa usuly hemişe bromuň konsentrasiýasy 0,065-den 1 kg/m³-a çenli bolan duzly suwlardan bromy almak üçin ulanylýar. (6 -njy surat)

Duzly suw ýygnaýjydan nasos bilen turbageçirijiler boýunça desorbsion başnyanyň (desorber) ýokarsyna berilýär. Şol turbageçirijä kükürt kislötasy bilen hlor hem berilýär.

Duzly suw desorberiniň oturtmalary boýunça howanyň akymyna tarap akýar. Howa sistemanyň ahyrynda goýlan wentilýatoryň kömegi bilen sordurylýar. Bromy alnan duzly suw desorberiniň aşaky böleginden çykarylýar we zýýansyzlandyrmak ýa-da zyňmak üçin ugradylýar.

Desorberiniň ýokarsyndan çykýan brom-howa garyndysy hlordan arassalaýjy başnyň berilýär. Ol başnyň demir bromidiniň suwuklandyrylan ergini bilen suwarylýar. Bu ýerde brom-howa garyndysynda saklanýan hlor suwaryjy erginiň bromidi bilen şu reaksiýa boýunça täsirleşýär:



aşyrylýan bolsa, onda bromy almak üçin ergindäki FeBr_3 dikeldilýär.

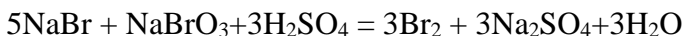
Işlenilen howa absorberden soň käwagt desorbsion başnýa gaýtarylýar. Munuň özi duzly suwuň gys aýlarynda sowadylmagynyň önüni almaga mümkinçilik berýär we erkin galogenleri saklaýan abgazlaryň atmosfera zyňylmagyny aradan aýyrýar.

Işlenilen duzly suw zýýansyzlandyrylýar, onuň üçin ol erkin galogenleri baglanyşdyrmak üçin natriý tiosulfatynyň kömegi bilen işlenilýär we hek süýdi bilen bitaraplaşdyrylýar.

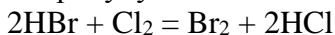
Beýleki ýurtlarda ulanylýan tehnologiýa shema siňdirmek stadiýasy bilen tapawutlanýar. ABŞ-da ilkibaşda bromy brom-howa garyndysyndan siňdirmek üçin sodanyň erginini ulanypdyrlar:



Alnan natriý bromidiniň we bromatynyň garyndysyndan elementar bromy oňa kükürt kislotasyny täsirleşdirmek bilen alypdyrlar:



Soňa baka bu usul ulanylanok we brom kükürtli anhidridi bilen siňdirilip alynýar:



Goşmaça önüm hökmünde emele gelen kükürt we duz kislotasynyň garyndysy duzly suwy turşatmak üçin ulanylýar.

6.5. Bromidiň okislenme derejesini kesgitleýän faktorlar

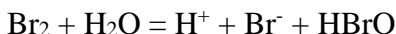
Duzly suwdaky okislenen bromidiň mukdary reaksiýa berilýän hloruň artmagy bilen köpeliýär. Hlor hemişelik

mukdarda berlende (mysal üçin, 1g-ekw) okislenme derejesi Br^- -ň duzly suwdaky konsentrasiýasynyň artmagy bilen ýokarlanýar we ondaky hloridleriň köpelmegi bilen azalýar. Başlangyç duzly suwda $[\text{Br}^-]/[\text{Cl}^-]$ hemişelik gatnaşykda bolanda bromidiň okislenme şertleri üýtgemeyär. Şonuň üçin hem, mysal üçin deňiz suwunda (bromuň konsentrasiýasy $0,065 \text{ kg/m}^3$) okislenme derejesi hlor ýokardaky ýaly harçlananda $[\text{Br}^-]/[\text{Cl}^-]$ gatnaşygy edil şonuň ýaly bolan has konsentirlenen duzly suwlardan nahar duzunyň çökdürilmegi bilen artýar, bu bolsa $[\text{Br}^-]/[\text{Cl}^-]$ gatnaşygyň artmagyna getirýär. Temperaturanyň artmagy bilen reaksiýanyň $2\text{Br}^- + \text{Cl}_2 = \text{Br}_2 + 2\text{Cl}^-$ deňagramlyk konstantasy azalýar, şeýlelikde beýleki deň şertlerde temperaturanyň artmagy bilen okislenme derejesi peselýär.

Hlor hlorlanan duzly suwlarda hlorly brom görnüşinde bolýar, ol bolsa duzly suwlarda broma garaňda gowy ereýär. Şonuň üçin, hlorly brom görnüşinde hlor saklaýan galogenleriň garyndysy duzly suwdan kowlanda, ilki bilen brom bölünýär. Eger-de, garyndyda hlor bilen bromuň birleşmesi bolmadyk bolsa, onda ilki bilen kyn ereýän galogen – hlor kowulardy. Şeýlelikde, bromhowa garyndysynyň başdaky fraksiýalarynda soňky fraksiýalaryndakydan az hlor saklanýar.

6.6. Duzly suwuň turşadylyşy we aşgar duzly suwlarda bromidiň hlor bilen okislenişi

Bromidiň hlor bilen okislenmegi suwly erginlerde geçýänligi üçin deňagramly düzümini doly hasaplamak üçin bu erginlerde geçýän gidrolizi hasaba almak zerurdyr:



Bromuň gidroliziniň deňagramlylyk konstantasynyň aňlatmasyndand:

$$K_d = \frac{[H^+] \cdot [Br^-] \cdot [HBrO]}{[Br_2]}$$

Görnüş i ýaly, HBrO-ň wodorod ionlaryň hemişelik konsentrasiýasynda emele gelýän mukdary $[Br_2]/[Br^-]$ -ň gatnaşygyna proporsional we bromidiň okislenme derejesiniň artmagy bilen köpeliýär. Şonuň üçin, okislenme derejesi artdyrylanda kislorodly birleşmeleriň emele gelmegi üçin bromuň ýitgisi köpelmaz ýaly wodorod ionlaryň konsentrasiýasyny köpeltmek zerur bolup durýar.

H^+ -ň hemişelik konsentrasiýasynda we okislenme derejesinde konsentrasiýasynyň we Br^- -nyň başlangyç konsentrasiýasyna bagly bolmazdan HBrO-nyň konsentrasiýasy üýtgemeliýär we bromuň kislorodly birleşmeler görnüşinde ýitgisi bromidiň başlangyç konsentrasiýasyna ters proporsionaldyr. Bromuň gidroliziniň konstantasy temperaturanyň artmagy bilen köpeliýär, şonuň üçin hem ýokary temperaturada gidroliziň netijesinde bromuň ýitgizi uludyr.

Şeýlelikde, bromidiň alynmaly okislenme derejesi ýokary boldugyça, onuň başlangyç konsentrasiýasy az we temperaturasy ýokary boldugyça duzly suwuň turşulygy şonçada ýokary bolmalydyr.

Praktikada pH 2,5-3,5-dan pes bolanda senagat duzly suwlarynda bromuň bar bolan konsentrasiýasynda gidroliz reaksiýasynyň deňagramlylygy çep tarapa süýşýär, şonuň üçin gidroliz hasaba alynmasa hem bolýar.

Eger duzly suwda pH görkezilenden ýokary bolsa, onda ol hlordananda gidroliziň netijesinde wodorod ionlar (şoňa laýyklykda HBrO we HClO) emele gelýär; duzly suwuň pH-y peseliýär we ahyrynda Br_2 , Cl_2 , $BrCl$, $HBrO$ $HClOBr^-$ we Cl^- -ň arasynda deňagramlylyk ýagdaýyna gelýär.

Br_2 we BrCl kowuldygyça deňagramlylyk Br_2 we BrCl -ň emele gelmegine we Br^- , HBrO we HClO -ň azalmagyna tarap süýşer. Şonuň üçin, belli şertlerde bromy turşadylmadyk duzly erginlerden almak bolýar. Proses bolsa HBrO bilen HClO -ň emele gelen tutuş mukdary Br^- we Cl^- bilen täsirleşende tamamlanar.

6.7. Duzly suwlaryň önümçilik şertlerinde turşadylyşy

Önümçilik şertlerinde duzly suwlary turşatmaklyk $\text{pH}=2,5-3,5$ aralygynda geçirilýär. Turşatmak üçin zerur bolan kislotanyň mukdary pH kislotanyň harçlanyşyna bagly bolan egri çyzygy boýunça kesgitlenilýär, ony her bir duzly suw üçin eksperiment arkaly kesgitleýärler.

Turşatmak üçin gerek bolan kislotanyň mukdaryny takmynan metiloranžyň gatnaşmagynda kislota bilen titrlemek arkaly kesgitlemek bolýar (onuň reňki pH 3,0-4,6-da üýtgeýär).

Turşatmak üçin hemişe kükürt kislotasy ulanylýar. Okean suwundan brom alnanda onuň harçlanyşy 2,5 t/t broma ýetýär, şol suwda NaCl -ň çökýänçä konsentririlenmegi bilen alnanda kükürt kislotasynyň harçlanyşy bromuň 0,8-1 tonnasyňa çenli azalýar.

Ýerasty hlorkalsili duzly suwlar aşgarlylygy we pH -y boýunça biri-birinden güýçli tapawutlanýarlar. Aşgarlylygy ýokary bolmadyk (3-4 mg-ekw/l-den köp däl) we pH 5-6,5-a deň bolan suwlar mälimdir. Şonuň ýaly duzly suwlary turşatmazdan bromy almak bolýar. Hemişe şonuň ýaly duzly suwlar bromuň we kalsiý hloridiniň ýokary konsentrasiýasy bilen tapawutlanýarlar.

Turşadylmadyk duzly suwlardan bromy almaklyk aňsatlaşýar, sebäbi olarda hemişe köp mukdarda organiki we organiki däl goşundylar köp bolýar, olar hlor bilen täsirleşende erkin duz kislotasy emele gelýär, mysal üçin:

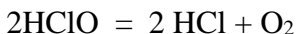
kükürtwodorod okislenende:



ammoniy duzlary okislenende :



Ondan başga-da, duz kislotasy HClO -nyň duzly suwlarda bar bolan demir duzlarynyň täsirine katalitiki dargamagy netijesinde emele gelýär:



Kislotanyň emele gelmegi netijesinde duzly suwuň hlorlanmazdan öňki aşgarlylygy 1-2 mg-kw/l bolsa, hlorlanandan soň titrlenýän aşgarlylygy 4-5 mg-ekw/l-e ýetýär.

Aşgarlylygy ýokary bolan duzly suwlarda diňe olarda okislenýän maddalar köp bolan ýagdaýynda bu suwlary turşatmazdan brom alyp bolýar. Aşgarlylygy 25 mg-ekw/l bolan duzly suwlardan bromy almaklyk başardan ýagdaýlary hem bar, emma hloruň harçlanyşy 2,5 t/t broma çenli artýar.

Eger, duzly suw ýeterlik derejede okislenýän maddalary saklamaýan bolsa, onda bromy almaklyk kyn bolýar. Duzly suwy turşatmagyň derejine kükürtli ангидрид bilen doýgunlaşdyrmak bolýar, hlor täsir edende ol kükürt kislotasyna çenli okislenýär. Eger-de, ýerasty duzly suwlardan ilki bilen ýod, soňra bolsa brom alynýan bolsa, onda bromy almak üçin ýoduň alnyş prosesinde eýýäm okislenen duzly suwlar barýar.

6.8. Önümçilik şertlerinde duzly suwlary hlorlamak

Senagatda bromidi okislemek we elementar ýody bölüp almak üçin hlor ulanylýar. Şol maksatlar üçin elektrolitik okislenme hem birnäçe gezek teklip edilýär. Emma,

apparaturasyňň çylşyrymlylygy, tok boýunça çykyşynyň pesligi we elektroenergiýanyň köp harçlanýanlygy sebäpli bu usul praktikada ulanylmaýar. Bromy bölüp almagyň has kämil elektrohimi usulynyň gözleglerini geçirmeklik dowam edýär, sebäbi hlor tehnologiýa prosesden aýrylsa zähmet şertleri ep-esli gowulaşýar.

Suwuk hlor saklanylýan ýerden ýyly suw bilen gyzdýrylýan bugardyja berilýär, ol ýerden gaz halyndaky hlor fitrden we resiwerden basyş astynda geçip, turbageçirijä düşýär, turbageçiriji boýunça duzly suw desorbsiýa ugradylýar.

Duzly suwda eremeli hloruň mukdary ýokary däl, mysal üçin, bromuň konsentrasiýasy 1 kg/m^3 bolanda ol $0,12 \text{ m}^3/\text{m}^3$ duzly suwa ýetýär.

Hlorly suw ýörite apparatda hloruň sowuk suwda süýji ýa-da deňiz suwy bilen eredilmegi bilen alynýar we $5-7 \text{ kg/m}^3$ saklaýan hlorly suw duzly suw bilen garyşdyrylýar.

Hlorlamak üçin diňe 100 %-li gaz halyndaky hlor däl-de, beýleki önümçilikleriň zyňylýan suwuklandyrylan gazlary (40 % hlor saklaýan) hem ulanylyp bilner. Olary ulanmaklygyň mümkinçiligi şunuň bilen şertlendirilendir: hloruň ereme tizligi onuň konsentrasiýasyna bagly däl, barbotirleýän gazyň göwrüminiň köpelmegi bolsa, suwuk we gaz fazalaryň arasynda kontaklaşma üstüniň artmagyna getirýär.

6.9. Brom-howa garyndysynyň hlordan arassalanylyşy

Duzly suwlardan bromuň desorbsiýasynda hemişe hloruň goşundylary (BrCl görnüşinde) saklanýar, onuň mukdary brom bolan gatnaşykda 15 %-e ýetip bilýär. Eger siňdirilmegi netijesinde bromidler ýa-da olary almak üçin ulanylýan ýarym önümler, mysal üçin, demir bromidi, onda brom-howa garyndysyny hlorsan arassalaýarlar. Ony bromidiň erginleri bilen ýuwyarlar, onuň üçin alynýan önümiň bir bölegini alýarlar. Bromuň hloridi, bromidiň ergini bilen täsirleşip elementar bromy gysyp çykarýar, haçanda ergindäki

konsentrasiýasy deňagramlydan ýokary bolanda ol howa bilen üflenilýär.

Hlordan arassalamak üçin demir bromidiniň ergini ulanylanda proses çylşyrymlaşýar: heniz iki walentli demir barka ergin brom-howa garyndysyndan bir wagtyň özünde bromy we hlory tutýar we diňe iki walentli demir üç walentli demire okislenenden soň, elementar brom bölünip başlaýar.

Brom howa garyndysyny hlordan arassalamaklyk absorbsiýa prosesi bolup, ol himiki reaksiýanyň geçmegi bilen amala aşyrylýar. Şonuň ýaly proseslerde mass ageçirijilik, gaz fazadaky garşylyk bilen kesgitlenilýär.

Hloruň absorbsiýa koeffisiýenti başlangyç ergindäki bromidiň konsentrasiýasyna we suwuklanma dykzlygyna bagly däl we gazyň tizliginiň artmagy bilen ýokarlanýar. Ol şeýle hem ergindäki Br^- ionlaryň Cl^- ionlaryna çalyşma prosesinde üýtgemelýär we gaz fazadaky bromuň gatnaşmagyna, ýagny Cl_2 ýa-da BrCl -ň molekulalarynyň adsorbirlenýänligine ýa-da adsorbirlenmeýänligine bagly däl

Brom-howa garyndysyny hlordan arassalamaklyk oturtmaly kolonnada geçirilýär, ol gurluşy boýunça desorbsion kolonnadan hiç hili tapawutlanmaýar. Oturtma hökmünde Raşig halkalary ýa-da agaç horda oturtma ulanylýar, gatlagyň beýikligi 10 m. Şeýle hem düňderilen gözenekli (gözenekleriň sany – 20) kolonnalar ulanylýar.

Hlordan arassalamak üçin Br^- -ň konsentrasiýasy 100 - 400 kg/m^3 bolan erginler ulanylýar. Bu erginlerde Br^- -ň konsentrasiýasynyň ýokarlanmagy olarda Br_3^- - ionlaryň ýygnanmagyna getirýär, bu bolsa sredanyň aggressiwliginiň artmagyna we işlenilen ergin bilen bromuň ýitgisiniň köpelmegine getirýär.

Prosesi göni ýa-da ters akymly geçirmek bolýar, sebäbi erginiň üstündäki hloruň deňagramly konsentrasiýasy nula deň we absorbsiýanyň hereketlendiriji güýji diňe onuň gaz fazadaky konsentrasiýasy bilen kesgitlenilýär. Gazyň ugruny saýlap almaklyk kolonnanyň konstruktiv aýratynlyklaryna

bagly. Oturtmanyň gowy öllenmegi üçin hlordan arassalaýjy erginiň köp gezek aýlaw berilmegi gerek (suwarylam dykzlygy 2-4 m/sag bolar ýaly).

Erginde Br^- ionlar 5 kg/m^3 -dan az bolsa, ony hlorklamakdan soň bromy almak üçin desorbere berýärler.

Hlordan arassalamak üçin demir bromidiniň erginleri ulanylanda demir bromidiniň okislenmegi howadaky kislorod bilen okislenmegi netijesinde çökündi bölünýär, ol demiriň gidratirlenen okislerinden ybarat. Bu çökündiler oturtmany dykýarlar we onuň gidrawliki garşylygyny artdyrýarlar. Şonuň üçin hlordan arassalaýjy kolonna wagtal-wagtal (ýylda 1 gezek) oturtmany arassalamak üçin saklaýarlar. Şlamyň çökmeginiň önüni alyp bolýar, onuň üçin aýlanýan erginiň bir bölegini filtrden ýa-da çökdürijiden geçirýärler. Şlamyň çökmegi oňa poliakrilamidiň (35-50 litr 0,025 %-li ergin 1 m^3 -a) ergini goşulanda çaltlaşýar.

6.10. Brom-howa garyndysyndan bromy tutmagyň (siňdirmegiň) usullary

Howa desorbsiýa usuly bounca alynýan brom-howa garyndysynyň 1 m³-da 2-den 10g/m³-a cenli brom saklanýar. Şonuň ýaly garyndy sowadylanda suwuk bromy almak mümkin däl. Şonuň üçin brom-howa garyndysyndan bromy tutmak üçin himiki siňdirijileri ulanýarlar. Brom olar bilen täsirleşende köp halatlarda harytlyk önüm däl-deç diňe ýarym önümler alynýar, olar soňrs suwuk brom aýa-da onuň önümlerine gaýtadan işlenilýär.

Öz häsiýeti boýunça bromy siňdirijiler 2 topara bölünýär: aşgar we dikeldiji.

Brom aşgar dikeldijiler bilen täsirleşende (natriý we kaliý gidrookisleri ýa-da karbonatlary, hek süýdi), bromidiň we bromuň kislorodly birleşmeleri alynýar. Bu garyndylar turşadylanda elementar brom alynýar. Dikeldiji siňdirijilere demir metaly, demir bromidiniň erginleri, kükürtli angidrid we

kükürtli kislotanyň erginleri, ammiagyň, karbamidiň erginleri we beýlekiler.

Bromuň dikeldiji siňdirijiler bilen tüsirleşmesiniň önümleri bromidleriň we bromlywodород kislotanyň erginleri bolup durýar. Şonuň ýaly önümlerden elementar bromy almak üçin hlорlamagyň gaýtalanmagy zerurdyr.

Siňdirijiler gaty, suwuk ýa-da gaz halynda bolup bilýärler. Gaty görnüşine demir metaly degişlidir, ol gyryndy görnüşinde ulanylýar. Gaty siňdirijiler bilen işlemegiň birnäçe ýetmezçilikleri bar: prosesleriň wagtal-wagtaldygy, gidrawliki garşylygynyň (demir gyryndysynyň gatlagynyň howanyň geçişine täsiri) ýokary bolmagy, mehanizmleşdirip bolmaýanlygy we bromuň şlam bilen ýitgisiniň bolmagy.

Şonuň bilen baglylykda bromy siňdirmek üçin demir gyryndysy ulanylanok. Digir-digir adsorbentler, mysal üçin aktiwirlenen kömür ýa-da silikagel has uly gidrawliki garşylygy ýüze çykarýanlygy üçin praktikada ulanylanok.

Suwuk siňdirijileri ulanmak amatly, sebäbi bu ýagdaýda prosesi üznüksiz geçirip bolýar, siňdiriji apparatlaryň gidrawliki garşylygy pes bolýar.

Gaz halyndaky siňdirijiler göniden-göni brom-howa garyndysyna berilýär, bu ýerde olar brom we suw buglary bilen täsirleşýärler. Ümür görnüşinde emele gelýän bromidiň birleşmeleri suw ýa-da aýlanan ergin bilen tutulýar.

Siňdirijileriň ýokarda getirilen iki sany görnüşinden başga-da, brom-howa garyndysynda bromuň konsentrasiýasy köp bolan ýagdaýynda bromy 15 – 20 C-a çenli sowadylan bromidiň konsentirlenen erginleri bilen tutmak bolýar. Şonuň ýaly erginler Br - ionlaryny emele getirmek bilen elementar bromy gowy tutýarlar. Ergin 110 C-a çenli gyzdyrylanda brom kowulýar we kondensirlenýär.

Bromuň demir bromidiniň erginleri bilen siňdirilişi

Brom-howa garyndysyndan bromy demir (II) bromidiniň ergini bilen tutmaklyk şu reaksiýa esaslanan:



Demir (III) bromidini demir gyryndysy bilen dikeldýärler:

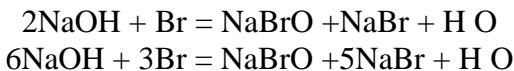


Alnan demir (II) bromidiniň üçden iki bölegi degişlilikde suwuklandyrylandan soň bromy siňdirmegiň stadiýasyna gaýtarylýar, erginiň üçden bir bölegi bolsa, sarp ediljilere bromly duzlary ýa-da bromly etili almak üçin ulanylýar.

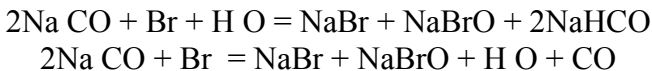
Bromy siňdirmekligi ölçegi 50x50 mm, gatlagynyň beýikligi 3-4 m bolan raşig halkalaryndan nasadka bilen doldurylan apparatlarda geçirýärler. Siňdirmek üçin bromuň konsentrasiýasy 200-400 kg/m bolan demir (II) bromidiniň erginleri ulanylýar.

Bromy aşgar metallaryň gidrookisleri we karbonatlary bilen siňdirmek

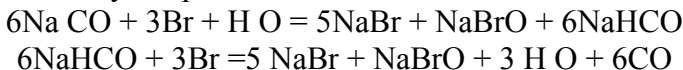
Iýiji natr ergini bilen bromy siňdirmek şu reaksiýa boýunça bolup geçýär:



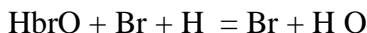
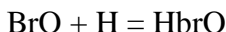
Ikinji reaksiýa ýokary temperaturalarda geçýär:



Ýokary temperaturalarda:



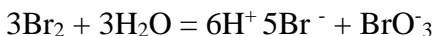
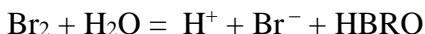
Bu reaksiýalar diňe ahyrky önümleri görkezýär; hakykat-da bolsa, ol çylşyrymlyrak geçýär. Emele gelýän uglerodyň iki okisi başda bölünip cykanok-da, erginde erkin kömür kislotasy görnüşinde galýar. Onuň dissosiasiýasy netijesinde erginde wodorod ionlaryň konsentrasiýasy köpeliýär. Bu ýertlerde brom doly täsirleşenok, sebäbi deňagramlylyk ýagdaýyna gelýär:



6.11. Howa-desorbisiýa usuly boýunça bromuň alnyşy

Duzly suwy turşatmak we bitaraplaşdyrmak

Duzly suwlardan brom alnanda olaryň aşgarlygyny bitaraplaşdyrmak, şeýle hem hloruň gidroliziniň önüni almak üçin turşatýarlar:



Duzly suwuň pH-ň ýokarlanmagy bilen bromuň çykyşy peseliýär.

Bromuň gidroliziniň konstantasy temperaturanyň ýokarlanmagy bilen köpeliýär, şonuň üçin hem ýokary temperaturada bromuň ýitgisi gidroliziň netijesinde pes temperatadakydan köpdür.

Turşatmaklygy pH=2,5 – 3,5-a çenli geçirýärler. Kislotanyň turşatmak üçin zerur bolan mukdaryny metiloranž indikatorynyň gatnaşmagynda titrlemek bilen tapyp bolýar. Onuň reňki pH=3,0-4,6 aralykda üýtgeýär. Duzly suwy hemişe kükürt kislotasy bilen turşatýarlar.

Bromidi hlor bilen okislemegiň nazary esaslary

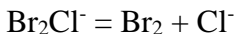
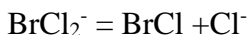
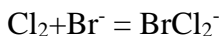
Elementar bromy gaz görnüşli hlor ýa-da hlorly suw bilen okisleýärler. Brom önümçiliginiň tejribesinden belli bolşy ýaly, bromidi hloruň artykmaç mukdary ulanylanda hem doly okisläp bolmaýar. Bromuň okislenmedik bromid görnüşinde ýitgisi 10-25%-e deň, şol bir wagtda alynýan bromda köp mukdarda hlor saklanýar. Bu bolsa bromly demiriň daýtadan işlenilmegini kynlaşdyrýar we goşmaça stadiýanyň – ýagny bromly – howaly garyndyny hlordan arassalamagyň zerurlygyny ýüze çykarýar.

Hlordan arassalamak stadiýasy ulanylmaýan önümçilikde işlenilýän erginde (alynýan önümi hlor bilen hapalamazlyk üçin) köp mukdarda okislenmedik bromidi galdyrýarlar.

Bromidi hlor bilen okislemek 3 stadiýa boýunça geçýär.

1-nji stadiýasynda - gaz halyndaky hlory brom saklaýan erginde eretmek.

2-nji stadiýa - eredilen hlor bilen bromuň ionlarynyň özara täsiri - birnäçe yzygider geçýän reaksiýalardan ybarat:



Şu reaksiýalar suwuk fazada örän çalt geçýär we tiz wagtda deňagramlylyk ýagdaýyna gelýär.

Soňky stadiýa brom we hlor kowlanda geçýär we deňagramlylyk ýagdaýyna gelen reaksiýanyň süýşmegi bilen geçýär. Şeýlelikde, prosesiniň ahyrky netijeleri (okislenme derejesi we brom-howa garyndysyndaky hloruň saklanyşy)

ergindäki bromidiň okislenme reaksiýasynyň deňagramlylygy diňe hasaplamalar arkaly kesgilemek we şol erginden bromy we hlory kowmak arkaly alnyp bilner.

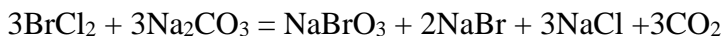
Elementar bromy howa bilen kowmak

Bromy gyzyp çykarmak üçin nasadkaly başnýa (desorber) ulanylýar. Başnýanyň diametri 3-4m, nasadkanyň gatlagynyň beýikligi (Raşig halkalary 50x50) - 10m. Desorberiň umumy beýikligi 13m-e golaý. Hlorlanan ergin nasadka boýunça Rudnewiň ýaýradyjysynyň kömegi bilen ýaýradylýar. Ýaýradyjylar nasadkanyň üstünde ýerleşdirilen.

Brom-howaly garyndyny hlordan arassalamak

Brom howaly garyndyny hlordan arassalamak üçin ony bromly duzlaryň erginleri bilen ýuwürlar. Hlorly brom bromid bilen reaksiýa gatnaşyp, erkin bromy gysyp çykarýar. Haçanda bromuň siňdirilmegi netijesinde bromly duzlar ýa-daolary almak üçin ýarymönümler, mysal üçin, demir bromidi ulanylsa, şonuň ýaly ýagdaýlarda brom-howaly garyndyny hlordan arassalamaklyktalap edilmeyär.

Brom bilen hloruň garyndysy sodanyň gowşak ergini bilen siňdirilende hem hlordan arassalamaklyk hökman däl, sebäbi siňdirme prosesinde şu reaksiýalar geçýär:



Bromid, hlorid we bromat saklaýan aşgarlary kükürt kislotasy bilen turşatýarlar; şonda elementar brom emele gelýär. Reaksiýa geçip gutarandan soň erginde hlorid we az mukdarda bromat galýar. Hloridiň bromat bilen okislenmegi diňe hloridiň konsentrasiýasy köp bolanda geçýär; pes konsentrasiýalarda hlorid okislenmeyär we sodaly usul boýunça alynýan brom hlor saklamaýar ýa-da onuň az mukdaryny saklaýar. Brom bilen hloruň garyndysy sodanyň

ergini bilen siňdirilende, az mukdarda (2-5%) brom saklaýan aşgarlar alynýar. Olardan bolsa bromy bug bilen kowmak usuly boýunça çykarylar.

Çig malyň we himreagentleriň taýýarlanylşy

Ýod alnandan soň bromidiň massa konsentrasiýasy $0,460-0,600\text{kg/m}^3$ -den azbolmadyk burow suwy $\text{pH}=1,8-2,3$ -e çenli okislenýär we demir bromidiniň önümçilgine berilýär.

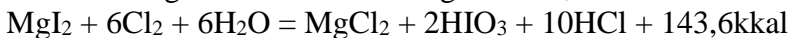
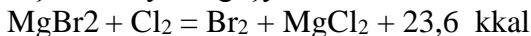
Himreagentler - hlor, demir gyryndysy öňünden taýýarlanylýar. Demir gyryndysyndan ýüklenmezden ñ dikeldijilere mehaniki goşundylar aýrylýar. Zawoda gelýän suwuk hlor guýlup bugardylýar we gaz halynda tilsimata berilýär.

Senagat duzly suwlarda bromidiň hlor bilen okislenilişi

Turşadylan senagat duzly suwunda bromidi okislemeklik gaz halyndaky hlor bilen geçirilýär, okislenmedikeltme potensialy 960-1010mw.

Hloruň harçlanyşy gapdal reaksiýalary we zerur bolan artykmajy hasaba almak bilen bromidi okislemegiň reaksiýasyna teoretiki harçlanmadan 160% tutýar.

Bromidiň okislenme derejesi 88-92%. Okislenme stadiýasynda şu reaksiýalar geçýär:



Bromuň howa bilen desordsiýasy

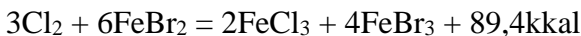
Burow suwdan bromuň desordsiýa prosesi elementar bromy howanyň akymy bilen kowmakdan ybarat. Şol bir wagtyň öünde okislenen senagat ergininde bar bolan hlor hem üflenilýär. Bromhowa garyndysynda agram gatnaşygy $\frac{\text{Cl}_2}{\text{Br}_2}$ 10

%-e deň.

36 °C-da üflenme derejesi 86 %. Temperaturanyň peselmegi bilen üflenme derejesi peselýär, çykyçy 70 %-e çenli peselýär. Bromhowa garyndysy hlorarassalaýjy stadiýa berilýär. Işlenilen senagat duzly suwy bitaraplaşdyrma stansiýasyna çykarylýar.

Brom-howa garyndysynyň arassalanylyşy

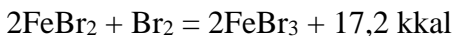
Bromhowa garyndysyny hlordan arassalamaklyk reaksiýalar boýunça brom-bromly demiriň suwly ergini bilen amala aşyrylýar:



Artykmaç hlordan arassalanylan brom-howa garyndysy hlorkolonna berilýär, brom-bromly ergin bolsa hlorarassalaýjy kolonnanyň çökdüriji gabyna, brom işlenilenden soň bolsa kanalizasiýa zyňylýar. Arassalanyş derejesi - 78+2=80,54%.

Bromuň absorbsiýasy

Gaz fazasyndan bromuň we hloruň absorbsiýasy şu aşakdaky reaksiýalar boýunça brom-bromly erginler bilen amala aşyrylýar:



Brom-bromly erginde $\frac{\text{Fe}^{3+}}{\Sigma\text{Fe}}$ gatnaşyk 30%, aýlanýan

erginde berlen $\frac{\text{Fe}^{3+}}{\Sigma\text{Fe}}$ gatnaşygy saklamak üçin ony dikeldijä berýärler. Brom-howa garyndysyndan bromuň absorbsiýa prosesi 78+2=80,0%.

FeBr₃-i dikeltmek we brom-bromly ergini çökdürmek

Üçwalentli demiri ikiwalentli demire çenli dikeltmeklik demir gyryndysy bilen amala aşyrylýar:

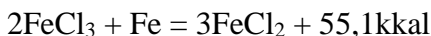


Dikeldilen brom-bromly demir ergini çökdürilýär, onuň bir bölegi täzeden dikeltmek üçin berilýär. Stadiýadaky çykyş - $78+2=80,1\%$.

Täzeden dikeltmek

Harytlyk demir bromidini almak maksady bilen ondan soňky gaýtadan işlemek üçin brom-bromly demir ergininiň bir bölegi täzeden dikeltmek üçin alynýar.

Täzeden dikeltmeklik demir gyryndysy bilen şu reaksiýa boýunça geçýär:



Stadiýadaky çykyş 991%

Bugartmak

Demir bromidinden suwy bugartmaklyk wakkumda bugardyjy apparatda amala aşyrylýar. Bugardylandan soň alynan ergin demir barabanlara gaplanýar. Çykyşy - 99,1%.

6.12. Bromy howa bilen kowmak üçin ulanylýan apparaturanyň hasaplamalary

Howa desorbsiýa prosesi boýunça bromy almak üçin ulanylýan duzly suwlar bromuň konsentrasiýasy, duzlulyk düzümi we temperaturasy bilen güýçli tapawutlanýarlar. Şonuň üçin, brom zawodlary taslananda dürli şertler üçin desorbsiýa prosesini hasaplamaly bolýar. Şonuň bilen baglylykda iş şertleri üýtgände berlen apparat üçin bromuň desorbsiýa derejesiniň baglylygyny tapmak we apparatyň talap edilýän ölçeglerini gysga wagtda kesgitlemäge mümkinçilik berýän ýörite nomogrammalar gurlan we hasaplamagyň giňişleýin metodikasy işlenilip düzülen.

Bromuň desorbsiýa koeffisiýentini häsiýetlendirýän esasy görkezijileriň biri hem howanyň harçlanyşydyr.

Desorberiň ölçegi, hlordan arassalanyşy we bromy siňdirişi, şeýle hem wentilýatoryň kuwwatlylygy, ýagny ähli wajyp apparatlaryň ölçegleri howanyň harçlanyşyna baglydyr. Howanyň harçlanyşy bromy almak üçin elektroenergiýanyň harçlanyşyny kesgitleýär.

Duzly suwdan bromuň doly desorbsiýasy üçin teoretiki taýdan zerur bolan howanyň mukdary onuň suwuk fazadaky konsentrasiýasynyň gaz fazadaky konsentrasiýasyna bolan gatnaşygyna, ýagny ýaýrama koeffisiýentine ters bolan ululyga deň:

$$B_0 = C_s / C_g^d = 1/H_g$$

Doly desorbsiýa howanyň teoretiki harçlanyşynda hem diňe fazalaryň arasyndaky kontaktyň tükeniksiz uly üsti bolan apparatlarda geçýär. Praktikada ahyrky ölçegli apparatlarda desorbsiýa üçin artykmaç howa (η) talap edilýär we şonda hem desorbsiýa doly geçmeýär. Brom senagatynda hemişe 2-3 esse artyk howa ulanylýar, desorbsiýa prosesi 0,8-0,9-a deň.

Şeýlelikde, howanyň hakykatda harçlanyşy şu aşakdaky formula deň:

$$B_1 = \eta \cdot B_0 = n/H_g$$

Kāwagtlar howanyň teoretiki harçlanyşy diýlip, duzly suwdan tutuş bromuň desorbsiýasy üçin zerur bolan mukdary däl-de, faktiçeski kowlan bromuň mukdarynyň desorbsiýasy üçin teoretiki zerur bolan howanyň mukdaryna aýdylar, ýagny φ – desorbsiýa derejesi, we şoňa laýyklykda howanyň artykmaçlyk koeffisienti:

$$\eta' = \eta / \varphi$$

η' ululyk kesgitlenişi boýunça hemişe birden uly bolmalydyr;

$1/\eta'$ - howanyň brom bilen doýgunlaşma derejesi.

Bu iki ululyklary çalyşmazlyk üçin terminologiýa meňzeş η teklipl edilen, ol absorbsiýa prosesiniň hasaplamalarynda kabul edilen desorbsion faktor diýlip atlandyrylan. Belläp geçmeli zatlaryň biri, η' ululyk η –den tapawutlylykda öňünden berlip bilinmeýär, diňe eýýäm döredilen desganyň işleýşiniň netijeleri boýunça kesgitlenilip bilner.

Iki sany apparat duzly suw we howa birmeňzeş harçlananda howanyň η bir artykmaçlyk koeffisiýenti bilen işleýärler, ýöne eger-de desorbsiýa derejesi bu apparatlarda birmeňzeş bolmasa, onda η ululyk olar üçin dürli bolar. Şonuň üçin hem prosesiniň geçirilişiniň şertini häsiýetlendirýän we aýratyn apparatlaryň effektivligine bagly bolmadyk ululygy η saklamaklygy maksadalaýyk hasaplaýarlar, atlandyrylyşy - howanyň artykmaçlyk koeffisiýenti.

1 t bromuň desorbsiýasy üçin $(\eta \cdot 1000)/H_g C_s$ φ m^3 howa. Şeýlelikde bromuň desorbsiýasyna harçlanýan howa bromuň ýaýrama koeffisiýentine we onuň duzly suwdaky konsentrasıýasyna ters proporsional. Şol bir temperaturada dürli duzly düzümi bolan duzly suwlar üçin bromuň ýaýrama koeffisiýenti giň çäklerde üýtgeýär. 15 °C-da silwinit aşgarlary üçin ýaýrama koeffisiýenti 0,0125, deňiz suwy üçin - 0,026-a

deň. Temperatura baglylykda bromuň ýaýrama koeffisiýenti has hem köp üýtgeýär. 0-dan 50 °C-a çenli temperatura üýtgände bromuň ýaýraýşy 8-9 esse artýar. Şonuň üçin hem käwagt bromuň konsentrasiýasy pes bolan düzly suwlary ulanmaklyk,

Oturtmaly desorbsion apparatlar hasaplanylanda hemişe howany belli bir tizlikde berýärler (W_{howa}), onuň alynýan sany nasadkanyň görnüşine bagly bolýar.

Desorberiniň kesiminiň meýdany we oturtmanyň beýikliginiň hasaplamalary aşakda görkezilýär:

Desorberiniň kesimi düzly suw W_{suw} harçlananda (m^3/sag), m^2 :

$$S = \frac{B_1}{W_{\text{howa}} \cdot 3600}$$

Desorberiniň suwarylyş dykzlygy, m/s :

$$W_{\text{suw}} = \frac{W_{\text{suw}}}{S} = \frac{W_h \cdot 3600}{B_1}$$

B-niň ýerine ony goýup tapýarys:

$$W_{\text{suw}} = \frac{W_h \cdot H_g \cdot 3600}{\eta}$$

Suwarylyş dykzlygy çäklendirilen ululykdan pes bolmaly däl, sebäbi suwarylyş dykzlygy az bolsa, oturtma gyra deň öllenmeýär. 50x50 ölçegli halkaly oturtma üçin onuň çägi 4-5 m/sag-a deň. Howanyň tizligi 0,5 m/s-da we howanyň artykmaçlyk koeffisiýenti 3-e deň bolanda minimal rugsat edilýän suwarylyş dykzlygy $H_g = 0,0067$ -ä deň bolanda ýetýär.

Şonuň ýaly ýaýrama koeffisiýenti senagat düzly suwlarynyň temperaturasy 0°C -dan pes bolanda alynýar. Bu ýerden görnüşi ýaly bromuň desorbsiýa prosesi düzly suwuň temperaturasy 0°C -dan pes bolanda amatly däl, sebäbi bu şertlerde nasadkanyň gyradeň ýaýramagyny üpjün edip bolmaýar.

Howanyň belli bir tizliginde suwuklygyň oturtma boýunça akması galýar we çykýan gazlaryň akymy bilen gidýär.

Gazyň tizligi ýokary boldugyça, suwarylyş dyklyzlygy şonça-da pes bolýar.

Oturtmanyň üsti (m^2) formula boýunça hasaplanylýar:

$$F = Q/K_0\Delta_{\text{ort.}}$$

Desorbsiýanyň hereketlendiriji güýji (Δ) erginiň üstündäki bromuň deňagramly konsentrasiýasy bilen onuň gaz fazadaky (Δ_g) hakyky konsentrasiýasynyň arasyndaky tapawut boýunça kesgitlenilýär.

Şoňa laýyklykda desorbsiýa koeffisiýenti hem gaz fazadaky ($K_{o.g.}$) ýa-da suwuk fazadaky ($K_{o.s.}$) konsentrasiýasyna gatnaşdyrylyp bilner.

Bu ululyklaryň arasyndaky baglanyşyk deňleme arkaly kesgitlenilýär:

$$K_{o.g.}/K_{o.s.} = 1/H_g$$

Desorbsiýa koeffisiýenti 1 sagatda 1 kg/m^3 -a deň bolan prosesiň hereketlendiriji güýjünde 1 m^2 nasadkadan kowulýan maddanyň mukdaryna deň.

Oturtmanyň üsti köplenç belli bolanok, şonuň ýaly ýagdaýlarda desorbsiýa koeffisiýenti 1 m^3 nasadka gatnaşdyrylandyr we K_{og} a arkaly belgileýärler.

Oturtmanyň üstüni kesgitlemek üçin formula Q we W_s ululyklary goýup, gatlagyň beýikligini hasaplamak üçin formulany alarys (m) :

$$h = \frac{W_s \cdot C_s \cdot \varphi}{K_{o.g.} \cdot a \cdot \Delta_{ort.,g}} = \frac{W_h \cdot H_g \cdot C_s \cdot \varphi}{\eta \cdot K_{o.g.} \cdot a \cdot \Delta_{ort.,g}}$$

bu ýerde $\Delta_{g,g}$ - apparatyň beýikligi boýunça desorbsiýanyň ortaça logarifmik hereketlendiriji güýji, ol şuna deň:

$$\frac{\Delta_{h.g.} - \Delta_{k.g.}}{2,3 \lg(\Delta_{h.g.} / \Delta_{k.g.})}$$

Tehniki bromly demriň ergini ýerleşdirilen gapdan (1) filtre (2) geçenden soňra, tutuş erginiň umumy mukdaryndan 15-20 %-i nasos (3) bilen rafinere (4) berilýär. Rafinerdäki ergin b demir bromidiniň akymy bilen reaksiýa (6) kolonna barýar. Bu kolonna gaz görnüşindäki hlor (7) we ýiti bug (8) berilýär. Bölünip çykan elementar brom erginden desorbirlenýär we suwuň buglary bilen bilelikde kolonnadan (6) rafineriň aşaky bölümüne (4) düşýär. Emele gelen hlorly demriň ergini hlorly demir üçin goýlan çökdüriji enjama (10) geçýär. Bromuň buglary rafinerde hlordan bölünýär we kondensatora (11) berilýär.

Kondensirlenen brom we suw kondensatordan bromybölüjä (12) barýar. Suwuk brom bromy ýygnaýjy enjama geçýär, bromly suw bolsa bromybölüjiniň gapdal tarapyndan nasos (5) arkaly kolonna (6) berilýän demir bromidiniň esasy akymy bilen garyşdyrmak üçin gaýtarylyp berilýär.

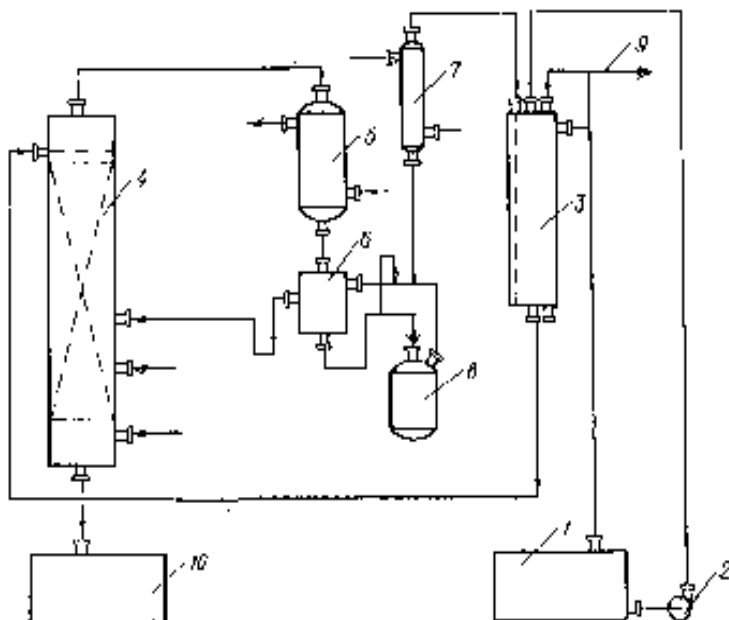
Kondensirlenmedik gazlar bolsa gazy arassalaýjy (15) kolonna berilýär.

II – usul

Tehniki demir bromidiniň ergini ýerleşdirilen gapdan (1) nasos arkaly (2) kolonna (3) berilýär, bu ýerde (bromybölüjiden (6) ýylylyk çalşyjy (7) arkaly gelýän) bromuň we hloruň buglary siňdirilýär. Kolonnadan (3) demir bromidiniň ergini reaksiýa kolonnanyň (4) ýokarky bölümüne barýar.

Erkin gaz görnüşindäki brom kolonnanyň (4) ýokarsyndan suwuň buglary we täsirleşmedik hlor bilen kondensatora (5) berilýär, bu ýerde bromuň we suwuň buglarynyň kondensasiýasy geçýär. Emele gelen kondensat bromybölüjä geçýär, şol ýerde hem brom, suw we eremedik hlor bölünýär. Bromybölüjiniň ýokarky böleginden ştuser arkaly bromly suw çykarylýar, ol bolsa (4) kolonna gaýtarylyp berilýär. Bromy bölüjiniň aşaky böleginden brom ýygnaýjy

gaba (8) berilýär. Hlor kolonnada (3) tehniki demir bromidiniň täze ergini bilen siňdirilýär. Kondensirlenmedik gazlar gazy arassalaýjy kolonna (9) iberilýär. Hlorly demriň ergini kolonnadan çykyp hlorly-demir (10) üçin ýerleşdirilen çökdüriji-gaba baryar.

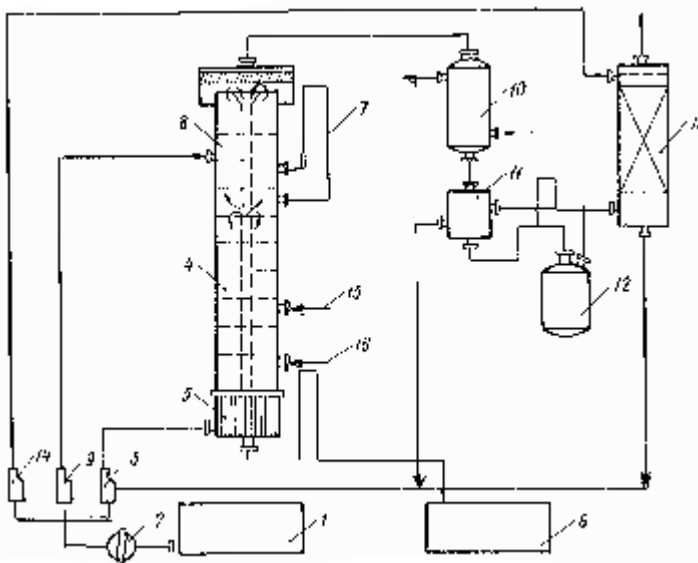


8-nji surat. Tehniki demir bromidinden üznüksiz usul boýunça suwuk bromuň alnyşy. (II- usul)

- 1 – kabul ediji gap; 2 – nasos; 3 – tehniki emir bromidi bilen hlor siňdirilýän kolonna; 4 – reaksiýon kolonna; 5 - kondensator;
6 – brombölüji; 7 – ýylylykçaşyryjy; 8 - brom ýygnaýjy; 9 - gaz arassalaýjy kolonna gaz berilýän liniýa. 10- hlorly demir ergininiň çökdüriji gaby;

III – usul

Tehniki demir bromidiniň ergini kabul ediji gapdan (1) süzüjä (2) berilýär, süzüjiden geçenden soň dozalaşdyryjy nasoslaryň (3,9,14) kömegi bilen 3 sany akyma bölünýär.



9-njy surat. Tehniki demir bromidinden üznuksiz usul boýunça
suwuk bromuň alnyşy. (III – usul)

- 1 – kabul ediji gap; 2 – filtr; 3, 9, 14 – nasos; 4 – reaksiýon kolonna;
5 – ýylylyk çalşyjy; 6 – hlorly demir ergininiň çökdüriji gaby;
7 - gidroböwet; 8 – rafiner; 10 - kondensator; 11 - brombölüji; 12 - brom
ýygnaýjy; 13 - gaz arassalaýjy kolonna; 15 - hlor berilýän liniýa;
16 - bug berilýän liniýa.

(3) nasosyň kömegi bilen demir bromidiniň ergini ýylylyk çalşyjynyň (5) turbalarynyň arasyndaky giňişlige berilýär, ol kolonnanyň (4) aşaky böleginde ýerleşdirilendir. Ýylylyk çalşyjyda kolonnadan çykýan hlorly demriň ergini bilen gyzdyrylýar we turba arkaly kolonnanyň (4) ýokarky bölegine berilýär.

Hlorly demiriň bromsyzlandyrylan ergini kolonnadan (4) ýylylyk çalşyjy (5) arkaly hlorly demiriň (6) çökdüriji gabyna berilýär.

Bromuň, hloruň we suwuň buglary (4) kolonnadan gidrozatwor arkaly hlordan arassalamak üçin rafinere (8) berilýär. Nasos (9) arkaly rafinere (8) filtrden geçirilen tehniki demir bromidiniň ergininiň tutuş mukdaryndan 15-20 %-i

berilýär. Rafinerde arassalanan buglar kondensatora (10) berilýär, soňra bolsa suwuklandyrylan brom bilen suw bromy bölüjä (11) barýar. Kondensirlenmedik gazlar (11,12) enjamlardan (bromy bölüji bilen, bromy ýygnaýjy) kolonna (13) geçirilýär, bu kolonna üznüksiz tehniki demir bromidiniň başlangyç ergini berilýär (14).

Kislotanyň garyndysyndan tehniki suwuk bromy almagyň tehnologi shemalary

Kislotalaryň garyndysyny suwuk broma gaýtadan işlemegiň prosesi şu stadiýalardan ybarat:

- 1) erginleri garmak;
- 2) bromidi hlor bilen okislemek;
- 3) bromy suwuň bugy bilen desorbirmek;
- 4) bromuň buglaryny hlordan arassalamak;
- 5) bromuň kondensasiýasy;
- 6) bromy gaplara guýmak;
- 7) abgazlary arassalamak,

Tehnologi shemanyň gysgaça beýany

Bromuň howa desorbsiýa önümçiliginde emele gelen kislotalaryň garyndysy çykýan ergin bilen garyşdyrylandan soňra reaksiýa kolonna berilýär. Okislendirilende bölünip çykýan elementar bromy erginden buguň kömegi bilen desorbirleýärler.

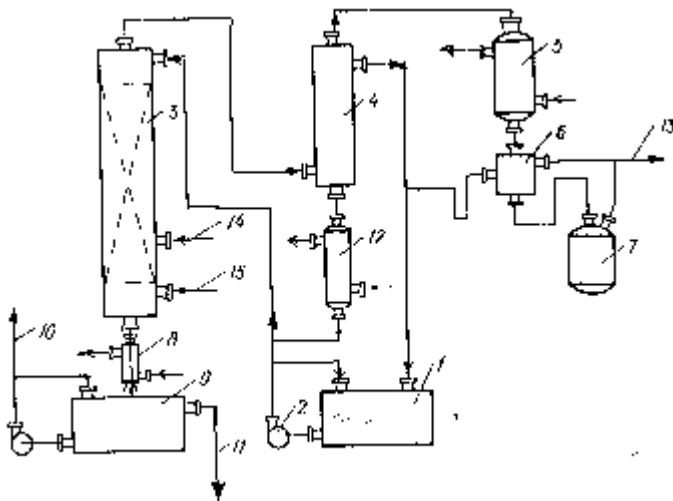
Kolonnadan suwuň buglary, brom we artykmaç hloruň garyndysy çykarylýar. (ol hlordan arassalanýar).

Bromuň buglary we suw kondensirlenip 2 gatlagga bölünýär: suwuk brom we bromly suw. Soňky gaýtadan işlenilmegi üçin berilýär ýa-da dibrompropan, bromfreonyň önümçiligine iberýärler.

Zerur ýagdaýlarda suwuk bromy goşmaça çyglylykdan, organiki goşundylardan we galyndy hlordan arassalaýarlar.

I - usul

Kislotalaryň garyndysy kabul edijide (1) rafinerden (4) gelýän ergin we bromybölüjide (6) alnan bromly suw bilen garyşýar. Ol nasos arkaly (2) amala aşyrylýar. Şol nasos bilen garylan ergin kolonnanyň (3) ýokarky bölümüne berilýär, bu ýerde bromidiň hlor bilen okislenme prosesi we bromuň suwuň bugy bilen desorbsiýasy geçýär.



10-njy surat. Kislotalaryň garyndysyndan suwuk bromuň alnyşynyň shemasy
(I – usul).

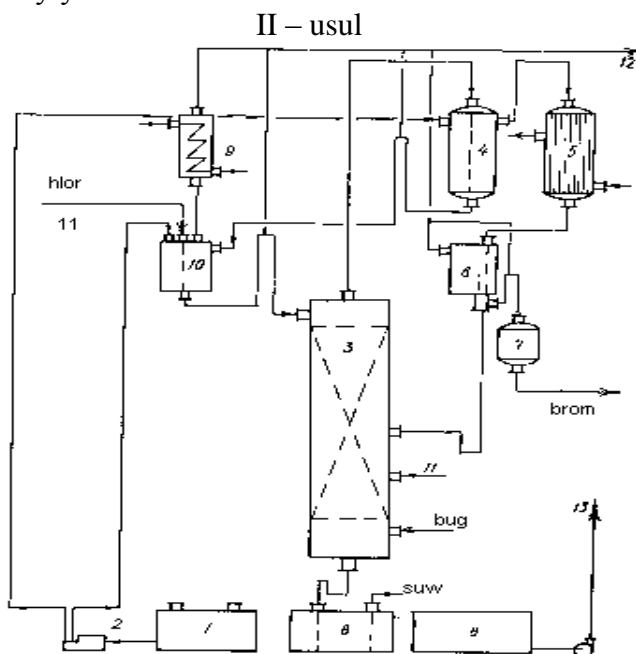
- 1 – kabul ediji gap; 2 – nasos; 3 – reaksiýon kolonna; 4 – rafiner;
5 – kondensator; 6 – brombölüji; 7 – brom ýygnaýjy; 8 – ýylylyk çalşyjy;
9 – işlenilen kislota garyndysynyň gaby; 10 – başnyň bölümüne turşatmak
üçin işlenilen kislota garyndysynyň berilýän liniýasy; 11 – kislota
garyndysynyň degaloidirlemek we bitaraplaşdyrmak üçin berilýän
liniýasy; 12 – ýylylyk çalşyjy; 13 – arassalaýjy kolonna gaz berilýän liniýa;
14 – hlor berilýän liniýa; 15 – bug berilýän liniýa.

Bromsyzlandyrylan ergin ýylylykçalşyjy enjam (8) arkaly ýörite gaba (9) berilýär, bu ýerden erginiň bir bölegi başlangyç ergini (duzly suwy) turşatmak üçin iberilýär, galan

bölegi – degaloidirlenilýär we bitaraplaşdyrylýär.(11). Bromuň buglary we suw hlordan arassalamak üçin rafinere berilýär. Arassalamaklyk kislotalaryň başlangyç garyndysy bilen amala aşyrylýär. Ol ýylylyk çalşyjdandan (12) nasos (2) arkaly berilýär.

Işlenilen kislotalaryň garyndysy rafinerden kabul edijä (1) guýulýär.

Kondensat kondensatordan brombölüjä geçýär, bromly suw bolsa kabul edijä (1) gaýtarylýär, suwuk brom bromy ýygnaýjy gaba (7) berilýär, abgazlar gazy arassalaýjy kolonna (13) ugradylýär.



11-nji surat. Kislotalaryň garyndysyndan suwuk bromuň alnyşynyň shemasy

(II – usul).

- 1 – kabul ediji gap; 2 – nasos; 3 – reakzion kolonna; 4 - rafiner;
 5 - kondensator; 6 - brombölüji; 7 – brom ýygnaýjy; 8 – işlenilen kislota
 garndysynyň gaby; 9 – ýylylyk çalşyji; 10 – hlorator; 11 - hlor berilýä
 nliniýa; 12 – gazy arassalaýjy kolonna abgazlaryň berilýän liniýasy;
 13 - turşatmak üçin işlenilen kislota garndysynyň berilýän liniýasy.

Kabul edijiden (1) kislotalaryň garyndysyny nasosyň (2) kömegi bilen okislemek üçin hloratora (10) berilýär.

Bir wagtyň özünde hloratora rafinerdäki (4) ergin berilýär. Erginler hloratora garylýar. Ol termodurnukly aýnadan ýasalandyr.

Bromwodorodly kislotaly gazgörnüşli hlor (11) bilen okisleýärler. Okislenme reaksiýasy ýylylygyň bölünip çykmagy bilen geçýär, şonuň üçin hem bromyň ýitgisiniň önüni almak üçin hloratoryň ýokarsynda aýnadan ýasalan ters ýylylyk çalşygy (9) ýerleşdirilýär. Ol ýerde bromuň buglary doly kondensirlenýär we ondan soň brom hloratora geçýär.

Artykmaç hlor gazy arassalaýjy (12) kolonna berilýär.

Kislotalaryň garyndysy hloratorda okislenenden soňra reaksiýa kolonna (3) (bromuň bug bilen desorbsiýasy) berilýär. Kolonnanyň aşagyndan ýiti bug berilýär. Bromsyzlandyrylan ergin (8) gaba berilýär, bu ýerde ol tehniki suwuň garylmagy bilen sowadylýar. Soňra bromsuzlandyrylan ergin başlangyç ergini turşatmak üçin ulanylýar, atykmaýy bolsa neýtrallaşdyrylýar.

Bromuň, hloruň we suwuň buglary (3) kolonnadan rafinere berilýär. Rafinere olar hlordan arassalanýar. Arassalamaklygy kislotalaryň başlangyç garyndysy bilen geçirýärler, ol rafinere kabul edijiden gelýär.

Bugly fazany rafinerden kondensatora (5) geçirýärler. Kondensirlenen brom bilen bromly suw bromy bölüjide bölünýär. Bromly suw (3) kolonna ugradylýar, suwuk brom bolsa ýörite (7) ýygnaýjy gaba berilýär.

(6, 7, 9) enjamlardan kondensirlenmedik gazlar ýörite gazlary arassalaýjy sistemalarda arassalaýarlar.

Suwuk bromy öndürmegiň tilsimat stadiýalary

Çig maly taýýarlamak.

Bromly demriň erginleri dykzlygynyň ýokarylygy bilen tapawutlanýarlar ($1,5-1,6\text{g/sm}^3$), şeýle hem mehaniki

garyndylary, demiriň gidrookisini we organiki goşundylary saklaýar.

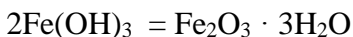
Şularyň hemmesi tehnologiýa prosesi geçirmekligi kynlaşdyrýar we ony bromyň önümçiligine berilmezden öň taýýarlaýyş işlerini geçirmekligi talap edilýär.

1. Mehaniki garyndylardan arassalamak.

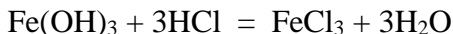
Mehaniki garyndylardan arassalamak üçin bromly demriň erginini belli bir wagtda çökdürýärler we soňra arassalanan ergini filtrden geçirýärler.

2. Ergini tehniki duz kislotasy bilen okisleýärler.

Bromly ergindäki demir gidrookisi gyzdyrylanda suw bilen demiriň suwly okisine çenli şu aşakdaky reaksiýa boýunça dargaýarlar:



Demiriň suwly okisi sarymtyl-goňur reňkde oturtma çökýär. Şonuň ýaly ergin bilen işlenilende 7-10 sagadyň dowamynda kolonnanyň dykylmagyna getirýär. Tehniki bromly demriň ergini duz kislotasy bilen turşadylanda ol demriň gidrookisini hlorly demre geçirýär:



Hlorly demir suwda gowy ereýär. Şeýlelikde, duz kislotasy bilen turşadylanda kolonnanyň dykylmagynyň önüni alýar.

3. Organiki goşundylardan arassalamak.

Organiki goşundylar bromly demriň erginine esasan metal garyndylary gaýtadan işlenilende düşýär. Ol hlorly demir gaýtadan işlenilende suwuk bromy hapalaýar.

Suwuk bromy organiki goşundylardan arassalamaklyga ýörite talap bolmadyk ýagdaýynda, suwuk bromy täzedan distillýasiýa usuly bilen arassalamaklyk mümkin. Çig maly

taýýarlamak stadiýasynda bromly demriň erginini organiki goşundylardan arassalamaklyk işi geçirilmeýär.

Çig maly taýýarlamaklygyň tehnologi shemasy

Tehniki suwuk bromly demir zawoda polat demir ýol sisternalarynda getirilýär. Sisternadan bromly demriň ergini nasos bilen himiki çig malyň gabyna guýulýar. Bromly demri saklamak üçin polatdan ýasalan dürli ululykda bolan daplar ulanylýar.

Kristallik bromly demir zawoda metaldan ýasalan gaplarda getirilýär. Ol bromly demiri eretmek üçin ýerleşdirilen enjama berilýär.

Taýýarlanan bromly demriň ergini duz kislotasy bilen turşadylýar. Kislotanyň mukdary 3-5 g/l-e golaý bolmaly.

Ergin turşadylandan soňra şlamdan arassalamak üçin 5-6 sag-ň dowamynda çökdürýärler.

Çökdürme prosesinde ergindäki mehaniki garyndylaryň esasy bölegi çökýär we emulgirlenen mehaniki garyndylar bölünip çykýar. Olar çökdürijiniň ýokarky bölegine ýygnaýarlar we soňra hlorly demriň gabyna berilýär.

Ergin bilen geçip biljek mehaniki garyndylar filtrden geçirilýär. Süzmek üçin titandan ýasalan gözenek ulanylýar (marka - BT-I-U). Diametri 2-3mm.

Bromly demriň taýýar erginini ýylylyk çalşyjynyň turbalarynyň arasyndaky giňişlige berýärler, ol ýerde ergin hlorly demriň ergini bilen (desorbsiýa kolonnasyndan) 40-45 °C-a çenli gyzdyrylýar.

Taýýarlanylýan ergin şu talaplara laýyk gelýär:

- 1) Bromidiň konsentrasiýasy - 350-700g/l;
- 2) Mehaniki garyndylar - 0,5-1g/l;
- 3) Erkin duz kislotasy (100%-li) - 3-5g/l

Tehniki bromly demriň erginini taýýarlamak stadiýasy aňsat ýaly bolup görünýär, emma şol stadiýada bromuň köp mukdary ýitirilýär we köplenç önümçiligi saklamaly bolýar.

Suwuk bromy almagyň tehnologiýa prosesiniň şu stadiýasynda bromuň ýitgisini azaltmak üçin esasy görülmeli çäreler:

- 1) tehniki bromly demiriň ergini alnanda demir gidrookisiniň emele gelmegini azaltmaly we öňüni almaly;
- 2) turşatmak stadiýasynyň geçirilişine gözegçilik etmeli (3-5 g/l HCl).
- 3) turşadylan ergini mehaniki garyndylardan arassalamak doly çökdürilmeli;
- 4) ergini mehaniki garyndylardan süzmek üçin ulanylýan enjamlary kämilleşdirmeli;
- 5) bromly demiriň erginini suwuk bromy almak üçin berlen konsentrasiýada taýýarlama.

Eger-de bromidiň konsentrasiýasy güýçli üýtgäp dursa, onda bromidi doly okisläp bolanok we bromyň ýitgisi okislenmedik bromid görnüşinde ýitgisi köpeliär.

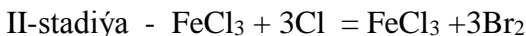
Kislotalaryň garyndylary gaýtadan işlenilende ergini taýýarlamak işleri (desorbsiýa kolonnasyna bermezden öň) geçirilmeýär.

Bromidi hlor bilen okislemek

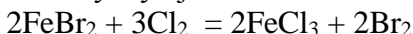
Bromly demirden we kislotalaryň garyndysyndan bromy almagyň tehnologiýasynyň esasynda bromidi hlor bilen okislemek reaksiýasy dur.

Bromly demiriň ergini üçin ol iki stadiýada geçýär:

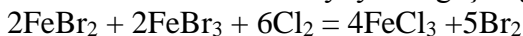
I-stadiýa - bromly demiri FeBr_3 -e çenli okislemek.



Reaksiýanyň jemi:



Bromidiň okislenme reaksiýasynyň tiz geçmegi üçin:



gaz görnüşindäki hlor suwuk fazada tiz eremeli. Onuň üçin bolsa temperaturany peseltmeli.

Emma bölünip çykan bromy doly kowmak üçin temperaturany ýokarlandyrmaly.

Bromidi hlor bilen okislemek prosesi bromuň desorbsiýa kolonnasynda ýa-da reaksiýa kolonnada geçirýärler.

Bromly demiriň hlor bilen täsir edişme reaksiýasy ekzotermiki reaksiýa, ýagny ýylylygyň bölünip çykmagy bilen geçýär, şonuň üçin hem kolonnadaky temperatura ýokarlanýar.

FeBr_2 -ň FeBr_3 -e okislenme prosesinde bromuň buglary bölünip çykmaýar. FeBr_3 elementar broma çenli okislenende bromuň buglary bölünip çykýar.

Bromuň bug bilen desorbsiýasy

Bromuň bug bilen desorbsiýa prosesine şeýle hem şu görkezijiler täsir edýär:

- 1) Bromidiň hlor bilen okislenme derejesi.
- 2) Berilýän çig maldaky bromidiň konsentراسiýasy. Çig malda bromidiň konsentراسiýasy köp boldugyça, bromid okislenende bölünip çykýan bromuň mukdary şonçada köp bolýar.
- 3) Desorbsiýa berilýän erginiň mukdary. Erginiň gyradeň berilmegi we ondaky bromidiň konsentراسiýasynyň hemişeligi (üýtgemezligi) okislenme prosesine täsir edýär.
- 4) Desorbsiýa kolonnasynda erginiň saklanýan wagty. Saklanma wagty (kowulan) çykarylan bromuň mukdaryna bagly.

Bromid hlor bilen amatly (optimal) şertlerde okislenende saklanma wagtynyň azaldylmagy bromuň doly okislenmezligine we onuň ýitgisine getirýär, saklanma

wagty artdyrylanda bolsa, bug köp harçlanýar we kolonnanyň öndürijiligi peselýär.

- 5) Ýiti buguň mukdary. Bu desorbsiýa prosesiniň işleýşini görkezýän esasy görkeziji.

VIII. ÝODUŇ WE BROMUŇ ÖNÜMÇILIGINDE ZÄHMETI GORAMAK WE HOWPSUZLYK TEHNIKASY

Tehniki ýoduň önümçiliginde hloruň, ýoduň, kükürtli gazyň we kükürt kislotasynyň zyýanlylygy sebäpli howpsuzlyk tehnikasyna uly üns berilýär. Tehniki ýoduň ähli hereket edýän önümçilikleriniň we synag-senagat desgalarynyň tassyklanan we howpsuzlyk tehnikasy boýunça instruksiýasy bolmaly.

Tehniki ýoduň önümçiliginde ulanylýan maddalaryň zyýanyndan goranmak üçin olaryň fiziki we himiki häsiýetlerini, adam organizmine edýän täsirini bilmeli.

Hlor – sary-yaşyl reňkli gaz, 2,5 esse howadan agyr, Gözi, burny, ýokarky dem alyş ýollaryny gyjyndyrýar, güýçli zäherlenmede öýkeniň çişmegine getirýär. 100-200 mg/m³ mukdarda hlor saklaýan howadan dem alnanda (30 minudyň dowamynda) adamlaryň heläkçilik çekmegi mümkin.

Hloruň howadaky çäkli rugsat edilýän konsentrasiýasy önümçilik ýerlerinde 1 mg/m³-dan ýokary geçmeli däl.

Hlor bilen zäherlenilen ýagdaýynda heläkçilik çekeni arassa howa gykarmaly, soda goşulan ýyly süýt bermeli we lukmany çagyrmaly.

Ýod – çal-gara reňkli metal öwüşginli we ýiti ysly kristal görnüşli madda. Ýoduň bugalry ýokarky metal öwüşginli we ýiti ysly kristal görnüşli gaty madda.

Ýoduň buglary ýokarky dem alyş ýollaryna gyjyndyryjy täsir edýär, zäherli. Ýod derini ýakýar we dermatiti ýüze çykarýar. Önümçilik ýerleriniň işçi zonasynyň howasynda ýoduň buglarynyň rugsat edilýän konsentrasiýasy 1mg/m³.

Ýod bilen işlenilende senagat süzüji protiwo gaz (marka “W” ýa-da “M”), rezin ellik, ýörite ayakgap, rezin fartuk geýilýär. Heläkçilik çekene asudalyk, ýylylyk, arassa howa gerek, 2%-li giposulfıt ergininden ýa-da ammiakdan, 0,5-li soda ergininden dem almaly.

Kükürtli angidrit – ýiti ysly reňksiz gaz. Dem alyş ýollaryny gyjyndyrýar. Çäkli rugsat edilýän konsentrasiýasy 10mg/m^3 , şahsy goranyş serişdesi – süzüji senagat protiwogaz “W” markaly.

Kükürt kislotasy – ýagjymak suwuklyk, suw bilen garyşdyrylanda köp ýylylyk bölüp çykarýar. Ýokarky dem alyş ýollaryny gyjyndyrýar. Aňryçäk ýol berilýän konsentrasiýa 1mg/m^3 .

Zäherlenmede soda goşulan ýyly süýt bermeli. Derä düşende 2 %-li natriý bikarbonaty we suw bilen ýuwmaly.

Şahsy goranyş serişdeleri: süzüji protiwogaz (marka “W” we “M”), goraýjy äýnek, rezin ellik, ädik we fartuk.

Brom – ýiti ysly, goýy-gyzyl reňkli suwuklyk. Suwuk bromuň dykzlygy $3,14 \cdot 10^{-3}\text{kg/m}^3$. Brom derä düşse, ony ýakýar. Bromuň buglary dem alyş ýollaryny gyjyndyrýar. Bromuň köp bolmadyk mukdaryndan dem alnanda üsgülewük, göz ýaşarma ýüze çykýar, gözde we bokurdakda agyry döreýar. Brom bilen güýçli zäherlenilende bronhit, öýken sowuklamasy, öýken çişmesi ýüze çykýar. Bromuň buglary bilen zäherlenilende ilkinji kömek - heläkçilik çekenini arassa howa çykarmaly, bununy we gözünü 2 %-li soda ergini (natriý bikarbonaty) bilen ýuwmaly, ýyly süýt, kofe içirmeli, naşatyr spirtini ysgatmaly. Lukmana ýüz tutmaly.

Brom derä düşende ilkinji kömek – köp mukdarda suw bilen ýuwmaly, giposulfit ergini bilen bitaraplaşdyrmaly, lukmana ýüz tutmaly.

Brom bilen işlenilende (esasan hem gyzdyrylan), apparaturanyň jebisligine we onuň ýagdaýyna gözegçilik etmeli. Howada çäkli rugsat edilýän konsentrasiýa - $0,5\text{mg/m}^3$.

Brom konteýnerlerden ýa-da ýeýleki apparaturadan bugaranda bugy ulanmak rugsat edilmeyär. Gyzdyrmaklyk diňe $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ -a çenli gyzdyrylan suw bilen geçirilýär.

Brom bilen işleýän apparatçy işçi eşikde bolmaly, rezin aýakgap, ellik, goraýjy äýnek we “M” we “B” markaly protiwigaz geýmeli.

Sorbent - duz, kükürt we bromly wodorodly kislotalaryň garyndysy. Ýokarky dem alyş ýollaryna arassa kislotalaryňka meňzeş täsir edýär. Derä düşende ýakýar. Howada aňryçäk ýol berilýän konsentrasiýa: duz kislotalary – 5 mg/m³; bromlywodorod – 5 mg/m³, kükürt – 1 mg/m³.

Zäherlenmede ilkinji kömek - arassa howa, sodaly ergin bilen ingalýasiýa. Efiriň ýa-da hloroformuň buglaryndan seresaplyk bilen dem almaly. Soda ýa-da aşgar mineral suw garylan ýyly süýt içirmeli.

Derä düşende – haýal etmän aýrmaryly we 5-10 minudyň dowamynda suw bilen ýuwmaly, soňra natriý bikarbonatyň 2 %-li ergini bilen ýuwmaly. Lukmana ýüz tutmaly. Goranyş serişdeleri – “B” markaly protiwigaz, äýnek, ellik, rezin aýakgap, goraýjy eşik, rezin fartuk.

Ammiak - ýiti ysly reňksiz gaz. Howa we kislodor bilen partlama howply garyndyny emele getirýär. Ammiak-howa garyndynyň partlama çägi 15-28 % göwr.

Organizme täsir edende ýokarky dem alyş ýollary gyjyndyrýar. Ýokarky konsentrasiýalary merkezi nerw sistemasyna täsir edýär. Derä we göze düşende ýakýar. İşçi zonada ammiagyň çakli rugsat edilýän konsentrasiýasy – 20 mg/m³.

Daşky gurşawy goramak

Suwuk bromuň önümçilik prosesinde tehnologiýa apparatlardan düzüminde bromuň we hloruň buglaryny saklaýan absorbsion gazlar çykýarlar, hlor süzüji filtrleriň goraýjy klapanlaryndan zyňyndylar emele gelýär, çökdüriji apparaturalardan we fitrlerden çykýan şlamlar, kislotalaryň artykmaç garyndysy bölünip çykýar.

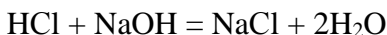
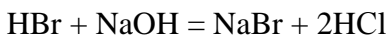
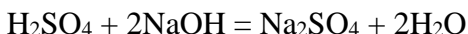
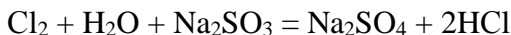
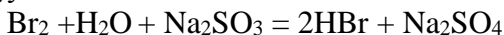
Daşky gurşawy goramak we sanitar normalaryň talaplaryny üpjün etmek üçin birnäçe çäreler geçirilýär.

Bromuň we hloruň buglaryny saklaýan abgazlar bitarplaşdyrmak üçin abgaz keramiki kolonna (13) ugradylýar.

Kolonna aşgaryň we sulfitiň erginleriniň garyndysy bilen doldurylýar. Erginiň sirkulýasiýasy üçin iki sany ýygnaýjy (14) goýlan.

Aşgarlylygy 3 %-e ýetirilen ergini ($\text{NaBr} - 7\%$), ony merkezden daşlaşýan nasos (15) bilen demir bromidi ergininiň önümçiliginiň başnyä bölümine ýa-da kislota garyndysynyň bölümine berýärler, ol gaba bolsa täze ergin berilýär.

Abgaz kolonna arkaly inžektoryň kömegi bilen (17) sorulýar we galoidlerden arassalanandan soň atmosfera zyňylýar. Adgazy galoidden arassalamaklyk şu reaksiýalar boýunça geçýär:



Abgazyň liniýasynda guradylýan bromy ýygnaňjydan apparata çyglylygyň düşmeginiň önüni almak üçin çyglylygy sorujy goýulýar (silikagel bilen doldurylan).

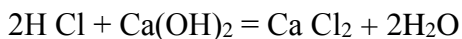
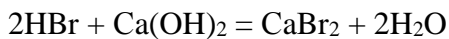
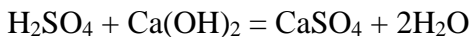
Beýleki gazlary arassalamaklyk içi boş forsunkaly skrubberde amala aşyrylýar. Arassalamaklyga sezewar edilýän gazlar skrubberiň aşaky bölegine dürli ştuserlere berilýär. Skrubberiň pürküji guralyna gapdan merkezden daşlaşýan nasos bilen aşgar-sulfit ergini berilýär.

Skrubberiň 3 sany suwaryjy gurluşy bolýar (forsunkanyň 3 ýarusy) bolýar, Skrubberiň ortaky giňeldilen bölegine damja tutujy goýlan. Skrubberiň ýokarky bölegi

diametri 1000 mm bolan turba bilen gutarýar. Onuň aşaky bölegi göwrümi $3,8 \text{ m}^3$ bolan gapdyr.

Galoidirlenen kislota garyndysyny bitarpalaşdyrmak üçin 10 %-li hek süýdüniň ergini bilen geçirilýär. Ol üznüksiz bitaraplaşdyryjy- apparata berilýär.

Bitaraplaşdyrma reaksiýalary:



Edebiýatlar:

1. Türkmenistanyň Konstitusíasy. Aşgabat, 2008.
2. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. I tom. Aşgabat, 2008.
3. Gurbanguly Berdimuhamedow. Ösüşin täze belentliklerine tarap. Saýlanan eserler. II tom. Aşgabat, 2009.
4. Gurbanguly Berdimuhamedow. Garaşsyzlyga guwanmak, Watany, Halky söýmek bagtdyr. Aşgabat, 2007.
5. Gurbanguly Berdimuhamedow. Türkmenistan – sagdynlygyň we ruhubelentligiň ýurdy. Aşgabat, 2007.
6. Türkmenistanyň Prezidenti Gurbanguly Berdimuhamedowyň Ministrler Kabinetiniň göçme mejlisinde sözlän sözi. (2009-njy ýylyň 12-nji iýuny). Aşgabat, 2009.
7. Türkmenistanyň Prezidentiniň «Obalaryň, şäherleriň, etrapdaky şäherçeleriň we etrap merkezleriniň ilatynyň durmuş-ýaşayyş şertlerini özgertmek boýunça 2020-nji ýyla çenli döwür üçin» Milli maksatnamasy. Aşgabat, 2007.
8. «Türkmenistany ykdysady, syýasy we medeni taýdan ösdürmegiň 2020-nji ýyla çenli döwür üçin Baş ugry» Milli maksatnamasy. «Türkmenistan» gazetiniň, 2003-nji ýylyň, 27-nji awgusty.
10. «Türkmenistanyň nebitgaz senagatyny ösdürmegiň 2030-njy ýyla çenli döwür üçin Maksatnamasy». Aşgabat, 2006.
11. Ксензенко В. И., Стасиневич Д. С. «Технология брома и йода». М., «Химия», 1960
12. Ксензенко В. И., Стасиневич Д. С. «Химия и технология брома, йода и их соединений». М., «Химия», 1979.

- 13.Егоров Л. Ф. «Производство йода методом воздушной десорбции» (учебное пособие для рабочих профессий). М., НИИТХИМ. 1979.
- 14.Денисович Б. П. «Йод и его производство», М., ГОНТИ НКТП, 1938.
15. Панасенко Т. Д. Производство йодида калия: Учебное пособие для рабочих профессий. – М. : НИИТХИМ. 1986.
- 16.Методы анализа буровых вод и рапы соляных водоемов / Под ред. Яворского С.И. Л.: Химия, 1967
- 17.Л.И.Вистяк, Т.Д.Панасенко, Е.П.Черемухин «Аналитический контроль производства ионитным методом». (учебное пособие для рабочих профессий). М., 1986

Mazmuny

	Giriş.	7
I.	UMUMY MAGLUMATLAR	9
1.1.	Türkmenistanyň ýod we brom önümçilikleri barada	9
1.1.1.	«Hazar» himiýa zawody	9
1.1.2.	Balkanabadyň ýod zawody	12
1.1.3.	«Bereket» ýod zawody	13
II.	ÝODUŇ WE BROMUŇ HÄSIÝETLERI	15
2.1.	Ýoduň fiziki häsiýetleri	15
2.2.	Ýoduň himiki häsiýetleri	17
2.3.	Bromuň fiziki-himiki häsiýetleri	20
III.	BROMY WE ÝODY ALMAK ÜÇIN ULANYLYAN ÇIG MAL	24
3.1.	Bromuň we ýoduň tebigatda ýaýraýşy	24
3.2.	Kaliý duzlarynyň gatlaklarynda bromuň saklanyşy	26
3.3.	Ýerasty we duzly suwlarda bromuň we ýoduň saklanyşy	28
3.4.	Ýerasty duzly (şerebe) suwlaryň häsiýetlendirilişi	29
3.5.	Ýod saklaýan suwlaryň hilini gowulandyrmak	30
IV.	ÝODUŇ TEHNOLOGIÝASY	33
4.1.	Mineral suwlardan ýody almagyň usullary	33
4.2.	Mineral suwlarda ýodidiň elementar ýoda çenli okislenişi	34
4.2.1.	Ýodidiň hlor bilen okislenişi	35
4.2.2.	Ýodidiň gipohlorit bilen okislenişi	36
4.2.3.	Ýodidiň nitrit bilen okislenişi	37
4.3.	Ýoduň howa-desorbsiýa usuly boýunça alnyşy	37
4.4.	Kömür-adsorbsiýa ýoduň usuly boýunça alnyşy	52
4.5.	Ionçalyşma smolanyň kömegi bilen duzly suwlardan ýoduň alnyşy	53
4.5.1.	Ýody almak üçin ulanylyan ionitleriň häsiýetnamasy	54
4.5.2.	Ionçalyşma smolanyň kömegi bilen duzly suwlardan ýoduň alnyş prosesiniň tehnologiýa shemasy	55

4.6.	Hazaryň himiýa zawodynda tehniki ýoduň öndürilişi	57
V.	KALIÝ ÝODIDIŇ ÖNÜMÇILIGI	74
5.1.	Taýýar önümiň häsietnamasy	74
5.2.	Kaliý ýodidiň ulanylyşy	76
5.3.	Kaliý ýodidiň alnyş usullary	77
5.4.	Kaliý ýodidiň önümçiliginiň tehnologi shemasy	81
VI.	BROMUŇ TEHNOLOGIÝASY	88
6.1.	Duzly suwlardan bromy almagyň usullary	88
6.2.	Duzly suwlardan suw bugy bilen kowmak arkaly bromuň alnyşy	89
6.3.	Bromuň howa-desorbsiýa usuly boýunça alnyşy	92
6.4.	Prosesiň tehnologi shemasy	93
6.5.	Bromidiň okislenme derejesini kesgitleýän faktorlar	96
6.6.	Duzly suwuň turşadylyşy we aşgar duzly suwlardabromidiň hlor bilen okislenişi	97
6.7.	Duzly suwlaryň önümçilik şertlerinde turşadylyşy	99
6.8.	Önümçilik şertlerinde duzly suwlary hlorlamak	100
6.9.	Brom-howa garyndysynyň hlordan arassalanylyşy	101
6.10.	Brom-howa garyndysyndan bromy tutmagyň (siňdirmegiň) usullary	103
6.11.	Howa-desorbsiýa usuly boýunça bromuň alnyşy	106
6.12.	Bromy howa bilen kowmak üçin ulanylýan apparaturanyň hasaplamalary	112
VII.	DEMİR BROMIDINDEN SUWUK BROMUŇ ÖNDÜRILIŞI	117
7.1.	Suwuk bromy almagyň usullary	117

VIII. ÝODUŇ WE BROMUŇ ÖNÜMÇILIGINDE	
ZÄHMETI GORAMAK WE	130
HOWPSUZLYK TEHNIKASY	
EDEBIÝAT	135
MAZMUNY	137