

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLY VA O‘RTA MAXSUS TA‘LIM VAZIRLIGI  
NAMANGAN MUHANDISLIK-QURILISH INSTITUTI**

**Shamshidinov Israiljon Turgunovich**

**NOORGANIK KISLOTALAR ISHLAB  
CHIQRISH NAZARIYASI VA  
TEXNOLOGIK HISOBLARI**

**Oliy o‘quv yurtlarining 5A320401-Noorganik moddalar kimyoviy  
texnologiyasi magistratura mutaxassisligi uchun darslik**

**TOSHKENT – 2020**

**UO‘K: 661.25:661.56:661.419:661.634.2 (075.8)**

**KBK: 35.20ya722**

**Taqrizchilar:**

**Sh.S.Namazov** - *O‘zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasi Umumiy va noorganik kimyo instituti «Fosforli o‘g‘itlar» laboratoriyasi mudiri, O‘zbekiston Respublikasida xizmat ko‘rsatgan ratsionalizator va ixtirochi, texnika fanlari doktori, professor, akademik;*

**M.J.Jumaniyozov** – *Urganch Davlat universiteti «Kimyoviy texnologiya» kafedrası professori, texnika fanlari doktori.*

Shamshidinov I.T.

**Noorganik kislotalar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari:** Oliy o‘quv yurtlarlari uchun darslik/ I.T.Shamshidinov; O‘zbekiston Respublikasi Oliy va o‘rta maxsus ta’lim vazirligi. – T: 2020. – 396 bet.

Mazkur darslik oliy o‘quv yurtlarining 5A320401-Noorganik moddalar kimyoviy texnologiyasi mutaxassisligi talabalari uchun mo‘ljallangan. Undan shuningdek, mutaxassisligi yuqorida ko‘rsatilgan yo‘nalishlarga muvofiq keladigan tayanch doktorantlar, bakalavriat bosqichi talabalari, kasb-hunar kolleji o‘qituvchilari, sulfat kislota va boshqa noorganik kislotalar ishlab chiqarish bilan shug‘ullanuvchi muhandis-texnik xodimlar ham o‘z faoliyatlarida foydalanishlari mumkin.

Darslik 11 ta bobdan iborat bo‘lib, undagi ma’lumotlar tegishli magistratura mutaxassisliklari o‘quv rejalari va dasturlari asosida yozilgan bo‘lib, unda noorganik kislotalar ishlab chiqarish usullarining Respublikamizda, MDH mamlakatlarida va chet ellarda qo‘llanilayotgan texnologiyalar to‘g‘risidagi ma’lumotlar hamda ularga tegishli bo‘lgan texnologik hisoblar batafsil bayon etilgan. Noorganik kislotalar ishlab chiqarish texnologiyasining umumiy ilmiy asoslarini kislotalar ishlab chiqarish xomashyolari, xomashyolarni qayta ishlash, kislotalar ishlab chiqarish usullari, kislotalarni konsentrlash, ishlab chiqarish jarayonidagi nazorat, avtomatik boshqarish tizimi va hayotiy faoliyat xavfsizligi bilan uyg‘unlashgan holda ko‘rsatib o‘tilgan. Darslikni yozishda muallifning ilmiy tadqiqot ishlari natijalaridan ham foydalanilgan.

ISBN .....

© «.....», 2020

© Shamshidinov I.T., 2020

## SO‘ZBOSHI

Zamonaviy iqtisodiyot «Noorganik kislotalar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» fanini keng miqyosda qo‘llanilishini talab etadi. Shuning uchun oliy ta‘lim Davlat standartida mazkur fanga keng o‘rin ajratilgan.

Fanning maqsadi magistrantlarga sulfat kislota, nitrat kislota, fosfat kislotalari, xlorid kislota va fluorid kislota ishlab chiqarish usullarining nazariy asoslari, texnologik tizimlarini, jihozlarning ishlash printsiptini, texnologik jarayonlarni jadallashtirish va takomillashtirish hamda texnologik hisoblarni amalga oshirish masalarni hal qilishni o‘rgatishdan iboratdir.

Ushbu maqsadga erishish uchun mazkur darslik magistrantlarga nazariy bilimlarini boyitish va texnologik hisoblarni amalga oshirish ko‘nikmalarini rivojlantirishga yordam beradi. Darslikdagi materiallar magistrantlarda sulfat kislota, oleum, nitrat kislota, fosfat kislotalari, xlorid kislota va fluorid kislotaning xususiyatlari, amaliy ahamiyati, ularga qo‘yiladigan standart talablar, ularni O‘zbekiston Respublikasida ishlab chiqaradigan sanoat korxonalarini, mintaqadagi kelgusida sohadagi xomashyo va energiya muammosini hal qilish haqida to‘la tasavvur hosil qilishga yo‘naltirilgan.

Mazkur fan mutaxassislik majmuasiga taalluqli va o‘quv rejasidagi mutaxassislik fanlari bo‘yicha olingan bilimlar asosida olib boriladi, mutaxassislik fanlarini o‘rganish uchun zarur ma‘lumotlarni beradi. Fanni o‘qitish davomida magistrantlar noorganik kislotalar ishlab chiqarish texnologik qurilmalarining turlari, ularga texnik iqtisodiy baho bera olish va uning mo‘‘tadilligini tanlay olish, ularni ishlab chiqarish asosiy jihozlarining tuzilishi va ishlash printsiptini tushuntira olishi, moddiy va issiqlik hisoblarini bajarib, asoslangan natijalar olib bilishlari kerak.

Mamlakatimiz va chet ellarda kimyoviy texnologiya to‘g‘rosidagi adabiyotlar orasida noorganik kislotalar va ularni ishlab chiqarish usullariga doir ushbu darslikning o‘xshashi mavjud emas. U noorganik kislotalar ishlab chiqarish texnologiyasini amaldagi dasturlarining barcha bo‘limlarini qamrab olgan.

O‘zbekiston Respublikasi va chet ellardagi, shu jumladan muallifning ilmiy-tadqiqot ishlari bo‘yicha noorganik kislotalar texnologiyasi sohasidagi so‘nggi yillarda erishilgan natijalar keltirilgan.

Darslikning har bir bob oxirida mavzuga tegishli bo‘lgan nazorat uchun savollar keltirilgan. Ulardan talabalarning «Noorganik kislotalar ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari» fani bo‘yicha o‘zlashtirgan bilimlarini nazorat qilishda foydalanish mumkin.



## KIRISH

Kimyo va metallurgiya sanoatini mineral kislotalarsiz tasavvur etib bo‘lmaydi. Noorganik kislotalar xalq xo‘jaligining turli tarmoqlarida keng qo‘llaniladi. Ular xomashyo, erituvchi, oksidlovchi, katalizator, korroziyadan himoyalaydigan sirt yuza hosil qiluvchi, suvsizlantiruvchi vositalar sifatida va boshqa maqsadlarda qo‘llaniladi. Noorganik kislotalarning eng muhim vakili bo‘lgan sulfat kislota – kimyo sanoatining asosiy mahsulotlaridan biri hisoblanadi. U mineral o‘g‘itlar, turli xildagi mineral tuzlar va kislotalar, organik mahsulotlar, bo‘yoqlar, portlovchi moddalar va boshqalar ishlab chiqarishda keng miqyosda ishlatiladi. Sulfat kislota ishlatilmaydigan yirik zamonaviy sanoat korxonalari mavjudligini tasavvur etish qiyindir. Sulfat kislotadan neftni qayta ishlash, metallurgiya, metallarni qayta ishlash, to‘qimachilik, charm va boshqa sanoatlarda suvsizlantiruvchi va qurituvchi modda sifatida, neytrallash jarayonida, metallarni tozalashda va boshqa bir qancha maqsadlarda foydalaniladi.

Kimyo sanoati uchun noorganik moddalar kimyoviy texnologiyasi sohasida mutaxassislar tayyorlashda noorganik kislotalar ishlab chiqarish texnologiyalari va ularning xalq xo‘jaligidagi ahamiyatini alohida o‘rganish o‘ziga xos o‘rin tutadi. Chunki noorganik kislotalar kimyo sanoatining ham mahsuloti, ham xomashyosi hisoblanadi. Ushbu darslik sulfat kislota, nitrat kislota, fosfor kislotalari, xlorid kislota va fluorid kislota ishlab chiqarish uchun zarur bo‘lgan xomashyo va energiyaning mamlakatimiz umumiy holatini, kelgusida mintaqadagi xomashyo va energiya resurslari muammosini hal qilish, noorganik kislotalarning hozirgi davrdagi turlarini ishlab chiqarishni taraqqiy qildirish va yangi turlarini yaratish masalalarini o‘rgatish, kimyoviy jarayonni termodinamik, kimyoviy muvozanatini, statika va kinetikasini fizik-kimyoviy tahlil qilib, ularni amalga oshirish optimal sharoitlarini aniqlab, mahsulot chiqishini oshirish, jarayonni jadallash, ishlab chiqarishda energiyani tejash, qimmatbaho xomashyolarni sanoat chiqindilari bilan almashtirish muammolarini hal qilish yo‘llarini aniqlash, tarmoq me‘yorlarini va xavfsizlik qoidalarini o‘zlashtirish hamda respublikamizdagi ijtimoiy-iqtisodiy islohotlar natijalariga ta’sirini qamrab oladi.

## *I-bob*

# **SULFAT KISLOTA, OLEUM VA SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQUARISHDAGI ORALIQ MAHSULOTLARNING XOSSALARI**

### **1-§. Sulfat kislota va uni ishlab chiqarish tarixi haqida**

Sulfat kislota – kimyo sanoatining asosiy mahsulotlaridan biri hisoblanadi. U mineral o‘g‘itlar, turli xildagi mineral tuzlar va kislotalar, organik mahsulotlar, bo‘yoqlar, portlovchi moddalar va boshqalar ishlab chiqarishda keng miqyosda ishlatiladi. Sulfat kislota ishlatilmaydigan yirik zamonaviy sanoat korxonalarini mavjudligini tasavvur etish qiyindir. Sulfat kislotadan neftni qayta ishlash, metallurgiya, metallarni qayta ishlash, to‘qimachilik, charm va boshqa sanoatlarda suvsizlantiruvchi va qurituvchi modda sifatida, neytrallash jarayonida, metallarni tozalashda va boshqa bir qancha maqsadlarda foydalaniladi.

Sulfat kislota qadimdan ma’lum bo‘lgan moddadir. Fors alximigi Abu Bakr Alrases asarlarida (940 y.) ham u haqida ma’lumotlar berilgan.

Sulfat kislota dastlab temir kuporosini quruq haydash orqali olingan (shuning uchun sulfat kislota uzoq vaqt kuporos moyi deb ham atab kelingan). Bu usul bilan 1526 yilda oz miqdordagi tutovchi sulfat kislota olingan. XV asrning ikkinchi yarmida ichki qismi suv bilan namlangan katta hajmdagi idishlarda oltingugurt va selitrani yondirish orqali meditsina maqsadlari uchun sulfat kislota olish yo‘lga qo‘yilgan edi.

Birinchi sulfat kislota ishlab chiqarish zavodi 1740 yilda Angliyada qurilgan. Bunda oltingugurt va selitra aralashmasi metall idishlarda qizdirilgan, buning natijasida hosil bo‘ladigan gazlar aralashmasi shisha jihozlarda suvga yuttirilgan. 1746 yilda bu maqsad uchun qo‘rg‘oshinli kamera ishlatilgan, shundan so‘ng sulfat kislota ishlab chiqarishning ushbu usuli kamerali usul deb atala boshlangan. Boshlang‘ich aralashmani yondirish natijasida hosil bo‘ladigan sulfit angidrid va azot oksidlari kamera tubiga quyilgan suvda yutilishi natijasida sulfat kislota hosil qiladi. Kameradagi gaz qoldiqlari yo‘qotilgandan so‘ng unda

navbatdagi aralashma yondiriladi va shu yo‘l bilan kerakli konsentratsiyadagi kislota olinadi. Keyinchalik kamerada suv bug‘i ishlatishni va jarayonni uzluksiz amalga oshirishni taklif etildi.

XIX asr boshlarida oltingugurtni alohida pechlarda yondirish, azot oksidlarini esa selitrani sulfat kislota bilan parchalash orqali olish yo‘lga qo‘yildi.

Sulfat kislota ishlab chiqarish usuli yildan-yilga takomillashib bordi, buning natijasida mahsulot tannarxi kamaytirildi, ayniqsa 1837 yildan boshlang‘ich xomashyo sifatida oltingugurt o‘rniga oltingugurt kolchedani ishlatila boshlandi. Qo‘rg‘oshinli kameralar o‘rniga to‘ldirgichli mineralarning ishlatilishi va azot oksidlari qo‘llash orqali sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonini amalga oshirish ishlab chiqarish samaradorligini bir necha marta oshirishni ta‘minladi. Bu usul sulfat kislota ishlab chiqarishning minerali usuli deb ataldi.

Sulfat kislot ishlab chiqarishning kontaktli usuli 1831 yilda P.Filips (Angliya) tomonidan sulfit angidridni to‘g‘ridan-to‘g‘ri kislorod bilan qizdirilgan platinali katalizatorlar ustidan o‘tkazish orqali oksidlash usuli taklif etilgandan so‘ng yo‘lga qo‘yila boshlandi. Keyinchalik sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonining katalizatori vazifasini ko‘pgina metallar (masalan, temir, mis, xrom va boshqalar), oksidlar (masalan, vanadiy oksid va boshqalar), shuningdek chinni, keramika, gil va ko‘pgina boshqa moddalar bajarishi aniqlandi. Sulfat kislota ishlab chiqarishning kontaktli usuli yaratilgandan keyin yuqori konsentratsiyali sulfat kislota va oleum olish imkoniyati yaratildi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishning kontaktli usuli uzoq vaqt ishlatilmadi. Chunki o‘sha paytda platinali katalizatorning faolligi pasayib borishi – zaharlanishining sababi aniqlanmagan edi. XX asrning boshlarida R.Knitch (Germaniya) tomonidan sanoat sharoitida katalizator faolligini pasayish sabablari aniqlangandan hamda sulfitli gazlarni zararli qo‘shimchalardan tozalash usullari ishlab chiqilgandan so‘ng kontaktli usulida sulfat kislota ishlab chiqarish rivojlanib ketdi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit angidridning kislorod ishtirokidagi oksidlanishi muhim bosqich hisoblanadi. Bu oksidlanish jarayoni katalizator

ishtirokida (sulfat kislota ishlab chiqarishning kontakt usulida) yoki kislorod uzatuvchilarni qo'llash orqali (sulfat kislota ishlab chiqarishning nitroza usulida) amalga oshiriladi.

Sulfat kislota – kimyo sanoatining asosiy xomashyolaridan biri ekanligi, uning qo'llanilish sohasi kengligi, tashish va saqlash qulayligi, o'ta faolligi va arzonligi sababli butun dunyo bo'yicha ko'p miqdorda ishlab chiqariladi. Hozirgi paytda dunyo bo'yicha 160 mln tonnadan ziyod miqdorda, O'zbekistonda esa yiliga 3 mln tonna atrofida, shu jumladan «O'zkimyosanoat» Aksiyadorlik Kompaniyasiga qarashli «Ammofos-Maksam» AJ (500 ming tonna), «Maksam-Chirchiq» AJ (273 ming tonna), Olmaliq tog'-metallurgiya kombinati (478 ming tonna) va «Navoiy tog'-metallurgiya kombinati» DK (450 ming tonna) va boshqa bir qator korxonalarda sulfat kislota ishlab chiqarilmoqda.

«Ammofos-Maksam» AJ (2016-2018 yillar) va «Navoiy TKM» DKning (2017-2019 yillar) har birida quvvati yiliga 650 ming tonna bo'lgan sulfat kislota ishlab chiqarish sexlari qurish uchun loyihalash va qurilish ishlari olib borilmoqda. Ushbu zamonaviy yangi texnologiyalar bo'yicha yiliga 650 ming tonna sulfat kislota ishlab chiqarish bilan bir qatorda ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan issiqlik energiyasidan soatiga 25 megavatt miqdorda elektr energiyasi ishlab chiqarish nazarda tutilgan. Hozirda «Ammofos-Maksam» AJning yillik elektr energiyasiga bo'lgan ehtiyoji soatiga 18-20 megavattni tashkil etadi. Bu esa mazkur korxonaning asosiy mahsulot – sulfat kislotadan tashqari iste'molchilar ehtiyoji uchun qo'shimcha elektr energiyasi ham yetkazib berish imkoniyatini yaratadi.

Fan va texnikaning so'nggi yutuqlaridan foydalanish, ilg'or tajribalarni joriy etish, yangi usullarni qo'llash yo'li bilan ishlab chiqarishni uzluksiz takomillashtirish sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatining muhim masalalaridan biri hisoblanadi. Shuning uchun sulfat kislota ishlab chiqarish usullarining asosiy negizlarini hamda ulardagi hisoblarni amalga oshirishni chuqur o'rganish oliy o'quv yurtlarining magistratura va bakalavriatura bosqichi talabalari oldida turgan muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

## 2-§. Sulfat kislota va oleumning xossalari

Sulfat kislotaning kimyoviy tarkibi  $H_2SO_4$  formula bilan ifodalanadi. Sulfat kislotani xuddi bir molekula sulfat angidrid  $SO_3$  bilan bir molekula suv  $H_2O$  ni birikmasi deb qarash kerak, binobarin, suvsiz sulfat kislota tarkibida 81,63%  $SO_3$  va 18,37%  $H_2O$  bo'ladi. Texnikada sulfat angidridning suv bilan har qanday nisbatdagi aralashmasini sulfat kislota deb yuritiladi. 1 mol  $SO_3$  ga 1 moldan ko'p miqdordagi  $H_2O$  to'g'ri keladigan aralashmalar sulfat kislotaning suvli eritmaları hisoblanadi. 1 mol  $SO_3$  ga 1 moldan kam miqdordagi  $H_2O$  to'g'ri keladigan aralashmalar sulfat angidridning sulfat kislotadagi eritmasi hisoblanadi. Ularni oleum yoki tutovchi sulfat kislota deb ataladi.

Sulfat kislota suvli eritmalarining tarkibi  $H_2SO_4$  yoki  $SO_3$  ning foiz miqdori bilan tavsiflanadi. Oleumning tarkibi esa uning tarkibidagi erkin sulfat angidridning (100%  $H_2SO_4$  dan yuqori) yoki  $SO_3$  ning umumiy foiz miqdori bilan tavsiflanadi.

Sulfat kislota eng faol noorganik kislotalardan biri hisoblanadi. U deyarli barcha turdagi metallar va ularning oksidlari bilan shiddatli reaksiyaga kirishadi; suvda eritilganda esa juda katta miqdordagi issiqlik ajraladi; kuchli oksidlovchilik va boshqa muhim kimyoviy xossalarni namoyon qiladi. Sulfat kislotaning yuqori kimyoviy faolligini uning turli sanoat tarmoqlarida keng foydalanilishidan ham bilish mumkin.

Suvsiz sulfat rangsiz moysimon suyuqlik bo'lib,  $10,37^{\circ}C$  haroratda kristallanadi.  $296,3^{\circ}C$  harorat va 760 mm.sm.ust. bosimida suvsiz sulfat kislota tarkibida 98,3%  $H_2SO_4$  va 1,7%  $H_2O$  bo'lgan azeotrop aralashma hosil bo'lguncha parchalanish bilan qaynay boshlaydi. Bunday azeotrop aralashma  $336,5^{\circ}C$  da qaynaydi.

Sulfat kislota suv va sulfat angidrid bilan har qanday nisbatda aralashadi. Aralashtirish paytida turli xil kristallanish harorati va boshqa bir qancha o'ziga xos xossalarga ega bo'lgan bir necha birikmalar hosil qiladi (1.1-jadval).

**Sulfat kislota va uning suv hamda sulfat anhidrid bilan  
hosil qilgan birikmalarining kristallanish harorati**

Formula	Tarkibi, % hisobida			Kristallanish harorati, °C
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	SO <sub>3</sub> umum.	SO <sub>3</sub> erkin	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	57,6	46,9	-	- 24,4
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	73,2	59,8	-	- 39,6
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·H <sub>2</sub> O	84,5	69,0	-	+ 8,48
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	100,0	81,6	-	10,37
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·SO <sub>3</sub>	110,1	89,9	44,95	35,85
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ·2SO <sub>3</sub>	113,9	93,0	62,0	1,2

**Sulfat kislota va oleunning kristallanish harorati.** Sulfat kislotaning suvli eritmasi va oleum 1.1-jadvalda keltirilgan birikmalar aralashmasi hisoblanadi. Masalan, 80% li sulfat kislota – bu H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O va H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O birikmalarining aralashmasidir; tarkibida 20% SO<sub>3</sub>erkin bo‘lgan odatdagi maxsulot sifatidagi oleum esa H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> va H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·SO<sub>3</sub> tarkibli birikmalar aralashmasidan iboratdir.

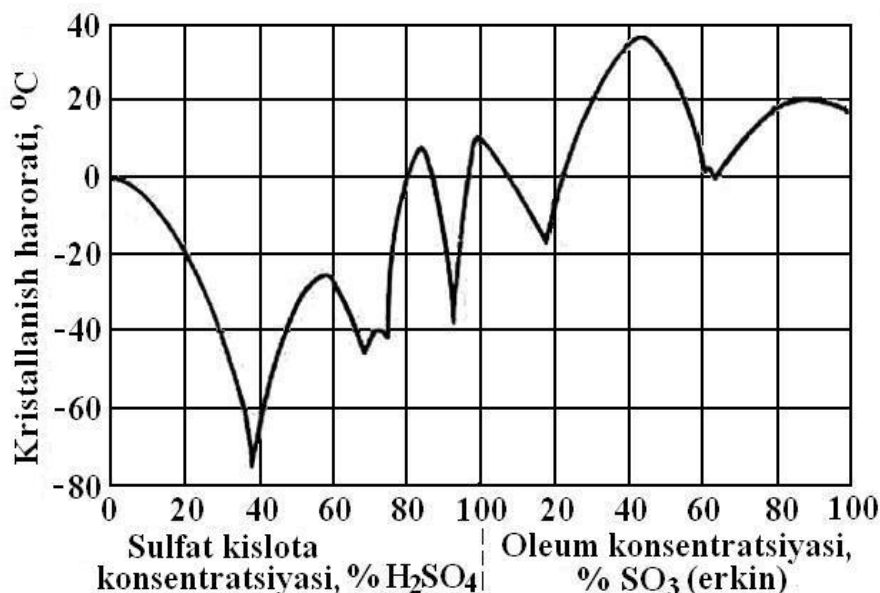
Ma’lumki, ikki modda kristallanish harorati aralashmasining (agarda aralash kristallar hosil qilmasa) alohida olingan moddalarning kristallanish haroratidan past bo‘ladi. Shuning uchun sulfat kislota kristallanish harorati bilan uning konsentratsiyasiga bog‘liqligini ifodalovchi egri chiziq (1.1-rasm) 1.1-jadvalda keltirilgan birikmalar tarkibiga mos holdagi maksimumga, shuningdek, sistemadagi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> va SO<sub>3</sub> larning quyidagi miqdorlariga mos keluvchi minimumga ega bo‘ladi:

% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Kristallanish harorati, °C	SO <sub>3</sub> erkin	Kristallanish harorati, °C
38,0	- 74,5	18,1	- 17,05
68,3	- 45,7	61,8	+ 1,0
75,0	- 41,0	64,35	- 1,1
93,3	- 37,8		

Sulfat kislotani tashish va saqlashda uning kristallanishini kamaytirish maqsadida sulfat kislota mahsulot sortlarining shunday konsentratsiyasi tanlanadiki, bunda uning kristallanishiga eng past harorat to‘g‘ri keladi (1.1-rasmdagi egri chiziqning minimumlariga e’tibor berib):

	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	% SO <sub>3</sub>
Minorali kislota .....	75	–
Kontaktli kislota .....	92,5	–
Oleum .....	104,5	20
Yuqori konsentratsiyali oleum .....	114,5	65

Sulfat kislota va oleumning kristallanish haroratlarini ma'lumotnoma jadvallaridan ko'rish mumkin.



**1.1-rasm. Sulfat kislota va oleumning kristallanish harorati.**

**Sulfat kislota va oleumning qaynash harorati va bug' bosimi.** Sulfat kislota suvli eritmasining konsentratsiyasi ortishi bilan uning qaynash harorati ortadi, 98,3% li H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> da maksimumga (336,5°C) erishadi, so'ngra pasayadi.

Oleumning qaynash harorati erkin xolatdagi SO<sub>3</sub> miqdorining ortishi bilan 0% SO<sub>3</sub> dagi qaynash harorati 296,2°C dan 100% SO<sub>3</sub> dagi qaynash harorati 44,7°C gacha pasayadi. Sulfat kislota eritmasi va oleum konsentratsiyasiga uning qaynash haroratining bog'liklik grafigi 1.2-rasmda keltirilgan.

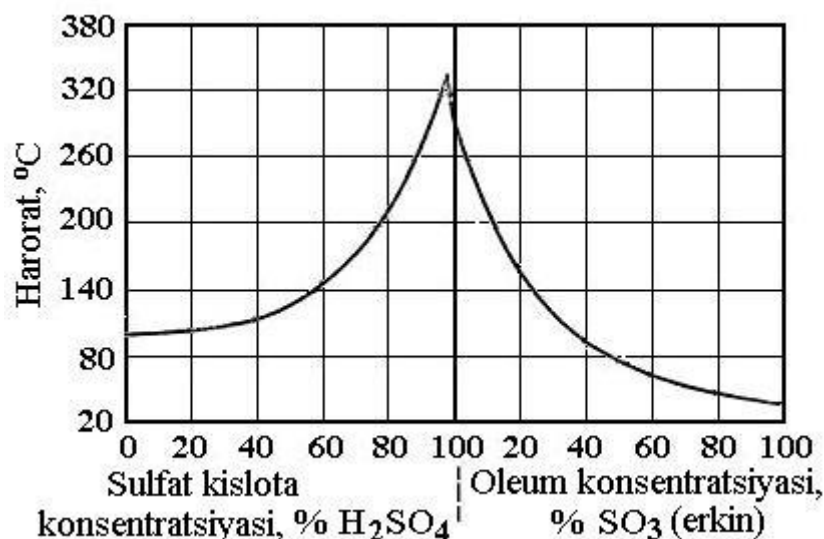
Sulfat kislota va oleumning turli haroratlardagi bug' bosimi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\lg P = A - \frac{B}{T} \quad (1.1)$$

bu yerda: P – bug' bosimi, mm.sim.ust.; A va B – koeffitsientlar; T – absolyut harorat, °K.

Sulfat kislotasining suvli eritmasi ustidagi umumiy bug‘ bosimini hisoblash uchun A va B koeffitsientlarning qiymati:

% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	A	B	% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	A	B
10	8,925	2259	65	8,853	2533
20	8,922	2268	70	9,032	2688
30	8,864	2271	75	9,034	2810
35	8,873	2286	80	9,293	3040
40	8,844	2299	85	9,239	3175
45	8,809	2322	90	9,255	3390
50	8,832	2357	95	9,790	3888
55	8,827	2400	98,3	9,780	4211
60	8,841	2458	100	9,805	3914



**1.2-rasm. Sulfat kislota eritmasi va oleum konsentratsiyasiga uning qaynash haroratining bog‘liqlik grafigi (bosim 1 atm).**

Oleumning bug‘ bosimini hisoblash uchun A va B koeffitsientlardan foydalaniladi:

% SO <sub>3</sub> (erk.)	5	10	15	20	25	30	35	65	100
A	8,51	9,01	9,47	9,84	10,16	10,44	10,70	10,50	9,89
B	2750	2812	2871	2915	2941	2965	2977	2510	2230

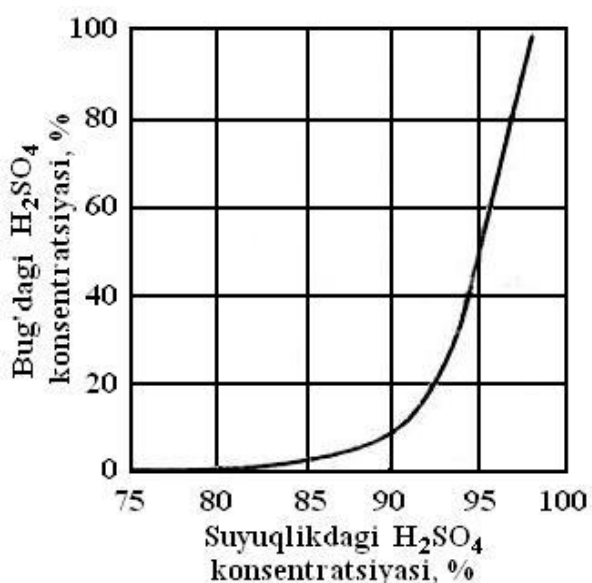
Sulfat kislota eritmasi ustidagi bug‘lar suv, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, SO<sub>3</sub> bug‘laridan iborat bo‘ladi; bundagi bug‘ning tarkibi suyuqlik tarkibidan tamomila farq qiladi. Faqatgina 98,3% li sulfat kislota eritmasi ustidagi bug‘ning tarkibi suyuqlik tarkibi bilan bir xil bo‘ladi.



1.3-rasmda qaynash haroratida sulfat kislota ustidagi bug‘ning tarkibi keltirilgan. Tasvirdan ko‘rinadiki, sulfat kislota eritmasining konsentratsiyasi kamayishi bilan bug‘ tarkibidagi  $H_2SO_4$  miqdori keskin kamayadi. 80% li sulfat kislota eritmasiga to‘g‘ri keladigan bug‘ning tarkibida 1% atrofidagi  $H_2SO_4$  bo‘ladi.

Turli haroratdagi sulfat kislota suvli eritmaları ustidagi bug‘ tarkibidagi  $H_2SO_4$  ning parsial bosimini quyidagi A va B koeffitsientlar asosida (1.1) formuladan foydalanilgan holda aniqlash mumkin:

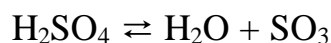
% $H_2SO_4$	A	B
85	7,751	3742
90	7,897	3685
93	8,170	3656
95	8,316	3637
98	8,470	3593



**1.3-rasm. Qaynash haroratida sulfat kislota ustidagi bug‘ning tarkibi.**

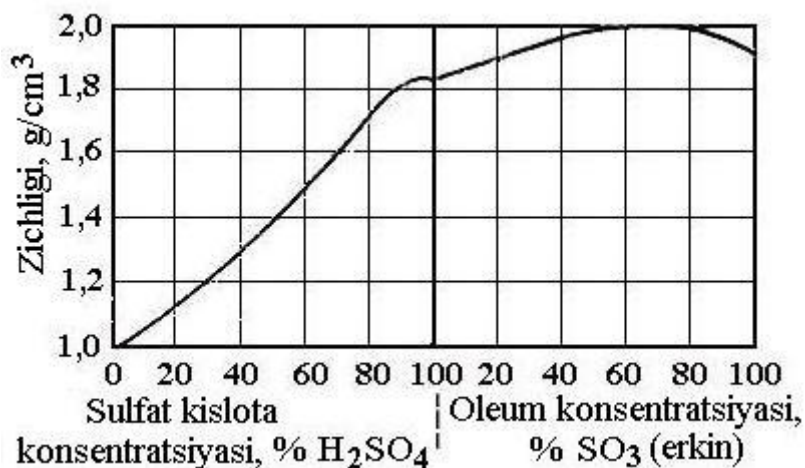
Bu koeffitsientlardan  $250^{\circ}C$  dan past haroratda sulfat kislota bug‘lari bosimini texnik hisoblashlarda foydalanish mumkin, bunda sulfat kislota bug‘larining parchalanishi hisobga olinmagan.

Sulfat kislota eritmaları ustidagi bug‘ning tarkibi nafaqat uning konsentratsiyasiga, balki uning haroratiga ham bog‘liqdir. Buni haroratning ortishi bilan:



tenglama orqali ifodalanuvchi parchalanish reaksiyasining kuchayishi bilan izohlanishi mumkin.

**Sulfat kislota va oleumning zichligi.**  $\text{H}_2\text{SO}_4$  miqdorining ortishi bilan sulfat kislota eritmasining zichligi ham ortadi va 98,3%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  da maksimumga erishadi. Soʻngra uning qiymati birmuncha kamayadi va 100% li  $\text{H}_2\text{SO}_4$  da 1,8305 g/sm<sup>3</sup> ga yetadi. Oleumning zichligi uning tarkibidagi  $\text{SO}_3$  ning ortishi bilan 62%  $\text{SO}_3$  (erkin) gacha ortadi, soʻngra kamayadi. Haroratning ortishi bilan sulfat kislotaning zichligi kamayadi. Odatda maʼlumotnoma jadvallarida sulfat kislota va oleumning 20°C haroratdagi zichliklari keltirilgan boʻladi. 20°C dan yuqori va past haroratdagi zichlik qiymatlarini aniqlashda maʼlumotnomalardagi haroratga toʻgʻrilash koeffitsientlaridan foydalaniladi. 1.4 – rasmda sulfat kislota va oleum konsentratsiyasi bilan zichliklari orasidagi bogʻlanishning tasviri keltirilgan.



**1.4-rasm. Sulfat kislota va oleum konsentratsiyasi bilan zichliklari orasidagi bogʻlanish.**

Texnik hisoblashlar uchun yetarli boʻlgan aniqlikdagi sulfat kislotaning konsentratsiyasini uning zichlik qiymati orqali ham aniqlash mumkin. Sulfat kislota eritmasida begona qoʻshimchalarning ortishi bilan uning zichligi va konsentratsiyasi orasidagi bunday bogʻlanishni buzadi va bunday hollarda sulfat kislotaning konsentratsiyasi kimyoviy tahlil orqali aniqlanadi.

**Sulfat kislota va oleumning issiqlik sigʻimi va oʻtkazuvchanligi.** Sulfat kislota eritmasining konsentratsiyasi ortishi bilan uning issiqlik sigʻimi kamayadi

va suvsiz sulfat kislota minimum 1,42 j/(g·grad) qiymatga erishadi; oleumning issiqlik sig'imi esa SO<sub>3</sub> (erkin) miqdori ortishi bilan kattalashib boradi. Haroratning ortishi natijasida sulfat kislota va oleumning issiqlik sig'imi birmuncha ortadi. Issiqlik hisoblarida odatda 1 kg sulfat kislota 0°C dan talab etiladigan haroratgacha qizdirishda talab etiladigan issiqlik miqdori kattaligi ishlatiladi.

Sulfat kislota issiqlik o'tkazuvchanligi konsentratsiyaning ortishi va haroratning kamayishi bilan kamayadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik  $\lambda$  (kkal/(mol·soat·grad) hisobida) quyidagi empirik formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$\lambda = 0,447 + 0,0014t - \left(0,22 + \frac{t}{1500}\right) \cdot \frac{C}{100}$$

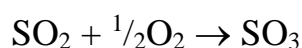
### 3-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishdagi oraliq mahsulotlar xossalari

**Sulfit anhidridning xossalari.** Sulfit anhidrid SO<sub>2</sub> yoki oltingugurt qo'shoksidi (molekulyar massasi 64,066) odatdagi haroratda ko'zning shilliq pardalari va nafas olish organlarini zararlaydigan o'tkir xidli rangsiz gazdir. U atmosfera bosimida -10,1°C haroratgacha sovutilganda osonlik bilan suyuqlikka aylanadi. Suyuq faza ustidagi SO<sub>2</sub> ning bug' bosimi 20°C haroratda 3,195 bar (3,25 atm) ga va 50°C haroratda 8,245 bar (8,4 atm) ga tengdir.

20°C haroratda bir hajm suvda 40 hajm SO<sub>2</sub> eriydi; bunda 34,4 kJ/mol (8,2 kkal/mol) issiqlik ajralib chiqadi.

Haroratning ortishi bilan SO<sub>2</sub> ning suvdagi eruvchanligi kamayadi. SO<sub>2</sub> ning sulfat kislota eruvchanligi suvdagiga qaraganda kamdir. Sulfat kislota konsentratsiyasining ortishi bilan sulfit anhidridning eruvchanligi dastlab kamayib boradi, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentratsiyasi 85% bo'lganda minimumga erishadi va so'ngra yana orta boshlaydi.

Sulfit anhidrid katalizator ishtirokida oksidlanadi:

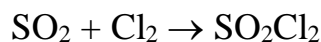


Sulfit anhidrid suv bilan birikib sulfit kislota hosil qiladi:



va u faqatgina eritmadagina mavjud bo'ladi.

Oltinugurt dioksidning xlor bilan ta'sirlashuvidan sulfuril xlorid olinadi:



$\text{SO}_2$  kimyoviy reaksiyalarda ham oksidlovchi, ham qaytaruvchi vazifasini bajara oladi.

**Sulfat angidridning xossalari.** Sulfat angidrid  $\text{SO}_3$  yoki oltinugurt trioksid (molekulyar massasi 80,056) odatdagi sharoitda rangsiz gazdir. U havodagi namlikni tortib olib tutaydi va havoda muallaq holatdagi sulfat kislota tomchilarini hosil qiladi. Gaz holatdagi  $\text{SO}_3$  44,75°C haroratda siqilib, rangsiz suyuqlikka aylanadi.

Qattiq holatdagi sulfat angidrid bir necha -  $\alpha, \beta, \gamma$ -kristall shakllarda mavjud bo'lib, ularning suyuqlanish haroratlari tegishli holda 16,8; 31,5 va 62,2°C ga tengdir. Sulfat angidridning molekulyar massasi to'g'risidagi tadqiqotlarning ko'rsatishicha,  $\alpha$ -shakldagi modifikatsiyaga  $\text{SO}_3$  tarkibi mos keladi, uning qolgan shakllari esa sulfat angidridning polimerlanishidan hosil bo'ladi.

Sulfat angidridning shakllari bir-biridan kristall panjaralarining tuzilishi, bug' bosimining kattaligi, kimyoviy faolligi va boshqa xossalari bilan farqlanadi.

Sulfat angidridning bug' bosimlari P (mm.sim.ust. da) quyidagi tenglamalar orqali ifodalanadi:

$$\lg P = 6,6570 - \frac{154,9}{T} - \frac{331650}{T^2} \quad (\text{suyuq } \alpha\text{-shakl})$$

$$\lg P = 12,2346 - \frac{2916}{T} \quad (\text{qattiq } \alpha\text{-shakl})$$

$$\lg P = 12,5615 - \frac{3040}{T} \quad (\text{qattiq } \beta\text{-shakl})$$

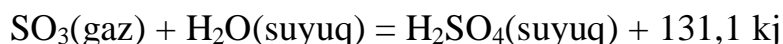
Sulfat angidridning kristallanishida va uning polimerlanishida turlicha issiqlik ajraladi, masalan, 25°C haroratda:

O'zgarish	Issiqlik miqdori
$\text{SO}_3(\text{suyuq}) \rightarrow \alpha\text{-SO}_3(\text{qattiq}) \dots\dots\dots$	7,081
$\alpha\text{-SO}_3(\text{qattiq}) \rightarrow \beta\text{-SO}_3(\text{qattiq}) \dots\dots\dots$	3,478
$\alpha\text{-SO}_3(\text{qattiq}) \rightarrow \gamma\text{-SO}_3(\text{qattiq}) \dots\dots\dots$	14,33

Sulfat angidridning qattiq polimer shakllari qizdirilganda dissotsilanadi.

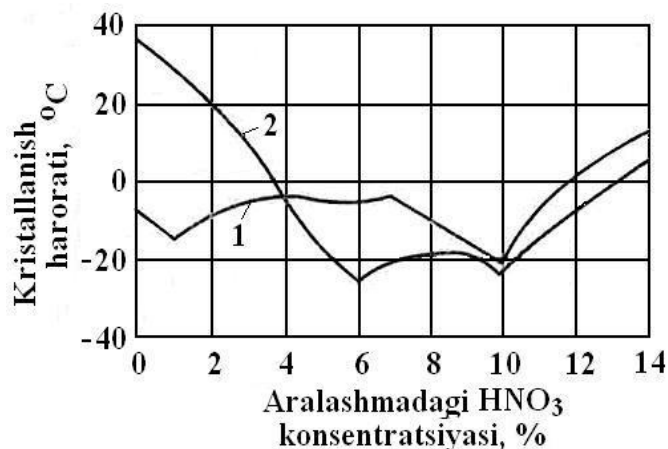
Sulfat angidrid suv bilan shiddatli ta'sirlashadi va sulfat kislotaga aylanadi.

Bunda juda katta miqdordagi issiqlik ajraladi:



Sulfat angidrid kuchli suv tortib olish xususiyatiga ega, u o'simlik va hayvon to'qimalarini yemiradi va kuchli oksidlovchi hisoblanadi. Oltingugurt, fosfor, uglevodorodlar va boshqa moddalarni oksidlab,  $\text{SO}_3$  sulfit angidridgacha qaytariladi. Sulfat angidridning polimer shakllari nisbatan inertdir; ular suv bilan nisbatan passiv ta'sirlashadi, havoda kam tutaydi va to'qimalarni yemirishi sezilarsizdir.

Suyuq sulfat angidrid sulfit angidrid bilan har qanday nisbatda aralashadi, qattiq sulfat angidrid suyuq  $\text{SO}_2$  da eriydi, ammo bunda hech qanday yangi kimyoviy birikma hosil bo'lmaydi. Suyuq  $\text{SO}_3$  nitrat kislotasi bilan har qanday nisbatda aralashadi. Bunda  $(\text{SO}_3)_2 \cdot \text{HNO}_3$  turidagi barqaror birikma (suyuql. harorati  $106,5^\circ\text{C}$ ) hosil qiladi. 1.5-rasmda oleum va nitrat kislotasi aralashmasining muzlash haroratlari ko'rsatilgan.



**1.5-rasm. Oleum va 93% li nitrat kislotasi aralashmasining muzlash harorati:**

1 – 20% li oleum va  $\text{HNO}_3$ ; 2 – 40% li oleum va  $\text{HNO}_3$

Sulfat angidrid, shuningdek, azot oksidlari va arsenit angidrid bilan birikadi, asosli oksidlar va asoslar bilan shiddatli ta'sirlashadi.

Gaz holatdagi  $\text{SO}_3$  vodorod xlorid bilan ta'sirlashib xlorosulfon kislotasi  $\text{SO}_2(\text{OH})\text{Cl}$  ni, ammiak bilan ta'sirlashib ammoniy amidosulfonat  $\text{NH}_2\text{SO}_2\text{ONH}_4$  ni hosil qiladi. Ammoniy amidosulfonatdan samarador gerbitsid sifatida ishlatiladigan ammoniy sulfamat  $\text{NH}_2\text{SO}_2\text{ONH}_4$  tayyorlanadi.

#### **4-§. Sulfat kislota navlari, uni saqlash va tashish**

**Sulfat kislota navlari.** Sanoatda bir necha navdagi sulfat kislota ishlab chiqariladi. Ular tarkibidagi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  yoki  $\text{SO}_3(\text{erkin})$  miqdorlari, shuningdek qo'shimchalarning tarkibi va miqdori bilan bir-biridan farqlanadi. Nitrozali usulda tarkibida taxminan 75%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bo'lgan nisbatan past konsentratsiyali minora kislotasi olinadi. Kontaktli usul bo'yicha esa amalda har qanday konsentratsiyadagi sulfat kislota olinishi mumkin. Chunki kontakt jarayonida hosil bo'ladigan sulfat angidridga har qanday miqdordagi suv qo'shilishi mumkin.

Qo'shimchalarning tarkibi va miqdori sulfat kislota ishlab chiqarish usuliga bog'liqdir. Masalan, minorali sulfat kislotasi ishlab chiqarishda unga kuyundi gazi tarkibidagi, xattoki uni quruq elektrofilrlarda tozalangandan keyin ham qoladigan changning bir qismi aralashgan bo'ladi. Bundan tashqari, minorali kislota tarkibida erigan azot oksidlari ham bo'ladi. Shuningdek, sulfat kislota,  $\text{H}_2\text{SO}_4$  eritmasida jihozlarning korroziyalanishidan hosil bo'ladigan mahsulotlar bilan ham birmuncha ifloslanadi. Agarda kislotani konsentrlash jarayoni amalga oshirilsa, unga o'choq gazlari tarkibidagi qo'shimchalar ham aralashishi natijasida ifloslanadi.

Odatda texnik sulfat kislota uning ishlab chiqarilish, saqlanish va tashish jarayonlarida organik moddalarning parchalanishi oqibatida qora tusga kiradi.

Kontakt usuli bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda kuyundi gazlaridan chang tozalangach, maxsus tozalash amalga oshiriladi. Shu sababli kontakt sulfat kislotasi tarkibida faqatgina korroziya mahsulotlari erishidan hosil bo'lgan qo'shimchalar bo'ladi. Korroziyaga nisbatan yuqori chidamli materiallardan

tayyorlangan jihozlardan foydalanish orqali yuqori tozalikdagi kontakt sulfat kislotasi olish mumkin.

Turli navdagi sulfat kislotasining sifatiga bo'lgan talablar tegishli standartlarda belgilab beriladi va tegishli o'zgarishlar kislotada ishlab chiqarish texnikasi va uning iste'molchilari talabiga ko'ra muntazam ko'rib chiqiladi.

Hozirda iste'moldagi turli navlardagi sulfat kislotasining asosiy ko'rsatkichlari 1.2-jadvalda keltirilgan.

1.2-jadval

**Turli navlardagi sulfat kislotasining asosiy ko'rsatkichlari**

Sulfat kislota navlari	Konsentratsiyasi, % dan kam emas	
	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	SO <sub>3</sub> (erkin)
Kontaktli yaxshi sifatli:		
A nav .....	92,5-94	
B nav .....	92,5-94	
Kontaktli texnik .....	92,5	
Oleum:		
yaxshilangan .....	–	24
texnik .....	–	18,5
Minorali .....		
Regeneratsiyalangan .....	91	
Akkumulyatorli:		
A nav .....	92-94	
B nav .....	92-94	
Reaktiv:		
kimyoviy toza (k.t.) .....	93,56-95,6	
analiz uchun toza (a.u.t.) .....	93,56-95,6	
toza (t) .....	93,56-95,6	

**Sulfat kislotani saqlash va tashish.** Sulfat kislota ishlab chiqarish uzluksiz jarayondir. Shuning uchun ishlab chiqarishda tayyor mahsulot – kislota saqlash uchun muntazam kelib turadi. Kislotani olib ketish esa davriy amalga oshiriladi. Shu sababli sulfat kislota zavodlarda tayyor mahsulot omborlari mavjuddir.

Sulfat kislota omborlarda uni usti yopiq holatdagi ayvonlarga joylashtiriladigan baklarda saqlanadi. Baklarning yuqori qismida qopqoqlari, taqsimlagich ventillari, sifonlari va hokazo lar mavjud bo'lib, ular atmosfera yog'inlaridan muhofaza qilingan bo'ladi.

Tayyor mahsulot saqlanadigan baklar gorizontaal yoki vertikal o'rnatilgan 3000 m<sup>3</sup> gacha hajmdagi po'lat listlardan tayyorlangan rezervuarlardan iborat bo'ladi. Ombordagi baklarning umumiy hajmi kamida o'n kunlik sex mahsulotini saqlash imkoniyatiga ega bo'lishi lozimdir. Odatda bir necha baklar o'rnatiladi, bu esa ularni tozalash va ta'mirlash paytida ham zavodning to'xtovsiz ishlashini ta'minlaydi. Rezervuarlar yaqinidan temir yo'l o'tkaziladi va shu yerdagi maydonchaga kislota quyish uchun sisternalar o'rnatiladi.

Minorali, kontaktli konsentrlangan sulfat kislota va oleum ichki qismi niqoblanmagan po'lat baklarda saqlanadi. Alohida tozalangan va past konsentratsiyali sulfat kislotani saqlash uchun ishlatiladigan po'lat baklarning ichki qismi kislotabardosh keramika bilan niqoblanadi.

Sovuq iqlimli tumanlarda tayyor mahsulot saqlash baklari isitiladigan binolarda joylashtiriladi. Konsentrlangan kislota yoki oleum saqlanadigan baklar esa ayvonlarda yoki isitilmaydigan omborlarda joylashtirilishi mumkin.

Kislotani saqlash, quyish va tashishda muzlab qolishni oldini olish maqsadida sisternalarga maxsus isitgichlar ham o'rnatilishi mumkin.

1.6-rasmda anchagina sodda sulfat kislota saqlash omborining tasviri ko'rsatilgan. Sexdan keladigan kislota quvur orqali saqlash baki 13 ning yuqori qismiga beriladi va sifon 7 yordamida sisternaga quyiladi (yoki iste'molchiga uzatiladi). Uni to'ldirish ikki usulda amalga oshiriladi.

Iste'molchining talab va ehtiyojiga ko'ra sulfat kislotasi turlicha hajmdagi idish va qurilmalarda tashiladi. Uzoq masofalarga tashiladigan sulfat kislotasi asosan yuk ko'tarish quvvati 50 t gacha bo'lgan temir yo'l sisternalarida tashiladi. Oz miqdordagi sulfat kislotasi talab etiladigan iste'molchilarga esa kattaligi 0,2 dan 1 t gacha bo'lgan avtosisternalarda, konteynerlarda, po'lat bochkalarda yoki hajmi 30 dan 45 l gacha bo'lgan shisha butillarda yetkaziladi. Shisha idishlar maxsus savatlarga joylanib unga yog'och qirindisi solinadi.

Har bir jo'natiladigan sulfat kislotasi partiyasida sulfat kislotasining navi, uning analiz natijalari, jo'natilgan kun va miqdori ko'rsatilgan pasporti yoki kichik partiyadagi idishlarda yuqoridagi ma'lumotlar keltirilgan yorliqlari bo'ladi.





## *II-bob*

### **SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH XOMASHYOLARI**

#### **1-§. Xomashyolar. Oltिंगugurt kolchedanlarining tarkibi va turlari**

Sulfat kislota olish uchun xomashyo sifatida elementar oltिंगugurt yoki tarkibida oltिंगugurt tutgan va undan elementar oltिंगugurt yoki sulfit angidrid olish mumkin bo'lgan moddalar ishlatiladi. Tabiiy oltिंगugurt tabiatda nisbatan kam tarqalgandir. Oltिंगugurt tabiatda ko'pincha temir, rux, qo'rg'oshin, mis va boshqa metallar bilan birikmasi holatida uchraydi. yer qobig'idagi oltिंगugurtning miqdori 0,1% ni tashkil etadi.

Sulfat kislota ishlab chiqarish uchun tarkibida asosan temir disulfid  $FeS_2$  tutgan pirit yoki temir kolchedani keng ko'lamda ishlatiladi. Oltिंगugurt ko'pgina minerallar tarkibida ikkita metall bilan hosil qilgan sulfidlari tarzida ham bo'lishi mumkin, masalan, mis kolchedani (xalkopirit) temir va misning oltिंगugurtli birikmasidir. Oltिंगugurt bundan tashqari tabiatda sulfatlar, masalan, gips (kalsiy sulfat), mirabalit (natriy sulfat), glauberit (natriy va kalsiy sulfat) va hokazolar tarzida ham uchraydi. U neft, toshko'mir, tabiiy va o'txona gazlari tarkibida ham bo'ladi.

Toshko'mirni kokslash paytida undagi oltिंगugurt vodorod sulfidga aylanadi va koks gazi tarkibiga o'tadi. Vodorod sulfid, shuningdek, generator gazi, neftni qayta ishlash gazlari, neftning yo'ldosh gazlari ko'pgina tabiiy gazlar tarkibiga kiradi va bu gazlardagi keraksiz qo'shimcha hisoblanadi. Metallurgiya pechlaridan chiqadigan gazlar tarkibida ham sezilarli miqdordagi sulfit angidrid bo'ladi.

Ko'mir qazib olishda ko'mir qatlamlari orasida bo'ladigan va uni boyitishda ajratib olinadigan temir kolchedanidan iborat ko'mirli kolchedan ham olinadi. Ko'mirli kolchedan sulfat kislota ishlab chiqarish uchun xomashyo vazifasini o'tashi mumkin. Bunday maqsad uchun sulfat kislotasi ishlatiladigan ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarining chiqindilaridan foydalanilishi ham mumkin.

Bunday chiqindilarga kislotali gudronlar, yuvish eritmalari, fosfogips va boshqalar kiradi.

Turli mamlakatlarda ishlatiladigan xomashyo turlari bir-biridan farqlanadi. Ko'pgina mamlakatlarda hozircha asosan oltingugurtli kolchedan asosiy xomashyo sifatida ishlatilayotgan bo'lsa, AQSH da sulfat kislota olish uchun ko'proq oltingugurtdan foydalanilmoqda. Shuni ham ta'kidlab o'tish mumkinki, sulfat kislota ishlab chiqarish xomashyosi sifatidagi oltingugurt va kolchedanning nisbiy ulushi kamayib, uning o'rnini turli chiqindilardan ajratib olinadigan oltingugurt egallamoqda.

Oltingugurt kolchedanining asosiy tarkibiy qismi tarkibida 53,5% S va 46,5% Fe bo'lgan temir disulfid  $\text{FeS}_2$  dan iboratdir. Tabiiy oltingugurt kolchedani tarkibida  $\text{FeS}_2$  dan tashqari mis, rux, qo'rg'oshin, mishyak, nikel, kobalt, selen, vismut, tellur, kadmiy birikmalari, kalsiy va magniy karbonatlari va sulfatlari, oz miqdorda oltin va kumush kabi qo'shimchalar bo'ladi. Shuning uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladigan kolchedan tarkibidagi oltingugurt miqdori katta chegarada – 30 dan 52% gacha o'zgarib turadi.

Oltingugurtli kolchedan – sarg'ish yoki sarg'ish-kulrang tusli mineral bo'lib, uning zichliga qariyb  $5 \text{ g/sm}^3$  ga teng. Bo'lakchalarining kattaligi va kolchedan naviga qarab uning to'kilish massasi (og'irligi) 2200 dan  $2400 \text{ kg/m}^3$  gachani tashkil qiladi.

Kolchedan konlari MDH da, Ispaniyada, Yaponiyada, Kanadada, Portugaliyada, Italiyada, Norvegiyada va boshqa mamlakatlarda mavjuddir. Qazib olinadigan kolchedan sulfat kislota zavodlariga 50-400 mm li bo'lakchalar holatida keltiriladi.

Kolchedanda eng ko'p uchraydigan qo'shimcha mis hisoblanadi. Tarkibidagi mis miqdori 1% dan ko'p bo'lgan kolchedan misli kolchedan bo'lib, undan mis olish uchun xomashyo sifatida foydalanish maqsadga muvofiqdir. Ammo misga kambag'al bo'lgan kolchedandan mis suyuqlantirish zavodlarida to'g'ridan-to'g'ri foydalanish maqsadga muvofiq emas, shuning uchun uni flotatsiyalash yo'li bilan boyitiladi. Flotatsiyalashda mis bilan birgalikda boshqa

qimmatbaho metallar (rux, qo'rg'oshin, kumush, oltin va hokazo) ruda konsentratlari va flotatsiyalangan kolchedan ajratib olinadi.

Flotatsiyalangan kolchedandagi oltingugurt miqdori 32 dan 40% gacha bo'ladi. Bu kolchedanni ikkilamchi flotatsiyalash natijasida bekorchi jinslar ajratiladi va tarkibida 45-50% oltingugurt bo'lgan pirit konsentrati olinadi. Rudalarni boyitish jarayoni takomillashishi bo'yicha tarkibida qimmatbaho qo'shimchalar oz darajada bo'lishiga qaramay xomashyoni flotatsiyalash eng maqbul hisoblanadi. Shuning uchun flotatsiyalanadigan kolchedan rudasining ulushi muntazam ortib bormoqda. Buni sulfat kislota zavodlarida kolchedan rudasidan to'g'ridan-to'g'ri foydalanishning nisbiy ulushi kamayib borayotganligi bilan izohlash mumkin.

Yuqori namligi bo'lgan flotatsiyalangan kolchedan sulfat kislota zavodlariga keltirishda va omborlarda qotib qoladi. Bu esa uni vagonlardan tushirish va keyingi bosqichda pechda kuydirish uchun uzatishda katta qiyinchiliklar keltirib chiqaradi. Bundan tashqari qotib qolgan kolchedan bo'lakchalarining muallaq holatdagi yonishi kuydirish jarayonida yomonlashadi. Shuning uchun flotatsiyalangan kolchedanni iste'molchiga berishdan oldin o'txona gazlari bilan qizdiriladigan barabanli quritgichlarda quritiladi. Davlat standartlari talablariga muvofiq iste'molga jo'natiladigan flotatsiyalangan kolchedandagi namlik kuzgi-qishgi mavsumda 4,5% dan ortmasligi talab etiladi. Kolchedanni tashqi atmosfera havosining namligidan muhofaza qilish maqsadida quruq kolchedan saqlanadigan omborlarning iloji boricha germetikligi ta'minlanadi.

Toshko'mir konlarida ham ma'lum miqdordagi oltingugurt kolchedanlari uchraydi. Qo'lda ajratib olish va maydalash orqali kolchedanning 80% gacha ajratib olishga erishiladi. Bunday kolchedan tarkibida 15% gacha uglerod bo'ladi va shuning uchun uni ko'mirli kolchedan deyiladi. Tarkibida ko'p miqdordagi (33-42%) oltingugurt tutishiga qaramay, ko'mirli kolchedan xattoki zamonaviy mexanik pechlarda ham kuydirilmaydi, chunki uning intensiv yonishi natijasida harorat keskin ortib ketadi va pechning tezda ishdan chiqishiga olib keladi. Bundan tashqari bunday kolchedandagi ko'mirning yonishiga ortiqcha miqdordagi kislorod

sarflanadi, buning natijasida kuyundi gazi tarkibidagi SO<sub>2</sub> va O<sub>2</sub> konsentratsiyasi keskin pasayadi. Bu esa sulfitli gazlarni keyingi bosqichlarda sulfat kislotasiga qayta ishlash jarayonlarini qiyinlashtiradi.

Uglerod miqdorini kamaytirish uchun ko'mirli kolchedan boyitiladi. Buning uchun maydalangan kolchedan maxsus yuvish vannalariga uzatiladi, u yerda yengil ko'mir zarrachalari suv bilan yuviladi. Boyitilgan ko'mirli kolchedandagi uglerod miqdori 3-6% dan ortmaydi.

Ko'mirli kolchedan kuydirilganda SO<sub>2</sub> bilan bir paytda oz miqdordagi vodorod sulfid, uglerod sulfid, uglerod sulfoksid va elementar oltingugurt ham hosil bo'ladi. Kolchedanni kuydirish jarayonida kislorod bilan boyitilgan havo ishlatish yo'li bilan bunday qo'shimchalar miqdorini keskin kamaytirishga erishiladi. Bu qo'shimchalar sulfat kislota ishlab chiqarishning kontaktli va minorali jarayonlariga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

## **2-§. Oltingugurt va uning xossalari. Tabiiy rudalardan oltingugurtning olinishi**

Elementar oltingugurt (yoki oltingugurt bug'i) tabiiy rudalardan, shuningdek sulfit anhidrid yoki vodorod sulfid tutgan gazlardan olinadi. Elementar oltingugurt sulfat kislota ishlab chiqarish uchun eng yaxshi turdagi xomashyolardan biri hisoblanadi. Uni yoqish natijasida katta miqdorda SO<sub>2</sub> va kislorod tutgan hamda kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarish uchun eng muhim hisoblangan gaz hosil qilinadi. Oltingugurtning yonishi natijasida kul qolmaydi, vaholanki kolchedan kuydirilishi natijasida hosil bo'ladigan kulni yo'qotish uchun katta sarf-harajatlar talab etilar edi. Tabiiy oltingugurt tarkibida juda oz miqdordagi mishyak qo'shimchasi bo'ladi, bu esa kolchedandan sulfat kislota ishlab chiqarishdagi mishyakdan tozalash jarayonlari singari bosqichlardan holi bo'lgan sodda sulfat kislota ishlab chiqarish tizimini yaratish imkoniyatini yaratadi.

Elementar oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishda, sellyuloza-qog'oz sanoatida, qishloq xo'jaligida (qishloq xo'jaligi ekinlari zararkunandalariga qarshi kurashda) foydalaniladi. Bundan tashqari, elementar oltingugurt gugurt sanoatida,

kauchukni vulkanlashda, sulfidli bo‘yoklar va kimyo-farmatsevtika preparatlari olishda hamda pirotexnikada ishlatiladi.

Jahon miqyosida elementar oltingugurtdan foydalanish taxminan quyidagicha taqsimlanadi:

Sulfat kislota ishlab chiqarish uchun .....	50
Sellyuloza-qog‘oz sanoati uchun .....	25
Qishloq xo‘jaligiga .....	10-15
Boshqa iste‘molchilarga .....	10-15

Dunyoda elementar oltingugurt ishlab chiqarish hajmi yildan-yilga ortib bormoqda. Bunga tabiiy oltingugurt konlaridan qazib olish, tabiiy gaz va neft mahsulotlarini tozalash orqali ajratib olishga erishilmoqda.

**Oltingugurtning xossalari.** Oltingugurtning nisbiy atom massasi 32,064. Oltingugurt odatdagi haroratda qattiq holatda bo‘ladi. Qattiq oltingugurt ikki xil – rombik va monoklinik allotropik shakllarda bo‘ladi:

Xossasi	Rombik oltingugurt	Monoklinik oltingugurt
Zichligi, g/sm <sup>3</sup> .....	2,07	1,96
Barqarorlik chegarasi, °C .....	95,6 dan past	95,6-119,3
Suyuqlanish harorati, °C .....	112,8	119,3
	(tez qizdirilganda)	
Suyuqlanish issiqligi		
<i>j/g</i> .....	39,4	45,3
<i>kal/g</i> .....	9,4	10,8

Oltingugurt elektr tokini yomon o‘tkazadi, suvda amalda erimaydi. Oltingugurtning suyuqlanishi uning hajmi (taxminan 15% ga) ortishi bilan sodir bo‘ladi. 120°C haroratda suyuqlantirilgan oltingugurt harakatchan sariq rangdagi suyuqlikdir, uning qovushqoqligi haroratning ortishi bilan o‘zgaradi. 160°C dan yuqori haroratda oltingugurt qorayadi va 190°C haroratda to‘q jigarrang qovushqoq massaga aylanadi. Haroratning ortishi bilan massaning qovushqoqligi kamayadi va qariyb 400°C haroratda oltingugurt suyuqlanmasi yana harakatchan suyuqlikka aylanadi. Oltingugurtning qaynash harorati 444,6°C ni tashkil etadi.

Turlicha haroratdagi qattiq va suyuq oltingugurt ustidagi bug‘ bosimi quyida keltirilgan:

Harorat, °C .....	50	100	200	300	400	444,6
Bug‘ bosimi, mm.sim.ust.....	0,0002	0,008	2,3	48	378	760
Bug‘dagi oltingugurt konsentratsiyasi, g/sm <sup>3</sup> .....	0,003	0,12	32,4	653	4900	9500

Qizdirilganda oltingugurtning molekula tuzilishi o‘zgarishi hisobiga uning xossasi o‘zgaradi. Odatdagi haroratda oltingugurt yopiq halqali sakkiz atomdan iborat molekula (S<sub>8</sub>) shaklida bo‘ladi. 160°C haroratda S<sub>8</sub> halqalari uziladi va chiziqsimon zanjir hosil qiladi, bu esa uning qovushqoqligini ortishiga olib keladi. Harorat yanada ko‘tarilganda esa uzun zanjirlar uziladi (destruksiyanadi) va oltingugurt qovushqoqligining yana pasayishiga olib keladi.

Oltingugurt bug‘ida S<sub>8</sub>, S<sub>6</sub> va S<sub>2</sub> molekulari bo‘ladi, haroratning ortishi bilan S<sub>2</sub> molekulari miqdori ortadi, bunda bug‘ rangi o‘zgaradi. Qaynash harorati yaqinida oltingugurt bug‘i och sariq rangda bo‘ladi va haroratning ortishi bilan qizara boshlaydi, so‘ngra yana tiniqlashadi va 650°C haroratda to‘q sariq rangga kiradi. 900°C haroratda oltingugurt bug‘lari amalda S<sub>2</sub> molekularidan iborat bo‘ladi. Uning atomlarga parchalanishi taxminan 1600°C haroratdan boshlanadi.

Oltingugurtning solishtirma issiqlik sig‘imini (j/g·grad hisobida) quyidagi formulalar orqali hisoblanishi mumkin:

rombik oltingugurt uchun 0 dan 95,6°C harorat chegarasida

$$c_p = 0,469 + 8,17 \cdot 10^{-4} T$$

monoklinik oltingugurt uchun 0 dan 110°C harorat chegarasida

$$c_p = 0,465 + 9,09 \cdot 10^{-4} T$$

suyuq oltingugurt uchun

$$c_p = 0,239 - 25,6 \cdot 10^{-4} T$$

Bug‘ holatdagi oltingugurtning molyar issiqlik sig‘imini (j/g·grad hisobida) quyidagi formulalar orqali hisoblanishi mumkin:

$$C_p(S_2) = 0,507 + 5,79 \cdot 10^{-5} T$$

$$C_p(S_6) = 0,427 + 5,79 \cdot 10^{-5} T$$

$$C_p(S_8) = 0,411 + 5,79 \cdot 10^{-5} T$$

Bu formulalardagi  $c_p$  va  $C_p$  lar o'zgarimas bosimdagi issiqlik sig'imlaridir;  $T$  – absolyut harorat, °K hisobida.

**Tabiiy rudalardan oltingugurtning olinishi.** Tabiiy oltingugurt konlari qoldiqli yoki vulqonli xususiyatdagi qatlamlar tarzida uchraydi. Tabiiy oltingugurt konlari Italiyada (Sitsiliya orollarida), Yaponiyada (Xokkaydo orollarida), AQSH da (Texas va Luiziana shtatlarida) uchraydi.

Tarkibida 20% va undan ortiq oltingugurt tutgan tabiiy oltingugurt rudalari to'g'ridan-to'g'ri kuydirilib, sulfit angidridga aylantiriladi va undan sulfat kislota ishlab chiqariladi. Ammo odatda oltingugurtli rudalar kuydirilmaydi, balki undan oltingugurt suyuqlantirilib ajratib olinadi. Oltingugurtni suyuqlantirib ajratib olish pechlarda, avtoklavlarda va to'g'ridan-to'g'ri yer osti qatlamlarida amalga oshiriladi.

Pechlarda oltingugurtni suyuqlantirishda ruda tarkibidagi 25% gacha oltingugurtni yoqish issiqligidan foydalaniladi. Bunda elementar oltingugurt unumi 75% ga yetadi.

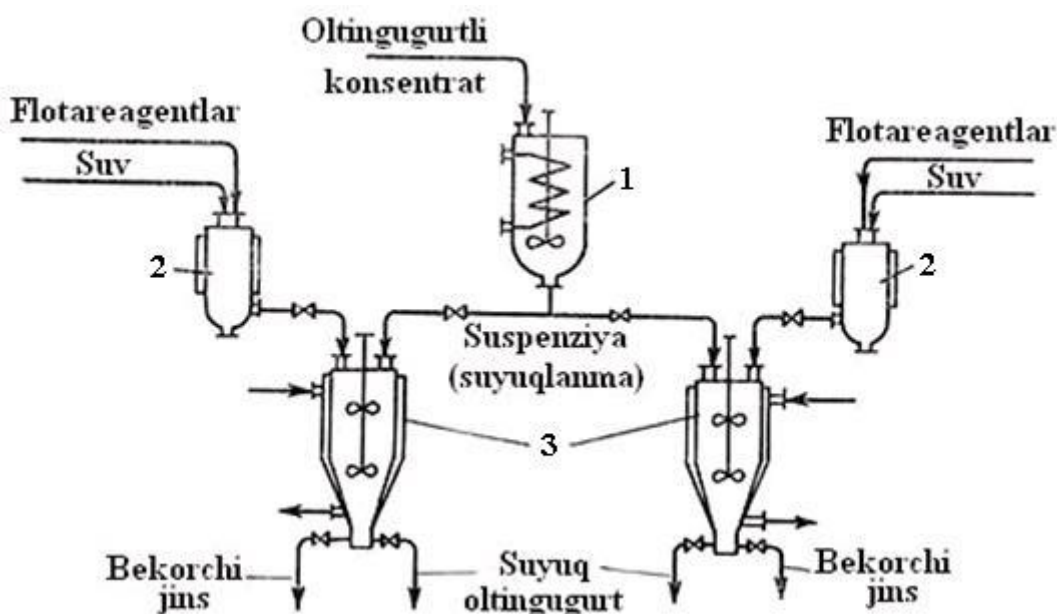
Oltingugurtni to'g'ridan-to'g'ri yer osti qatlamlaridan Frash usuli bo'yicha qazib olishda (bu usul AQSH da ishlatiladi) oltingugurt qaynoq suv bilan suyuqlantiriladi va qisilgan havo bilan yuzaga siqib chiqariladi. Buning uchun quduqqa bitta quvur orqali bosim ostida 150-160°C haroratgacha qizdirilgan suv berilsa, ikkinchisidan esa qisilgan havo yuboriladi. So'ngra suv ma'lum masofada joylashgan va oltingugurtli qatlamdan chuqurroq bo'lgan boshqa maxsus quduqdan chiqarib olinadi. Frash usuli bilan nisbatan arzon oltingugurt olinadi, lekin bunda kondan uni ajratib olish darajasi 30-60% ni tashkil etadi xolos. AQSH da oltingugurtning ko'p qismi temir yo'l va avtomobil sisternalarida suyuqlantirilgan holatda tashiladi.

Ko'pincha oltingugurtga boy bo'lgan tabiiy oltingugurt rudalaridan uni flotatsiyalash yo'li bilan ajratib olinadi.



Tabiiy rudalardan oltingugurt olish uchun flotatsiyalash va so‘ngra flotatsiya avtoklavlarida konsentratdan oltingugurtni suyuqlantirish usuli qo‘llaniladi (2.1-rasm).

Kondan keladigan oltingugurtli ruda dastlab tegirmonlarda maydalanadi. Juda mayda holatigacha maydalangan ruda flotatsiyalashga yuboriladi. Bunda flotoreagent sifatida suyuq shisha, kerosin va C<sub>7</sub>-C<sub>9</sub> spirtlari ishlatiladi. Tarkibida 70-75% elementar oltingugurt bo‘lgan hosil qilingan konsentrat quyultiruvchilarda, so‘ngra barabanli filtrlar yoki sentrifugalarda 10-15% namlik qolguncha suvsizlantiriladi. Suvsizlantirilgan oltingugurtli konsentrat ochiq suyuqlantirgich 1 ga yuboriladi.



**2.1-rasm. Avtoklavlarda flotatsiyalash orqali oltingugurtli konsentratlardan oltingugurt olish tasviri:**

1 – suyuqlantirgich; 2 – flotoreagent eritmaları yig‘gichlari; 3 – flotatsiyalash avtoklavlari.

Suyuqlantirgich unumdorligi oltingugurtli konsentrat namligiga bog‘liq va u konsentrat namligi 10-15%, qizdirish yuzasi 1 m<sup>2</sup> bo‘lganda 100-150 kg/s ni tashkil etadi. Quruq konsentratni suyuqlantirishda unumdorlik 270-300 kg/s gacha yetadi.

Muntazam ravishda suyuqlangan oltingugurtli konsentrat suyuqlantirgich 1 dan 120-130°C haroratda oltingugurtli suspenziya holatida flotatsiyalash avtoklavi

3 ga tushadi. Bu yerga shu bilan bir vaqtda yig'gich 2 dan flotoreagentning suvli eritmasi ham beriladi.

Avtoklavlar po'latdan tayyorlangan silindrik idish bo'lib, konussimon taglikka egadir. Sirti bug'li qoplama isitiladi. Avtoklavda aralashtirgichlar bo'ladi. Avtoklavdagi ikkita shtutserning biridan suyuqlantirilgan oltingugurt, ikkinchisidan esa bekorchi jinslar chiqarib olinadi.

Avtoklavdagi massani aralashtirilganda suv mayda tomchilarga bo'linadi, u esa bekorchi jinslarga absorbsiyalanishi natijasida massaning yuqori qatlamiga qalqib chiqadi. Shuning uchun avtoklavdan dastlab toza suyuq oltingugurt quyib olinadi, so'ngra esa bekorchi jins chiqariladi.

Flotatsiyalash avtoklavining unumdorligi 1 m<sup>3</sup> hajmdagi jihoz uchun 1600 kg/s oltingugurtga to'g'ri keladi. Konsentratdan oltingugurtning umumiy ajratib olish darajasi 95-98% ni tashkil etadi.

Flotatsiyalash avtoklavining ishlash tartibi taxminan quyidagicha bo'ladi:

Bajariladigan ishlar	Davomiyligi, minut
Oltingugurtli bo'tqani suv bilan aralashtirish .....	10
Flotatsiyalash .....	5
Suyuq oltingugurtning quyib olish va chiqindilarni yo'qotish .....	15

Siklning umumiy davomiyligi 30 minutni, suyuq shisha sarfi 8% (eritmada SiO<sub>2</sub> ning konsentratsiyasi 3 g/l) ni tashkil etadi.

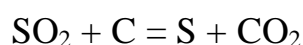
**Oltingugurt bug'ining olinishi.** Bug' holatdagi oltingugurtning rangli metallurgiya gazlaridan, neftni qayta ishlash gazlaridan, neft va tabiiy gazlarning yo'ldosh gazlaridan va boshqalardan ajratib olinadi. Shunday qilib, oltingugurt bug'i gazlarni tozalash jarayonlarining chiqindisi hisoblanadi va shuning uchun elementar oltingugurtning arzon turlaridan biriga kiradi. Ammo rangli metallurgiya gazlaridan olinadigan oltingugurt bug'i tarkibida ko'p miqdordagi mishyak va boshqa zararli qo'shimchalar bo'ladi, bu esa kontaktli sulfat kislotasi ishlab chiqarishda sulfitli gazlarni yetarli darajada oldindan tozalashni talab etadi.

Oltingugurt bug'i ayniqsa ko'pgina hollarda misli kolchedan kuydirish pechlari gazlaridan olinadi. Bunda elementar oltingugurt tarzida 80% gacha S

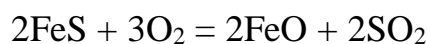
ajratib olinadi. Misli kolchedanning asosi pirit  $\text{FeS}_2$  hisoblanadi, kolchedandagi  $\text{CuS}$  miqdori 4% gacha bo‘ladi. Misli kolchedan, koks, kvarts va ohaktosh (flyus) dan iborat shixtaning pechlarda kuydirilishi to‘rtta zonada amalga oshadi. Birinchi zonada (quritish zonasida) shixta  $550^\circ\text{C}$  haroratgacha, keyingi zonada esa  $800^\circ\text{C}$  gacha qiziydi. Ikkinchi zonada  $800^\circ\text{C}$  haroratgacha qizigan shixtada quyidagi reaksiya sodir bo‘ladi:



Uchinchi zonada pechning pastki qismidan chiqadigan oltingugurt dioksid shixtadagi uglerod yordamida elementar oltingugurtgacha qaytariladi:

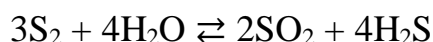


Va nihoyat, oxirgi – pechning pastki zonasida (oksidlab suyuqlantirish va shlak hosil bo‘lish zonasida)  $\text{FeS}$  yonadi:

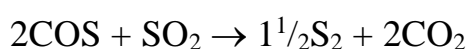
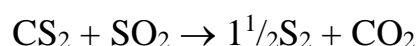
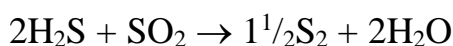


Bunda temir(II)-oksid shixta komponentlari bilan suyuqlanadi va shlak tarkibiga o‘tadi,  $\text{FeS}$  ning oksidlanmagan qismi esa mis sulfidi bilan shteyn hosil qiladi.

Sulfit anhidridning ko‘mir bilan qaytarilishida elementar oltingugurtdan tashqari turli xildagi oltingugurtli birikmalar (uglerod sulfid, uglerod sulfoksid va boshqalar) hosil bo‘ladi. Bundan tashqari, shixtadagi namlik va havo oltingugurt bilan ta’sirlashib, ma’lum miqdorda vodorod sulfid hosil qiladi:



Oltingugurt birikmalari ( $\text{CS}_2$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) pechning to‘rtinchi zonasida hosil bo‘ladigan sulfit anhidrid ta’sirida parchalanadi va elementar oltingugurtga aylanadi:

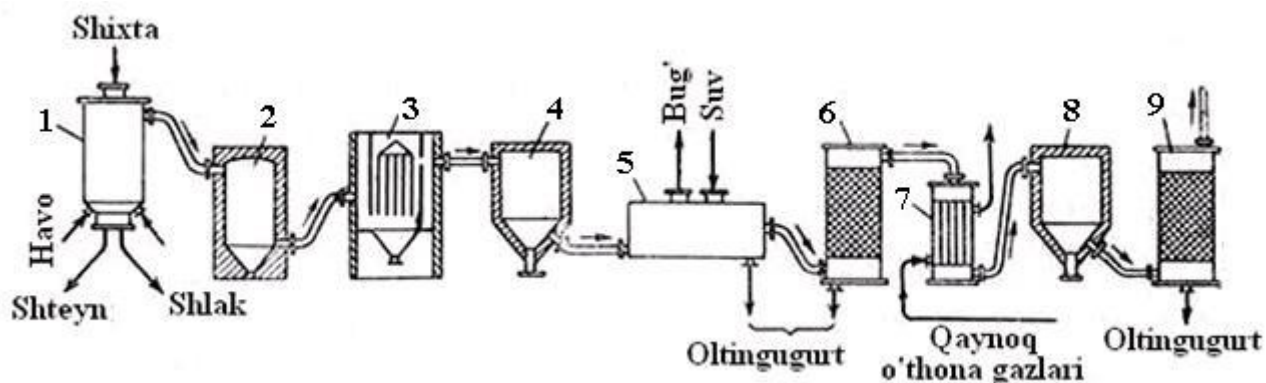
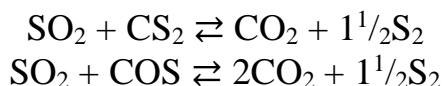


2.2-rasmda mis kolchedani suyuqlantirilishidan elementar oltingugurt olish tasviri keltirilgan. Shixta germetik pech 1 ning ikki yopqichli tirqishidan kiritiladi.

Havo pechning pastki furmalari orqali shunday miqdorda beriladiki, bunda pechdan chiqadigan gaz tarkibida kislorod bo'lmaydi. Suyuqlanish natijasida hosil bo'ladigan shlak va shteyn zichliklariga muvofiq ravishda bir-biridan ajraladi. Misli shteyn avtomatik quyish mashinalari yordamida keyingi bosqichdagi qora mis olishga yuboriladi, shlak esa chiqindixonagi chiqarib tashlanadi.

Pech 1 dan chiqadigan gazlar changtutgich 2 ga yuboriladi, u yerda yirik zarrachali chang ushlab qolinadi, so'ngra changdan to'la tozalash uchun elektrofiltr 3 ga uzatiladi.

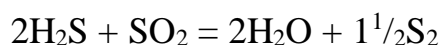
Changdan tozalangan gaz birinchi reaksiya (kontakt) kamerasi 4 ga keladi. Bu yerda katalizator (boksit) ishtirokida quyidagi reaksiyalar sodir bo'ladi:



## 2.2-rasm. Mis kolchedanidan oltinugurt bug'i olish tasviri:

1 – germetik pech; 2 – chang ushlagich; 3 – elektrofiltr;  
4,8 – reaksiya kameralari; 5 – bug' yutgich qozoni; 6,9 – gazdan oltinugurtni cho'ktirish uchun minoralar; 7 – gaz qizdirgich.

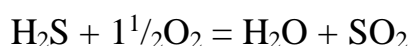
Reaksiya paytida gazning harorati 450°C gacha ko'tariladi, shuning uchun reaksiya kamerasidan chiqayotgan gaz bug' yutgich qozoni 5 da 130°C haroratgacha sovutiladi, u yerda oltinugurtning asosiy qismi kondensatlanadi. Oltinugurtning qolgan qismi esa po'lat halqachalar to'ldirilgan to'ldirgichli minora 6 da ushlab qolinadi. So'ngra sovutilgan gaz qizdirgich 7 orqali ikkinchi reaksiya kamerasi 8 ga yuboriladi, u yerda xuddi shunday katalizator (boksit) ishtirokida 200-250°C haroratda sulfit angidrid gazdagi qolgan vodorod sulfid bilan ta'sirlashadi:



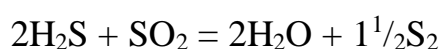
Shundan so‘ng gazdan oltingugurtning ajratib olish uchun birin-ketin ikkinchi qozon yutgich (rasmda ko‘rsatilmagan) va minora 9 dan o‘tadi.

Oltingugurtning ko‘p miqdori yoqilg‘i va texnologik gazlarni tozalash jarayonidan ajratib olinadigan vodorod sulfid olinadi. Bunday oraliq mahsulot sifatida olinadigan vodorod sulfid ho‘l kataliz usuli bo‘yicha sulfat kislotasi ishlab chiqarishda yoki elementar oltingugurt olishda foydalaniladi. Agar mintaqada sulfat kislotaga ehtiyoj bo‘lmasa yoki iste‘molchi kam bo‘lsa, u holda sulfit angidrid va vodorod sulfid sulfat kislotasi emas, balki oltingugurt olinadi. Uni tashish sulfat kislotaga nisbatan anchagina arzon, oltingugurtning ekvivalent miqdori sulfat kislotaga nisbatan 3 marta kamdir, oltingugurtdan sulfat kislotasi ishlab chiqarish texnologik tizimi esa anchagina soddadir.

Vodorod sulfid oltingugurt olish jarayoni shundan iboratki, bunda  $H_2S$  umumiy miqdorining  $\frac{1}{3}$  qismi havo bilan aralashtirilib yoqiladi, natijada sulfit angidrid hosil bo‘ladi:



So‘ngra bu gazlar aralashmasiga  $H_2S$  ning qolgan qismi aralashtiriladi va gazlar aralashmasi reaktorga yuboriladi, u yerda katalizator ishtirokida vodorod sulfid va sulfit angidrid oltingugurt hosil bo‘ladi:



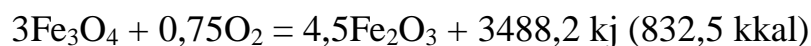
Hosil qilingan oltingugurt bug‘lari sovuq yuzada kondensatlanadi.

Hozirgi paytda kolchedandan elementar oltingugurt olish ham katta amaliy qiziqish uyg‘otmoqda (bu jarayonlar bo‘yicha 400 dan ortiq ixtirolarga patentlar mavjuddir). Gap shundaki, 1 t kolchedan oltingugurtini tashish elementar oltingugurtga nisbatan 2 martadan ham ko‘p harajatlarni talab etadi; bundan tashqari, oltingugurt sulfat kislotaga qayta ishlashning kapital va ishlatish harajatlari sulfat kislotani kolchedandan olishga nisbatan anchagina kamdir.

Kolchedandan oltingugurt ajratib olishning usullaridan birida kolchedan kuyundisidan qaynovchi qatlamda oltingugurt ajratib olish taklif etiladi. Bu reaksiya umumiy holda quyidagicha ifodalanadi:



Hosil bo‘ladigan temir kuyundisi  $Fe_3O_4$  qaynovchi qatlamda havo kislorodi bilan oksidlanadi va jarayonga temir(III)-oksidi tarzida qaytariladi:



Tabiiy oltingugurt va oltingugurt bug‘idan olingan mahsulot donachalar va maydalangan kukun tarzida ishlab chiqariladi hamda S va qo‘shimchalar miqdori bo‘yicha navlarga ajratiladi (2.1-jadval).

2.1-jadval

**Oltingugurt navlari**

Tarkibi, %	Tabiiy oltingugurt			Oltingugurt bug‘i	
	oliy nav	1-nav	2-nav	1-nav	2-nav
Oltingugurt, kam emas .....	99,9	99,5	98,6	99,8	99,8
Kul, ko‘p emas .....	0,05	0,2	0,5	0,1	0,5
Kislotaliligi ( $H_2SO_4$ hisobida), ko‘p emas .....	0,005	0,005	0,01	0,02	0,03
Mishyak, ko‘p emas .....	0,0005	0,0005	0,003	0,01	0,5
Namligi, ko‘p emas .....	0,2	2,0	2,0	0,2	0,5
Organik moddalar, ko‘p emas	0,06	0,3	0,8	belgilanmagan	
shu jumladan uglerod, ko‘p emas .....	0,048	0,24	0,64	–	–

**3-§. Rangli metallurgiya va aglomeratsiya gazlari. O‘txona va yonilg‘i gazlari. Sulfatli xomashyolar**

**Rangli metallurgiya gazlari.** Misli, ruxli, qo‘rg‘oshinli rudalar va konsentratlar hamda boshqa rangli metallar tutgan rudalarni kuydirish jarayonida rangli metallar ajratib olish uchun qayta ishlashga keladigan qattiq qoldiq – kuyundidan ajraladigan chiqindi gazlar hosil bo‘ladi. Chiqindi gazlar tarkibida sulfat angidrid bo‘ladi va u sulfat kislota ishlab chiqarish uchun qimmatbaho xomashyo hisoblanadi.

Rangli metallurgiya chiqindi gazlaridan foydalanish muhim xalq xo‘jaligi ahamiyatiga egadir, chunki, masalan har bir tonna mis suyuqlantirib olishda sulfat kislotali tizimdagi oltingugurtli xomashyoni kuydirishga sarflanadigan xarajatlarsiz 10 t dan ortiq sulfat kislota olish imkoniyati yaratiladi. Bundan tashqari, chiqindi

gazlari tarkibidagi oltingugurt oksidlarini tutib qolinishi hisobiga metallurgiya korxonalarida havosining musaffoligi saqlab qolinadi.

Rangli metallurgiya rudalari qaynovchi qatlam (QQ) pechlarida kuydiriladi. Kuyundi gazlar va qaynovchi qatlam pechlarining gazlari tarkibi bo'yicha oltingugurt kolchedani kuydirilishidan hosil bo'ladigan gazlardan kam farq qiladi va shuning uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda to'g'ridan-to'g'ri foydalaniladi. Boshqa pechlarda hosil bo'ladigan gazlar tarkibi ko'pincha xomashyo sifatiga, qurilmalarga hamda pech va boshqa jihozlar holatiga, shuningdek kuydirish jarayoni sharoitiga bog'liqdir. Shunga bog'liq holda bunday gazlardagi sulfit anhidrid miqdori katta chegarada o'zgaradi.

Xomashyoni kuydirish jarayonini intensivlash va olinadigan yarim mahsulotlar – rangli metallurgiya kuyundilari sifatini yaxshilash uchun pechga beriladigan havoga purkashdan oldin uning tarkibida 30-35% O<sub>2</sub> bo'lguncha kislorod qo'shish qo'llaniladi yoki kuydirish jarayoni texnologik kislorod (95% O<sub>2</sub>) muhitida amalga oshiriladi. Kislorod ishlatiladigan barcha holatlarda ham kuydirishdan chiqadigan chiqindi gazlaridagi sulfit anhidridning konsentratsiyasi ortadi.

Masalan, ruxli konsentratni qaynovchi qatlam pechlarida kuydirishda tarkibida 30% O<sub>2</sub> tutgan havo berilishi (havodagi 21% O<sub>2</sub> o'rniga) orqali o'tkazilgan sanoat sinovlari shuni ko'rsatadiki, bunda chiqadigan gaz tarkibidagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi 8 dan 14% ga ko'tariladi, pech unumdorligi 70% ga ortadi, kuyundidagi sulfidli oltingugurt miqdori 3 marta kamayadi.

**Aglomeratsiya gazlari.** Qora metallurgiyaning yirik korxonalarida temir rudasi domna pechiga berilishdan oldin maxsus fabrikalarda aglomeratsiyalanadi (ruda shixtalarini metallurgik xossalari yaxshilash uchun havo purkash orqali ularni yiriklashtirishning termik usuli amalga oshiriladi). Bunda ruda tarkibidagi oltingugurt oksidlanib sulfit anhidridga aylanadi va aglomeratsiya gazlari tarkibiga o'tadi. Temir rudasida oltingugurt miqdori ko'p bo'lganda aglomeratsiya gazi tarkibida 0,5-1,5% gacha SO<sub>2</sub> bo'ladi. Ayrim yirik aglomeratsiya fabrikalarida atmosferaga chiqarib yuboriladigan gazlar 5 mln m<sup>3</sup>/s dan ortadi, ular bilan chiqib

ketadigan oltingugurt miqdori yiliga bir necha yuz ming tonnani tashkil qiladi. Bunday gazlarni to'g'ridan-to'g'ri atmosferaga chiqarib yuborish ham ekologik, ham iqtisodiy jihatdan katta zararga olib keladi.

Qora metallurgiyaning aglomeratsiya gazlarini ulardagi  $\text{SO}_2$  ni turli xil yuttiruvchi materiallar yordamida ushlab qolish va so'ngra undan konsentrlangan sulfid angidridni ajratib olish yo'li bilan yoki aglomeratsiya gazlarini rudadan bir necha bor o'tkazish orqali uni tarkibidagi  $\text{SO}_2$  konsentratsiyasini oshirish va konsentrlangan aglomeratsiya gazidan  $\text{SO}_2$  ni ajratib olishni yo'lga qo'yish ham ekologik, ham iqtisodiy samara olinishi mumkin.

**O'txona va yonilg'i gazlari.** O'choqlarda ko'mir yoqilganda ko'mirdagi oltingugurt ham yonadi va atmosferaga chiqarib yuboriladigan o'txona gazlari tarkibida anchagina  $\text{SO}_2$  ham bo'ladi. U atmosfera havosini ifloslantirib, ekologik vaziyatni yomonlashishiga olib keladi. Shuning uchun o'txona gazlari ham tozalanadi. Bunday tozalash natijasida ko'p miqdordagi sulfid angidrid ushlab qolinadi va uni sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladi. Lekin o'txona gazlaridan  $\text{SO}_2$  ni tozalash katta sarf-xarajatlarni talab etadi, shuning uchun o'txona gazlarining ma'lum qismigina tozalashga yuboriladi. O'txona gazlarini tozalashning arzon usullarini o'ylab topish va uni ishlab chiqarishga joriy etish bir tomondan tabiiy manbaalardan oqilona foydalanish imkoniyatini ochsa, ikkinchidan, tabiatdagi ekologik muvozanatni saqlab qolish kabi muhim muammolardan birining yechimi topiladi. Bunday ishlarni amalga oshirish albatta hozirgi paytda yetishib chiqayotgan «Kimyoviy texnologiya» mutaxassisligi bo'yicha tayyorlanayotgan mutaxassislar zimmasiga yuklanadi.

Ko'pgina yoqilg'i gazlari (koks gazi, generator gazi, yo'ldosh gazlar, tabiiy gaz, neftni qayta ishlash gazlari) tarkibida anchagina miqdorda vodorod sulfid bo'ladi va u doimo gaz tarkibidagi zararli keraksiz qo'shimcha hisoblanadi. Masalan, marten pechlarida vodorod sulfid suyuq metallarga yutiladi va unda oltingugurt holida qoladi, bu esa po'latning sifatini yomonlashtiradi. Neftni qayta ishlash gazlari, yo'ldosh va tabiiy gazlar asosan turli hil mahsulotlar sintez qilishda, shuningdek turmushda ishlatiladi. Har ikki holatda ham gazlardagi  $\text{H}_2\text{S}$



miqdori Davlat Standartlari talabiga muvofiq  $20 \text{ mg/m}^3$  dan ortmasligi lozimdir. Shuning uchun tarkibida vodorod sulfid miqdori me'yoridan ko'p bo'lgan yoqilg'i gazlari, tarkibida yutuvchi moddalar (monoetanolami, soda va b.) bo'lgan eritmalar bilan qayta ishlanadi (yuviladi). Yutuvchi eritmadan vodorod sulfidni qizdirish orqali ajratiladi va bunda yuqori konsentratsiyali (90% gacha  $\text{H}_2\text{S}$  bo'lgan) vodorod sulfid olinadi. Vodorod sulfidli gazdan sulfat kislota yoki elementar oltingugurt ishlab chiqarishda foydalaniladi.

**Sulfatli xomashyolar.** *Gips.* Ko'pgina mamlakatlarda gips – kalsiy sulfat kristallogidрати  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  ning yirik konlari mavjuddir. Tabiatda kalsiy sulfat suvsiz tuz – angidrit  $\text{CaSO}_4$  tarzida ham uchraydi, shuningdek fosfat kislota, fosforli va kompleks o'g'itlar sanoatining chiqindisi – fosfogips holatida ham hosil bo'ladi.

Sulfat kislota olish uchun gips (angidrit, fosfogips) ning ko'mir va gil bilan aralashmasi kuydiriladi. Bunda kalsiy sulfatning qaytarilishi natijasida sulfit angidrid hosil bo'ladi. Qolgan kuyundi maydalangandan so'ng sement hisoblanadi. O'zbekistonda gipsdan sulfat kislota ishlab chiqarilmaydi, chunki bizda sulfat kislota ishlab chiqarish uchun gipsga nisbatan ancha arzon bo'lgan boshqa xomashyolar yetarlicha mavjuddir.

*Chiqindi kislotalar.* Neft mahsulotlarini tozalashda, organik moddalarni sulfolashda, suv tortib oluvchi modda sifatida va boshqa bir qancha maqsadlarda keng qo'llaniladigan sulfat kislota ishlatib bo'lingandan so'ng tarkibida ko'p miqdordagi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bo'lgan chiqindi sifatida korxonalaridan chiqariladi. Bunday chiqindilar miqdori yildan-yilga ko'payib bormoqda. Ularni tozalash inshootlarida ishqorlar bilan neytrallab oqavalarga qo'shib yuboriladi va bu ham iqtisodiy, ham ekologik zararlar keltiradi.

Ko'p hollarda chiqindi kislotalardan sulfat kislotasini ajratib olish maqbul hisoblanadi. AQSH da yiliga 0,8 mln t sulfat kislota (ikkilamchi kislota) chiqindi kislotalardan ajratib olinadi.

Chiqindi kislotalarni qayta ishlash usuli uning tarkibiga bog'liqdir. Bu kislotalardan foydalanishning iqtisodiy jihatdan eng maqbul yo'li, bu uning

tarkibidagi qo‘shimchalar ishlab chiqarish ko‘rsatkichiga sezilarli ta‘sir ko‘rsatmaydigan sanoatlardir, masalan, mineral o‘g‘itlar sanoati, metallarni tozalash va boshqalar.

Chiqindi kislotalardan to‘g‘ridan-to‘g‘ri foydalanib bo‘lmaydigan sharoitlarda ular tarkibidagi qo‘shimchalar tozalanadi yoki kislotani termik parchalash yo‘li bilan sulfat angidrid olinadi va undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

*Yuvindi eritmaları.* Metallar sirtini tozalashda kislota eritmalaridan foydalaniladi va bunda hosil bo‘ladigan chiqindi eritmalar yuvindi eritmaları deyiladi. Yuvindi eritmaları tarkibida 2-4% erkin  $H_2SO_4$  va 25% gacha  $FeSO_4$  bo‘ladi. Yuvindi eritmalaridan temir sulfatning asosiy qismi  $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  tarzida ajratib olinadi va qoldiq eritma yuvish vannalariga qaytariladi. Yuvindi eritmaları regeneratsiyalashdan ajratilgan temir kuporosi mahsulot sifatida chiqariladi.

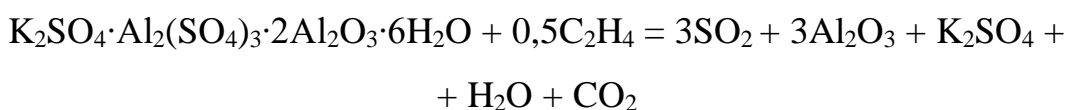
Ayrim qurilmalarda yuvindi eritmalaridan oldindan temir kuporosini ajratib olmasdan sulfat kislotasi olinadi. Bunday hollarda yuvindi eritmalaridagi sulfat kislotasi ortiqcha miqdordagi kuyundi bilan neytrallanadi va bu aralashma pechlarda ko‘mir bilan qaytariladi. Hosil qilingan sulfat angidrid sulfat kislota ishlab chiqarish uchun ishlatiladi.

*Alunitlar.* Sulfat kislota ishlab chiqarishning kelajakdagi xomashyolaridan biri alunitlar hisoblanadi. Toza alunit mineralining kimyoviy tarkibi quyidagi formula bilan ifodalanadi:  $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 2Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ .

Alunit rudasidagi bu mineralning miqdori 50% ga yetadi. Ruda tarkibida, shuningdek, kremnezem, temir va titan oksidlari, 0,2% gacha  $P_2O_5$  bo‘ladi.

Alunit  $500^\circ C$  haroratgacha qizdirilganda tarkibidagi barcha kristallizatsiya suvini yo‘qotadi,  $600^\circ C$  dan yuqorida esa mineral  $SO_3$  ajratish bilan parchalana boshlaydi.

Alunitning gaz holatdagi qaytaruvchilar bilan ta‘sirlashishi natijasida quyidagi mahsulotlar hosil bo‘lishiga olib keladi:



Ajraladigan gaz tarkibidagi SO<sub>2</sub> miqdori hajm bo'yicha 75% ni (quruq gaz hisobida) tashkil qiladi. Gaz havo bilan suyultiriladi va kontaktli usulda sulfat kislota ishlab chiqarish uchun ishlatiladi. Glinozem (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) alyuminiy ishlab chiqarishga yuboriladi, kaliy sulfatdan esa o'g'it sifatida foydalaniladi.

***Nazorat uchun savollar:***

1. Sulfat kislota ishlab chiqarishda qanday xomashyo turlari ishlatiladi?
2. Oltinugurt kolchedanlarining tarkibi va turlarini ayting.
3. Rangli metallurgiya gazlaridan qanday maqsadlarda foydalaniladi?
4. Oltinugurtning ishlatilish sohalarini ayting.
5. Oltinugurtning xossalarini ayting.
6. Tabiiy rudalardan oltinugurt qanday olinadi?
7. Oltinugurt bug'ining olinish usullarini ayting.
8. Aglomeratsiya gazlari qanday maqsadlarda ishlatiladi?
9. O'txona va yokilg'i gazlari nima uchun tozalanadi?
10. Sulfatli xomashyolarning yana qanday turlarini bilasiz?
11. Sulfat kislota ishlab chiqarishning kelajakdagi xomashyosi nimalar bo'lishi mumkin?

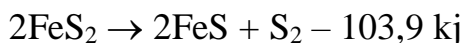
### *III-bob*

## **OLTINGUGURTLI XOMASHYOLARNI KUYDIRISH**

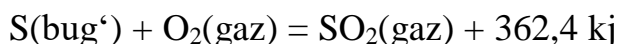
### **1-§. Oltिंगugurtli xomashyolarni kuydirishning fizik-kimyoviy asoslari**

**Oltिंगugurtli xomashyolarni yonish reaksiyalari.** Tarkibida sulfit anhidrid tutgan gazli aralashmalar texnikada sulfitli gazlar deyiladi. Sulfitli gazlar komponentlarining ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{O}_2$ ,  $\text{N}_2$  va hokazo) konsentratsiyasi boshlang'ich xomashyolar turi va ularning kuydirilish usuliga qarab turlicha bo'ladi.

Kolchedanning kuydirish jarayoni bir necha bosqichli reaksiyalar bilan amalga oshadi. Dastlab temir disulfid  $\text{FeS}_2$  ning termik parchalanishi natijasida temir sulfid va oltिंगugurt bug'lari hosil bo'ladi:

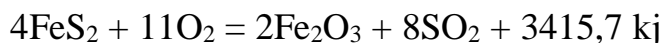


Oltिंगugurtning ajralishi  $500^\circ\text{C}$  haroratdan boshlanadi va haroratning oshirilishi natijasida tezlashadi. Oltिंगugurt bug'lari oltिंगugurt dioksid hosil qilish bilan yonadi, xuddi shunday jarayon elementar oltिंगugurt yonganda ham kuzatiladi:



Temir sulfid  $\text{FeS}$  ham yonadi, ammo bu jarayonning aniq mexanizmi belgilab berilmagan va hozirda bir necha oraliq reaksiyalar yo'nalishlari aytib o'tilgan. Ulardan birida  $\text{FeS}$  oksidlanishining birinchi bosqichida temir sulfatlari hosil bo'lishi va so'ngra ular temir oksidlarigacha parchalanishi ko'rsatilgan bo'lsa, boshqasida esa  $\text{FeS}$  to'g'ridan-to'g'ri temir oksidlariga aylanishi aytilgan.

Umumiy holda kolchedanning yonish jarayoni temir(III)-oksidi  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  yoki temir kuyundisi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hosil bo'lishi bilan kechadi:



yoki



Yuqori harorat, gaz tarkibidagi sulfit anhidrid miqdorining ko'p bo'lishi va yonmagan kolchedan miqdorining nisbatan katta bo'lishi  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  hosil bo'lishi

uchun qulay sharoit yaratadi. Yonish jarayonida kolchedan tarkibidagi qo‘rg‘oshin, magniy, kalsiy, bariy sulfatlari parchalanmaydi. Kuydirish jarayonida metallar karbonatlari parchalanishi natijasida karbonat anhidrid ajralib chiqadi va tegishli metallarning oksidlari hosil bo‘ladi, so‘ngra ular sulfatlarga aylanadi.

Ko‘mirli kolchedan kuydirilganda oltingugurt bilan birgalikda uglerod ham yonadi:

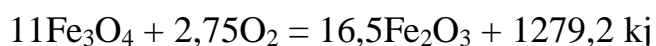


Bunda kuyundi gazi tarkibidagi kislorod miqdori kamayadi, bu esa sulfit anhidridning keyingi bosqichdagi katalitik oksidlanish tezligini pasaytiradi.

Kolchedanning kuyundi bilan oksidlanishi natijasida (jarayon 800°C haroratda amalga oshiriladi) yuqori konsentratsiyali sulfit anhidrid gazi olinadi:



Hosil bo‘lgan temir kuyundisi havo kislorodi bilan 900°C haroratda oksidlanadi va yana jarayonga qaytariladi:

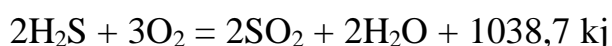


Bu reaksiyalarning issiqlik effektlari yig‘indisi musbat bo‘lib, 828,4 kJ ga teng, bu esa bunday usulda sulfit anhidrid olishning avtotermik jarayon bo‘lishligini ta‘minlaydi.

Rux aldamasi kuydirilganda quyidagi reaksiya sodir bo‘ladi:



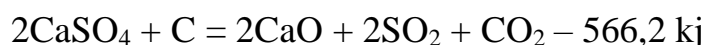
Vodorod sulfid yoqilganda esa sulfit anhidrid bilan birgalikda suv bug‘i ham hosi bo‘ladi:



Gips  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  qizdirilganda dastlab kristallizatsiya suvi ajraladi, so‘ngra kalsiy sulfat (angidrit) parchalanadi:



Uning to‘la parchalanishi 1400-1500°C haroratda amalga oshadi. Parchalanish haroratini pasaytirish uchun ko‘mir qo‘shish kerak. Bunda quyidagi reaksiya sodir bo‘ladi:



CaSO<sub>4</sub> ning parchalanish haroratini pasaytirish uchun shixtaga kremnezem, alyuminiy va temir oksidlari qo‘shish orqali ham amalga oshirilishi mumkin.

**Oltinugurtli xomashyolarning yonish issiqligi.** Kolchedanni kuydirish reaksiyasi (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> hosil bo‘lishi bilan boradigan reaksiya) ning tenglamasidan ko‘rinadiki, 4 mol temir disulfid (molekulyar massasi 119,98) yonganda 3415,7 kJ issiqlik ajraladi. Shunday ekan, kimyoviy toza FeS<sub>2</sub> ning yonish issiqligi:

$$\frac{3415,7 \cdot 1000}{4 \cdot 119,98} = 7119 \text{ kJ ga tengdir.}$$

Kolchedanning yonishidan ajraladigan issiqlik miqdori oltinugurtning to‘la yonish (t.yo.) darajasiga bog‘liq bo‘lib, quyidagi tenglama bilan hisoblanishi mumkin:

$$Q = \frac{7119 C_{S(t.yo.)}}{53,5} = 133,2 C_{S(t.yo.)} \text{ kJ/kg}$$

bu yerda:  $C_{S(t.yo.)}$  - oltinugurtning to‘la yonish darajasi, %;

53,5 – FeS<sub>2</sub> dagi oltinugurt miqdori, %.

Oltinugurtning to‘la yonish darajasi o‘z navbatida quyidagi tenglamadan topiladi:

$$C_{S(t.yo.)} = C_{S(haqiqiy)} - \chi C_{S(kuyundi)}$$

bu yerda:  $C_{S(haqiqiy)}$  - kolchedandagi oltinugurt miqdori, %;

$\chi$  - hosil bo‘ladigan kuyundi miqdori;

$C_{S(kuyundi)}$  - kuyundidagi oltinugurt miqdori, %.

Xuddi shunday, turli xildagi xomashyolarni kuydirish natijasida hosil bo‘ladigan issiqlik miqdorlari quyidagi tenglamalar bo‘yicha aniqlanadi kolchedan yondirilganda:

$$Q = 126,5 C_{S(t.yo.)} \text{ kJ/kg}$$

oltinugurt yoqilganda:

$$Q = 92,6 C_{S(t.yo.)} \text{ kJ/kg}$$

rux aldamsi kuydirilganda:

$$Q = 146,7 C_{S(t.yo.)} \text{ kJ/kg}$$

**Oltugurtli xomashyoni kuydirish harorati.** Piritning sekin oksidlanishi 170-260°C haroratdayoq sulfid angidrid ajralishi bilan boshlanadi, turli navlardagi kolchedanning alanganish harorati esa 375 dan 420°C intervalida bo‘ladi. Bunda kolchedan qanchalik maydalangan bo‘lsa, uning alanganish harorati ham shunchalik past bo‘ladi. Kolchedandagi kremnezem qo‘shimchasining ortishi alanganish haroratini oshiradi, organik mahsulot qo‘shimchalari esa uni pasaytiradi.

Shuni ham ta’kidlash lozimki, gazli aralashmadagi kislorod miqdorining ortishi bilan xomashyoning alanganish harorati ortadi. Buni gaz tarkibida kislorodning ortishi bilan kolchedan sirtida temir sulfatdan iborat mustahkam himoya pardasining hosil bo‘lishi bilan izohlanishi mumkin.

Kolchedanning yonish issiqligi asosan hosil bo‘ladigan gaz va kuyundining qizishi uchun sarflanadi. Shuning uchun kolchedanni yonish harorati va kuyundi gazining harorati (pechga kiradigan gazning harorati 0°C bo‘lganda) umumiy holda quyidagi tenglama bilan hisoblanishi mumkin:

$$t_1 = \frac{Q}{V_{gaz}c_{gaz} + G_{kuyundi}c_{kuyundi}}$$

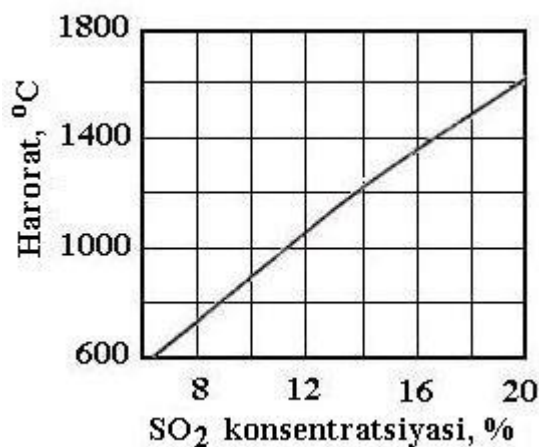
bu yerda:  $Q$  – kolchedanning yonish issiqligi, kJ/kg;  $V_{gaz}$  – 1 kg kolchedan yonganda hosil bo‘ladigan kuyundi gazining hajmi, m<sup>3</sup>;  $c_{gaz}$  – 0°C dan t harorat intervaligacha kuyundi gazining o‘rtacha issiqlik sig‘imi, kJ/(m<sup>3</sup>·grad);  $G_{kuyundi}$  – 1 kg kolchedan yonganda hosil bo‘ladigan kuyundi miqdori, kg;  $c_{kuyundi}$  – kuyundining issiqlik sig‘imi, kJ/(kg·grad).

Mexanik kuydirish pechlarida issiqlikning ko‘p miqdori pech devorlari orqali va havo bilan birgalikda chiqib ketishi hisobiga yo‘qotiladi. Shuning uchun hisoblashlarda buni ham e’tiborga olish lozim bo‘ladi. Chang holatida va qaynovchi qatlamli kuydirish pechlarida atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik birmuncha kam bo‘ladi.

5.1–rasmda oltugurtning 0°C haroratli turli miqdordagi havoda adiabatik yoqilishidan hosil bo‘ladigan kuyundi gazidagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi va harorat orasidagi bog‘liqlik grafigi ko‘rsatilgan. 1300°C dan yuqori haroratda pechning va

gaz o'tkazish quvurlarining ichki niqobi tezda ishdan chiqishi tufayli amalda pechdagi haroratni oshirish va yuqori konsentratsiyali sulfid angidrid bo'lgan gaz olish imkoniyatlari cheklanadi. Vaxolanki oltingugurtni yoqish pechlarining o'lchami kichik va bunda atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik oz bo'lsada, 3.1-rasmda keltirilgan grafikdan faqatgina mo'ljal hisoblari uchun foydalanish mumkin.

Qaynoq gazlarni suyuq singdiruvchilar bilan tozalashning mavjud usullarida (ho'l usullarda) olinadigan vodorod sulfid gazi ko'p hollarda  $H_2S$  ning yuqori konsentratsiyaliligi bilan xarakterlanadi. Shuning uchun bunday gazning yoqilishida, hattoki tarkibida ko'p miqdordagi ballast azot tutgan havo bilan aralashmasida ham yuqori harorat xosil bo'ladi. Vodorod sulfidni yuqori haroratda yoqish maqsadga muvofiqdir, chunki bunda yonish tezligi ortadi va issiqlikdan foydalanish sharoiti yaxshilanadi. Lekin  $1200^{\circ}C$  dan yuqori haroratda yoqish, pech tayyorlanadigan materiallarni tanlashga bog'liq qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi.



**3.1-rasm. Oltingugurtni yondirishdagi kuyundi gaz haroratining  $SO_2$  konsentratsiyasiga bog'liqligi.**

Komponentlarning belgilangan nisbatida vodorod sulfidning kislorod yoki havo bilan aralashmalari qizdirilganda o'z-o'zidan alanganish xususiyatiga egadir. Vodorod sulfidni kislorod bilan aralashmasining alanganish harorati  $220-235^{\circ}C$  ni, havo bilan aralashmasi esa  $346-379^{\circ}C$  ni (ayrim ma'lumotlarga ko'ra  $290^{\circ}C$  ni) tashkil etadi.



Pechdan chiqadigan kuyundi gazining harorati  $t_2$  taxminiy hisoblashlarga ko‘ra (agar atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik hisobga olinmasa va vodorod sulfid, havo hamda kuyundi gazlarining issiqlik sig‘imlari bir xil deb olinsa), quyidagi tenglama bo‘yicha ifodalanadi:

$$t_2 = \frac{t_c + \delta \cdot t_e + 167a}{1 + \delta - \frac{a}{200}}$$

bu yerda:  $t_s, t_v$  – vodorod sulfid va havoning harorati, °C;  $a$  – vodorod sulfid gazidagi H<sub>2</sub>S miqdori, %;  $\delta$  - koeffitsient.

**Oltinugurt tutgan xomashyoni yonish tezligi.** Kolchedanning yonish tezligi FeS<sub>2</sub> ning oltinugurt va FeS ga parchalanish tezligiga, shuningdek temir sulfid FeS va oltinugurtning SO<sub>2</sub> hosil qilib oksidlanish tezligiga bog‘liqdir. Haroratning va gazlar aralashmasidagi kislorod miqdorining ortishi hamda kolchedan bo‘lakchalari o‘lchamining kichrayishi bilan yuqorida ko‘rsatilgan jarayonlar tezligi ortadi va shu hisobiga kolchedanning yonish tezligi ortadi. Kolchedanning yonish tezligiga uning kimyoviy va mineralogik tarkibi, shuningdek kristall tuzilishi va turli qo‘shimchalarning bo‘lishi katta ta‘sir ko‘rsatadi.

Kolchedanni kuydirishda yonayotgan materialning dashqollanib qolishi katta qiyinchiliklar keltirib chiqaradi. Haroratning ko‘tarilishi bilan kolchedanning dashqollanishi ortadi, u shuningdek, kolchedan tarkibi (navi) ga ham bog‘liqdir. Oltinugurtga boy (35% S atrofida) kolchedan 800°C haroratdayoq dashqollanadi, ko‘pchilik kolchedanlar esa 900°C da dashqollanadi. Mexanik pechlarda kolchedanning dashqollanishi uning yonish intensivligini pasaytiradi, chunki bunda kolchedanning havo kislorodi bilan to‘qnashuv sirti kamayadi. Kolchedanning dashqollangan bo‘lakchalarining hosil bo‘lishi pechning ichki sirt yuzalarini buzilishiga olib keladi; bundan tashqari, oltinugurtning kuyundi bilan birgalikda yo‘qotilishini oshiradi.

Kolchedanni chang holatida va qaynovchi qatlam (QQ) pechlarida kuydirishda dashqollanishga yo‘l qo‘yib bo‘lmaydi, chunki bunda hosil bo‘ladigan

kolchedan dashqol bo‘lakchalari uning muallaq holatida yonish jarayonini buzadi. Qaynovchi qatlam pechlarining qaynovchi qatlamida oz miqdordagi oltingugurt tutgan kuyundi ham bo‘ladi, bu esa bunday pechlarda dashqollanish mexanik va chang holatida kuydirish pechlaridagiga nisbatan yuqoriroq haroratda bo‘lishini ta’minlaydi.

Hamma holatlarda ham dashqollanish yuzaga kelishini kamaytirish uchun iloji boricha kuydirish haroratini pasaytiriladi.

**Kuyundi gazining tarkibi.** Oltingugurtli xomashyoni yoqish jarayonida kislorod nafaqat sulfid angidrid hosil bo‘lishiga, balki xomashyodagi boshqa komponentlarning (masalan, kolchedan kuydirilishida temirning, vodorod sulfid yoqilishida vodorodning) oksidlanishiga ham sarflanadi. Shuning uchun kuyundi gazining tarkibi kuydiriladigan xomashyo turi va pechga beriladigan gazdagi kislorodning konsentratsiyasiga bog‘liqdir.

Kuyundi gazidagi sulfid angidrid va kislorod orasidagi nisbat quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$C_{O_2} = n - \left[ m - \frac{n(m-1)}{100} \right] C_{SO_2} - \left[ m + 0,5 \frac{n(m-0,5)}{100} \right] C_{SO_3}$$

bu yerda:  $C_{O_2}$  - kuyundi gazidagi  $O_2$  miqdori, hajmiy %;  $C_{SO_2}$  - kuyundi gazidagi  $SO_2$  miqdori, hajmiy %;  $C_{SO_3}$  - kuyundi gazidagi  $SO_3$  miqdori, hajmiy %;  $m$  - reaksiyaga kirishuvchi kislorod mol qismining kuydirish natijasida hosil bo‘ladigan sulfid angidrid mol qismiga nisbati (kimyoviy reaksiya tenglamasi bo‘yicha);  $n$  - havodagi (yoki boshqa azot kislorod aralashmasidagi) kislorod miqdori, hajmiy %.

Agar xomashyoni kuydirish jarayonidagi  $SO_3$  ning hosil bo‘lishi hisobga olinmasa, yuqoridagi tenglama quyidagicha ifodalanadi:

$$C_{O_2} = n - \left[ m - \frac{n(m-1)}{100} \right] C_{SO_2}$$

3.1-jadvalda bu tenglamalar asosida turli xomashyolardan hosil qilingan kuyundi gazidagi kislorod miqdorini hisoblash formulalari keltirilgan. Agar 3.1-

jadvalda keltirilgan xoxlagan tenglamadagi  $C_{O_2}$  ni nolga teng (ya'ni kislorod yo'q) deb olinsa, kuyundi gazidagi  $SO_2$  ning nazariy miqdori kelib chiqadi.

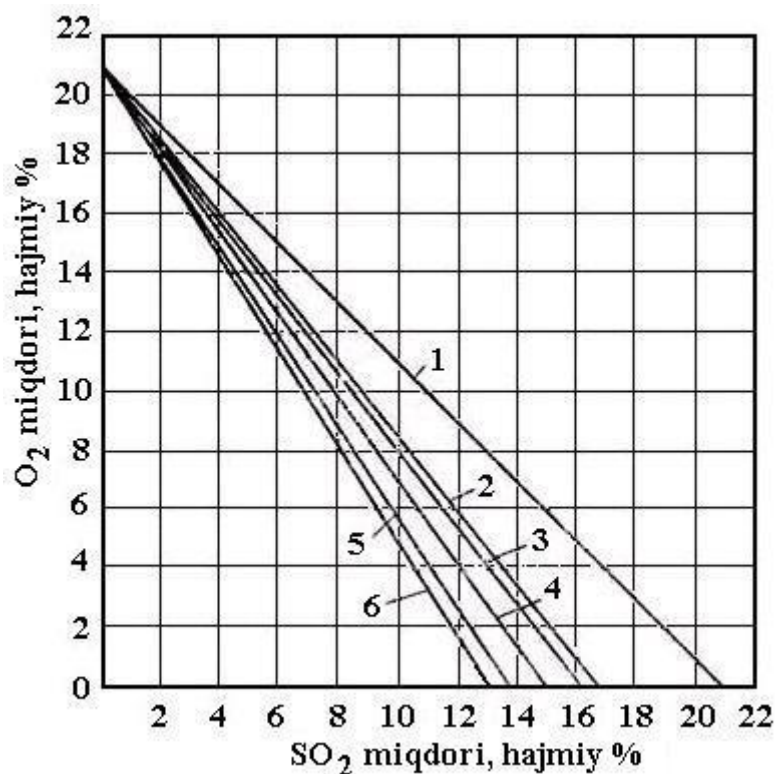
3.1-jadval

**Kuyundi gazidagi kislorod miqdorini hisoblash uchun formulalar  
( $SO_3$  hosil bo'lishi hisobga olinmagan)**

Kuydiriladigan xomashyo	Yonish reaksiyasi	m	n	Formula	Kuyundi gazidagi $SO_2$ ning nazariy miqdori, %
Oltingugurt	$S+O_2 = SO_2$	1,0	21	$C_{O_2} = 21 - C_{SO_2}$	21,0
Kolchedan havoda	$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$	1,375	21	$C_{O_2} = 21 - 1,296C_{SO_2}$	16,2
	$3FeS_2 + 8O_2 = Fe_3O_4 + 6SO_2$	1,333	21	$C_{O_2} = 21 - 1,263C_{SO_2}$	16,6
	tarkibida 45% $O_2$ tutgan aralashmada	1,375	45	$C_{O_2} = 21 - 1,216C_{SO_2}$	37,0
Rux aldamasi	$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$	1,5	21	$C_{O_2} = 21 - 1,395C_{SO_2}$	15,05
Vodorod sulfid	$2H_2S + 3O_2 = 2H_2O + 2SO_2$	1,5	21	$C_{O_2} = 21 - 1,605C_{SO_2}$	13,08

3.2-rasmda turli xildagi oltingugurtli xomashyolarning havoda yonishidan olingan kuyundi gazidagi sulfat angidrid va kislorod miqdorlarining bog'liqlik grafigi tasvirlangan.

Kuyundi gaz tarkibida sulfat angidridning bo'lishi xomashyoni kuydirish haroratiga, kuyundi gazdagi kislorodning konsentratsiyasiga, pechning tuzilishiga va boshqa sulfat angidridning oksidlanish jarayoni tezligini oshiruvchi hamda uning kuyundi bilan to'qnashuv vaqtini belgilaydigan (masalan, kolchedan zarralarining o'lchami va uning aralashtirish intensivligi kabi) bir qancha omillarga bog'liqdir.

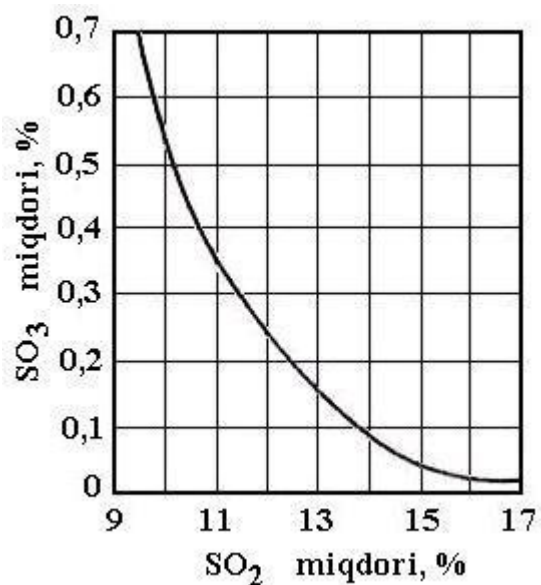


**3.2-rasm. Turli xildagi oltingugurtli xomashyolarning havoda yonishidan olingan kuyundi gazidagi sulfit anhidrid va kislorod miqdorlarining bog‘liqlik grafiqi:**

1–oltingugurt; 2–kolchedan (temir kuyundisi hosil bo‘lishi); 3–kolchedan [temir(III)-oksid hosil bo‘lishi]; 4–rux aldamasi va vodorod sulfid; 5–temir sulfid FeS; 6–pirrotin  $Fe_nS_{n+1}$  ( $n>5$ ).

Kolchedanni mexanik pechlarda kuydirilganda  $SO_3$  miqdori  $SO_2$  ning umumiy miqdorini 5-10% qismini tashkil etadi, chang holatida kuydirish pechlarida kuydirilganda esa  $SO_3$  miqdori nisbatan kam (2-3%) hosil bo‘ladi.

Qaynovchi qatlam pechlarida kolchedanni havo bilan aralashishi tez suratda bo‘lganligi sababli xomashyoni kuyishi katta tezlikda sodir bo‘ladi, shuning uchun qaynovchi qatlamli pechlardan ko‘p miqdorda sulfit anhidrid (15% gacha  $SO_2$ ) tutgan kuyundi gaz olinadi, chunki gazda xattoki kislorod miqdori oz darajada bo‘lsada, kuydirish jarayonining tezligi yetarlicha yuqori darajada qoladi.  $SO_2$  konsentratsiyasining katta (kislorod miqdorining kam) va kuydirish haroratining yuqori bo‘lishi hisobiga sulfit anhidridning  $SO_3$  ga oksidlanishi qaynovchi qatlam pechlarida sezilarli darajada bo‘lmaydi;  $SO_3$  miqdori qanchalik kam bo‘lsa, kuyundi gazi tarkibidagi  $SO_2$  konsentratsiyasi ham shunchalik darajada yuqori bo‘ladi (3.3-rasm).



**3.3-rasm. Qaynovchi qatlam pechlarida kuyundi gazidagi SO<sub>2</sub> miqdorining SO<sub>3</sub> miqdoriga bog‘liqlik grafigi.**

Vodorod sulfid gazi yoqilganda hosil bo‘ladigan kuyundi gazi tarkibidagi asosiy komponentlar miqdori (agar vodorod sulfidga O<sub>2</sub> aralashmagan va vodorod sulfid gazi tarkibidagi qo‘shimchalarni oksidlash uchun sarflanadigan kislorod hisobga olinmagan deb qabul qilinsa) quyidagi tenglamalar bilan ifodalanadi:

$$x = \frac{a}{1 + \delta - \frac{a}{200}}$$

$$y = \frac{21\delta \left(1 - \frac{d}{100}\right) - 1,5a}{1 + \delta - \frac{a}{200}}$$

$$z = \frac{a + c + \delta d}{1 + \delta - \frac{a}{200}}$$

bu yerda:  $x$ ,  $y$ ,  $z$  – kuyundi gazidagi SO<sub>2</sub>, O<sub>2</sub> va H<sub>2</sub>O miqdorlari (pechdan chiqadigan), hajmiy % hisobida;  $a$ ,  $c$  – vodorod sulfid gazidagi H<sub>2</sub>S va H<sub>2</sub>O miqdorlari, hajmiy % hisobida;  $d$  – havodagi H<sub>2</sub>O miqdori, hajmiy % hisobida;  $\delta$  - 1 m<sup>3</sup> vodorod sulfid gaziga to‘g‘ri keladigan havo hajmini ifodalaydigan koeffitsient (gazlar hajmi normal sharoitga keltirilgan deb hisoblanadi).

Agar  $a=100\%$  va  $c=d=0$  deb qabul qilinsa, u holda keltirilgan tenglamalardan  $\delta$  ni hisobga olmagan holda quyidagi sodda tenglama hosil qilinadi:

$$y = 21 - 1,605x$$

yoki quruq gazga hisoblanganda:

$$y = 21 - 1,395x$$

Agar kuyundi gazida kislorod bo'lmasa ( $y=0$ ), bu kuyundi gazidagi  $\text{SO}_2$  maksimal konsentratsiyasiga muvofiq keladi, u holda yuqoridagi tenglamalardan:  $x = 13,08\%$ , yoki quruq gaz hisobida  $x = 15,05\%$   $\text{SO}_2$  kelib chiqadi.

Issiqlik texnikasida ortiqcha beriladigan havo  $\alpha$  koeffitsienti bilan belgilanadi va u bizning misolimizda  $\text{H}_2\text{S}$  ni yoqish uchun talab etiladigan havoning nazariy miqdoriga nisbatan necha marta ko'pligini ko'rsatadi.  $\alpha$  va  $\delta$  koeffitsientlar orasidagi bog'liqlik quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\alpha = 0,14\delta \frac{100 - d}{a}$$

Vodorod sulfidning oksidlanishi uning chala yonishi bilan bog'liq quyidagi oraliq reaksiya tenglamasi:



bilan boradi va bunda 20% gacha oltingugurt monooksid hosil bo'ladi, so'ngra u  $\text{SO}_2$  gacha oksidlanadi. Oltingugurt monooksid, kislorod yetishmaganda  $\text{SO}_2$  va oltingugurt hosil qilgan holda parchalanadi.

Kolchedan tarkibidagi mishyak, selen, tellur va reniy qo'shimchalari kuydirish jarayonida kislorod bilan  $\text{As}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Se}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TeO}_2$  va  $\text{Re}_2\text{O}_7$  gacha oksidlanadi, ular mexanik pechlarda va chang holatida kuydirish pechlarida xomashyo kuydirilganda asosan kuyundi gazi tarkibiga o'tadi. Kuyundi tarkibida qoladigan mishyak va selen miqdori katta chegarada bo'ladi va u kolchedanni kuydirish sharoitiga bog'liqdir; kuydirish harorati qanchalik yuqori bo'lsa, ular kuyundidan shunchalik ko'p yo'qotiladi. Masalan, mexanik pechlarda  $590^\circ\text{C}$  haroratda kuydirilganda kolchedandagi mishyak miqdorining kuyundida 85%,

changda esa 0,5% qismi, 840°C haroratda kuydirilganda esa mishyakning kuyundi va changdagi miqdori tegishlicha 1 va 46% qismi qoladi.

Qaynovchi qatlam pechlarida ruda va konsentratlarni kuydirilishidan hosil boʻladigan gaz tarkibiga reniyning asosiy miqdori (80-90%) oʻtadi.

Xomashyodagi fluor kuydirish jarayonida xomashyodan kuyundi gazi tarkibiga HF tarzida oʻtadi. Uning bir qismi kremniy birikmalari (pech niqobidagi, changdagi va boshqalardagi) bilan taʼsirlashishi natijasida kremniy fluorid SiF<sub>4</sub> ga aylanishi mumkin.

Qaynovchi qatlam pechlarining qaynayotgan qatlamida kolchedan emas, balki gazdagi As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ni yaxshi adsorbsiyalaydigan kuyundi boʻladi, shuning uchun qaynovchi qatlam pechlaridagi kuyundi gaz tarkibida mexanik va chang holatida kuydirish pechlaridagiga nisbatan mishyak miqdori kam boʻladi. Bir xil miqdorda mishyak tutgan va bir xil navlardagi kolchedan va rux aldamsi kuydirilganda, mexanik pechlardan chiqadigan kuyundi gazlari tarkibida 30 mg/m<sup>3</sup>, qaynovchi qatlam pechlaridan chiqadigan kuyundi gazlari tarkibida esa 0,1 mg/m<sup>3</sup>, yaʼni 300 marta kam miqdordagi mishyak boʻlishi aniqlangan.

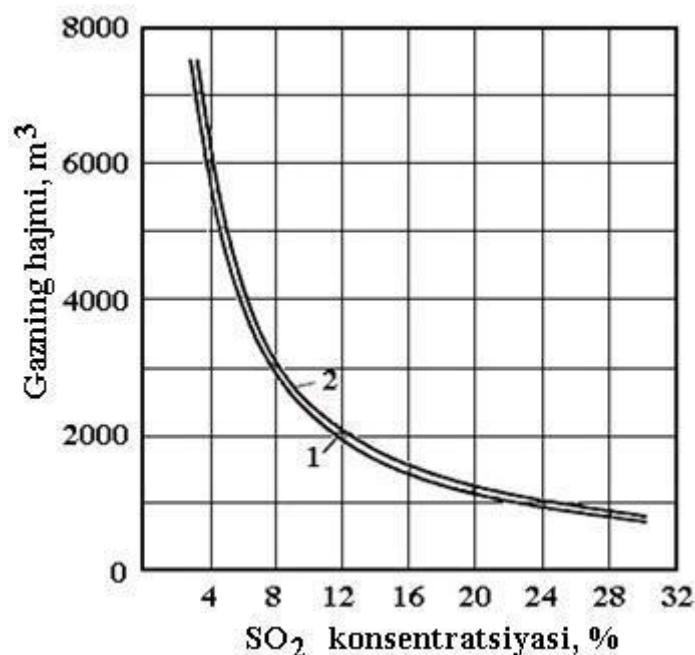
Qaynoqchi qatlam pechlarida gazning kuyundi bilan yaqindan bir-biriga tegib turishi sababli selenning koʻp qismi mexanik pechlardagiga nisbatan kuyundi tarkibida qoladi.

1 t H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ishlab chiqarish uchun qayta ishlashga beriladigan kuyundi gazining hajmi (gaz hajmi n.sh.ga keltirilgan deb hisoblanadi) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$V = \frac{2,285 \cdot 10^6}{a(100 - q_y)}$$

bu yerda:  $a$  – gazdagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi, %;  $q_y$  – sulfid angidridni qayta ishlashda S ning yoʻqotilishi, %.

Yuqoridagi tenglamadan koʻrinadiki, 1 t mahsulotga qayta ishlanadigan gaz hajmi boshlangʻich xomashyo turi va sifatiga bogʻliq boʻlmay, balki gazdagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi va kuyundi gazidagi oltingugurtdan foydalanish koeffitsienti orqali aniqlanadi (3.4-rasm).



**3.4-rasm. 1 t sulfat kislotaga qayta ishlanadigan gaz hajmi (normal sharoitda):**

1 – oltingugurtdan foydalanish 100%; 2 – oltingugurtdan foydalanish 95%.

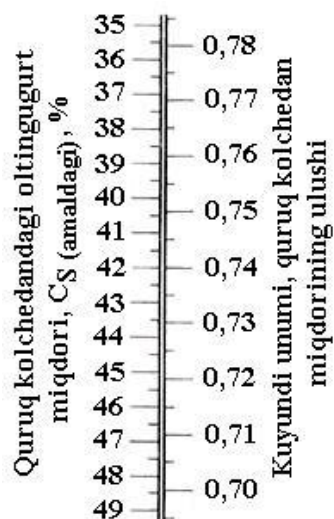
**Kuyundining miqdori va tarkibi.** Kolchedan va boshqa oltingugurtli rudalar kuydirilganda kuyundi hosil bo‘ladi, uning miqdori xomashyoning kimyoviy tarkibi va undagi oltingugurtning to‘la yonishiga bog‘liqdir.

Kuyundining amaldagi unumi (quruq kolchedan miqdoriga nisbatan ulushlarda) 3.5-rasm bo‘yicha yoki quyidagi tenglama asosida aniqlanishi mumkin:

$$\chi = \frac{C_{S(nazariy)} - (1 - \varphi)C_{S(amalda)}}{C_{S(nazariy)} - (1 - \varphi)C_{S(kuyundi)}}$$

bu yerda:  $C_{S(nazariy)}$  – quruq kolchedandagi oltingugurtning nazariy miqdori (kimyoviy birikmaga muvofiq holda), %;  $C_{S(amalda)}$  – quruq kolchedandagi oltingugurtning amaldagi miqdori, %;  $C_{S(kuyundi)}$  – kuyundidagi oltingugurt miqdori, %;  $\varphi$  – reaksiya bo‘yicha kuyundining nazariy unumi, birlik ulush hisobida.





### 3.5-rasm. Quruq kolchedandan hosil bo‘ladigan kuyundi unumini aniqlash nomogrammasi.

Turli xildagi xomashyolarni kuydirish reaksiyalari uchun  $C_{S(nazariy)}$  va  $\varphi$  kattaliklar qiymatlari 3.2-jadvalda keltirilgan.

3.2-jadval

$C_{S(nazariy)}$  va  $\varphi$  kattaliklar qiymatlari

Kuydiriladigan xomashyolar	Yonish reaksiyalari	$C_{S(nazariy)}$	$\varphi$
Kolchedan .....	$4FeS_2 + 11O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_2$	53,46	0,67
	$3FeS_2 + 8O_2 = Fe_3O_4 + 6SO_2$	53,46	0,64
Temir sulfid .....	$4FeS + 7O_2 = 2Fe_2O_3 + 4SO_2$	36,46	0,91
Rux aldamasi .....	$2ZnS + 3O_2 = 2ZnO + 2SO_2$	32,49	0,83

Ko‘mirli kolchedan kuydirilganda hosil bo‘ladigan kuyundi unumi quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$\chi = \frac{100 - C_{S(amalda)} - 1,6C_C}{100 - C_{S(kuyundi)}}$$

bu yerda:  $C_C$  - quruq kolchedandagi uglerod miqdori, %.

Kuyundi unumini aniqlashda nafaqat kuyundi miqdorini, balki kuyundi gazi bilan chiqib ketadigan chang miqdorini ham hisobga olish lozimdir.

Kuyundi bilan yo‘qotiladigan oltingugurt miqdori (pechga beriladigan oltingugurt miqdoriga nisbatan % da) quyidagi formuladan topiladi:

$$\Pi = \frac{\chi \cdot C_{S(kuyundi)}}{C_{S(nazariy)}}$$

Oltimgugurt kuyundida temir va mis bilan birikmasi (asosan temir sulfid FeS) tarzida, shuningdek kalsiy, bariy va boshqalarning sulfatlari shaklida bo‘ladi. Kuyundida, shuningdek, silikatlar va kolchedandagi turli qo‘shimchalarning oksidlanish mahsulotlari ham bo‘ladi.

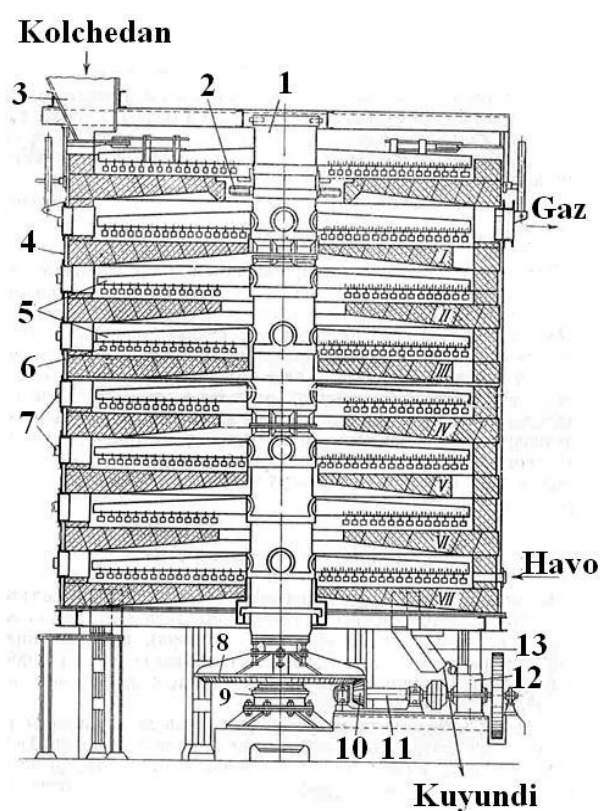
## 2-§. Kolchedanni kuydirish pechlari

Kolchedanni kuydirish uchun xilma-xil pechlar ishlatiladi. Mexanik (taxmonli) pechlarda maydalangan kolchedan bir necha taxmonlarda joylashtiriladi va uni eshkakchalari bilan bir taxmondan ikkinchisiga surish orqali aralashtirilgan holda yondiriladi. Chang holatida kuydirish pechlarida kolchedan zarralari kamera taxmonlaridan tushish vaqtida yonadi. Qaynovchi qatlamda kuydirish pechlarida pastki tomondan kiradigan havo bilan kolchedanning muallaq holatda ushlab turilishi ta’minlanadi va jadal aralashtirish orqali yondiriladi. Siklonli pechlarda kolchedan qaynoq havo bilan birgalikda katta tezlik bilan aylanma harakati orqali kuydiriladi. Kuyundi maxsus tirqish orqali chiqarib olinadi.

**Taxmonli mexanik pech.** Mexanik pechlar ichida Voskresensk kimyo zavodi (VKZ) ning bir necha tokchalaridan iborat taxmonli pechi keng tarqalgandir. 3.6-rasmda tasvirlangan pech sakkizta tokchaga egadir. Uning yettita tokchasida (I-VII) kolchedanning kuyishi amalga oshadi (ishchi tokchalar), uning bitta tokchasida kolchedan quriydi (quritish tokchasi). Tokchalarning umumiy ishchi yuzasi 140 m<sup>2</sup> ni tashkil etadi.

VKZ pechi balandligi 8 m va diametri 5 m li po‘lat silindrdan iborat. Pechning ichki tomoni o‘tga chidamli g‘ishtdan ishlangan (futerovka qilingan). Pechning ichki qismida o‘tga chidamli g‘ishtdan ishlangan 8 ta olovdon bor. Pech markazi orqali ichi bo‘sh val 1 o‘tgan bo‘lib, unga har bir taxmon tepasida turuvchi ikki tomonga yo‘nalgan siljitish tishlari 6 bo‘lgan eshkakli taroqlar 5 mahkamlangan bo‘ladi. Pech bunker 3 orqali kolchedan quritish (birinchi) tokchasiga kelib tushadi va aylanuvchi eshkakli taroqning siljitish tishlari orqali

pech markazi tomon siljiydi. Pech valining yaqiniga joylashgan ta'minlagich 2 orqali kolchedan birinchi ishchi tokchaga sepiladi, u yerdagi eshkakli taroqlar yordamida kolchedan markazdan pechning ichki devori tomon harakatlanadi va mahsus tirqish orqali ikkinchi ishchi tokchaga tushadi. U yerda kolchedan pech markazi tomon harakatlanadi, undan val yaqinidagi halqali teshik orqali uchinchi ishchi tokchaga tushadi va hokazo. Oxirgi (pastki) tokchadan kuyundi tirqish 13 orqali transportyorga tushadi va u orqali chiqindixonaga chiqarib tashlanadi. Kolchedanning yonishi uchun talab etiladigan havo pech niqobi orqali kiradigan va pastki oxirgi tokchaning ustki qismida joylashgan tirqishdan beriladi.



### 3.6 – rasm. Kolchedan kuydiriladigan VKZ mexanik pechi:

1 – pech vali; 2 – ta'minlagich; 3 – bunker; 4 – pech niqobi; 5 – eshkakchalar; 6 – siljitgich tishlari; 7 – eshikchalar; 8 – tishli katta g'ildirak; 9 – ostki tayanch; 10 – tishli kichik g'ildirak; 11 – uzatgich vali; 12 – reduktor; 13 – maxsus chiqarish tirqishi.

Har bir ishchi tokchalarda to'rttadan eshikchalar 7 bo'lib, ularning har birida kuyish jarayonini ishchi tokchalar holatini kuzatish uchun qopqoq bilan yopib qo'yiladigan maxsus tirqishlar mavjud. Ichi bo'sh val – reduktor 12 ning aylanishidan uzatgich val 11 orqali keladigan harakat orqali aylanadi. Bunda

uzatgich valdagi tishli kichik g'ildirak 10 aylanma harakatni pech valining pastki qismiga mahkalanagan tishli katta g'ildirak 8 ga uzatadi.

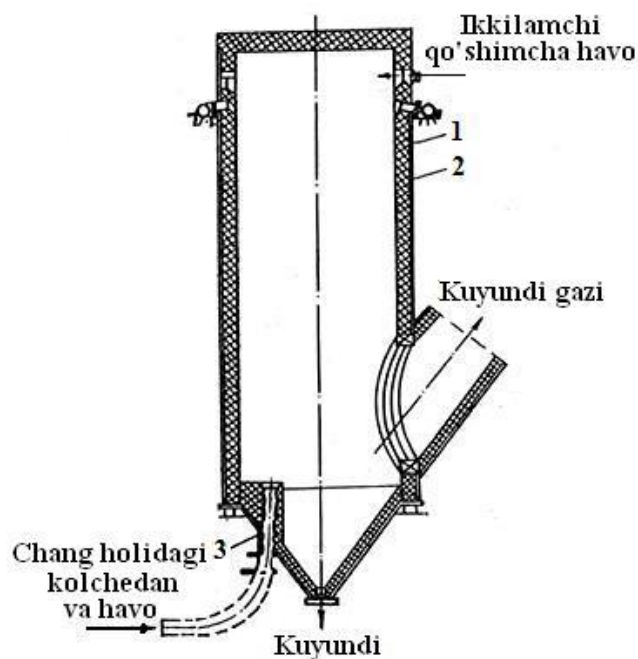
Sutkasiga pech tokchasining 1 m<sup>3</sup> yuzasida kuydiriladigan xomashyo miqdori (tarkibida 45% S bo'lgan quruq shartli kolchedan hisobida) mexanik pechning jadalligini ifodalaydi. VKZ pechlarida 32-35 t/sutka shartli kolchedan kuydiriladi, bu 225-250 kg/m<sup>2</sup> jadallikka to'g'ri keladi. Bunday jadallikda ishlaydigan pech kuyundisida 2% atrofida oltingugurt bo'ladi, kuyundi gazdagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi 9-10% ni tashkil etadi.

Mexanik pechlarning normal ishlashidagi asosiy shartlar quyidagilardan iboratdir:

- 1) Kerakli miqdordagi havoni pechga kirishini ta'minlash uchun yetarlicha so'rilishning ta'minlanishi;
- 2) Pechning kolchedan bilan bir xilda ta'minlanishi;
- 3) Val va eshkakchalarning jadallik bilan sovutilishi;
- 4) Kolchedan dashqollari bilan berkilib qolgan pech tokchalaridagi tirqishlarni muntazam suratda tozalab turilishi;
- 5) Pechdan kuyundini va gaz o'tish yo'llaridan changni tizimli ravishda yo'qotib turilishi.

VKZ pechlari ancha murakkab tuzilganligi uchun ulardan foydalanish ancha qimmatga tushadi. Shuning uchun hozirgi paytda ko'proq boshqa pechlar qo'llanilmoqda.

**Chang holatida kolchedanni kuydirish pechi.** Chang holatida kuydirish pechining tuzilishi 3.7 – rasmda tasvirlangan. Pechning diametri 4 metrni, balandligi esa 10 metrni tashkil etadi. Bunda ham maydalangan va quruq holatdagi flotatsion kolchedan havo bilan birga forsunka 3 orqali qizdirilgan pechga kiritiladi. Kolchedan havo oqimi ta'sirida pechning yuqori qismiga ko'tarilib, u yerda yangi havo bilan to'qnashadi, so'ngra kuyundi pastga tushadi. Kuyundi pech bunkeridan chiqarib olinadi, hosil bo'lgan gaz aralashmasi esa pechning yon tomonidagi shtutser orqali chiqib ketadi.



**3.7-rasm. Chang holatida kolchedanni kuydirish pechi:**

1 - g'ilof; 2 - qoplama; 3 – forsunka.

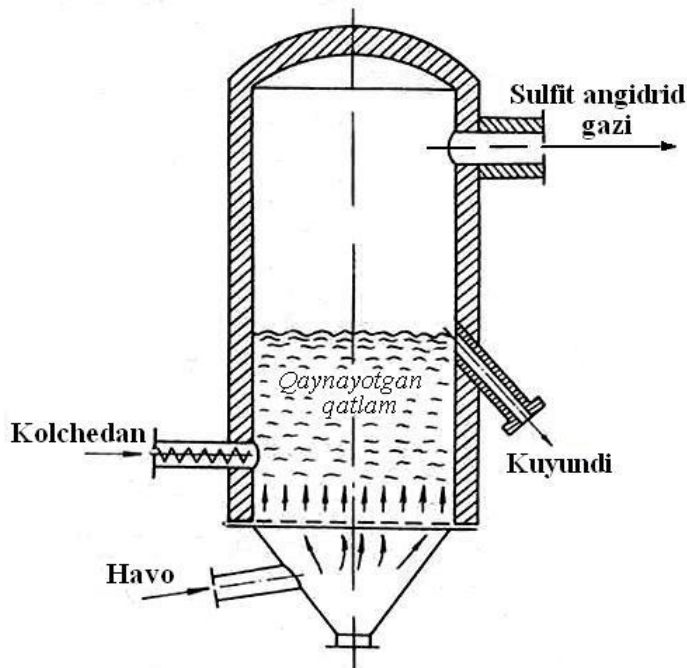
Bunday pechlar mexanik pechlarga qaraganda anchagina sodda tuzilgan hamda ularning ish jadalligi 3-4 marta ko'pdir. Hosil bo'layotgan gazlar aralashmasida 10-11% SO<sub>2</sub> bo'ladi; harorat 1000°C ga yetadi; bunda hosil bo'layotgan issiqlik bug' qozonlarida bug' olish uchun ishlatiladi.

Chang holatida kuydirish pechlarining kamchiligi shundaki, ular mexanikaviy pechlarga nisbatan chidamsizdir, hosil bo'ladigan gaz esa juda changli bo'ladi. Bundan tashqari, bu pechlarda faqat quruq flotatsion kolchedannigina kuydirish mumkin, mexanikaviy pechlarda esa 10% namlikka ega bo'lgan kolchedanni hamda yirik oddiy kolchedanni ham yoqish mumkin.

**Qaynovchi qatlamda kuydirish pechi.** Nisbatan yuqori jadallik bilan ishlaydigan kolchedanni kuydirish pechlari jumlasiga qaynovchi qatlamda kuydirish pechlari kiradi va ular sanoatda keng miqyosda qo'llanilmoqda.

Qaynovchi qatlamli kolchedanni kuydirish pechlari (3.8-rasm) vertikal silindrik ko'rinishdagi ichki qismi niqoblangan kameradan iborat bo'lib, kolchedan uzluksiz ravishda pech to'riga berilib turadi, havo esa to'rning pastidan ventilyator yordamida puflanadi. Havo to'r teshikchalari orasidan katta tezlik bilan o'tib, kolchedanni yuqoriga ko'taradi va uni aralashtiradi, bunda kolchedan xuddi

qaynayotgandek bo‘ladi, shuning uchun ham bu jarayon qaynovchi qatlamli kuydirish deyiladi. Kolchedan to‘r bo‘ylab harakat qilish davrida kuyadi.



**3.8-rasm. Qaynovchi qatlamli pechning prinsipial tasviri.**

Bunday pechlarning jadalligi mexanik pechga nisbatan 10 barobar yuqori bo‘ladi, hosil bo‘ladigan gazlar aralashmasida 15-16% gacha, nazariy hisoblashlarga ko‘rsa esa 16-17%  $\text{SO}_2$  bo‘ladi; pech ishini avtomatlashtirish mumkin; hosil bo‘ladigan issiqlikdan tegishli maqsadlarda foydalaniladi; lekin gazlar aralashmasi juda changli bo‘ladi.

Qaynovchi qatlam pechidan chiqadigan gazda pechdagi 90% gacha kuyundi u bilan chiqadi. Shuning uchun changli kuyundi gazini dastlab bitta yoki ikkita siklondan o‘tkaziladi, u yerda gazdagi changning asosiy qismi tutib qolinadi, so‘ngra gaz elektrofiltrdan o‘tkazish orqali changdan to‘la tozalanadi.

Qaynovchi qatlam pechlarida nafaqat kolchedan flotokonsentrati, balki yirik zarrachali kolchedan ham kuydirilishi mumkin. Bunda gazning chang bilan ifloslanishi kam darajada bo‘lganligi sababli kuydirish jarayonini katta tezlikda o‘tkazish mumkin va shunga muvofiq ravishda panjara to‘ri maydoni yuza birligida nisbatan ko‘p miqdordagi kolchedanni kuydirilishiga erishiladi. Masalan, kolchedan zarralari o‘lchami 6 mm bo‘lganda sutkasiga  $1 \text{ m}^2$  yuzadagi panjara to‘ri

maydonida 15-20 t gacha kolchedanni kuydirish mumkin; flotatsion kolchedan kuydirilganda esa pechga beriladigan kolchedan miqdori birmuncha kam bo'radi.

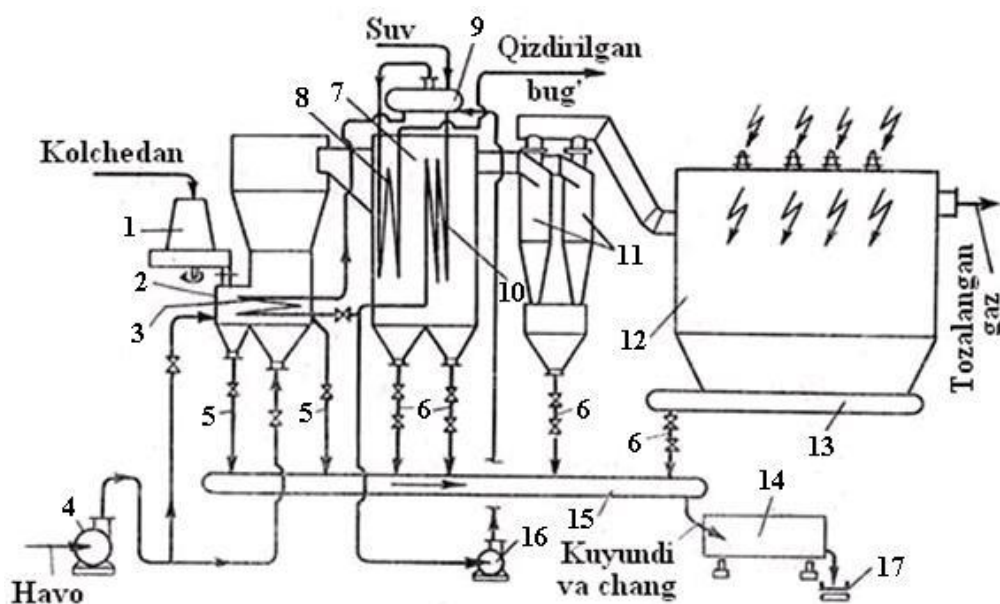
Yonish jarayoni yuqori tezlikda va jadallik bilan aralashish hisobiga borganligi sababli qaynovchi qatlamda kolchedan emas, balki kuyundi bo'radi. Qaynovchi qatlamning turli nuqtalarida kuyundidagi oltingugurt miqdori deyarli bir xil bo'radi. Kuyayotgan material bilan havoning to'qnashish vaqti qaynovchi qatlam balandligiga bog'liqdir: qaynovchi qatlam qanchalik yuqori bo'lsa, oltingugurt shunchalik to'la yonadi. Lekin to'r ustidagi qaynovchi qatlamni yuqori balandlikda ushlab turish uchun pechga beriladigan yuqori bosimdagi havo talab etiladi, bu esa elektroenergiya sarfini ortishiga olib keladi.

Xomashyo zarrachalari bir-biriga yopishib qolishi (dashqollanishi) ni oldini olish maqsadida qaynovchi qatlam pechlaridagi haroratni  $800^{\circ}\text{C}$  dan oshirmaslik lozimdir. Bunday pechlardagi atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik unchalik katta bo'lmaydi (2% atrofida bo'radi), shuning uchun ulardagi haroratni kerakli darajada ushlab turish uchun pechdan ko'p miqdordagi issiqlik chiqarib olinadi. Buning uchun qaynovchi qatlam doirasiga sovitish elementlari – suvni qizdirish uchun issiqlik almashtirgich yoki bug' qozonining quvurli bo'lmalari shunday joylashtiriladiki, bunda bitta jihozning o'zida kolchedanning yonish va bug' hosil bo'lish jarayonlari amalga oshadi. Qaynovchi qatlamda issiqlik uzatish koeffitsienti qariyb  $1000 \text{ kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{grad} \cdot \text{soat})$  ni tashkil etadi.

3.9-rasmda qaynovchi qatlamda kolchedanni kuydirish uchun qurilmaning tasviri keltirilgan.

Maydalangan kolchedan (rudasi yoki flotokonsentrati) bunker-ta'minlagich 1 dan bir tekisda qaynovchi qatlam pechi 2 ning qabul qilish kamerasiga tushadi va «qaynayotgan» material qatlamiga tegib unga aralashgan holda yonadi. Kolchedanning yonishi uchun kerak bo'ladigan havo pechga ventilyator 4 orqali puflanadi va u yerdagi kuyundi hamda yonayotgan kolchedan aralashmasini «qaynash» holatiga olib keladi. Qaynovchi qatlamdagi haroratni bir xil darajada ushlab turish uchun pechning pastki qismiga «qaynayotgan» material ichida bo'ladigan sovutish (o'ramli) elementlari 3 joylashtiriladi. Qaynovchi qatlam

pechidan chiqadigan kuyundi gaz qozon-yuttirgich 7 ga keladi, u yerda 400-450°C haroratgacha soviydi. Qozon-yuttirgich baraban-separator 9 bilan birgalikda oʻrnatilgan boʻlib, u yerga sovutish elementlari 3 dan qaynatuvchi quvurlar 10 orqali bugʻ-suvli emulsiya keladi. Shunday qilib, qaynovchi qatlam va kuyundi gazidagi barcha ortiqcha issiqlik qozon-yuttirgich 7 da ishlatiladi. Bunda 1 t kuydiriladigan standart (quruq 45% S li) kolchedan hisobidan 1,5 t gacha bugʻ olinishi mumkin.



**3.9-rasm. Kolchedanni qaynovchi qatlam pechida kuydirish uchun qurilma tasviri:**

1 – taʼminlash bunkeri; 2 – qaynovchi qatlam pechi; 3 – sovutgich elementlari; 4 – ventilyator; 5 – kuyundi chiqarish tirqishlari; 6 – chang chiqarish tirqishlari; 7 – qozon-yuttirgich; 8 – bugʻli qizdirgich; 9 – baraban-separator; 10 – qaynatgich quvurlar; 11 – siklonlar; 12 – elektrofiltr; 13 – zanjirli transformator; 14 – sovutgich baraban; 15 – transportyor; 16 – sirkulyatsiya nasosi; 17 – kuyundi va changni yoʻqotish uchun lentali transportyor.

Qozondan chiqadigan kuyundi gaz siklonlar 11 yordamida yirik zarrachali changdan, koʻp tokchali elektrofiltr 12 da esa changdan toʻla tozalanadi va soʻngra sulfat kislotaga qayta ishlash uchun yuboriladi. Qaynovchi qatlamli pechdagi kuyundi, qozon-yuttirgich bunkerlaridagi, siklonlardagi va elektrofiltrdagi chang kukunlari transportyor 15 ga tushadi, soʻngra sovutish barabani 14 da sovutiladi va lentali transportyor 17 yordamida sexdan chiqarib tashlanadi.

Kuyundi gazida sulfat angidridning boʻlishi oʻrinsizdir, chunki bu elektrofiltr elektrodlarida chang qatqaloqlarining hosil boʻlishga olib keladi.



Qaynovchi qatlam pechlari kuyundi gazlarida esa  $\text{SO}_3$  miqdori sezilarsiz darajada bo'ladi, bu esa uning ustunliklaridan biri hisoblanadi. Lekin sulfat kislotali tizimning keyingi bosqichlarida gazning sovush jarayonida sulfat angidridning oksidlanishi natijasida qo'shimcha miqdordagi sulfat angidridning hosil bo'lishi kuzatiladi (bu jarayonda katalizator vazifasini kuyundi changi, jihoz niqoblari va boshqalar bajaradi). Pechdan keyin o'rnatilgan jihozlarda sulfat angidridning hosil bo'lishini kamaytirish uchun qaynovchi qatlam pechidan chiqadigan gaz to'g'ridan-to'g'ri qozon-yuttirgichga yuboriladi, u yerda tez sovutiladi (gazning qozon-yuttirgichdan o'tish vaqti 0,5 sekunddan kam bo'ladi). Shuning uchun  $\text{SO}_2$  ning  $\text{SO}_3$  ga tez oksidlanishini ta'minlaydigan haroratdagi gaz qozon-yuttirgichda iloji boricha kam vaqtda bo'ladi, buning natijasida sulfat angidrid oz miqdorda hosil bo'ladi. Qozon-yuttirgichdan keyin harorat past ( $450^\circ\text{C}$  dan kichik) bo'lganligi sababli sulfat angidrid amalda hosil bo'lmaydi.

Qaynovchi qatlam pechlari turlicha samaradorlikka ega bo'ladi. Masalan, Lurgi (Germaniya) firmasining ma'lumotlariga ko'ra, ularda  $1 \text{ m}^3$  to'r yuzasiga 7,5 dan 10 t/sutka gacha jadallikda ishlaydigan xomashyoni kuydiruvchi 14 dan 500 t/sutka gacha samaradorlikdagi qaynovchi qatlam pechlari ishlatiladi. Bunday pechlardan olinadigan bug' bosimi 24,5 dan 123 bar (25-125 atm) ga, bug' harorati  $500^\circ\text{C}$  gacha yetadi (3.3-jadval).

Ruxli va misli rudalar hamda konsentratlarni kuydirish uchun yuqorida bayon etilgan pechlardan ayrim detallari bilan farqlanadigan qaynovchi qatlam pechlari ishlatiladi. Bu kuydiriladigan xomashyolarni xossalari bilan bog'liq bo'lib, pechlarda xomashyoni kuydirishdan hosil bo'ladigan kuyundidan keyingi bosqichda rangli metallar ishlab chiqarish uchun sifatli kuyundi olishni talab etadi va bu ishlar undan rangli metallarni to'la ajratib olinishiga qaratiladi. Rangli metallurgiya qaynovchi qatlam pechlaridagi ishlash tartibi ham birmuncha farqlanadi. Masalan, ruxli ruda birmuncha yuqori haroratda kuydiriladi (3.3-jadval), kuyundi tarkibidagi rux, uni kuyundidan oson ajraladigan birikmaga aylanishi uchun kuyundi gazi tarkibidagi kislorod esa yuqori konsentratsiyada ushlab turiladi.

Quyida flotatsion kolchedanni (standart kolchedan hisobida) kuydirishda ishlatiladigan turli xildagi pechlarning jadalligi keltirilgan:

Pechlar	Jadalligi, kg/m <sup>2</sup>
Taxmonli mexanik (VKZ) .....	250 gacha
Chang holatida kuydirish .....	5000 gacha
Qaynovchi qatlamli (QQ) .....	20000 gacha

3.3-jadval

### Qaynovchi qatlam pechlarining ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlar	Kolchedan		Ruxli konsentrat, «Elektrorux» zavodining pechi
	GIPROXIM pechi	Lurgi firmasi pechi	
Samaradorlik (quruq xomashyo hisobida), t/sutka.....	200	63	150
Jadallik, t/(m <sup>2</sup> ·sutka) .....	10	20,0	4,5
Diametr, m .....	5	2	6,5
Balandlik, m .....	13	7	7,4
Qaynovchi qatlam balandligi, m .....	1	–	1,0
To'r yuzasi, m <sup>2</sup> .....	27	3	33
Sovutish elementlari yuzasi, m <sup>2</sup> .....	–	10	13
Gazning konsentratsiyasi, % SO <sub>2</sub> .....	14-15	10-15	9-10
Qatlamning harorati, °C .....	750	700-800	900-920
Beriladigan havo hajmi, m <sup>3</sup> /soat .....	20000	6100	11000
Pechning gidravlik qarshiligi, mm.suv ust. ....	–	800-850	1500-1700
Bug' bosimi, atm .....	40	40	–
Xomashyodagi oltingugurt miqdori, % .....	45	46,8	30,8
Kuyundidagi sulfidli oltingugurt miqdori, % .....	1	–	0,3

**Pechlarga kolchedanni tashlash va kuyundini yo'qotish.** Pechning tuzilishi va quvvatiga bog'liq holda pech bo'linmasida kolchedanni pechga berilishi turlicha amalga oshiriladi. Odatda yetarlicha hajmga ega bo'lgan bir necha bunker o'rnatiladi, ularga kolchedan ombordan yoki maydalash bo'linmasidan zanjirli yoki lentali transportyorlar yordamida keladi. Kolchedan bunkerdan o'lchovli vagonchalarda o'lchangan holda pechga to'kiladi. Vagonchalar monorelsli izlar bo'yicha qo'lda yoki elektrik yuk tortuvchi moslamalar (tyaga) yordamida 60-75 m/min tezlikda harakatlantiriladi. Yirik zavodlarda vagonchalar

hajmi 3,5 m<sup>3</sup> ga yetadi. Kolchedan vagonchalardan birin-ketin har bir pechning bunkerlariga agʻdariladi. Vagonchalardan kolchedanni tushirish avtomatlashgan holda amalga oshiriladi.

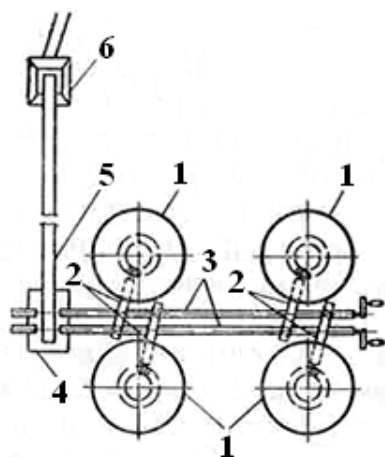
Kolchedan bunkerdan taxmonli mexanik pechlarning yuqoridagi quritish tokchasiga beriladi, bu jarayon quritish tokchasi eshkakchalariga mahkamlangan metall pichoq yordamida boshqariladi.

Sulfat kislota zavodlarida pechdan kuyundini yoʻqotish mehnattalab va ogʻir ish hisoblanadi hamda kuyundi yuqori haroratga ega boʻladi va pechdan chiqayotgan kuyundidagi oltingugurt qoldiqlarining yonishi davom etayotganligi uchun muntazam ravishda sulfat angidrid ajralib chiqib turadi.

Mexanik usulda yoʻqotish va yetarlicha germetiklikka ega boʻlgan kuyundini sovutishning turli xildagi tizimlari ishlatilmoqda.

3.10-rasmda sovutuvchi shneklar yordamida VKZ pechlaridan kuyundini yoʻqotish tizimining tasviri keltirilgan. Pech tirqishlari 1 dan kuyundi shnek-soʻndirgich 2 ga sepiladi, u yerga sovutuvchi suv purkaladi. Suvning berilishi shunday boshqariladiki, bunda kuyundi 70-80°C haroratgacha soviydi. Sovitilgan kuyundi bir necha shneklardan uzunasiga ishlaydigan shneklar 3 ga tushadi va undan kuyundi aralashtirgich bunker 6 ning transportyor lentasi 5 toʻgʻrilagichi 4 ga toʻkiladi. U yerdan kuyundini qayta ishlashga joʻnatish uchun toʻgʻridan-toʻgʻri temir yoʻl vagonlariga yoki tashuvchi avtomashinalarga uzatiladi yoxud chiqindixonaga yuboriladi.

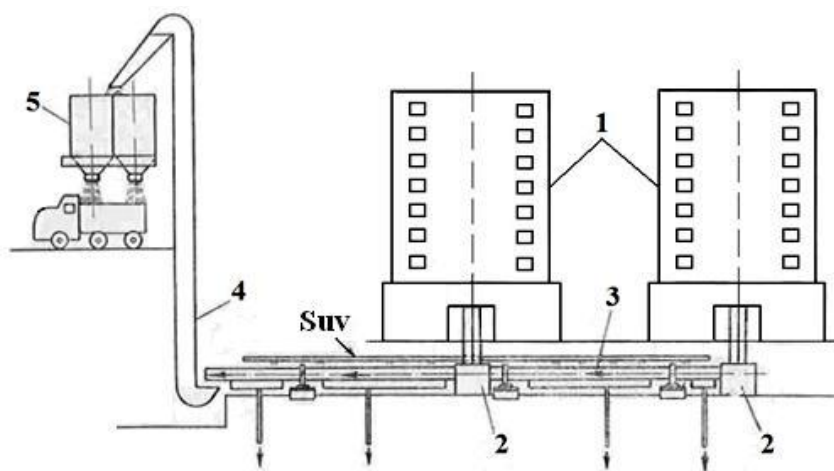
Sovutgichli shneklarning muhim ustunligi ularning soddaligida, ixchamligida, ishlashdagi mustahkamligi, jihozning toʻla germetikligida yaqqol namoyon boʻladi. Ularning kamchiligi shundaki, shnek-soʻndirgichda koʻp miqdordagi suv bugʻlanadi va hosil boʻladigan suv bugʻi pechning kuyundi chiqarish tirqishidan kiradi va soʻngra kuyundi gazi tarkibiga oʻtadi. Nitrozali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda kuyundi gazi tarkibidagi suv bugʻining koʻp boʻlishi texnologik jarayonga taʻsir koʻrsatmaydi. Kontaktli jarayonda esa bu maqbul emas, chunki birinchi yuvish minorasidagi kislota konsentratsiyasini kamayishiga olib keladi.



**3.10-rasm. Shneklar yordamida kuyundini yo'qotish tizimining tasviri:**

1 – pechlar; 2 – shnek-so'ndirgich; 3 – uzunasiga ishlaydigan shneklar;  
4 – to'g'rilagich; 5 – lentali transportyor; 6 – bunker.

3.11-rasmda kuyundini yo'qotish uchun sovutgich-quvurli tashuvchi qurilma tasviri keltirilgan. Kuyundi pech tirqishi 1 dan bo'shatish qutilari 2 ga sepiladi, undan davriy ravishda botirib oladigan maxsus cho'michlar yordamida maxsus roliklarda aylanadigan va kichik qiyalikda o'rnatilgan 250-500 mm diametrli quvur 3 ga beriladi. Shu hisobiga kuyundi quvurda bunker 5 ga uzatadigan elevator 4 tomonga harakatlanadi. Tashuvchi quvurning ustki sirti suv bilan sovutiladi, shuning uchun kuyundi quvurda 120-140°C haroratgacha soviydi.



**3.11-rasm. Sovutgich-quvurli tashuvchi qurilma bilan kuyundini yo'qotish tizimining tasviri:**

1 – pechlar; 2 – bo'shatish qutilari; 3 – sovutgich-quvurli tashuvchi moslama;  
4 – elevator; 5 – bunker.

Sovutgich-quvurli tashuvchi moslama ishlatishga mustahkam bo'lib, uni pech yaqiniga past taglik betonga o'rnatish mumkin. Bunday quvurlarning

kamchiligi shundan iboratki, quvur alohida qismlarining aylanish o'qi aniq bir-biriga mos kelishi lozim, aks holda tashuvchi quvur tezda ishdan chiqadi.

Kuyundini mexanik yo'qotish uni 70-100°C haroratgacha sovutish orqali shuningdek sovutgich-barabanli tashish moslamasida ham amalga oshiriladi. Baraban po'latdan yasalgan (diametri 1 m, uzunligi 12 m bo'lgan) aylanuvchi silindrdan iborat bo'lib, ichki qismidagi vintli to'ldirgich orqali kuyundini harakatlantiradi. Barabanning tashqi qismi suv bilan sovutiladi.

Oxirgi yillarda *gidravlik va pnevmatik usullarda* kuyundini yo'qotishga katta qiziqish uyg'onmoqda. Bu usullar arzonligi va to'la mexanizatsiyalanish mumkinligi bilan ajralib turadi. *Gidravlik usul* bo'yicha kuyundi ko'p miqdordagi suv bilan aralashtiriladi, so'ngra hosil bo'lgan bo'tqa nasoslar yordamida tindirgich havzaga quvurlar orqali yuboriladi. Tindirilgan suv suv havzasiga oqib tushadi. 60 ming t/yil quvvatda ishlaydigan sulfat kislotasi zavodining 1 t kuyundisini yo'qotish uchun suv sarfi 8-10 m<sup>3</sup> ni, elektroenergiya sarfi 10 kvt-soatni tashkil qiladi. Bu usulda kuyundini yo'qotish keng tarqalmagan, chunki tindirilgan suv tarkibida oz bo'lsada kislota, temir va mis kuporoslari bo'ladi, ular suv havzalarini ifloslantiradi; suvni neytrallashtirish esa katta sarf-harajatlar talab etadi. Lekin gidravlik usulda kuyundini yo'qotishni takomillashtirilishi orqali undan kelajakda keng miqyosda foydalanilishi mumkin.

Pnevmatik usulda kuyundini yo'qotish usuli shundan iboratki, bunda soplodan chiqadigan qisilgan havo oqimi orqali bosimlar farqi yuzaga keltiriladi va buning natijasida bunkerdan kuyundi purkab chiqariladi. Bunda hosil bo'ladigan havodagi muallaq kuyundi zarrachalari pnevmotransportlar bilan quvurlar bo'yicha chiqindixonaga yoki iste'molchiga yuborish uchun bunkerga uzatiladi.

Pnevmatik tashishda aeroldagi 1 kg havoga 10-25 kg chiqindi to'g'ri kelishi kerak; aeroldning harakatlanish tezligi 30 m/sek ni tashkil etishi kerak. Havoning dastlabki bosimi tizimning qarshiligiga bog'liqdir; 200-250 m uzunlikdagi quvur uchun u o'rtacha 2-3 atm ni tashkil etadi. 1 t kuyundini yo'qotish uchun elektroenergiya sarfi 12-18 kvt-soatga yetadi.

**Kuyundining ishlatilishi.** Kolchedanni kuydirish natijasida hosil bo‘ladigan kuyundi tarkibida qariyb 50% temir bo‘ladi va u cho‘yan ishlab chiqarish uchun qimmatbaho xomashyo hisoblanadi. Lekin pechlardan yo‘qotiladigan kuyundi domna jarayoni uchun yaroqsizdir, chunki unda ko‘p miqdordagi oltingugurt qoladi va u kerakligidan ham ko‘ra ortiqcha maydalangan bo‘ladi. Domnali suyuqlantirish uchun kuyundini tayyorlash uning aglomeratsiyalanishidan iboratdir. Aglomeratsiyalash jarayonida kuyundidan oltingugurt yongan holda ajralib chiqadi va kuyundi g‘ovak bo‘lakchalarga aylanadi.

Kuyundining ma‘lum bir qismi mineral pigmentlar – surik va mumiyo olish uchun ishlatiladi. Buning uchun kuyundi qizdirilgan holda sulfat kislota bilan ishlanadi, so‘ngra hosil bo‘lgan temir sulfat ayrim qo‘shimchalar bilan kuydiriladi. Kuydirish haroratiga va qo‘shiladigan qo‘shimchalarga bog‘liq holda turli xilda tovlanadigan pigmentlar olinadi.

### **3-§. Kolchedanni kuydirishdagi pech bo‘linmasining moddiy va issiqlik balansi**

Qurilma yoki texnologik jarayonlarning moddiy va issiqlik balanslarini tuzish uchun hisoblashlarni amalga oshirilishida zarur bo‘ladigan xomashyo, jihoz yoki texnologiyalarning texnik kattaliklari yoki texnologik ko‘rsatkichlari aniqlab olinadi. Kolchedanni kuydirishdagi VKZ mexanik taxmonli pechlarining moddiy va issiqlik balanslarini hisoblash orqali bunday masala qanday hal etilishini ko‘rib chiqamiz.

Hisoblarni amalga oshirish uchun ma‘lumotlar:

Unumdorligi, t/s hisobidagi sulfat kislota (100% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ) .....	10
Oltingugurtdan foydalanish darajasi, % .....	88,5
Quruq kolchedan sarfi (45% S), 1 t H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ga t .....	0,82
Tarkibi, %:	
kolchedandagi oltingugurt .....	41
kolchedandagi namlik .....	3
kuyundidagi oltingugurt .....	2
quruq kuyundi gazidagi SO <sub>2</sub> .....	9
quruq kuyundi gazidagi SO <sub>3</sub> .....	0,5
Harorati, °C:	

kolchedan .....	20
havo .....	20
pechdan chiqadigan kuyundi gazi .....	600
kuyundi .....	600
Havoning nisbiy namligi, % .....	50

**Moddiy balansni tuzish.** Hisoblashlar quyidagi tartibda amalga oshiriladi:

Kolchedandagi oltingugurtning umumiy miqdori:

$$\frac{A_c \cdot 10000}{M_k \cdot 0,885} = \frac{32,06 \cdot 10000}{98,08 \cdot 0,885} = 3695 \text{ kg/s}$$

Quruq kolchedan miqdori:

$$\frac{3695 \cdot 100}{41} = 9010 \text{ kg/s}$$

Kolchedandagi namlik miqdori:

$$\frac{9010 \cdot 3}{100 - 3} = 280 \text{ kg/s}$$

Kuyundi miqdorini:

$$\chi = \frac{C_{S(\text{nazariy})} - (1 - \varphi)C_{S(\text{amalda})}}{C_{S(\text{nazariy})} - (1 - \varphi)C_{S(\text{kuyundi})}}$$

formula bo'yicha 3.2-jadvaldagi ma'lumot asosida hisoblanadi:

$$\chi = \frac{53,46 - (1 - 0,67) \cdot 41}{53,46 - (1 - 0,67) \cdot 2} \cdot 9010 = 0,755 \cdot 9010 \approx 6780 \text{ kg/s}$$

Kuyundidagi oltingugurt miqdori:

$$\frac{6780 \cdot 2}{100} = 136 \text{ kg/s}$$

Kuyundi bilan birgalikda yo'qotiladigan oltingugurt:

$$\frac{136 \cdot 100}{3695} = 3,67\%$$

To'la yonadigan oltingugurt miqdori:

$$3695 - 136 = 3559 \text{ kg/s}$$

SO<sub>2</sub>+SO<sub>3</sub> ning umumiy hajmi:

$$\frac{3559RT}{A_c} = \frac{3559 \cdot 22,4}{32,06} = 2486 \text{ m}^3/\text{s}$$

SO<sub>2</sub> ning hajmi:

$$\frac{2486 \cdot 9}{9 + 0,5} = 2355 \text{ m}^3 / \text{s}$$

SO<sub>3</sub> ning umumiy hajmi:

$$2486 - 2355 = 131 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Kuyundi gazdagi kislorod miqdori:

$$C_{O_2} = n - \left[ m - \frac{n(m-1)}{100} \right] C_{SO_2} - \left[ m + 0,5 \frac{n(m-0,5)}{100} \right] C_{SO_3}$$

formula va 3.1-jadvaldagi ma'lumotlar asosida hisoblanadi (bunda  $m = 1,375$  va  $n = 21$ ):

$$C_{O_2} = 21 - \left[ 1,375 - \frac{21(1,375-1)}{100} \right] \cdot 9 - \left[ 1,375 + 0,5 \cdot \frac{21(1,375-0,5)}{100} \right] \cdot 0,5 = 8,49\%$$

Quruq kuyundi gazining tarkibi:

$$V_r = \frac{2355 \cdot 100}{9} = 26200 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Kuyundi gazidagi kislorod hajmi:

$$V_{O_2} = \frac{26200 \cdot 8,49}{100} = 2222 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Kuyundi gazidagi azotning hajmi:

$$V_{N_2} = 26200 - (2355 + 131 + 2222) = 21460 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Kolchedanni kuydirishga beriladigan quruq havo hajmi (havo tarkibida 79% N<sub>2</sub> bor):

$$V_x = \frac{21460 \cdot 100}{79} = 27200 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Havodagi suv bug'ining hajmi (20°C harorat va havoning nisbiy namligi 50% bo'lganda undagi suv bug'ining bosimi 8,77 mm.sim.ust. ga teng):

$$V_{H_2O} = \frac{27200 \cdot 8,77}{760 + 8,77} = 317 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Kuyundi gazidagi suv bug'ining umumiy hajmi:

$$V_{H_2O} = \frac{280 \cdot 22,4}{18} + 317 \approx 660 \text{ m}^3 / \text{s}$$



VKZ pechi kuyundi gazining tarkibi 3.4-jadvalda hamda pech bo‘linmasining moddiy balansi 3.5-jadvalda keltirilgan.

3.4-jadval

**VKZ pechi kuyundi gazining tarkibi**

Komponentlar	Tarkibi, hajmiy %	Miqdori, 1 t H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ga	
SO <sub>2</sub>	8,8	235	689
SO <sub>3</sub>	0,5	13	47
O <sub>2</sub>	8,3	222	318
N <sub>2</sub>	79,9	2146	2685
H <sub>2</sub> O	2,5	66	53
<b>Hammasi .....</b>	<b>100,0</b>	<b>~2680</b>	<b>~3790</b>

3.5-jadval

**VKZ pechlarida kolchedanni kuydirishdagi pech bo‘linmasining moddiy balansi (10 t/soat H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ga)**

Kirim	Miqdori		Chiqim	Miqdori	
	kg	m <sup>3</sup>		kg	m <sup>3</sup>
Kolchedan .....	9010	–	Kuyundi .....	6780	–
Kolchedan namligi .....	280	–	Kuyundi gaz:		
Quruq havo .....	35125	27200	SO <sub>2</sub> .....	6890	2350
Havo bilan kiradigan namlik .....	255	317	SO <sub>3</sub> .....	470	130
			O <sub>2</sub> .....	3180	2220
			N <sub>2</sub> .....	26850	21460
			H <sub>2</sub> O .....	530	660
<b>Hammasi .....</b>	<b>44700</b>	<b>27517</b>	<b>Hammasi .....</b>	<b>44700</b>	<b>26800</b>

*Izoh:* 30 kg ga (0,6%) farq bo‘ladi, bunga yo‘l qo‘yilishi mumkin.

3.6-jadval

**Qaynovchi qatlam pechi kuyundi gazining tarkibi**

Komponentlar	Tarkibi, hajmiy %	Miqdori, 1 t H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ga	
SO <sub>2</sub>	13,58	245	722
SO <sub>3</sub>	0,10	2	7
O <sub>2</sub>	2,07	36	53
N <sub>2</sub>	78,6	1415	1771
H <sub>2</sub> O	5,65	102	82
<b>Hammasi .....</b>	<b>100,0</b>	<b>1800</b>	<b>2635</b>

Bu yerda kuyundi gazidagi oltingugurtdan foydalanish darajasi 0,906, undagi chang miqdori taxminan 50 mg/m<sup>3</sup> deb qabul qilindi; As<sub>2</sub>O<sub>3</sub> va SeO<sub>2</sub>

miqdorlari esa ularning kolchedandagi miqdoriga muvofiq holda katta chegarada o'zgaradi (taxminan  $50 \text{ mg/m}^3 \text{ As}_2\text{O}_3$  va  $25 \text{ mg/m}^3 \text{ SeO}_2$ ) deb olindi.

Boshlang'ich keltirilgan ma'lumotlarga ayrim o'zgarishlar kiritish orqali keltirilgan sxema bo'yicha qaynovchi qatlam pechi bilan jihozlangan pech bo'linmasining hisoblanganda kuyundi gazining tarkibi ham o'zgaradi. 3.6-jadvalda boshlang'ich ma'lumotlardagi quyidagi o'zgarishlarni amalga oshirilgandagi qaynovchi qatlam pechi kuyundi gazining tarkibi keltirilgan:

Kolchedandagi namlik, % .....	6
Kuyundidagi oltingugurt .....	1
Quruq kuyundi gazidagi	
$\text{SO}_2$ .....	14,5
$\text{SO}_3$ .....	0,1

**Issiqlik balansini tuzish.** VKZ pechlarida kolchedanni kuydirishdagi pech bo'linmasining issiqlik balansini (3.7-jadval) tuzishda yuqoridagi moddiy balansga va quyidagi ma'lumotnoma kattaliklariga tayangan holda hisoblashlar bajariladi:

- 1) Hisoblash formulalarida kirim issiqligini hisoblashdagi kattaliklar: 0,13 va 1 – kolchedan va suvning solishtirma issiqlik sig'imlari  $\text{kkal}/(\text{kg}\cdot\text{grad})$ ; kattaliklar: 0,31 va 0,36 – quruq kolchedan va suv bug'ining hajmiy issiqlik sig'imlari  $\text{kkal}/(\text{m}^3\cdot\text{grad})$ ;  $Q_5$  – kattalikni hisoblashda 3-bob, 1-§ dagi formula va jadvallarga tayaniladi.
- 2) Hisoblash formulalarida chiqim issiqligini hisoblashdagi kattalik: 0,19 – kuyundining issiqlik sig'imi  $\text{kkal}/(\text{kg}\cdot\text{grad})$  tajribada aniqlanadi; kattalik: 0,34 – kuyundi gazining o'rtacha hajmiy issiqlik sig'imi  $\text{kkal}/(\text{m}^3\cdot\text{grad})$ .

3.7-jadval

**VKZ pechlarida kolchedanni kuydirishdagi pech bo'linmasining issiqlik balansini**

Kirimga tegishli bandlar:

Kirish	Issiqlik miqdori		
	ming kkal	Mj	%
Kolchedanning fizik issiqligi: $Q_1 = 9010 \cdot 0,13 \cdot 20$	23,4	99	0,20
Kolchedan namligi bilan:			

$Q_2 = 280 \cdot 1 \cdot 20$ Havo bilan:	5,6	23,4	0,05
$Q_3 = 35125 \cdot 0,31 \cdot 20$ Havo namligi bilan:	21,75	91	1,85
$Q_4 = 317 \cdot 0,36 \cdot 20$	2,28	9,6	0,02
Kolchedanning yonish issiqligi: $Q_5 = 31,8 \cdot (41 - 0,755 \cdot 2) \cdot 9010$	11300	~47500	97,88
<b>Hammasi</b> .....	<b>~11350</b>	<b>~47700</b>	<b>100</b>

#### Chiqimga tegishli bandlar:

Chiqish	Issiqlik miqdori		
	ming kkal	Mj	%
Kuyundi bilan: $Q'_1 = 6780 \cdot 0,19 \cdot 600$	770	3200	6,7
Gazlar bilan: $Q'_2 = 26800 \cdot 0,34 \cdot 600$	5450	23200	47,2
Pechning atrof-muhitga uzatadigan issiqligi (kirimdan 15%): $Q'_3 = 11350 \cdot 0,15$	1700	~7000	15,0
<b>Jami</b> .....	<b>7920</b>	<b>33400</b>	<b>68,9</b>
Vallar va eshkakchalarni sovutuvchi havo bilan (kirimdan ayirmasi bo'yicha): $Q'_5 = 31,8 \cdot (41 - 0,755 \cdot 2) \cdot 9010$	3430	~14300	31,1
<b>Hammasi</b> .....	<b>11350</b>	<b>~47700</b>	<b>100</b>

#### 4-§. Oltinugurt va gazzimon xomashyolarni yoqish pechlari

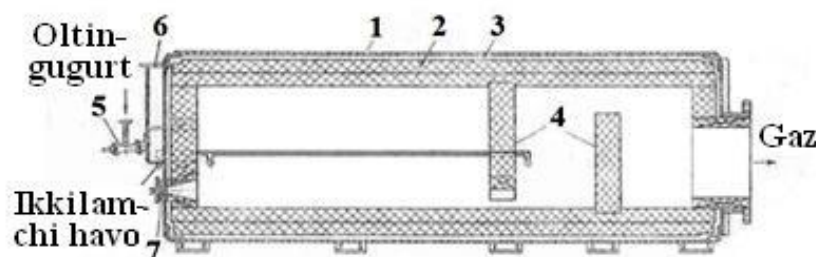
**Oltinugurtning yoqish pechlari.** Sulfat kislota va selluloza-qog'oz ishlab chiqarish sanoatlarida oltinugurtning yoqish uchun har xil tuzilishdagi pechlar ishlatiladi. To'zg'itilgan holatida oltinugurtning yoqish uchun pechlar nisbatan takomillashgan va unumdordir. Bunday pechlarda ishlash oson boshqariladi, bir xil konsentratsiyali sulfitli gaz olinadi.

*To'zg'itilgan holatida oltinugurtning yoqish uchun pech (3.12-rasm) o'tga chidamli g'ishtlar 2 bilan niqoblangan gorizontall (diametri 3,4 m, uzunligi 10,5 m bo'lgan) po'lat silindr 1 ko'rinishida bo'ladi. Suyuqlantirilgan oltinugurt pechda joylashtirilgan ikkita forsunkalar 5 orqali beriladi. Oltinugurtning yonishi uchun kerakli havoning asosiy qismi chig'anoq 6 orqali beriladi, qo'shimcha (ikkilamchi) havo esa pech silindrining devoridagi tirqish orqali kiritiladi. Yonish*

mahsulotlarining ikkilamchi havo bilan yaxshi aralashishi uchun pechning ichki qismida ikkita to'siqlar 4 bo'ladi. Pechni toblash oltingugurt uchun forsunkalar ostidagi neftli yoki gazli forsunka 7 yordamida amalga oshiriladi. Yuqori haroratdagi pechda oltingugurt to'la yonadi, bunda yonayotgan oltingugurt mash'alasi hosil bo'ladi. Oltingugurt bug'ining yonishi pechning butun hajmida sodir bo'ladi va to'siqlar 4 hosil qilgan kamerada tugallanadi, u yerga ham qo'shimcha havo beriladi.

Oltingugurtни oldindan suyuqlantirish suyuqlantirgichda amalga oshiriladi. Suyuqlantirgich – po'latdan tayyorlangan to'g'ri to'rtburchakli yashik shaklida bo'lib, ichki qismiga bug'li issiqlik almashtirgich quvur (zmeevik) lar joylashtiriladi, ularga 5-7 bar (5-7 atm) bosim ostida bug' beriladi.

Suyuqlantirilgan oltingugurtни to'zg'itish yuqori bosimli mexanik forsunkalarda [ularga suyuqlantirilgan oltingugurt 12 bar (qariyb 12 atm) bosim ostida beriladi] va past bosimli forsunkalarda [ularada suyuqlantirilgan oltingugurtни to'zg'itish qisilgan havo bilan (bosim 6 bar)] amalga oshiriladi.



### 3.12-rasm. To'zg'itilgan holatida oltingugurtни yoqish uchun pech tasviri:

1 – po'lat silindr; 2 – niqob; 3 – asbest; 4 – to'siqlar; 5 – oltingugurt to'zg'itish forsunkalari; 6 – pechga havo purkash uchun chig'anoq; 7 – yoqilg'i to'zg'itish forsunkasi.

Sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladigan oltingugurt yetarlicha toza bo'lishi lozim, chunki ifloslantiruvchi qo'shimchalar suyuqlantirgichning issiqlik uzatish quvurlarining sirtiga yopishib qoladi, bu esa issiqlik almashinishini yomonlashtiradi; bundan tashqari, forsunkalar ifloslanishi natijasida tiqilib qolishi mumkin. Shuni ham hisobga olish lozimki, pechda oltingugurt yoqilganda hosil bo'ladigan barcha qattiq qo'shimchalar (kul) amalda kuyundi gazining tarkibiga chang tarzida o'tadi.

Oltिंगugurt tarkibida 0,05% kul ( $z$ ) bo'lganda va oltिंगugurtdan foydalanish darajasi  $k = 95\%$  ni tashkil etganda 1 t sulfat kislota ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan chang miqdori  $q$  quyidagiga teng bo'ladi:

$$q = \frac{1000zA_c}{100kM_k} = \frac{1000 \cdot 0,05 \cdot 32,06}{100 \cdot 0,95 \cdot 98,08} = 0,172 \text{ kg}$$

bu yerda:  $A_c$  – oltिंगugurtning atom massasi;  $M_k$  – sulfat kislotaning molekulyar massasi.

1 t sulfat kislota olishda kontaktlanishga yuboriladigan gazdagi  $\text{SO}_2$  miqdori 8% bo'lgandagi normal sharoitga keltirilgan gaz hajmi  $3000 \text{ m}^3$  ni tashkil etadi (5.4-rasmga qarang). Shunday qilib, gazdagi chang miqdori:

$$m = \frac{1000q}{3000} = \frac{1000 \cdot 0,172}{3000} = 0,057 \text{ g / m}^3$$

ga teng bo'ladi.

Oltिंगugurtdan sulfat kislota olishning qisqa sxema bo'yicha deb ataladigan ishlab chiqarish usulida gazdagi changning bunday miqdorda bo'lishi qiyinchiliklar keltirib chiqarishi mumkin, vaholanki, keltirilgan jarayonda gaz tozalanmasdan kontakt jihoziga berilishi kerak.

Suyuqlantirilgan oltिंगugurtdan qattiq va organik qo'shimchalar uni tindirish yo'li bilan ajratiladi, so'ngra pechga berishdan oldin suyuqlanma filtrlanadi. Filtrlashdan oldin suyuqlanmaga to'rdan filtrllovchi qatlam hosil qiluvchi (1 t oltिंगugurtga 0,3-0,5 kg miqdorida) diatomit qo'shiladi. Ayrim hollarda oltिंगugurtga uni tarkibidagi kislotali qo'shimchalarni neytrallashtirish va korroziyani oldini olish maqsadida ohak (1 t oltिंगugurtga 0,15 kg) qo'shiladi.

AQSH dagi zavodlarda, ayrim hollarda, oltिंगugurtning qattiq qo'shimchalardan tozalash emas, balki uning yoqilishidan hosil qilinadigan gazni pemza yoki boshqa g'ovak moddalar to'ldirilgan gaz filtrlaridan o'tkazish iqtisodiy samaraliroq deb hisoblashadi.

Oltिंगugurt, shuningdek to'ldirgichli silindrik vertikal, qaynovchi qatlam va boshqa xildagi pechlarda ham yondiriladi.

*Vertikal pechga* suyuqlantirilgan oltingugurt yuqoridan to'ldirgichga beriladi, u orqali suyuq oltingugurt oqib tushadi, bug'lanadi va xuddi shunday pechning yuqori qismidan beriladigan havo oqimida yonadi.

*Oltingugurt yondirish uchun qaynovchi qatlamli pech* xuddi kolchedanni kuydirishdagi qaynovchi qatlam pechi singari qurilmadir. Pechga maxsus solingan yirik qum zarrachalaridan qaynovchi qatlam hosil qilinadi. Pechga qattiq oltingugurt beriladi, shuning uchun suyuqlantirgich, suyuq oltingugurtning uzatish nasoslari, oltingugurtning suyuqlantirish uchun bug' xarajatlari va boshqalarning keragi bo'lmaydi.

Oltingugurtning yondirish uchun pech bo'linmasini ishlatish harajatlari kolchedanni kuydirishdagiga nisbatan arzonroqdir, chunki amalda kuyundini yo'qotishga sarflanadigan harajatlarning kerak bo'lmaydi, shu tufayli oltingugurtli pechlar yetarlicha soddadir.

**Vodorod sulfidni yoqish pechlari.** Bunday pech po'latdan tayyorlangan silindrik qozon ko'rinishida bo'ladi, uning ichki qismi o'tga chidamli g'ishtlar bilan niqoblangan (futerovka qilingan) bo'ladi. Pech ichidan bug' qozonlarining issiqlik almashtirgich quvurlari o'tkazilgan bo'ladi. Bu esa vodorod sulfidni yondirish jarayonining haroratini pasaytirib turishni, kuyundi gazida ko'p miqdorda SO<sub>2</sub> tutgan gaz olinishiga erishishni uni oz miqdorda ortiqcha bo'lgan kislorod bilan o'tkazishni va ajraladigan reaksiya issiqligidan samarali foydalanishni ta'minlaydi.

Vodorod sulfidli gaz pechning yuqori qismidan yondirgich orqali kiritiladi, u yerda havo bilan aralashadi va so'ngra pech ichida mash'ala yoy hosil qilib yonadi. Pechning pastki qismida kuyundi gazini chiqarish uchun qisqa quvur (patrubok) va yupqa po'lat list bilan berkitib qo'yuvchi saqlash klapani bo'ladi. Pechda gaz-havoli aralashma yondirilganda portlash havfi paydo bo'lsa, to'siq quvurdan (flaneslardan) bosim ostida ochiladi; shu yo'l bilan pechning buzilib ketishidan saqlanadi. Havoning berilishi birdaniga to'xtaganda (bunday holat ishlab chiqarishda tez-tez uchraydi) pechga vodorod sulfidning kelishi avtomatik ravishda membranali klapan yordamida to'xtaydi.

Agar vodorod sulfidli gazga vodorod sianid aralashgan bo'lsa, H<sub>2</sub>S ning yonish jarayoni kislorod yetishmagan sharoitda amalga oshiriladi. Bu holatda HCN oksidlanishi natijasida azot oksidlari emas, balki elementar azot hosil bo'ladi va shunday qilib, sulfat kislota mahsulotini azot oksidlari bilan ifloslanishining oldi olinadi. Kislorod yetishmagan sharoitda yoqish pechdan chiqadigan kuyundi gazi tarkibida ma'lum miqdordagi yonmagan vodorod sulfid va oltingugurt bug'ining bo'lishiga olib keladi. Oltingugurtning to'la oksidlanishi uchun bunday gaz qo'shimcha yondirish kamerasiga beriladi, u yerga kerakli miqdordagi havo kiritiladi.

*Vodorod sulfid yonishining jadalligi* (boshqa yoqilg'i gazlar singari) o'txona bo'shlig'ining quvvati bilan tavsiflanadi va 1 m<sup>3</sup> hajmdagi o'txonadan vaqt birligi ichida ajraladigan issiqlik miqdori bilan ifodalanadi:

$$I = \frac{Q}{V}$$

bu yerda:  $I$  – o'txona bo'shlig'ining quvvati, kJ/(m<sup>3</sup>·s);  $Q$  – o'txonadan chiqadigan issiqlik miqdori, kJ/s;  $V$  – o'txona hajmi, m<sup>3</sup>.

Vodorod sulfid yoqish uchun pechlarni hisoblashda o'txona bo'shlig'ining quvvati  $I$  ni 600-800 mj/(m<sup>3</sup>·s), yoki 150-200 ming kkal/(m<sup>3</sup>·s) deb qabul qilinadi.

**Kuyundi gazlari issiqligidan foydalanish.** Oltingugurtli xomashyo kuydirilganda va sulfit angidridni sulfat kislotaga qayta ishlashda ko'p miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi. 3.8-jadvalda turli xildagi xomashyolardan 1 t sulfat kislota ishlab chiqarishda hosil bo'ladigan issiqlik miqdori haqidagi ma'lumotlar keltirilgan.

3.8-jadval

**1 t H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> olishda ajralib chiqadigan energiya miqdori**  
(SI sistemasiga hisoblash koeffitsienti: kkal x 4,19 = kj)

Ko'rsatkichlar	Kolchedan	Oltingugurt	Vodorod sulfid
Xomashyoni yondirilishidan ajraladigan issiqlik, mln kkal .....	1,04	0,72	1,26
SO <sub>2</sub> ni kislotaga qayta ishlanishidan ajraladigan issiqlik, mln kkal .....	0,66	0,66	0,66
<b>Hammasi</b> .....	<b>1,70</b>	<b>1,38</b>	<b>1,92</b>

3.8-jadvaldan ko‘rinadiki, umumiy issiqlikning 52-65% qismi oltingugurtli xomashyolarni kuydirilishidan ajralib chiqadi, shuning uchun pech bo‘linmasida birinchi navbatda ajraladigan issiqlikdan foydalanishni yo‘lga qo‘yishni nazarda tutiladi. Vaholanki, 1 t  $H_2SO_4$  olish uchun 50-100 kvt·s elektroenergiya sarflanadi, bunda sulfat kislota zavodlarida ajraladigan issiqlikning ma‘lum qismidan samarali foydalanish orqali o‘z-o‘zini to‘la elektroenergiya bilan ta‘minlanishiga erishish mumkin. Qaynovchi qatlam pechlarida 1 t sulfat kislota ishlab chiqarishda 1,2 t gacha bug‘ olinadi, ya‘ni ajraladigan issiqlikning qariyb 46% miqdoridan foydalaniladi. Shunday qilib, sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatlari energiya ta‘minotchisiga ham aylanishi mumkin, natijada sulfat kislota tannarxi keskin pasayadi.

$SO_2$  ning kontaktlanish va sulfat kislota hosil bo‘lish issiqliklaridan qo‘shimcha foydalanishda (bu yo‘nalishlarda izlanishlar olib borilmoqda) issiqlikdan foydalanish ulushi ortadi va sulfat kislota ishlab chiqarish yanada iqtisodiy jihatdan tejamlir bo‘ladi.

Chang holatida va qaynovchi qatlam pechlarida kolchedanni kuydirishda, shuningdek oltingugurtli yoqishda pechdan chiqadigan gazning harorati 800-1000°C ga yetadi. Bu gazning issiqligidan bug‘ olish uchun qozon-yuttirgichlarda foydalanish yanada maqsadga muvofiqdir.

Mexnik pechlardan chiqadigan kuyundi gaz nisbatan past haroratga ega va shuning uchun ular qozon-yuttirgichlarda bug‘ olish uchun yaroqsizdir. Lekin bu gazlarning issiqligi bilan keyingi tegishli maqsadlarda (o‘txonalarda, pechlarda va hokazo) ishlatish uchun yuboriladigan havoni qisman qizdirish mumkin.

### **5-§. Kuyundi gazlarini changdan tozalash**

**Kuyundi gazini changdan tozalash.** Pechdan chiqadigan kuyundi gaz tarkibida chang bo‘ladi, uning miqdori boshlang‘ich xomashyo tarkibiga, uning zarrachalari o‘lchamiga, pech konstruksiyasiga va boshqalarga bog‘liqdir. Mexanik pechlarda kolchedanning kuydirilishidan hosil bo‘ladigan gazning changlanganligi



1 dan 10 g/m<sup>3</sup> gacha, chang holatida kuydirish pechlarida – 20 dan 100 g/m<sup>3</sup> gacha, qaynovchi qatlam pechlarida esa – 50 dan 200 g/m<sup>3</sup> gacha (gaz hajmlari normal sharoitga keltirilgan deb hisoblanganda) bo‘ladi.

Changlarning kimyoviy tarkibi amalda kuyundi tarkibidan farqlanmaydi, kuyundi chang zarrachalarining zichligi qariyb 3 g/sm<sup>3</sup> ni tashkil etadi.

Mexanik kolchedan pechlari gazidagi changning taxminiy fraksiyali tarkibi quyida keltirilgan:

Chang zarrachalarining diametri, mkm	Fraksiya miqdori, %
15 dan kichik	15,1
15-21	21,9
21-25	24
25-30	13
30-35	5,5
35-50	6,5
50-60	7,5
60 dan katta	6,5

Chang holatida kuydirish pechlari va qaynovchi qatlam pechlari gazlaridagi changning fraksiyali tarkibi kuydiriladigan boshlang‘ich xomashyoning maydalanish darajasiga bog‘liqdir. Qaynovchi qatlam pechidan chiqadigan oddiy gaz tarkibining taxminan 50% qismi 15 mk gacha o‘lchamli va qolgan 50% qismi – 15-40 mk o‘lchamli zarrachalardan iborat juda mayda changdan iborat bo‘ladi.

Chang kuyundi gazidan juda yaxshilab tozalanishi shart, chunki u jihozlarni ifloslantiradi, gidravlik qarshilikni oshiradi, mahsulot kislotasini ifloslantiradi va ishlab chiqarish jarayonlarida boshqa bir qator qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi. Gazlarni changdan tozalanishning ikkita asosiy: mexanik va elektrik usullari mavjuddir. Har ikkala usul ham sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalanilmoqda.

**Mexanik tozalash.** Gazni changdan mexanik tozalash uchun ishlatiladigan jihozlarning ishlash prinsipi og‘irlik kuchining ta’siriga yoki markazdan qochma kuchga asoslangandir.

Laminar gaz oqimida og‘irlik kuchi ta’siri ostida 1 dan 100 mk gacha diametrdagi qattiq zarrachalarning erkin cho‘kish tezligi  $w$  (m/sek da) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$w = \frac{d^2(\rho_1 - \rho_2)g}{18\mu}$$

bu yerda:  $d$  – zarracha diametri, m;  $\rho_1$  – zarracha zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $\rho_2$  gazning zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $g$  – og‘irlik kuchining tezlanishi, m/sek<sup>2</sup>;  $\mu$  – gazning dinamik qovushqoqligi, kg/(m·sek).

Kuyundi gazidan va havodan kuyundi changini cho‘ktirishda  $\rho_2$  kattalik  $\rho_1$  kattalikka nisbatan juda kichik qiymatli bo‘lganligi uchun uni hisobga olmaslik mumkin. Shuning uchun hisoblashni soddalashtirilgan holda quyidagi tenglama orqali amalga oshirilishi mumkin:

$$w = \frac{d^2 \rho_1 g}{18\mu}$$

1 mm dan kichik diametrli zarrachalar uchun bu formulaga gazdagi molekulalar harakat uzunligini hisobga oladigan koeffitsientni ko‘paytirish kiritiladi. 100 mkm dan yirik diametrdagi zarrachalarning cho‘kish tezligini boshqa formula bo‘yicha hisoblanadi, chunki bu holda cho‘kish tezligi boshqa qonuniyatga bo‘ysunadi.

3.9-jadvalda havodagi kuyundi changlarini cho‘kish tezligini birinchi formula orqali hisoblangan ma’lumotlar keltirilgan. Bunda  $\rho_1 = 3000$  kg/m<sup>3</sup>, havoning harorati 20°C va qovushqoqligi  $\mu = 1,9 \cdot 10^{-7}$  kg/m·sek etib belgilangan.

3.9-jadval

**Havodagi kuyundi changining cho‘kish tezligi**

Zarrachalar diametri		Cho‘kish tezligi	
mkm	m	m/sek	sm/s
1	10 <sup>-6</sup>	0,9·10 <sup>-4</sup>	32
10	10 <sup>-5</sup>	0,9·10 <sup>-2</sup>	32·10 <sup>3</sup>
100	10 <sup>-4</sup>	0,9	3,2·10 <sup>5</sup>

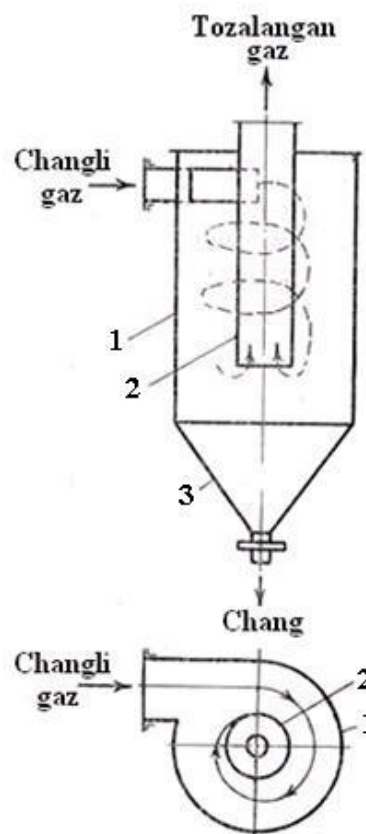
Markazdan qochma kuch ta’sirida changni cho‘ktirish, zarrachaning  $R$  diametrli aylana bo‘yicha aylanadigan markazdan qochma kuch maydonida bo‘lishiga asoslangan. Sharsimon shakldagi zarrachaning bu kuch ta’sirida cho‘kish tezligi  $w_l$  (m/sek da) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$w = \frac{d^2 \rho v^2}{18R\mu}$$

bu yerda:  $d$  – zarracha diametri, m;  $\rho$  – zarracha zichligi, kg/m<sup>2</sup>;  $v$  – oqimning aylanma harakati, m/sek;  $R$  – aylanish radiusi, m;  $\mu$  – gazning dinamik qovushqoqligi, kg/(m·sek).

Markazdan qochma kuch ta'sirida gazlarni changdan va suyuqlik tomchilaridan tozalash uchun jihozlar *markazdan qochma chang tutgichlar yoki siklonlar deyiladi*.

Siklonning ishlash tizimi 3.13-rasmda tasvirlangan. Jihozga gaz oqimi tangensial aylanma oqimda kiradi va markaziy chiqarish quvurining asosi bo'yicha aylanadi. Chang zarrachalari  $w$  tezlikda radial harakatlanadi, siklon devoriga urilib, uning sirtidan pastga – bunkerga tushadi. Tozalangan gaz esa markaziy quvur orqali yuqoridan chiqadi.



**3.13-rasm. Siklon:**

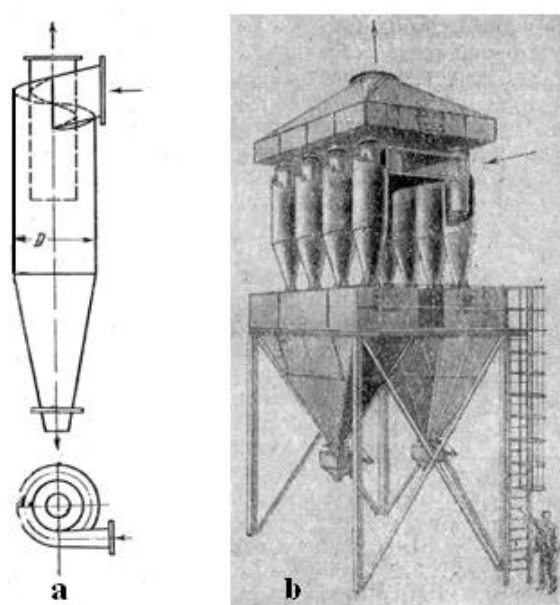
1 – tashqi silindr; 2 – ichki silindr; 3 – konussimon bunker.

Yuqoridagi formuladan ko‘rinadiki, siklonning unumdorligi undagi gazning tezligi ortishi bilan ko‘tariladi. Lekin, shu bilan bir vaqtda siklonning gidravlik

qarshiligi ham ortadi va uning sirtiga o'tirib qolgan changning ma'lum qismini uchirib gaz bilan olib chiqib ketadi.

Siklonlardagi gazning tezligini 7-20 m/sek etib belgilangan, bunda gidravlik qarshilik  $400 \text{ n/m}^2$  ( $\sim 40 \text{ mm. sim. ust. ga}$  yetadi).

3.14-rasmda NIIOGAZ (Rossiya) bittalik siklonning va sakkiz siklondan iborat batareyasi tasvirlangan. Bunday siklonlar qaynovchi qatlam pechlarida hosil bo'ladigan kuyundi gazlari tarkibidagi changni tozalashning birinchi bosqichida ishlatiladi. NIIOGAZ siklonlari batareyasidan iborat chang tutgich qurilmani tayyorlashda  $1000 \text{ m}^2/\text{s}$  tozalanadigan gaz uchun 100-150 kg metall sarflanadi. *Tozalash koeffitsienti* (tozalangan va iflos gazdagi chang miqdorlarining nisbati) changdagi zarrachalar o'lchamiga bog'liqdir (3.10-jadval).



**3.14-rasm. NIIOGAZ siklonlarining ishchi holatda joylanishi:**

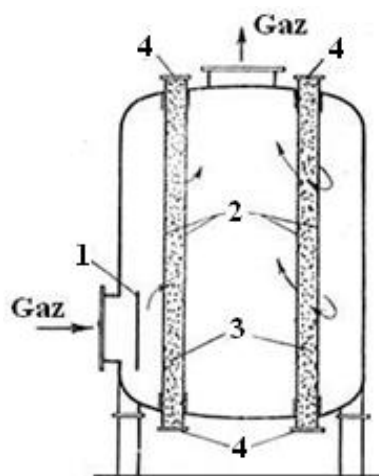
a – bittalik siklon; b – siklonlar batareyasi.

3.15-rasmda filtr tasvirlangan, unda ikkita konsentrik to'r 2 lar orasidagi halqali bo'shliqqa filtrlovchi material (pemza, qum yoki boshqalar) joylashtirilgan. Bunday jihoz oltingugutdan sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonida tarkibida muallaq holatida zarrachalar bo'lgan gazni kontakt jihoziga berishdan oldin tozalashda ishlatiladi.

**SN-15 turidagi NIOGAZ siklonlarida gazlarni changdan tozalashning  
taxminiy koefitsientlari**

Siklon diametri $D$ , mm	Zarrachalarning shartli diametri, mkm		
	5	10	20
	Tozalash koefitsienti, %		
800	50	85	97,2
600	55	87	98,0
400	69	89	98,5
200	77	93	99,0
100	83	95	99,5

Gaz jihozning pastki yon tarafidagi qisqa quvurdan kiradi va filtrlash yuzasiga plita 1 orqali taqsimlanadi. Filtrlovchi material qatlami 3 orqali o‘tib, tozalangan gaz jihozning yuqori qismidagi qisqa quvur orqali chiqib ketadi. Bunday filtrlarning muhim afzalligi shundaki, ishlatib bo‘lingan filtrlovchi materialni filtdan bo‘shatish va yangi filtrlovchi materialni filtrga solish, uning yuqorisidagi va pastidagi qopqoqli tuynuk (lyuk) 4 lar orqali juda tez amalga oshiriladi. Gazni changdan mexanik tozalash yetarlicha sodda, lekin tozalash koefitsienti yunchalik yuqori emas. Shuning uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda gazlarni yaxshilab tozalash talab etilgan taqdirda, mexanik usullar elektrik usullar bilan uyg‘unlashtiriladi va yuqori changlikka ega bo‘lgan kuyundi gazlarini (chang holatida kuydirish va qaynovchi qatlam pechlarining gazlarini) dastlabki tozalash jarayonida ishlatiladi.



**3.15-rasm. Donador filtrlovchi materialli filtr:**

1 – taqsimlash plitasi; 2 – to‘r; 3 – donador filtrlovchi material;  
4 – materialni chiqarish va solish qopqoqli tuynuk (lyuk) lari.

**Gazlarni elektrik usulda tozalash.** Bu usul gazlardan muallaq zarrachalarni tozalashda mexanik usulga nisbatan takomillashgan va ishonchli bo‘lsada, u ancha qimmatli hisoblanadi. Gazlarni changdan va sulfat kislota bug‘laridan tozalash uchun sulfat kislotali sanoatda elektrik tozalash keng miqyosda qo‘llaniladi.

Gazlarni changdan elektrik tozalash jihozlari *elektrofiltrlar* deyiladi. Cho‘ktiruvchi elektrodleri quvur shaklida bo‘lgan quvurli elektrofiltrlar va plastinkali elektrofiltrlar ishlatiladi.

*Cho‘ktiruvchi elektrod* vazifasini o‘tovchi yerga ulangan va sim to‘r bilan qoplangan quvur ichiga 70000-100000 volt kuchlanishli doimiy tok mashinasining manfiy qismiga ulangan *tojsimon elektrod* joylashtirilgan (3.16a-rasm). Sim atrofidagi gaz qatlamlari ionlashadi va yorituvchi qavat (toj) hosil bo‘ladi. Gaz tarkibidagi changlar manfiy tok bilan zaryadlanib sim elektroddan qochadi va quvur devorchalariga yopishgan holda zaryadsizlanadi. Quvur vaqti-vaqti bilan urilib, yig‘ilgan changlar pastga tushirib olinadi. Buning natijasida gaz quvurdan o‘tayotganda changdan tozalanadi. Bu usulda gaz changdan 95-98% tozalanadi.

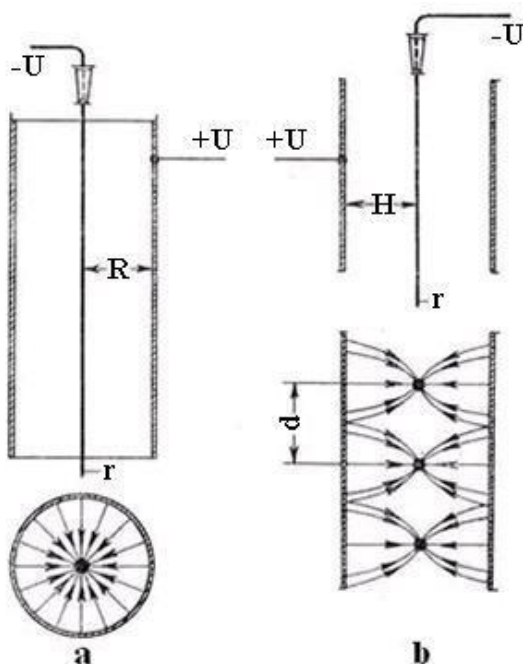
Plastinkali elektrofiltrlarda cho‘ktiruvchi elektrod vazifasini plastinkalar, tojsimon elektrodler esa plastinkalar orasiga bir-biridan va plastinkadan bir xil masofada joylashgan qator simlar tarzida joylashtiriladi (3.16b-rasm).

Elektrofiltrlarda gazlarning tozalanish darajasi elektr maydonining kuchlanganligi  $E$  ga (v/sm da) bog‘liq bo‘lib, u tojsimon elektrod va quvurli elektrodning devori orasidagi har qanday nuqtada quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$E = \frac{V}{2,3x \lg \frac{R}{r}}$$

bu yerda:  $V$  – potentsiallar farqi, v;  $x$  – quvur markazidan kuchlanishni o‘lchash nuqtasigacha bo‘lgan masofa, sm;  $R$  – quvur radiusi, sm;  $r$  – tojsimon elektrod (sim) radiusi, sm.

Bu tenglamadan ko‘rinadiki, maydon kuchlanishi qanchalik katta bo‘lsa, o‘lchash nuqtasi ham sim asosiga yaqin bo‘ladi; maksimal kuchlanganlik tojsimon elektrod sirtida yuzaga keladi.



### 3.16-rasm. Quruq elektrofiltrlar tizimining tasviri:

*a* – quvurli elektrofiltr; *b* – plastinkali elektrofiltr (strelkalar bilan elektronlar oqimining yo‘nalishi ko‘rsatilgan); *n* – elektrodga beriladigan kuchlanish; *R* – quvurli cho‘ktiruvchi elektrod radiusi; *r* – tojsimon elektrod (sim) radiusi; *N* – sim va plastinkali elektrod orasidagi masofa; *d* – simlar orasidagi masofa.

Tojsimon elektrod yaqinida yuzaga keladigan gazlarni uncha katta bo‘lmagan bo‘shliqdagi ionlanish maydoni toj maydoni deyiladi. Bu maydonda xarakterli chaqnash va tovush hosil bo‘ladi. Toj maydonida musbat va manfiy zaryadlangan ionlar bo‘ladi; chang zarrachalari bilan to‘qnashib, ionlar ularni zaryadlaydi. Zaryadlangan chang zarrachalari elektr maydoni ta’sirida qarama-qarshi zaryadli elektrodlar sirtiga tortiladi. Tojsimon elektrod manfiy zaryadli bo‘ladi va undan quvur devori sirtiga manfiy zaryadlangan chang zarrachalari harakatlanadi. Oz miqdordagi changlar toj maydonida musbat zaryadli zarrachalar hosil qiladi va tojsimon elektrod sirtida cho‘kadi. Toj maydonidan tashqaridagi chang zarrachalari faqat manfiy zaryadlanishi mumkin, buning natijasida quvur devorlari tomon harakatlanadi, u yerda changning asosiy miqdori cho‘kadi.

Elektrofiltrdagi asosiy kuch zarrachalar zaryadiga ta’sir etadigan elektr maydoni kuchi hisoblanadi. Shu ta’sir tufayli zarrachalar cho‘ktiruvchi elektrod

tomonga harakatlanadi. 1 dan 50 mk gacha radiusli zarrachalarning nazariy harakat tezligi (dreyf) quyidagi nazariy tenglama bo'yicha (sm/sek da) hisoblanishi mumkin:

$$w = \frac{0,11E^2 r}{\mu}$$

bu yerda:  $E$  – elektr maydonining kuchlanganligi, v/sm;  $r$  – zarracha o'lchami, sm;  $\mu$  – gazning dinamik qovushqoqligi, g/(sm·sek) yoki spz;

Bundan ko'rinadiki, cho'ktiruvchi elektrod tomon 1 mk dan katta radiusdagi zarrachalarning harakat tezligi zarrachaning radiusiga to'g'ri proporsionaldir. Elektrofildagi zarrachalarning amaldagi harakat tezligi yuqoridagi hisoblashdan olingan qiymatga nisbatan taxminan 2 marta kichik bo'ladi.

Elektrofildagi muallaq zarrachalarni nazariy jihatdan ushlab qolinish darajasi, ya'ni gazning tozalanish darajasi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanadi:

$$\eta = 1 - e^{-wf}$$

bu yerda:  $w$  – elektr maydonidagi zarrachaning harakati, sm/sek;  $f$  – elektrofildagi o'lchamini va elektrofildagi gazning tezligini xarakterlaydigan koeffitsient.

Quvurlar va plastinkali elektrofildlar va olti qirrali cho'ktiruvchi elektrodlar uchun  $f$  koeffitsienti quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

quvurli elektrofildlar uchun .....  $f = \frac{2L}{vR}$

plastinkali elektrofildlar uchun .....  $f = \frac{L}{vH}$

olti qirrali cho'ktiruvchi elektrodli  
elektrofildlar uchun .....  $f = \frac{LH}{vQ}$

bu yerda:  $L$  – elektr maydoni uzunligi, m;  $v$  – elektrofildagi gazning tezligi, m/sek;  $R$  – quvur radiusi, m;  $H$  – cho'ktiruvchi va tojsimon elektrodlar orasidagi masofa, m;  $S$  – cho'ktiruvchi elektrodning faol perimetri (uning geometrik shakliga bog'liq), m;  $Q$  – cho'ktiruvchi elektrod ko'ndalang kesimining yuzasi, m<sup>2</sup>.

Elektr o'tkazuvchi va elektr o'tkazmaydigan chang zarrachalari tegishli elektrodlarda cho'kishida o'zining zaryadini berib (yoki ularni qabul qilib), odatda



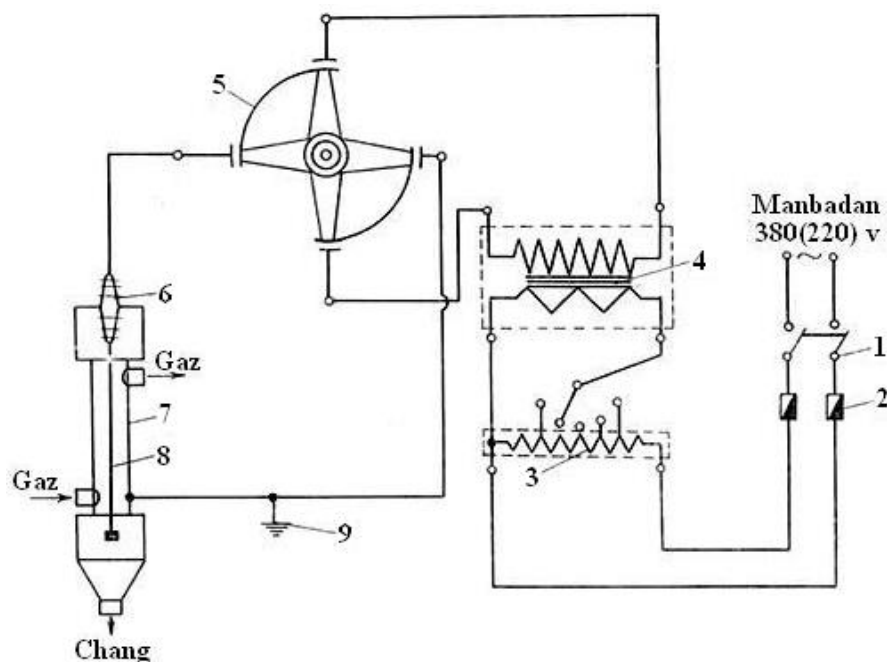
bir xilda yaxshi cho'kadi. Lekin ayrim moddalarning (masalan, rux oksidning) changi elektr zaryadini juda ham yomon qabul qiladi. Cho'ktiruvchi elektrodalarda elektr o'tkazmaydigan changlar qatlamining hosil bo'lishi tozalash jarayoni sharoitini yomonlashtiradi, chunki elektrodga o'tirib qoladigan changning mustahkam elektroizolyatsiya qatlami yangi cho'kkan chang zarrachasining zaryadsizlanishiga to'sqinlik qiladi. Bundan tashqari, tojsimon elektrodda chang qatlamining o'tirib qolishi ularning diametrini oshiradi va natijada toj hosil bo'lish sharoitini yomonlashtiradi, shunga bog'liq holda elektrodlardan changni doimo tozalab turish lozim bo'ladi.

Elektrofiltrga kiradigan gazning changlilik (changlanishning ma'lum chegarasigacha) uning elektrofiltrda tozalanish darajasiga bog'liq emas. Ammo gazdagi changning miqdori juda ham ko'p bo'lsa va ayniqsa elektrofiltrda gaz oqimi katta tezlikda bo'lgan holatda gazning tozalanishi yomonlashadi.

Gazni elektrik tozalash uchun qurilma manbasiining prinsipial tasviri 3.17-rasmda keltirilgan.

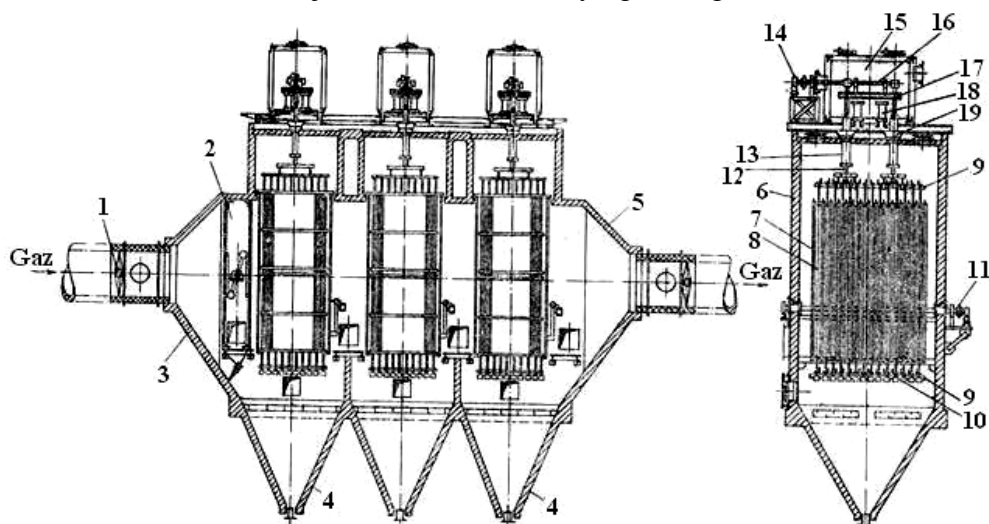
Elektrik tozalash qurilma manbasi uchun yuqori kuchlanishli tokning maxsus to'g'rilagichda to'g'rilash yo'li bilan hosil qilinadigan doimiy tok kerak bo'ladi. Tarmoqdagi kuchlanish (220-380 v) transformator 4 orqali 80-100 ming voltgacha oshiriladi, so'ngra yuqori kuchlanishli o'zgaruvchan tok yuqori voltli to'g'rilagich 5 ga uzatiladi, bu yerdan to'g'rilangan (doimiy) tok elektrofiltrga o'tadi. Tojsimon elektrodlar 8 to'g'rilagich 5 ning manfiy manbasiga ulanadi, cho'ktiruvchi elektrodlar esa to'g'rilagichning musbat manbasi sifatida yerga ulanadi. Shunday qilib, elektrofiltrning elektrodlarida kuchlanishni moslashtirish orqali ular orasida kuchli elektr maydoni hosil qilinadi.

Gazlarni kuyundi changlaridan elektrik tozalash uchun asosan plastinkali (to'rli) cho'ktiruvchi elektrodli elektrofiltrlar qo'llaniladi. Keyingi yillarda ko'pincha OG-3 (kuyundili uch taxmonli) va OG-4 turidagi ko'p taxmonli elektrofiltrlardan foydalanish keng tarqalgan. Uch taxmonli elektrofiltr tasviri 3.18-rasmda keltirilgan.



**3.17-rasm. Elektrofılrar manbasining prinsipial elektrik tizimining tasviri:**

1 – elektr ulab-uzgıch; 2 – elektr saqlagıch; 3 – kuchlanishni boshqargıch; 4 – kuchaytiruvchi transformator; 5 – voltli to‘g‘rilagıch; 6 – muhofazalagıch (izolyator); 7 – cho‘ktiruvchi elektrod; 8 – tojsimon elektrod; 9 – yerga uzatgıch.



**3.18-rasm. Gorizontol holatdagi quruq uch taxmonli plastinkali elektrofiltr konstruksiyasining tasviri:**

1 – droselli klapan; 2 – chayqalib turuvchi gaz taqsimlagıch to‘r; 3 – diffuzor (jihozning bosim oshadigan qismi); 4 – bunkerlar; 5 – konfuzor; 6 – elektrofiltr korpusi; 7 – cho‘ktiruvchi elektrod; 8 – tojsimon elektrod; 9 – tojsimon elektrodlarning ustki va ostki ramalari; 10 – yuklar; 11 – cho‘ktiruvchi elektrodni chayqatish mexanizmining elektr harakatlantirgıchi; 12 – tojsimon elektrod yuqori ramasining osmasi; 13 – kvarsli quvurlar; 14 – tojsimon elektrodni chayqatish mexanizmining elektr harakatlantirgıchi; 15 – muhofaza (izolyator) qutisi; 16 – cho‘ktiruvchi elektrodni chayqatish mexanizmi; 17 – tik tayanchga tayanadigan ko‘ndalang balka (traversa, to‘sin); 18 – izolyatorlar tayanchi; 19 – kvarsli voronkalar.

Elektrofiltr korpusi 6 tashqi qismi issiqlik yo‘qolishidan muhofazalangan (izolyatsiyalangan) o‘tga chidamli betondan yoki po‘latdan tayyorlangan.

Elektrofiltrning ichki kamerasida cho'ktiruvchi elektrodlar 7 bilan tojsimon elektrodlar 8 orasidan iborat uchta cho'ktiruvchi qurilma – maydon joylashgan. Cho'ktiruvchi elektrodlar po'lat ramaga tortilgan 3 mm diametrli po'lat simdan to'qilgan to'r ko'rinishida bo'ladi. Har bir kamerada bir necha to'r bir-biridan 250 mm masofada ajratilgan holda o'rnatilgan. Setkalar orasida 2 mm diametrli nixrom simidan tayyorlangan bir necha tojsimon elektrodlar tortilgan; bu elektrodlar orasidagi masofa ham 250 mm bo'ladi. Elektrofiltrning barcha metall detallari, shu jumladan cho'ktiruvchi elektrodlar yerga ulangan bo'ladi.

Tojsimon elektrodlar – kvarsli quvur 13 lar bilan muhofaza qilinadigan, osma 12 ga birlashtirilgan ustki rama 9 ga mahkamlangan bo'ladi. Unga o'tirib qolgan changlar maxsus mexanizm 16 bilan chayqatish orqali tushiriladi; cho'ktiruvchi elektrodni chayqatish boshqa mexanizm – elektr harakatlantirgich 11 bilan amalga oshiriladi. Elektrodni chayqatish natijasida ularda o'tirib qolgan changni bunker 4 ga tushiradi, u yerdan davriy yoki uzluksiz suratda chiqarib turiladi. Tozalangan gaz elektrofiltrda gorizontalar tarzda, birin-ketin barcha cho'ktiruvchi qurilmalardan o'tgan holda harakatlanadi; ularning har biri, mohiyati bo'yicha, alohida elektrofiltrlar hisoblanadi.

Elektrofiltrning unumdorligi gaz o'tadigan kamera ko'ndalang kesimining yuzasi bilan aniqlanadi, bu yuzaning kattaligi elektrofiltr turini belgilashda ko'rsatiladi. Masalan, OG-3-8 kuyundi elektrofiltri uchta maydon va 8 m<sup>2</sup> gaz o'tish yuzasiga ega bo'ladi. Mamlakatimizda ishlatilayotgan elektrofiltrlar kamerasining ko'ndalang kesimining yuzasi 30 m<sup>2</sup> gacha yetadi (OG-3-8, OG-3-15, OG-3-20, OG-3-30).

Kuyundi elektrofiltridagi gazning harorati 275°C dan kam, 500°C dan yuqori bo'lmasligi lozimdir. 275°C dan past haroratda sulfat kislotaning kondensatsiyasi kuzatiladi (chunki kuyundi gazi tarkibida doimo ma'lum miqdordagi SO<sub>3</sub> va suv bug'i bo'ladi), bu esa kamera detallarining korroziyalanishiga olib keladi. 500°C dan yuqori haroratda esa elektrofiltrning ichki metall detallarining deformatsiyalanishi kuzatiladi.

Mexanik pechlardan va chang holatida kuydirish pechlaridan chiqadigan gaz oqimining tezligi 0,7-1,2 m/sek bo‘lganda OG-3 turidagi elektrofiltrlarda changdan 100 mg/m<sup>3</sup> gacha, qaynovchi qatlam pechlaridan chiqadigan gazlar esa 100-200 mg/m<sup>3</sup> gacha tozalanadi. Gazlarni tarkibida 50-100 mg/m<sup>3</sup> chang qolgungacha juda yaxshi tozalash uchun OG-4-8 va OG-4-16 turidagi to‘rt taxmonli elektrofiltrlar ishlatiladi.

*Misol. OG-3-8 turidagi elektrofiltrda qaynovchi qatlam pechida hosil bo‘ladigan kuyundi gazini changdan tozalanish darajasini va elektrofiltrdan chiqadigan gaz tarkibidagi chang miqdori  $z_k$  ni hisoblang. Hisoblarni amalga oshirish uchun quyidagi ma’lumotlar keltirilgan (hisobda gazlarning hajmini normal sharoitga keltirilgan deb hisoblang):*

Gazning harorati, °C .....	400					
Gazning qovushqoqligi $\mu$ , g/(sm·sek) .....	3,3·10 <sup>-4</sup>					
Elektrofiltrga kiradigan gaz tezligi $z_0$ , m/sek .....	20					
Chang zarrachasining o‘rtacha radiusi $r$ , mk .....	2,5	7,5	15	20	30	40
Fraksiyali tarkibi $F$ , % .....	20	20	10	10	20	20
Elektrofiltrdagi gaz tezligi $v$ , m/sek .....	0,5					
Tojsimon va cho‘ktiruvchi elektrodlar tekisliklari orasidagi masofa $N$ , m .....	0,125					
Elektr maydoni uzunligi $L$ , m .....	7,2					
Elektr maydonining o‘rtacha kuchlanganligi $E$ , v/sm:						
v/sm .....	1500					
el.o‘t.birl. ....	5					

### **Qaynovchi qatlamda kolchedanni kuydirish uchun pech hisobi**

Boshlang‘ich ma’lumotlar:

1. 45% li kolchedan hisobidagi sharoit uchun pech unumdorligi (kg/sutka hisobida .....	200000
2. Ishlatiladigan xomashyo – quruq kolchedan hisobidagi tarkibida 42,4% S bo‘lgan flotatsiyalangan xomashyo .....	3
3. Kolchedan namligi (% hisobida) .....	3
4. Tashqi havonining o‘rtacha yillik harorati (°C) .....	25
5. Havo namligi (% hisobida) .....	75

6. Quruq kuyundi gazidagi SO <sub>2</sub> konsentratsiyasi (hajmiy %) .....	13,6
7. Quruq kuyundi gazidagi SO <sub>3</sub> konsentratsiyasi (hajmiy %) .....	0,1
8. Chang va kuyundidagi oltingugurt miqdori (% hisobida) .....	0,7
9. Kiradigan kolchedan harorati (°C) .....	15
10. Qaynovchi qatlam harorati (°C) .....	830
11. Gazlarning pechdan chiqishdagi harorati (°C) .....	820
12. Kuyundini pechdan chiqarib olishdagi harorati (°C) .....	820

Moddiy va issiqlik hisoblarini amalga oshirishda pastki va yuqorida ko'rsatilgan indekslarning ko'rsatkichlari keltirilgan. Chapdagi yuqori indekslar:

- 1 – shartli 45% li kolchedan;
- 2 – nam kolchedan;
- 3 – quruq kolchedan;
- 4 – havo;
- 5 – quruq kuyundi gazidagi sulfat angidrid;
- 6 – quruq kuyundi gazidagi sulfat angidrid;
- 7 – quruq kuyundi gazi;
- 8 – nam kuyundi gazi;
- 9 – kuyundi gazidagi chang;
- 10 – chiqarish quvuri orqali yo'qotiladigan kuyundi;
- 11 – atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik;
- 12 – sovitish elementlari bilan chiqarib olinadigan issiqlik.

O'ngdagi pastki indeks qaysidir qismning ko'rilayotganligini ifodalaydi. Bunday indesning bo'lmasligi chapdagi yuqori indeks bilan aniqlanadiganlarning barchasini ifodalaydi. Masalan, <sup>4</sup>m – nam havo massasi, <sup>4</sup>m<sub>O<sub>2</sub></sub> – havodagi kislorod massasi.

### Moddiy hisob:

1) Quruq kolchedan sarfi

$${}^3m = \frac{{}^1m \cdot {}^1c_S}{{}^3c_S} = \frac{200000 \cdot 45}{42,5} = 212000 \text{ kg/sutka yoki } 8844 \text{ kg/soat}$$

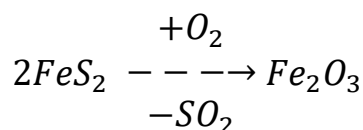
2) Nam kolchedan sarfi

$${}^2m = \frac{{}^3m \cdot 100}{100 - {}^2c_{H_2O}} = \frac{8844 \cdot 100}{100 - 3} = 9118 \text{ kg/soat}$$

3) Kolchedandagi oltingugurt miqdori

$${}^2m_S = {}^3m_S = \frac{{}^3m \cdot {}^3c_S}{100} = \frac{8844 \cdot 42,4}{100} = 3750 \text{ kg/soat}$$

4) Kuyyundi va changning umumiy miqdorini qaynovchi qatlam sharoitida



sxema bo'yicha kuyundi hosil bo'lishiga muvofiq hisoblaymiz. Bu holda 1 kg kolchedandan hosil bo'ladigan kuyundi unumi:

$$x = \frac{160 - {}^3c_S}{160 - {}^9c_S} = \frac{160 - 42,4}{160 - 0,7} = 0,738 \text{ kg/kg}$$

formula bo'yicha aniqlanishi mumkin. Bundan kuyundi va changning umumiy unumi:

$${}^9m + {}^{10}m = {}^3m \cdot x = 8844 \cdot 0,738 = 6527 \text{ kg/soat}$$

bo'lishini topamiz.

5) Kuyundi bilan yo'qotiladigan oltingugurt:

$${}^9m_S + {}^{10}m = \frac{({}^9m_S + {}^{10}m) \cdot {}^9c_S}{100} = \frac{6527 \cdot 0,7}{100} = 46 \text{ kg/soat}$$

6) Kolchedan oltingugurtning SO<sub>2</sub> va SO<sub>3</sub> hosil qilishi bilan yonishi:

$$\begin{aligned} {}^5m_S + {}^6m &= {}^2m_S - ({}^9m + {}^{10}m) = \\ &= 3750 - 46 = 3704 \text{ kg/soat} \end{aligned}$$

7) Hajm bo'yicha hosil bo'ladigan SO<sub>2</sub> va SO<sub>3</sub>:

$${}^5v_S + {}^6v = \frac{({}^5m_S + {}^6m) \cdot V_{SO_2}}{A_c} = \frac{3704 \cdot 21,895}{32,066} = 2530 \text{ nm}^3/\text{soat}$$

bu yerda:  $V_{SO_2}$  – SO<sub>2</sub> ning molyar hajmi, nm<sup>3</sup>/kmol;  $A_c$  – oltingugurtning nisbiy atom massasi, kg/kg-atom.

8) hosil bo'ladigan SO<sub>3</sub>:

hajm bo'yicha:

$${}^6v = \frac{({}^5v + {}^6v) \cdot {}^7c_{SO_3}}{{}^7c_{SO_2} + {}^7c_{SO_3}} = \frac{2530 \cdot 0,1}{13,6 + 0,1} = 18,5 \text{ nm}^3/\text{soat}$$

massa bo'yicha:

$${}^6m = \frac{18,5 \cdot 80,066}{22,416} = 66 \text{ kg/soat.}$$

bu yerda: 22,416 – SO<sub>3</sub> ning normal sharoitdagi molyar hajmi, nm<sup>3</sup>/kmol.

Bunday miqdordagi SO<sub>3</sub> da:

$${}^6m = \frac{{}^6v \cdot A_c}{V_{SO_3}} = \frac{18,5 \cdot 32,066}{22,416} = 26 \text{ kg/soat oltingugurt bo'ladi.}$$

bu yerda: 22,416 – SO<sub>3</sub> ning molyar hajmi (shartli), nm<sup>3</sup>/kmol.

9) SO<sub>2</sub> hosil bo'lishiga ishlatiladigan oltingugurt:

$${}^5m_S = ({}^5m_S + {}^6m_S) - {}^6m_S = 3704 - 26 = 3678 \text{ kg/soat.}$$

10) Bunda SO<sub>2</sub> hosil bo'ladi:

$${}^5m = \frac{{}^5m_S \cdot M_{SO_2}}{A_c} = \frac{3678 \cdot 64,066}{32,066} = 7348 \text{ kg/soat,}$$

$${}^5v = \frac{7348}{2,927} = 2511 \text{ nm}^3/\text{soat,}$$

bu yerda: 22,416 – SO<sub>2</sub> ning molyar massasi, kg/kmol, 2,927 – SO<sub>2</sub> ning zichligi, kg/nm<sup>3</sup>.

11) Hosil qilinadigan quruq kuyundi gazining hajmi:

$${}^7v = \frac{{}^5v \cdot 100}{{}^7c_{SO_2}} = \frac{2511 \cdot 100}{13,6} = 18466 \text{ nm}^3/\text{soat.}$$

12) Kuyundi gazidago kislorod konsentratsiyasi. Kuyundi gazidagi kislorod konsentratsiyasiga bog'liq formulaga quyidagi parametrlarni kiritamiz: a) beriladigan gazdagi kislorod konsentratsiyasi, b) kuyundi gazidagi SO<sub>2</sub> va SO<sub>3</sub> konsentratsiyasi, v) sarflangan kislorod mol sonini hosil bo'ladigan SO<sub>2</sub> va SO<sub>3</sub> mol soniga stexiometrik nisbati. Bu kattaliklarni formulaga kiritishda shuni nazarda tutish kerakki, O<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> va SO<sub>3</sub> larning real molyar hajmi bir-biriga teng bo'lmaydi.

Belgilab olamiz: n – quruq gazdagi O<sub>2</sub> konsentratsiyasi, hajmiy %; P<sub>SO<sub>2</sub></sub> – sarflangan kislorod mol sonini hosil bo'ladigan SO<sub>2</sub> soniga stexiometrik nisbati; P<sub>SO<sub>3</sub></sub> – sarflangan kislorod mol sonini hosil bo'ladigan SO<sub>3</sub> soniga stexiometrik nisbati; K<sub>SO<sub>2</sub></sub> =  $\frac{V_{O_2}}{V_{SO_2}}$  – O<sub>2</sub> va SO<sub>2</sub> molyar hajmlari nisbati;

K<sub>SO<sub>3</sub></sub> =  $\frac{V_{O_2}}{V_{SO_3}}$  – O<sub>2</sub> va SO<sub>3</sub> molyar hajmlari nisbati.

100 hajm quruq kuyundi gazi hosil bo'lishida:

$$\begin{aligned} 100 - {}^7c_{SO_2} + P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} \cdot {}^7c_{SO_2} - {}^7c_{SO_3} + P_{SO_3} \cdot K_{SO_2} \cdot {}^7c_{SO_3} = \\ = 100 + (P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} - 1) \cdot {}^7c_{SO_2} + (P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} - 1) \cdot {}^7c_{SO_3} \end{aligned}$$

hajmdagi gaz chiqib ketadi, uning tarkibida:

$$\frac{n}{100} [100 + (P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} - 1) \cdot {}^7c_{SO_2} + (P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} - 1) \cdot {}^7c_{SO_3}]$$

hajm kislorod bo‘ladi. Ko‘rsatilgan miqdordan SO<sub>2</sub> va SO<sub>3</sub> hosil bo‘lishiga:

$$P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} \cdot {}^7c_{SO_2} + P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} \cdot {}^7c_{SO_3}$$

hajm kislorod sarflanadi. Qoladigan kislorod 100 hajm kuyundi gazi tarkibida bo‘ladi. Shuning uchun:

$$\begin{aligned} {}^7c_{SO_2} &= \frac{n}{100} [100 + (P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} - 1) \cdot {}^7c_{SO_2} + (P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} - 1) \cdot {}^7c_{SO_3}] \\ &- \\ &- P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} \cdot {}^7c_{SO_2} - P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} \cdot {}^7c_{SO_3} = \\ &n - \left[ \left(1 - \frac{n}{100}\right) \cdot P_{SO_2} \cdot K_{SO_2} + \frac{n}{100} \right] \cdot {}^7c_{SO_2} \\ &- \left[ \left(1 - \frac{n}{100}\right) \cdot P_{SO_3} \cdot K_{SO_3} + \frac{n}{100} \right] \cdot {}^7c_{SO_3} \end{aligned}$$

Formulani soddalashtirish uchun  $P_{SO_3}$  va  $P_{SO_2}$  orasidagi bog‘liqlikni topamiz. Agar SO<sub>2</sub> va SO<sub>3</sub> lar hosil bo‘lishida boshlang‘ich qattiq moddalar va oxirgi qattiq mahsulotlar bir xil bo‘lsa, 1 mol SO<sub>3</sub> hosil bo‘lishida 1 mol SO<sub>2</sub> hosil bo‘lishiga nisbatan 0,5 mol ko‘p O<sub>2</sub> chiqib ketadi, ya‘ni  $P_{SO_3} = P_{SO_2} + 0,5$ . Boshqa tomondan, agar SO<sub>3</sub> pechda SO<sub>2</sub> dan  $2SO_2 + O_2 = 2SO_3$  reaksiyaga muvofiq hosil bo‘ladi deb qaralsa, bu holda  $P_{SO_3} = P_{SO_2} + 0,5$  bo‘ladi.  $K_{SO_2}$  va  $K_{SO_3}$  larning son qiymatini tegishli molyar hajlardan topiladi:

$$K_{SO_2} = \frac{V_{O_2}}{V_{SO_2}} = \frac{22,393}{21,895} = 1,023 \text{ va } K_{SO_3} = \frac{V_{O_2}}{V_{SO_3}} = \frac{22,393}{22,416} = 0,999.$$

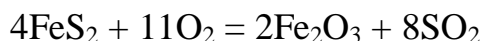
Kislorod bilan boyitilmagan odatdagi purkaladigan havo uchun n ning qiymati  ${}^4c_{O_2} = 21\%$  ga teng. Keltirilgan tenglamaga bu qiymatni qo‘yish orqali:

$$\begin{aligned} {}^7c_{O_2} &= 21 - \left[ \left(1 - \frac{21}{100}\right) \cdot P_{SO_2} \cdot 1,023 + \frac{21}{100} \right] \cdot {}^7c_{SO_2} - \\ &- \left[ \left(1 - \frac{21}{100}\right) \cdot (P_{SO_3} + 0,5) \cdot 0,999 + \frac{21}{100} \right] \cdot {}^7c_{SO_3} = 21 - \\ &-(0,8079 \cdot P_{SO_2} + 0,21) \cdot {}^7c_{SO_2} - (0,7892 \cdot P_{SO_2} + 0,605) \cdot {}^7c_{SO_3}. \end{aligned}$$



hosil qilinadi.

Qaynovchi qatlam sharoitida kuydirish



tenglama bo'yicha sodir bo'ladi deb hisoblash mumkin. U holda:  $P_{\text{SO}_2} = \frac{11}{8} = 1,375$  bo'ladi.

Nihoyat quruq kuyundi gazidagi kislorod konsentratsiyasini aniqlash uchun quyidagi tenglamani hosil qilamiz:

$${}^7c_{\text{O}_2} = 21 - 1,321 \cdot {}^7c_{\text{SO}_2} - 1,691 \cdot {}^7c_{\text{SO}_3}$$

$${}^7c_{\text{SO}_2} = 13,6\% \text{ va } {}^7c_{\text{SO}_3} = 0,1\% \text{ ekanligini bilgan holda:}$$

$${}^7c_{\text{O}_2} = 21 - 1,321 \cdot 13,6 - 1,691 \cdot 0,1 = 2,87\% \text{ ni topamiz.}$$

Agar  $\text{O}_2$ ,  $\text{SO}_2$  va  $\text{SO}_3$  larning molyar hajmlari bir-biriga teng deb hisoblansa,  $K_{\text{SO}_2} = K_{\text{SO}_3} = 1$  bo'lib, hisoblangan kislorod konsentratsiyasi 3,20% ni tashkil etadi, bu esa

$$\frac{(3,20 - 2,87) \cdot 100}{2,87} = 11,5\%$$

nisbiy xatolikka yo'l qo'yilishini ko'rsatadi.

- 13) Kuyundi gazidagi kislorod miqdori:

$${}^7v_{\text{O}_2} = \frac{{}^7v \cdot {}^7c_{\text{O}_2}}{100} = \frac{18466 \cdot 2,87}{100} = 530 \text{ nm}^3/\text{soat}$$

$${}^7m_{\text{O}_2} = 530 \cdot 1,429 = 757 \text{ kg/soat ni tashkil etadi.}$$

- 14) Kuyundi gazidagi azot hajmi va massasi:

$$\begin{aligned} {}^7v_{\text{N}_2} &= {}^7v - ({}^7v_{\text{SO}_2} + {}^7v_{\text{SO}_3} + {}^7v_{\text{O}_2}) = \\ &= 18466 - (2511 + 18,5 + 530,0) = 15406 \text{ nm}^3/\text{soat}, \end{aligned}$$

$${}^7m_{\text{N}_2} = 15406 \cdot 1,257 = 19362 \text{ kg/soat bo'ladi.}$$

Bu yerda: 1,257 – azotning (azot va argon) zichligi.

- 15) Kuydirishdagi quruq havo sarfi:

$${}^4v_{\text{quruq}} = \frac{{}^7v_{\text{N}_2} \cdot 100}{100 - {}^4c_{\text{O}_2}} = \frac{15406 \cdot 100}{100 - 21} = 19502 \text{ nm}^3/\text{soat},$$

$$19502 \cdot 1,257 = 21216 \text{ kg/soat.}$$

16) Havo bilan kiradigan namlik miqdori.

Ma'lumotnoma adabiyotlaridan olingan ma'lumotlar asosida  $25^{\circ}\text{C}$  va  $\varphi=75\%$  uchun 1 kg quruq havoga to'g'ri keladigan namlik miqdorini topamiz:  $d = 3,6 \cdot 10^{-3}$  kg  $\text{H}_2\text{O}$ .

Bundan:

$${}^4m_{\text{H}_2\text{O}} = {}^4m_{\text{quruq}} \cdot d = 25216 \cdot 0,0036 = 91 \text{ kg/soat.}$$

17) Nam havo miqdori:

$${}^4m = {}^4m_{\text{quruq}} + {}^4m_{\text{H}_2\text{O}} = 25216 + 101 = 25307 \text{ kg/soat,}$$

$$19502 + \frac{91}{0,804} = 19615 \text{ nm}^3/\text{soat,}$$

bu yerda: 0,804 – normal sharoitdagi suv bug'ining zichligi, kg/nm<sup>3</sup>.

18) Kuyundi gazidagi suv bug'i miqdori:

$${}^8m_{\text{H}_2\text{O}} = {}^2m_{\text{H}_2\text{O}} + {}^4m_{\text{H}_2\text{O}} = (9118 - 8844) + 91 = 365 \text{ kg/soat.}$$

$$\frac{365}{0,804} = 454,0 \text{ nm}^3/\text{soat.}$$

19) Kuyundi gazining umumiy miqdori:

$$\begin{aligned} {}^8m &= {}^5m + {}^6m + {}^7m_{\text{O}_2} + {}^7m_{\text{N}_2} + {}^8m_{\text{H}_2\text{O}} = \\ &= 7348 + 66 + 757 + 19362 + 365 = 27898 \text{ kg/soat.} \end{aligned}$$

20) Gaz bilan chiqib ketadigan chang miqdori va chiqarish quvuri orqali yo'qotiladigan kuyundining yirik zarrachalari miqdori. Kuyundining umumiy miqdoriga nisbatan 90% yo'qotiladi deb hisoblaymiz:

a) gaz bilan chiqib ketadigan chang miqdori:

$${}^9m = ({}^9m + {}^{10}m) \cdot \frac{90}{100} = 6527 \cdot \frac{90}{100} = 5874 \text{ kg/soat;}$$

b) chiqarish quvuri orqali yo'qotiladigan kuyundining yirik zarrachalari miqdori:

$${}^{10}m = ({}^9m + {}^{10}m) - {}^8m = 6527 - 5874 = 653 \text{ kg/soat.}$$

## Qaynovchi qatlamda kolchedanni kuydirish pechi moddiy balansi

Kirim		Chiqim			
bo'lim	kg/soat	bo'lim	kg/soat	nm <sup>3</sup> /soat	hajm bo'yicha %
Nam kolchedan: quruq kolchedan .....	8844	Kuyundi gazi: sulfat anhidrid .....	66	18,5	0,10
kolchedan namligi .....	274	sulfat anhidrid .....	7348	2511	13,27
<b>Jami:</b>	<b>9118</b>	kislorod .....	757	530,0	2,80
		azot .....	19392	15406	81,43
		suv bug'i .....	365	454,0	2,40
		<b>Jami:</b>	<b>27898</b>	<b>18919,5</b>	<b>100,0</b>
Nam havo: quruq havo .....	25216	Kuyundi: gaz bilan chiqadi- gan chang .....	5874	–	–
havo namligi ...	91	yirik kuyundi .....	653	–	–
<b>Jami:</b>	<b>25307</b>	<b>Jami:</b>	<b>6527</b>	–	–
<b>Hammasi:</b>	<b>34425</b>	<b>Hammasi:</b>	<b>34425</b>	<b>18920</b>	–

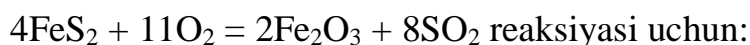
### Issiqlik hisobi.

#### Issiqlik kirimi.

- 1) SO<sub>2</sub> hosil bo'lish reaksiya issiqligi. SO<sub>2</sub> hosil bo'lish reaksiyasi issiqlik effektini standart entalpiya bo'yicha topamiz:

$$\Delta H_{FeS_2} = -177,40 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{O_2} = 0;$$

$$\Delta H_{Fe_2O_3} = -821,32 \text{ kJ/mol}; \Delta H_{SO_2} = -296,90 \text{ kJ/mol}.$$



$$q_1 = -\Delta H_1 = -(2\Delta H_{Fe_2O_3} + 8\Delta H_{SO_2} - 4\Delta H_{FeS_2} - 11\Delta H_{O_2}).$$

$$q_1 = -(-2 \cdot 821,32 - 8 \cdot 296,90 + 4 \cdot 177,40 + 11 \cdot 0) = -(-3308,24) = 3308 \text{ kJ,}$$

bu yerda:  $q_1$  – reaksiya issiqlik effekti, kJ;

$\Delta H_1$  – entalpiya o'zgarishi, kJ.

Kolchedan yuqoridagi reaksiya bo'yicha yondirilganda har bir kilogramm yonadigan oltingugurt hisobidan ajraladigan issiqlik:

$$q_{SO_2} = \frac{q_1 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot A_c} = \frac{3308 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot 32,066} = 12900 \text{ kj/kg oltingugurt bo'ladi.}$$

bu yerda:  $A_c$  – oltingugurtning atom massasi, kg/kg-atom.

${}^5m_S$  kg oltingugurt yonganda:

${}^5Q = {}^5m_S \cdot q_{SO_2} = 3678 \cdot 12900 = 47450000 \text{ kj/soat}$  issiqlik ajralib chiqadi,

bu yerda:  ${}^5Q$  –  $SO_2$  hosil bo'lishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori, kj/soat.

2)  $SO_2$  hosil bo'lish reaksiya issiqligi.  $\Delta H_{SO_3} = -395,20 \text{ kj/mol}$ .

$4FeS_2 + 15O_2 = 2Fe_2O_3 + 8SO_3$  reaksiya uchun:

$$q_2 = -\Delta H_2 = -(2\Delta H_{Fe_2O_3} + 8\Delta H_{SO_3} - 4\Delta H_{FeS_2} - 15\Delta H_{O_2}).$$

$$q_1 = -(-2 \cdot 821,32 - 8 \cdot 395,20 + 4 \cdot 177,40 + 15 \cdot 0) = -(-4094,64) = 4095 \text{ kj,}$$

bu yerda:  $q_2$  – reaksiya issiqlik effekti, kj;  $\Delta H_2$  – entalpiya o'zgarishi, kj.

Kolchedan yuqoridagi reaksiya bo'yicha  $SO_2$  gacha yondirilganda har bir kilogramm yonadigan oltingugurt hisobidan ajraladigan issiqlik (1 kg oltingugurt hisobiga):

$$q_{SO_3} = \frac{q_2 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot A_c} = \frac{4095 \cdot 1000}{4 \cdot 2 \cdot 32,066} = 16000 \text{ kj/kg bo'ladi.}$$

${}^6m_S$  kg oltingugurt yonganda:

$${}^6Q = {}^6m_S \cdot q_{SO_3} = 26 \cdot 16000 = 416000 \text{ kj/soat}$$
 issiqlik ajralib chiqadi.

3) Havoning fizik issiqligi.

Ma'lumotnoma adabiyotlaridan olingan ma'lumotlar asosida  $25^\circ C$  va  $\varphi=75\%$  uchun 1 kg quruq havoga to'g'ri keladigan entalpiyani topamiz:  $i_h = 11,7 \text{ kj/kg}$ .

Bundan:

$${}^4Q = i_h \cdot {}^4m_{quruq} = 11,7 \cdot 25216 = 295000 \text{ kj/soat.}$$

4) Quruq kolchedanning fizik issiqligi.

$${}^3Q = {}^3m \cdot {}^3c \cdot {}^2t = 8844 \cdot 0,54 \cdot 8 = 38200 \text{ kj/soat,}$$

bu yerda: 0,54 – quruq kolchedan issiqlik sig‘imi, kj/kg·grad.

5) Kolchedan bilan kiradigan suvning fizik issiqligi.

$${}^2Q - {}^3Q = {}^2m_{H_2O} \cdot {}^2i_{H_2O} = (9118 - 8844) \cdot 33,66 = 9223 \text{ kj/soat,}$$

bu yerda:  ${}^2i_{H_2O} - 20^\circ\text{C}$  dagi suyuq suv entalpiyasi, kj/kg.

6) Nam kolchedan fizik issiqligi.

$${}^2Q = {}^3Q + ({}^2Q - {}^3Q) = 38200 + 9223 = 47423 \text{ kj/soat.}$$

7) Issiqlikning umumiy kirimi.

$$Q_{\text{kirim}} = {}^5Q + {}^6Q + {}^4Q + {}^2Q = 47450000 + 416000 + \\ + 295000 + 47423 = 48208423 \text{ kj/soatni tashkil etadi,}$$

bu yerda:  $Q_{\text{kirim}}$  – kiradigan issiqlikning umumiy miqdori, kj/soat.

### Issiqlik sarfi.

1) Nam kuyundi gazi fizik issiqligi:

$${}^5Q = ({}^8m_{SO_2} \cdot {}^8c_{SO_2} + {}^8m_{SO_3} \cdot {}^8c_{SO_3} + \\ + {}^8m_{O_2} \cdot {}^8c_{O_2} + {}^8m_{N_2} \cdot {}^8c_{N_2}) \cdot {}^8t + {}^8m_{H_2O} \cdot {}^8i_{H_2O}, \\ {}^5Q = (7348 \cdot 0,768 + 66 \cdot 0,887 + 757 \cdot 1,019 + \\ + 19362 \cdot 1,102) \cdot 820 + 365 \cdot 4204 = 24339000 \text{ kj/kg.}$$

2) Gazdagi chang fizik issiqligi. Kuyundining o‘rtacha issiqlik sig‘imini quyidagi tenglama bo‘yicha ifodalanishi mumkin:

$${}^9\bar{s} = {}^{10}\bar{s} = 0,6096 + 0,000788 \cdot t \text{ kj/kg·grad.}$$

Bu yerdan  ${}^8t = 820^\circ\text{C}$  uchun:

$${}^9\bar{s} = 0,6096 + 0,000788 \cdot 820 = 1,256 \text{ kj/kg·grad.}$$

$${}^9Q = {}^9m \cdot {}^9\bar{s} \cdot {}^8t = 5874 \cdot 1,256 \cdot 820 = 6050000 \text{ kj/soat,}$$

bu yerda:  ${}^9Q$  – gazdagi chang fizik issiqligi, kj/soat.

3) Changli kuyundi gazi fizik issiqligi:

$${}^8Q + {}^9Q = 24339000 + 6050000 = 30389000 \text{ kj/soat.}$$

4) Chiqarish quvuri orqali yo‘qotiladigan kuyundining yirik zarrachalari fizik issiqligi:

$$^{10}Q = ^{10}m \cdot ^{10}\bar{s} \cdot ^{10}t = 653 \cdot 1,256 \cdot 820 = 673000 \text{ kj/soat}$$

5) Atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik. Atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlikni issiqlik kirimining 3% ga teng deb olamiz. Bunda:

$$^{11}Q = Q_{\text{kirim}} \cdot 0,03 = 48208423 \cdot 0,03 = 1446300 \text{ kj/soat.}$$

6) Qaynovchi qatlamdan chiqarib olinadigan issiqlik. Bu issiqlik kirim va chiqimlar farqi bo‘yicha topiladi:

$$^{12}Q = Q_{\text{kirim}} - (^8Q + ^9Q + ^{10}Q + ^{11}Q),$$

$$48208423 - (30389000 + 673000 + 1446300) = 15700123 \text{ kj/soat.}$$

### Qaynovchi qatlamda kolchedanni kuydirish pechi issiqlik balansi

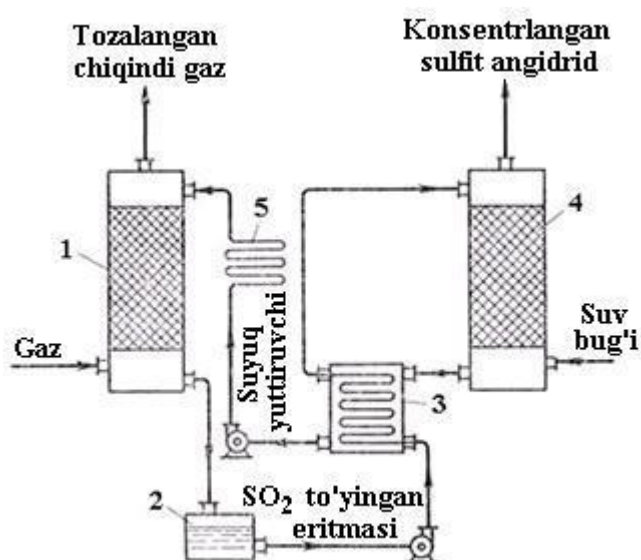
Kirim			Chiqim		
bo‘lim	kj/soat	%	bo‘lim	kj/soat	%
Kolchedanni SO <sub>2</sub> gacha yonishidan .....	47450000	98,43	Kuyundi gazi bilan .....	24339000	50,48
Kolchedanni SO <sub>3</sub> gacha yonishidan .....	416000	0,86	Gazdagi chang bilan .....	6050000	12,55
Havo bilan .....	295000	0,61	Yirik kuyundi bilan .....	673000	1,39
Kolchedan bilan .....	47423	0,10	Bug‘ hosil bo‘lishiga .....	15700123	32,58
<b>Jami:</b>	<b>48208423</b>	<b>100,0</b>	Atrof-muhitga yo‘qotish .....	1446300	3,00
			<b>Jami:</b>	<b>48208423</b>	<b>100,0</b>

### 6-§. Konsentrlangan sulfid angidrid olish

**Sulfid angidridni konsentrlashning suvli siklik usuli.** Konsentrlangan gaz va suyuq holatdagi sulfid angidrid sanoatda sulfidlar olish uchun, yuvuvchi vositalar ishlab chiqarishda, sovutgichlar texnikasida va boshqa ishlab chiqarish tarmoqlarida ishlatiladi. Bunday maqsadlarda ishlatiladigan sulfid angidrid asosan

chiqindi gazlaridan, qisman esa kolchedan va oltingugurt kuydirishda hosil bo'ladigan kuyundi gazlarini konsentrlanishidan olinadi.

Sulfit angidridni konsentrlashning bir necha usullari bo'lib, shulardan biri siklik usulda konsentrlashdir. Sulfit angidridni siklik usulda ajratib olish va konsentrlash tizimi 3.19-rasmda tasvirlangan.



**3.19-rasm. Siklik usulda sulfit angidridni konsentrlash tizimining tasviri:**

1 – absorbsiya minorasi; 2 – to'yingan yuttiruvchi eritma yig'gichi; 3 – issiqlik almashtirgich; 4 – konsentrlangan sulfit angidridni ajratib olish uchun desorbsiya minorasi; 5 – sovutgich.

Tarkibida SO<sub>2</sub> tutgan gaz yuttiruvchi eritma bilan suyuqlik taqsimlanadigan minora 1 orqali o'tadi. U yerda gazdan sulfit angidrid ajratib olinadi, shundan so'ng qolgan tozalangan (zararsizlantirilgan) gaz atmosferaga chiqarib yuboriladi. Sulfit angidrid bilan to'yingan yuttiruvchi eritma issiqlik almashtirgich 3 jihozida minora 4 da SO<sub>2</sub> dan tozalangan eritmaning issiqligi bilan qizdiriladi. Shunday yo'l bilan qizdirilgan yuttiruvchi eritma minora 4 ga suyuqlikni taqsimlashga yuboriladi, minoraning ostki qismidan esa qaynoq bug' beriladi. Minora 4 da eritmadan ajraladigan sulfit angidrid u bilan minoradan birga chiqadigan suv bug'idan quritish orqali tozalanadi. So'ngra konsentrlangan sulfit angidrid suyuqlantirish uchun siqiladi yoki to'g'ridan-to'g'ri gaz holatda ishlatiladi. SO<sub>2</sub> dan tozalangan eritma esa dastlab issiqlik almashtirgich 3 da, so'ngra esa sovutgich 5 da sovutiladi va absorbsiyalash minorasi 1 ga suyuqlikni taqsimlash uchun qaytariladi.

Agar 100% li sulfid angidrid talab etilmasa,  $\text{SO}_2$  ni yuttiruvchi eritmadan qizdirilgan havo oqimida haydash orqali ajratib olinadi, bu esa sulfid angidridni havo bilan suyulishiga olib keladi. Bu holda haydash nisbatan past haroratda, to'yingan va qayta tiklangan eritmalar orasida issiqlik almashinshsiz amalga oshiriladi.

Sanoatda qo'llaniladigan sulfid angidridning absorbentlari sifatida suv, soda eritmaları, ammoniy sulfid va bisulfidlar, asosli alyuminiy sulfat, natriy fosfat, ohak suti, ksilidin (suvli emulsiyasi) ishlatiladi.

Ishlatiladigan yuttiruvchi eritma  $\text{SO}_2$  ga nisbatan katta absorbsiya xususiyatiga (sig'imiga) ega bo'lishi kerak. U nafaqat absorbent xossasiga, balki absorbsiya sharoiti: yuttirish amalga oshiriladigan harorat, keladigan gazdagi  $\text{SO}_2$  ning miqdori, gazdan  $\text{SO}_2$  ning ajralish darajasiga ham bog'liqdir. Har qanday absorbent sig'imi ushbu yuttiruvchidagi gaz eruvchanligining haroratga bog'liqligini aniqlab beradi. Agar  $\text{SO}_2$  ning bir qismi absorbent bilan kimyoviy birikma hosil qilsa, yuttiruvchi eritma sig'imi to'yingan eritmadagi  $\text{SO}_2$  ning umumiy miqdoridan kichik bo'ladi.

Sulfid angidridni yutuvchi eritma beriladigan gaz tarkibidagi qo'shimchalar ta'siriga kimyoviy barqaror bo'lishi lozim. Agar eritma bilan  $\text{SO}_2$  ni absorbsiyalash jarayonida qo'shimcha mahsulotlar hosil bo'lsa, ularni eritmadan yo'qotish kerak. Absorbent ustidagi uning bug' bosimi unchalik katta bo'lmasligi lozim, chunki aks holda erituvchi bug'larini tutib qolish kerakligiga bog'liq holda  $\text{SO}_2$  ning absorbsiyalanish jarayoni murakkablashadi.

Amalda  $\text{SO}_2$  absorbsiyasi 24-45°C haroratda o'tkaziladi. Sulfid angidridni haydashda haroratni ko'tarib boriladi va desorbsiya oxirigacha borishi uchun haroratni deyarli yuttiruvchi eritmaning qaynash haroratigacha yetkaziladi.

Sulfid angidridni konsentrlashning har qanday siklik usulining muhim ko'rsatkichi 1 t  $\text{SO}_2$  ga sarflanadigan bug' hisoblanadi. Bu ko'rsatkich yuttiruvchi eritma sig'imiga, uning issiqlik sig'imiga, ushbu eritmada oltingugurt dioksid erishining solishtirma issiqligiga hamda hosil qilingan konsentrlangan gazdagi  $\text{SO}_2$  va suv bug'ining nisbatiga bog'liqdir.



Sulfit anhidridni siklik usulda konsentrlashning sodda usuli – uni gazlardan suv bilan ajratib olishdir. Tarkibida SO<sub>2</sub> tutgan gazlar aralashmasining suv bilan to‘qnashuvda oltingugurt dioksid suvda sulfit kislota hosil qilishi bilan eriydi:



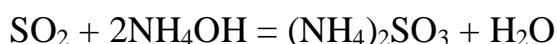
Eritma qizdirilganda sulfit kislota SO<sub>2</sub> ajratish bilan parchalanadi.

Absorbsiyalashga sarflanadigan suvning haqiqiy sarfi doimo nazariy hisobdagiga nisbatan ko‘p bo‘ladi, chunki muvozanatga yaqin sharoitda jarayon sekinlashadi (absorbsiyaning harakatlantiruvchi kuchi kamayadi).

SO<sub>2</sub> ning suvli eritmasi 100°C haroratgacha qizdirilganda sulfit anhidrid eritmadan amalda to‘la haydaladi va gazdan suv bug‘lari kondensasiyalangandan so‘ng deyarli 100% li sulfit anhidrid olinadi.

Sulfit anhidridni konsentrlashning suvli usulida, xuddi boshqa barcha suyuq yuttiruvchilar qo‘llanilishi bilan amalga oshiriladigan siklik jarayonlardagi singari, desorbsiya minorasidan keladigan qayta tiklangan eritmaning issiqligidan issiqlik almashtirgichda (10.1-rasm) qanchalik to‘la foydalanilsa, bug‘ sarfi ham shunchalik kam bo‘ladi. Bu issiqlikdan foydalanish darajasi issiqlik almashinish yuzasining kattaligiga bog‘liqdir. Lekin sulfit anhidridni konsentrlashda suvni eng yaxshi yuttiruvchi deb hisoblab bo‘lmaydi. Suvda SO<sub>2</sub> ning kam erishi tufayli uning ko‘p miqdorda ishlatilishiga to‘g‘ri keladi, bu esa bug‘ning ko‘p miqdorda sarflanishiga olib keladi.

**Sulfit anhidridni konsentrlashning ammiakli siklik usuli.** Sulfit anhidridni konsentrlashning ammiakli siklik usuli sanoatda keng qo‘llaniladi. Bu usulda SO<sub>2</sub> ammiakning suvli eritmasi (ammiakli suv) ga yuttiriladi. SO<sub>2</sub> ning ammiak bilan suvli eritmada ta’sirlashishi natijasida ammoniy bisulfit va sulfitlar hosil bo‘ladi:



Bu tuzlar suvda yaxshi eriydi va shuning uchun yuttiruvchi eritmalaridagi SO<sub>2</sub> ning miqdori ancha yuqori bo‘lishi mumkin. Ammiakli suvni sulfit anhidrid

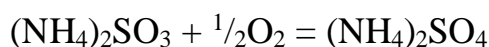
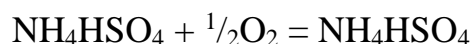
bilan to‘yintirilishidan olingan eritmada SO<sub>2</sub> ning 25°C haroratdagi muvozanat miqdori quyidagilarni tashkil etadi:

Keladigan gazdagi SO <sub>2</sub> miqdori, hajmiy % .....	7	3	1	0,25
Eritmadagi SO <sub>2</sub> ning muvozanat miqdori, g/l .....	630	625	615	580

Bu eritma qizdirilganda dastlab SO<sub>2</sub>, so‘ngra SO<sub>2</sub> va NH<sub>3</sub> dan iborat aralashma, keyingi qizdirish natijasida esa – deyarli NH<sub>3</sub> haydaladi. Agar ammoniy sulfitlar eritmasi xattoki qaynash haroratigacha qizdirilganda ham eritma tarkibidagi faqat SO<sub>2</sub> haydaladi.

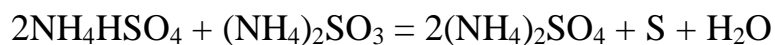
Shuning uchun bu eritmaning sig‘imi uning SO<sub>2</sub> ga to‘yinishida ham anchagina kichik bo‘ladi.

Ammiakli usulning kamchiligi shundan iboratki, gazda kislorodning ishtirok etishi ammoniy sulfitlarining sulfatlargacha oksidlanishiga olib keladi:



Oksidlanish tezligi katalitik ta‘sir etuvchi temir, marganes va boshqalarning ishtirokida tezlashadi. Fenollar va ularning hosilalari esa, aksincha oksidlanish jarayonini sekinlashtiradi.

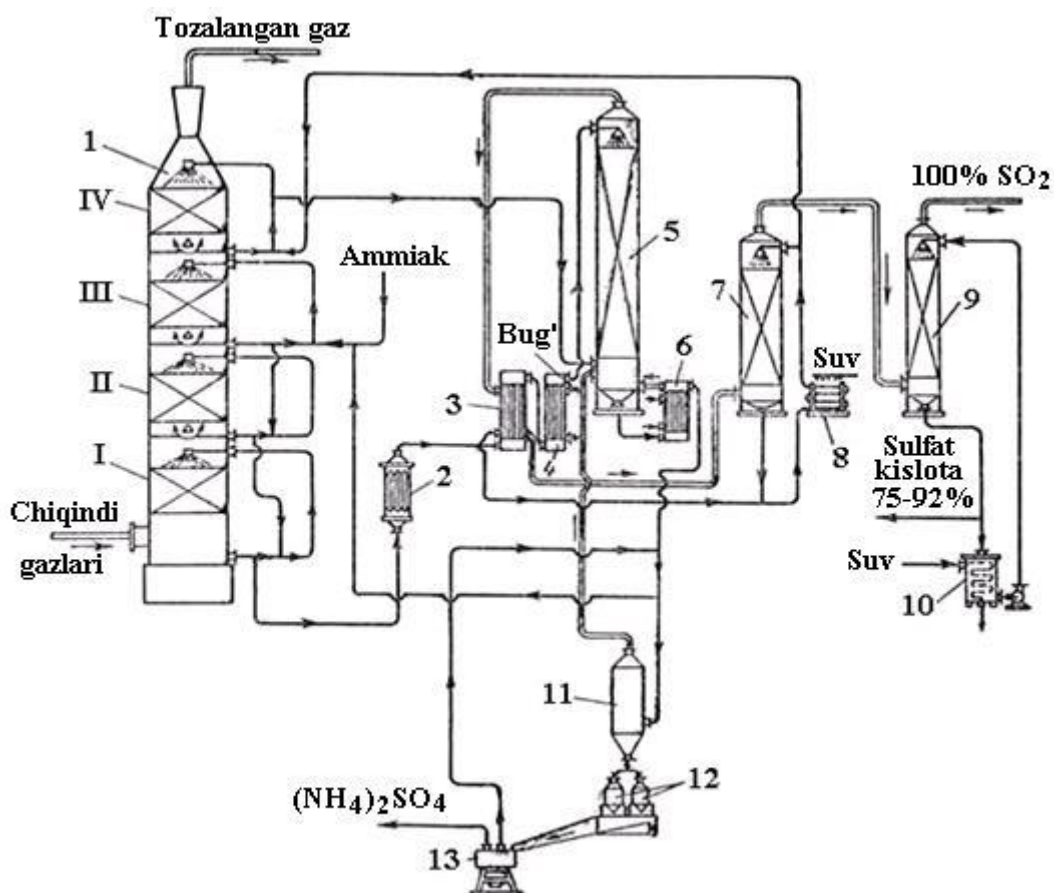
Ammoniy sulfitlari ham eritmada ammoniy sulfat va elementar oltingugurt hosil qilib parchalanishi mumkin:



Bu reaksiyaning borishi gaz bilan birga kiradigan selen va tellur ishtirokida sodir bo‘lishi va eritmada oltingugurtning to‘planishiga olib kelishi mumkin.

Suv-ammiakli eritmada ammoniy sulfit va bisulfitlarning eruvchanligi ammoniy sulfat ishtirokida kamayadi, buning natijasida esa eritma sig‘imi ham amalda pasayadi. Eritmada ammoniy sulfatning ko‘p miqdorda to‘planishi oltingugurt dioksidning eritmaga absorbsiyalanishini yo‘qotadi. Shuning uchun kristallantirish va eritmaga ammiak kiritish yo‘li bilan hosil bo‘ladigan ammoniy sulfatni eritmadan yo‘qotib turish lozim bo‘ladi.

3.20-rasmda siklik ammiakli usul bilan sulfid angidridni konsentrlashning texnologik tizimi tasvirlangan.



**3.20-rasm. Siklik ammiakli usul bilan sulfid angidridni konsentrlashning texnologik tizimi tasviri:**

1 – absorbsiya minorasi (I-IV – minora bo‘linmalari); 2 – filtr; 3 – kondensator; 4 – qizdirgich; 5 – desorbsiya (haydash) minorasi; 6 – qaynatgich; 7 – sovutgich minorasi; 8,10 – sovutgichlar; 9 – quritish minorasi; 11 – bug‘latgich jihozi; 12 – tuzlarni ajratgichlar; 13 – sentrifuga.

Tarkibida 0,3% SO<sub>2</sub> bo‘lgan o‘txona gazlari sovutilgandan va changdan tozalangandan so‘ng to‘rtta bo‘linmadan iborat absorbsiya minorasi 1 ga beriladi; pastki I-III bo‘linmalarda SO<sub>2</sub> ning yutilishi sodir bo‘ladi; yuqoridagi IV bo‘linmada esa ammiak va tomchilar ushlab qolinadi.

Minoraning har bir bo‘linmasiga suyuqlikni taqsimlash ma‘lum konsentratsiyadagi eritmalar bilan amalga oshiriladi. III bo‘linmaga SO<sub>2</sub> haydab bo‘lingandan keyin qoladigan qaytarilgan eritma keladi; bu eritmaga SO<sub>2</sub> ning yo‘qolishini oldini olish maqsadida ammiak qo‘shiladi. Yuttiruvchi eritma pastki bo‘linma I dan sulfid angidridni haydash uchun yuboriladi. Haydashdan oldin eritmani filtrlanadi va dastlab kondensator 3 da (haydash minorasi 5 dan keladigan

gaz bilan), so'ngra qizdirgich 5 da (bug' bilan) qizdiriladi. Bu minorada haydalgan gaz kondensator 3 da SO<sub>2</sub> desorbsiyasiga ketuvchi eritmani qizdiradi, so'ngra minora 7 da sovutiladi, bu yerda sulfat angidrid suv bug'ining ko'p qismidan ajratiladi. Minora 7 dan oqib tushadigan suyuqlik suvli sovutgich 8 da sovutiladi, so'ngra uning bir qismi bu minoraga suyuqlikni taqsimlashga, qolgan qismi esa absorbsiya minorasi 1 ning IV-bo'linmasiga chiqindi gazlaridan ammiakni tutib qolish uchun beriladi. Sovutgich minora 7 dan chiqadigan sulfat angidrid minora 9 da sulfat kislota bilan quritiladi, shundan so'ng vakuum-nasos yordamida qayta ishlashga yoki qisish usun yuboriladi.

Absorbsiya tizimida to'planadigan ammoniy sulfatni undan chiqarib olish uchun minora 5 dan chiqadigan eritmaning bir qismi bug'latgich jihoz 11 ga uzatiladi, so'ngra jihoz 12 va sentrifuga 13 da bug'latilgan eritmadan ammoniy sulfat ajratiladi.

Bug'latgich jihoz 11 da ajraladigan bug' minora 5 ga yuboriladi.

3.11-jadvalda rangli metallurgiya chiqindi gazlari va o'txona gazlaridan SO<sub>2</sub> ni ammiakli siklik absorbsiyalash jarayonining asosiy ko'rsatkichlari keltirilgan.

3.11-jadval

**Gazlardan SO<sub>2</sub> ni ammiakli siklik absorbsiyalash jarayonining asosiy ko'rsatkichlari**

Ko'rsatkichlar	Rangli metallurgiya chiqindi gazlari	O'txona gazlari
Yuttiruvchi eritma sig'imi, kg/m <sup>3</sup> .....	40-50	30-40
1 t SO <sub>2</sub> ga sarf:		
bug', mln kkal .....	2-3	4-6
elektroenergiya, kvt·s .....	100-120	500
suv, m <sup>3</sup> .....	125	—
1 t SO <sub>2</sub> ga qo'shimcha mahsulotlar, kg .....	50-60	150-200
1 t SO <sub>2</sub> ga ammiakning yo'qolishi, kg .....	1-3	40
Gazdan SO <sub>2</sub> ning ajralish darajasi, % .....	—	90

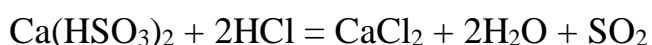
**Sulfat angidridni konsentrlashning ksilidinli siklik usuli.** Sanoatda SO<sub>2</sub> ni yuttirish uchun ksilidinli siklik usul ham ishlatiladi; bunda yuttiruvchi eritma vazifasini sulfat anidrid bilan bir qator beqaror birikmalar hosil qiladigan ksilidin yoki dimetilaminobenzol (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>C<sub>6</sub>H<sub>3</sub>NH<sub>2</sub> bajaradi. Ksilidin (molekulyar og'irligi

121,18) jigarrang suyuqlik bo'lib, 212-213°C haroratda qaynaydi va uning solishtirma og'irligi 0,98-0,997 g/sm<sup>3</sup> ga tengdir. U oltita izomer hosil qiladi, ulardan 1,3-dimetil-4-aminobenzol (qaynash harorati 212°C) SO<sub>2</sub> ni eng yaxshi yuttiruvchi modda hisoblanadi.

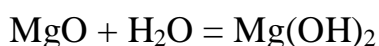
Sulfit angidridni yuttirish uchun qo'llaniladigan ksilidinning suvli aralashmasi ikki: pastki – suvli; yuqori – ksilidinli qatlamlarga ajraladi. SO<sub>2</sub> ni yuttirishda ksilidin sulfit hosil bo'ladi, u muntazam suratda pastki qatlamga o'tadi, suv esa yuqori qatlamga aralashadi. SO<sub>2</sub> ni absorbsiyalash jarayonida (100 g/l gacha) yuttiruvchi eritma bir jinsli suvli eritmaga aylanadi. SO<sub>2</sub> haydalgach esa suv va ksilidin qatlamlari yana ajraladi.

Ksilidin qo'llash orqali sulfit angidridni konsentrlash jarayonining texnologik tizimi yuqorida keltirilgan ammiakli siklik usulda SO<sub>2</sub> ni absorbsiyalash tizimidan deyarli farqlanmaydi.

**Sulfit angidridni ajratib olishning boshqa usullari.** Sulfit angidridni ajratib olishning boshqa usullariga ishqor-kislotali usulni ko'rsatish mumkin. Bu usulda SO<sub>2</sub> ishqor eritmasiga yuttiriladi va hosil qilingan sulfitli eritmaga kuchli kislotalar qo'shish orqali SO<sub>2</sub> ajratib olinadi. Bunda, masalan, quyidagi reaksiyalar sodir bo'ladi:



Sulfit angidrid ajratib olishning magnezitli siklik usuli anchagina takomillashgandir. Bu jarayonda MgO ning suvli suspenziyasi yuttiruvchi vazifasini o'taydi. Jarayonning birinchi bosqichida gazdan sulfit angidridni yuttiruvchi suyuqlik bilan taqsimlanadigan to'ldirgichli minorada ajratib olinadi:



Suvda yomon eriydigan olti suvli magniy sulfat filtrlanadi va o'txona gazlari bilan 160-180°C haroratda qaynovchi qatlamda quritiladi. So'ngra quruq tuz yana o'txona gazlari bilan qaynovchi qatlamda dastlab 500°C gacha, keyin esa 900-1000°C haroratgacha qizdiriladi. Bu sharoitda magniy sulfit parchalanadi. Bunda

MgO hosil bo'ladilar va sulfat angidrid ajraladi. MgO sovutiladi va jarayonga qaytariladi. Shunday usul bilan tarkibida 20% atrofida SO<sub>2</sub> (qolgan 80% qismi o'txona gazlari) bo'lgan sulfat angidridli gaz olinadi.

To'g'ridan-to'g'ri sulfat kislota olish yo'li bilan sulfat angidridni ajratib olish usullari ham ma'lumdir. Buning uchun chiqindi gazlari changdan yaxshilab tozalanadi va temir yoki marganes sulfatlari (katalizatorlar) eritmalari yordamida qayta ishlanadi. Sulfat angidridning oksidlanishi natijasida 25-30% li sulfat kislota hosil bo'ladilar. Bu usul kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarishning chiqindi gazlaridan SO<sub>2</sub> ni ajratib olishga ham yaroqlidir, chunki bu sulfatli gazlar tarkibida muallaq qo'shimchalar bo'lmaydi. Hosil bo'ladigan past konsentratsiyali sulfat kislota eritmasi birinchi yuvish minorasiga (bu jihoz bilan keyinroq tanishiladi) yuboriladi va tarkibida 60-70% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bo'lguncha to'yintiriladi.

**Oltinugurt va sulfat angidriddan sulfat angidrid olish.** Bu moddalardan sulfat angidrid olish jarayoni shundan iboratki, bunda oltinugurt oleum bilan qayta ishlanadi. Oleumda erigan sulfat angidrid oltinugurt bilan ta'sirlashadi:



Bu jarayonni kontaktli sulfat kislota sexida tashkil etish iqtisodiy samarador hisoblanadi, chunki tizimda aylanuvchi oleumdan foydalanish mumkin. Oleumdagi sulfat angidridning bir qismi SO<sub>2</sub> hosil qilishga sarflanadi, hosil qilingan past konsentratsiyali oleum oleumli absorber sikliga qaytariladi.

Oltinugurt va sulfat angidridning ta'sirlashuvi issiqlik almashtirgich o'rnatilgan qozon ko'rinishdagi reaktorda amalga oshiriladi, u yerga yuqori qismidan markaziy quvur orqali qattiq oltinugurt beriladi. Reaktorga tarkibida 30% SO<sub>3</sub>(erkin) bo'lgan va 100°C haroratgacha qizdirilgan oleum beriladi. Reaktordagi ta'sirlashuv jarayonida oleumning konsentratsiyasi 5-10% SO<sub>3</sub> gacha pasayadi. Hosil bo'ladigan SO<sub>2</sub> va oleumdan ajraladigan sulfat angidrid aralashmasi oltinugurt to'ldirilgan va birin-ketin joylashgan ikkita filtdan o'tadi. U yerda gazlar aralashmasidagi sulfat angidrid oltinugurt bilan ta'sirlashadi. Sulfat angidriddan SO<sub>3</sub> qoldiqlarini to'la yo'qotish uchun gazni monogidrat suyuqligi bilan taqsimlanadigan to'ldirgichli ikkita absorberdan o'tkaziladi,

soʻngra tomchi va kislotali tumanni yoʻqotish uchun filtrlanadi hamda SO<sub>2</sub> siqish uchun kompreslanadi.

**Sulfit anhidridni siqish.** Suyuq sulfit anhidrid olish uchun gaz holatdagi konsentrlangan SO<sub>2</sub> oldindan quritilgandan soʻng kompressorlarda 3,3-4 bar (4 atm atrofida) bosim bilan siqiladi va muzlatgich-kondensatorda 20°C haroratgacha sovutiladi. Shunday qilib, siqilgan sulfit anhidrid yigʻgich-omborga keladi, u yerdan SO<sub>2</sub> ballonlarga yoki sisternalarga quyiladi. Kondensatorda siqilmagan bir qism sulfit anhidrid azot va kislorod aralashmalari bilan konsentrlash uchun absorpsiya minorasi qurilmasiga qaytariladi yoki sulfat kislota, sulfitlar va boshqalar olish uchun ishlatiladi.

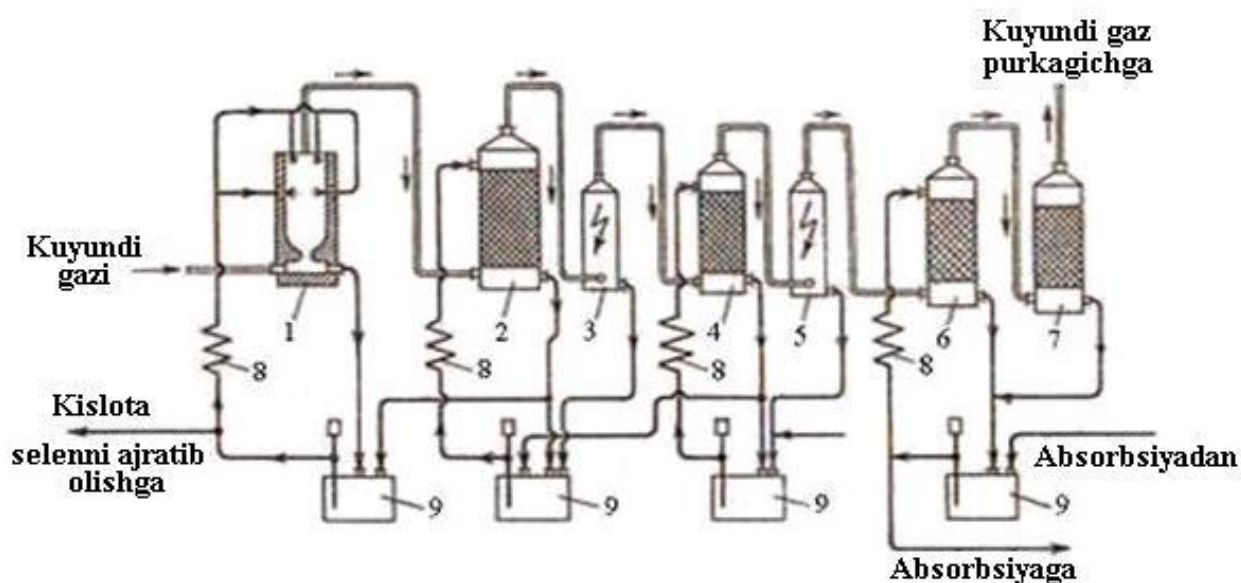
Sulfit anhidridni siqish jarayonini, uni sulfat kislota bilan oldindan quritilmasdan ham amalga oshirilishi mumkin. Bunday jarayonni amalga oshirish uchun gazni bir necha bosqichda siqiladi. Dastlab bu gazdan suv bugʻi kondensatlanadi, uni tizimdan chiqarib tashlanadi va soʻngra sulfit anhidrid siqiladi.

**Kuyundi gazini tozalash.** Sulfat kislota ishlab chiqarish tizimining tozalash boʻlinmasida gaz tarkibidagi kontakt jarayonida halal beradigan qoʻshimchalar (chang, mishyak, ftor, suv bugʻi va b.) dan tozalash va qimmatbaho qoʻshimchalar (selen, tellur va b.) ni ajratib olish uchun tozalanadi. Gazlar aralashmasini changdan tozalash bilan batafsil tanishib chiqdik. Gazni boshqa qoʻshimchalardan tozalash usullaridan biri bilan tanishamiz.

3.21-rasmda kolchedan bilan ishlaydigan kontaktli sulfat kislota zavodi tozalash boʻlinmasining tasviri keltirilgan.

Changdan tozalangan kuyundi gazi 60-75% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan birinchi yuvish minorasi 1 ga beriladi. Bunda gaz soviydi, uning asosiy qoʻshimchalari (SO<sub>3</sub>, As<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, SeO<sub>2</sub>) esa tumanga aylanadi, ularning bir oz qismi bu minoradagi taqsimlanadigan kislotaga absorpsiyalanadi. Soʻngra gaz 25-35% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan ikkinchi yuvish minorasiga yuboriladi. Bu yerda gazning sovushi davom etadi va qoʻshimcha oz miqdordagi

tuman ajraladi. Uning asosiy qismi elektrofiltrlar 3 ning birinchi bosqichida cho‘ktiriladi va gazda oz miqdordagi tumanning mayda tomchilari qoladi.



**3.21-rasm. Tozalash bo‘linmasining tasviri:**

1 – birinchi yuvish minorasi; 2 – ikkinchi yuvish minorasi; 3 – birinchi nam elektrofiltr; 4 – namlash minorasi; 5 – ikkinchi nam elektrofiltr; 6 – quritish minorasi; 7 – tomchi ushlagich; 8 – kislota sovutgichlari ; 9 – kislota yig‘gichlari.

Ikkinchi elektrofiltrlar 5 dagi tumanning cho‘kish sharoitini yaxshilash uchun gaz 5% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan namlash minorasi 4 ga beriladi. Bunda gazning nisbiy namligi ortadi va suv bug‘ining absorbsiyalanishi natijasida tuman tomchilarining o‘lchami kattalashadi. Tomchilar o‘lchamining kattalashishi bilan ularning zaryadi ortadi va elektr maydonidagi harakat tezligi ortadi.

Tumandan tozalangan, ammo ko‘p miqdordagi suv bug‘i tutgan gaz 93-95% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan quritish minorasi 6 ga keladi. Bu minorada sulfat kislota suv bug‘ini yutishi hisobiga suyuladi. Quritilgan gaz gaz purkagich quvur orqali boshqa jihozga yuboriladi. Minoraning yuqori qismidan gaz oqimi bilan birga chiqib ketadigan sulfat kislota tomchilari tomchi ushlagich 7 da gazdan ajratiladi.

Yuvish va namlash minoralariga taqsimlanadigan kislota qaynoq kuyundi gazi bilan qiziydi. Quritish minorasidagi kislota isishi esa suv bug‘larini sulfat kislota absorbsiyasi natijasida ajraladigan issiqlik hisobiga sodir bo‘ladi.



Minoraga taqsimlanadigan kislotani sovutish uchun sovitgichlar 8 o'rnatilgan bo'ladi.

Birinchi yuvish minorasida, shuningdek, selen va changning asosiy qismi cho'kadi, uning gazdagi qolgan qismi esa quruq elektrofilrlardan o'tgandan so'ng tozalanadi. Bu chang taqsimlanuvchi kislotaga o'tadi va uni ifloslantiradi. Kislotaning bir qismi birinchi yuvish minorasidan so'ng shlam hosil qiluvchi selen va changni ajratib olishga yuboriladi.

Kuyundi gazi tarkibida ma'lum miqdordagi sulfat angidrid bo'lganligi sababli yuvish minorasiga taqsimlanadigan sulfat kislotaning konsentratsiyasi ortadi. Shuning uchun  $H_2SO_4$  ning belgilangan konsentratsiyasini ushlab turish maqsadida, namlash minorasi yig'gichi 9 ga uzluksiz suv berib turiladi. Bunda hosil bo'ladigan ortiqcha kislota ikkinchi yuvish minorasi yig'gichi 9 ga o'tadi va bu minorani taqsimlanuvchi kislota konsentratsiyasi kerakli darajagacha pasayadi. Ikkinchi yuvish minorasidagi ortiqcha kislota esa birinchi yuvish minorasining yig'gichi 9 ga o'tadi va u yerdagi kislotani talab etilgan konsentratsiyada saqlab turadi. Keltirilgan sxema kuyundi gazi tarkibidagi sulfat angidridni to'la ushlab qolishni ta'minlaydi va yuvish minoralaridan 60-70% li sulfat kislota olish imkoniyatini yaratadi.

#### *Nazorat uchun savollar:*

1. Oltinugurtli xomashyolarning yonish reaksiyalari qanday sodir bo'ladi?
2. Oltinugurtli xomashyolarning yonish issiqligi qanday hisoblanadi?
3. Oltinugurtli xomashyolarning kuydirish haroratini hisoblash yo'llarini ayting.
4. Oltinugurtli xomashyolarning yonish tezligi qanday bo'ladi?
5. Kuyundi gazlarining tarkibida qanday mahsulotlar bo'ladi?
6. Kuyundining miqdori va tarkibi qanday aniqlanadi?
7. Taxmonli mexanik pechning tuzilishi va ishlash tartibni tushuntiring.
8. Chang holatida kolchedanni kuydirish pechining tuzilishi va ishlash tartibni tushuntiring.
9. Qaynovchi qatlamda kuydirish pechining tuzilishi va ishlash tartibni tushuntiring.
10. Pechlarga kolchedanni tashlash qanday amalga oshiriladi?
11. Pechlardan kuyundini yo'qotish qanday amalga oshiriladi?

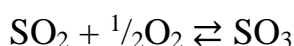
12. Kuyundidan qanday maqsadlarda foydalaniladi?
13. Hisoblarni amalga oshirish uchun ma'lumotlar qanday to'planadi?
14. Moddiy balans hisoblarini qanday amalga oshiriladi?
15. Ishlab chiqarishning moddiy balansi qanday tuziladi?
16. Issiqlik balans hisoblarini qanday amalga oshiriladi?
17. Ishlab chiqarishning issiqlik balansi qanday tuziladi?
18. Oltinugurtni yoqishda qanday pechlar ishlatiladi? Ularning ishlash tartibini tushuntiring.
19. Vodород sulfidni yoqishda qanday pechlar ishlatiladi? Ularning ishlash tartibini tushuntiring.
20. Kuyundi gazlari issiqligidan qanday maqsadlarda foydalaniladi?
21. Kuyundi gazlari changdan nima maqsadda tozalanadi?
22. Gazlarni mexanik usulda tozalash jihozlarining mohiyatini tushuntiring.
23. Chang tutgich va siklonlar qanday tuzilgan va ularning ishlash prinsipini tushuntiring.
24. Tozalash koeffitsienti nima?
25. Elektrik usulda tozalashning mohiyatini tushuntiring.
26. Cho'ktiruvchi va tojsimon elektrodlar tuzilishi hamda vazifalarini ayting.
27. Toj maydoni deganda nimani tushunasiz?
28. Qanday elektrofiltr konstruksiyalarini bilasiz?
29. Sulfit angidrid nima maqsadda konsentrlanadi?
30. Sulfit angidridni siklik usulda konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
31. Suvli siklik usulda sulfit angidridni konsentrlash jarayonini tushuntiring.
32. Sulfit angidridni ammiakli usulda konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
33. Ammiakli usulda sulfit angidridni konsentrlash jarayonini tushuntiring.
34. Ksilidinli usulda sulfit angidridni konsentrlash jarayonini tushuntiring.
35. Oltinugurt va sulfat angidriddan sulfit angidrid olish usulini tushuntiring.
36. Sulfit angidridni ajratib olishning ishqor-kislotali usullarini bayon eting.
37. Sulfit angidrid qanday usullar bilan suyultiriladi.
38. Sulfit angidridni tozalash usulini tushuntiring.

## *IV-bob*

# **SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISHNING KONTAKT USULI**

### **1-§. Sulfit anhidridni sulfat anhidridga oksidlash**

**Katalizatorlar ishtirokida sulfit anhidridni oksidlashning fizik-kimyoviy asoslari.** Kontaktli usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit anhidridni oksidlash:



reaksiyasi bo'yicha katalizator ishtirokida amalga oshiriladi. Bu jarayon kontaktlanish deb ataladi. Tinch holatdagi kontakt massa qatlami yoki qaynovchi qatlamdagi katalizator orqali gaz o'tkazilganda gaz katalizator bilan bevosita to'qnashadi.

Turli xil metallar, ularning qotishmalari va oksidlari, ayrim tuzlar, shisha, chinni, gillar, tog' billuri kristallari hamda boshqa modda va materiallar sulfit anhidrid oksidlanishini tezlashtirish xususiyatini namoyon etadi. Har bir katalizator ma'lum darajadagi, uning uchun xarakterli kontaktlanish foizini ta'minlaydi. Sanoat sharoitida nisbatan yuqori kontaktlanish foiziga erishishni ta'minlaydigan katalizatorlardan foydalanish qulaydir, chunki oksidlanmagan SO<sub>2</sub> qoldiqlari absorbsiya bo'linmasida ushlab qolinmaydi va u chiqindi gazlari bilan birgalikda atmosferaga chiqib ketadi.

Uzoq vaqt ushbu jarayon uchun platina eng yaxshi katalizator deb hisoblab kelingan, u juda mayda maydalangan holatda tolali asbestga, silikagelga yoki magniy sulfatga aralashtirib ishlatilgan. Lekin platina juda qimmatbahodir, bundan tashqari, gaz tarkibida juda oz miqdordagi mishyak, selen, xlor va boshqa qo'shimchalarning bo'lishi uning katalitik faolligini juda kuchli darajada pasaytiradi. Shuning uchun platinali katalizator ishlatilganda kontakt zavodining murakkab asbob-uskunalar bilan jihozlanishi talab etiladi, tayyor mahsulot tannarxi esa katta bo'ladi.

Platinasiz katalizatorlar ichida yuqori katalitik faollikka ega bo'lgan vanadiyli katalizator esa platinali katalizatorga nisbatan ancha arzon va zararli qo'shimchalar ta'sirida kam zaharlanadi. Respublikamizdagi sulfat kislota ishlab chiqarish zavodlarida asosan vanadiyli katalizator ishlatiladi. Sanoatda katalizator odatda kontakt massa (vanadiyli kontakt massa) deyiladi.

Sulfit angidridning oksidlanish reaksiyasi ekzotermikdir; uning issiqlik effekti, barcha kimyoviy reaksiyalardagi singari, haroratga bog'liqdir (4.1-jadval).

4.1-jadval

**SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlanish reaksiyasi issiqlik effektining haroratga bog'liqligi**  
(SI sistemasiga qayta hisoblash koeffitsienti: kkal/mol x 4,19 = kj/mol)

Harorat, °C	Reaksiya issiqligi, kkal/mol	Harorat, °C	Reaksiya issiqligi, kkal/mol
25	22,939	500	22,506
100	22,975	550	22,399
200	22,949	600	22,285
300	22,879	650	22,165
400	22,698	700	22,039
450	22,606		

Texnik hisoblashlar uchun yetarlicha bo'lgan 400-700°C harorat intervalidagi bu reaksiyaning issiqlik effekti quyidagi formula bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$Q = 10142 - 9,26T \text{ j/mol (24205 - 2,21T kal/mol)}$$

Bu yerda: T – harorat, °K.

SO<sub>2</sub> ning SO<sub>3</sub> ga oksidlanish reaksiyasi qaytar jarayondir. Bu reaksiyaning muvozanat konstantasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$K_p = \frac{P_{SO_3}}{P_{SO_2} P_{O_2}^{0,5}}$$

bu yerda:  $P_{SO_3}$ ,  $P_{SO_2}$ ,  $P_{O_2}$  – SO<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> va O<sub>2</sub> larning muvozanatdagi parsial bosimlari, atm.

$K_r$  kattaligi, shuningdek, haroratga bog'liqdir (4.2-jadval). Amaliy hisoblashlar uchun yetarlicha aniqlikdagi  $K_r$  qiymati 390-650°C harorat intervalida quyidagi formula bo'yicha hisoblanadi:

$$\lg K_p = \frac{4905,5}{T} - 4,6455$$

4.2-jadval

**SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlanish reaksiyasi muvozanat konstantasi K<sub>r</sub> ning haroratga bog‘liqligi**

Harorat, °C	K <sub>r</sub>	Harorat, °C	K <sub>r</sub>
300	566	525	31,5
400	442,4	575	13,6
425	241,0	600	9,37
450	137,3	625	6,75
475	81,2	650	4,68
500	50,0		

**Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi.** Kontaktlanish darajasi katalizator turi, gazning tarkibi va haroratga bog‘liqdir. Kontakt massa orqali sulfid angidrid o‘tkazilganda har bir katalizator uchun ma’lum haroratdagina kontaktlanish boshlanadi. Asbestga surtilgan platina uchun bu harorat 250°C ga, vanadiyli kontakt massa uchun esa – qariyb 400°C ga teng. Haroratning o‘zgarishi bilan kontaktlanish darajasi ham o‘zgaradi. Bunda har bir harorat uchun kontaktlanish darajasining ma’lum chegarasi bo‘ladi, ya’ni ushbu tarkibdagi gaz uchun nazariy mumkin bo‘lgan kontaktlanish darajasi faqat haroratga bog‘liqdir.

Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$x_p = \frac{p_{SO_3}}{p_{SO_2} + p_{SO_3}}$$

bu yerda:  $p_{SO_3}$  va  $p_{SO_2}$  – SO<sub>3</sub> va SO<sub>2</sub> larning muvozanatdagi parsial bosimlari.

Bundan yuqoridagi tenglamalarni umumlashtirish orqali:

$$x_p = \frac{1}{\frac{1}{K_p \sqrt{p_{O_2}}} + 1} = \frac{K_p}{K_p + \frac{1}{\sqrt{p_{O_2}}}}$$

hosil qilinadi.

Agar:  $P$  – gazning umumiy bosimi (atm. da),  $a$  – gazlar aralashmasidagi SO<sub>2</sub> ning boshlang‘ich miqdori (hajmiy %),  $b$  – gazlar aralashmasidagi kislorodning boshlang‘ich miqdori (hajmiy %) etib belgilansa, u holda yuqoridagi tenglama:

$$x_p = \frac{K_p}{K_p + \sqrt{\frac{100 - 0,5ax_p}{P(b - 0,5ax_p)}}}$$

ko‘rinishiga keladi.

Haroratning ortishi va bosimning ko‘tarilishi bilan  $x_p$  ortadi. Bu SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlanish reaksiyasi issiqlik ajralishi va molekular miqdorining kamayishi orqali sodir bo‘lishi bilan izohlanadi. 4.3 va 4.4-jadvallarda tarkibida 7% SO<sub>2</sub>, 11% O<sub>2</sub> va 82% N<sub>2</sub> tutgan gazning turlicha harorat va bosimdagi  $x_p$  qiymati keltirilgan.

4.3-jadval

**Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi  $x_p$  ning haroratga bog‘liqligi**

Harorat, °C	$x_p \cdot 100$	Harorat, °C	$x_p \cdot 100$	Harorat, °C	$x_p \cdot 100$
390	99,4	470	96,2	550	85,6
400	99,2	480	95,4	560	83,5
410	99,0	490	94,5	570	81,2
420	98,7	500	93,5	580	78,7
430	98,4	510	92,2	590	76,0
440	98,0	520	90,8	650	58,5
450	97,5	530	89,2	700	43,6
460	97,0	540	87,5	1000	5,0

4.4-jadval

**Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi  $x_p$  ning absolyut bosimga bog‘liqligi**

Harorat, °C	Bosim bo‘yicha $x_p \cdot 100$ qiymati					
	1 at	5 at	10 at	25 at	50 at	100 at
400	99,2	99,6	99,7	99,9	99,9	99,9
450	97,5	98,9	99,2	99,5	99,6	99,7
500	93,5	96,9	97,8	98,6	99,0	99,3
550	85,6	92,9	94,9	96,7	97,7	98,3
600	73,7	85,8	89,5	93,3	95,0	96,4

Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi gazdagi SO<sub>2</sub> va O<sub>2</sub> nisbatiga bog‘liqdir. Bu nisbat kuydiriladigan xomashyo turi va kuydirish uchun beriladigan havo miqdoriga bog‘liq bo‘ladi. Qanchalik havo ko‘p kiritilsa, gazlar aralashmasida shunchalik SO<sub>2</sub> kam va O<sub>2</sub> ko‘p miqdorda bo‘ladi va natijada muvozanatdagi kontaktlanish darajasi ham shunchalik yuqori bo‘ladi.

4.5-jadvalda kolchedanni har xil ortiqcha miqdordagi havo bilan kuydirilishidan olingan gaz uchun  $x_p$  qiymatlari keltirilgan.

4.5-jadval

**Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi  $x_p$  ning gazlar aralashmasi tarkibiga bog‘liqligi**

(475°C harorat va 0,98 bar yoki 1 atm absolyut bosimda)

Gazdagi miqdori, hajmiy %		$x_p \cdot 100$	Gazdagi miqdori, hajmiy %		$x_p \cdot 100$
SO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>		SO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	
2	18,14	97,1	7	11,0	95,8
3	16,72	97,0	8	9,58	95,2
4	15,28	96,8	9	8,15	94,3
5	13,86	96,5	10	6,72	92,3
6	12,43	96,2			

**Sulfit anhidridni sulfat anhidridga oksidlash reaksiyasining tezligi.**

Sanoat sharoitida SO<sub>2</sub> oksidlanish reaksiyasining tezligi muhim ahamiyat kasb etadi. Katalizator massa birligiga, binobarin, katalizator sarfiga, kontakt jihozi o‘lchamiga va boshqa kontaktlanish jarayonining texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlariga muvofiq keladigan vaqt birligi ichidagi oksidlanadigan sulfit anhidrid miqdori ushbu reaksiya tezligiga bog‘liqdir. Jarayonni shunday amalga oshirish lozimki, bunda sulfit anhidrid oksidlanishining tezligini eng yuqori darajada bo‘lishini ta’minlanishi mumkin bo‘lsin.

SO<sub>2</sub> ning oksidlanish tezligi reaksiyaning tezlik konstantasi  $k_c$  bilan tavsiflanadi:

$$k_c = k_o e^{-\frac{E}{RT}}$$

bu yerda:  $k_o$  – katalizatorni tavsiflaydigan va haroratga bog‘liq bo‘lmagan empirik koeffitsient;  $E$  – faollanish energiyasi, j/mol (kal/mol);  $R$  – universal gaz doimiysi [8,326 j/(mol·grad) yoki 1,987 kal/(mol·grad)];  $T$  – absolyut harorat, °K.

Gazlarning kinetik nazariyasidan ma’lumki, energiyaga ega bo‘lgan molekulalar ulushi, ularning birinchi to‘qnashuvida reaksiya sodir bo‘lishi uchun

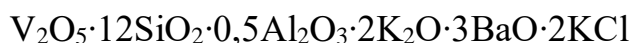
yetarli bo‘lishi kerak va u birinchi yaqinlashishda  $e^{-\frac{E}{RT}}$  ni tashkil etadi. Shunday

qilib, reaksiya tezligi tenglamasidagi bu a'zo sulfat angidrid molekulari hosi bo'lishiga olib keluvchi effektiv to'qnashuvlar ulushini ifodalaydi.  $e^{-\frac{E}{RT}}$  ifodada daraja ko'rsatkichi manfiydir; binobarin shunday ekan, haroratning ko'tarilishi ( $T$  ning ortishi) bilan reaksiya tezligi ham ortadi,  $E$  ning ortishi bilan kamayadi.  $\text{SO}_2$  ni  $\text{SO}_3$  ga oksidlanish reaksiyasining faollanish energiyasi  $E$  juda kattadir va shu sababli xattoki yuqori haroratda ham katalizator ishtirokisiz bu reaksiya (gomogen oksidlanish jarayoni) amalda sodir bo'lmaydi. Qattiq katalizator ishtirokida faollanish energiyasi pasayadi va shunga muvofiq geterogen katalitik reaksiya tezligi ortadi. Shunday qilib, katalizator, masalan, vanadiyli kontakt massaning vazifasi faollanish energiyasi  $E$  ni pasaytirishdan iboratdir.

**Vanadiyli kontakt massa.** Sulfat kislota ishlab chiqarishda BAV va SVD markali kontakt massalari ishlatiladi. BAV so'zining ma'nosi – kontakt massa tarkibiga kiradigan elementlar (bariy, alyuminiy va vanadiylar) ning bosh harflaridan iborat. SVD so'zi esa – sulfo-vanadat-diatomli ma'nosini anglatadi.

BAV kontakt massasini tayyorlash uchun kaliy vanadat ( $\text{KVO}_3$ ) ning ishqoriy eritmasini suyuq shisha  $\text{K}_2\text{SiO}_3$  bilan aralashtiriladi va  $70^\circ\text{C}$  haroratgacha qizdirilgan holda to'xtovsiz aralashtiriladi. Aralashtirilgan holda aralashmaga alyuminiy xloridning xlorid kislotali eritmasi va bariy xloridning suvli eritmasi qo'shish yo'li bilan kontakt massa cho'ktiriladi. Uni filtrpressda filtrlanadi, so'ngra gidravlik press yordamida siqiladi. Hosil qilingan (40-45% namlikdagi) cho'kma donachalar, tabletkalar yoki halqachalar ko'rinishda qoliplanadi (4.1-rasm). So'ngra kontakt massa  $60^\circ\text{C}$  dan (quritishning boshlanishida)  $115^\circ\text{C}$  gacha (quritish oxirida) 30 soatdan kam bo'lmagan vaqtda quritiladi.

BAV kontakt massasi oq yoki och pushti rangga ega bo'ladi va taxminan quyidagi tarkibdagi aralashma tarzida bo'lishi mumkin:

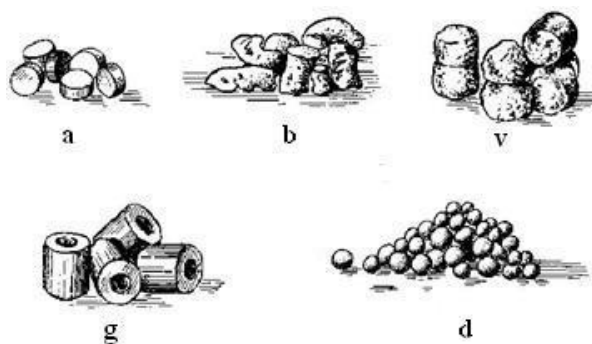


BAV massasining namligi qariyb 15% ni tashkil etadi.

Donadorlangan BAV katalizatorining to'kilish zichligi 450-500 g/l ni tashkil etadi. Quruq kontakt massa tarkibida  $\text{V}_2\text{O}_5$  hisobida 7,5-8,0% vanadiy bo'ladi.



Vanadiyli kontakt massani sulfid angidrid gazi bilan 420-440°C haroratda qayta ishlangandan keyin u sariq rangga kiradi va uning to'kilish zichligi 600-650 g/l gacha ortadi. Katalizator rangining o'zgarishi va to'kilish zichligining ortishini katalizatorida SO<sub>2</sub> ning oksidlanishidan hosil bo'ladigan sulfat angidridning kontakt massaga yutilishi orqali izohlanadi. Natijada sulfatlar hosil bo'ladi va xlor ajralib chiqadi. Bunda ko'p miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi va kontakt massa kuchli qiziydi. Masalan, yangi tayyorlangan kontakt massaga sulfid angidridli gaz (taxminan 7% SO<sub>2</sub>) ta'sir etganda jihozidagi harorat 800-900°C gacha ko'tariladi. Bunda kontakt massaning kuyishi va to'la maydalanib ketishi kuzatilishi mumkin. Kontakt massaning kuyishi natijasida bo'linishining oldini olish maqsadida kontakt jihoziga solinadigan yangi kontakt massa, dastlab, tarkibida 0,3-0,5% SO<sub>2</sub> bo'lgan gazlar aralashmasi bilan haroratni keskin oshirmagan holda qayta ishlanadi.



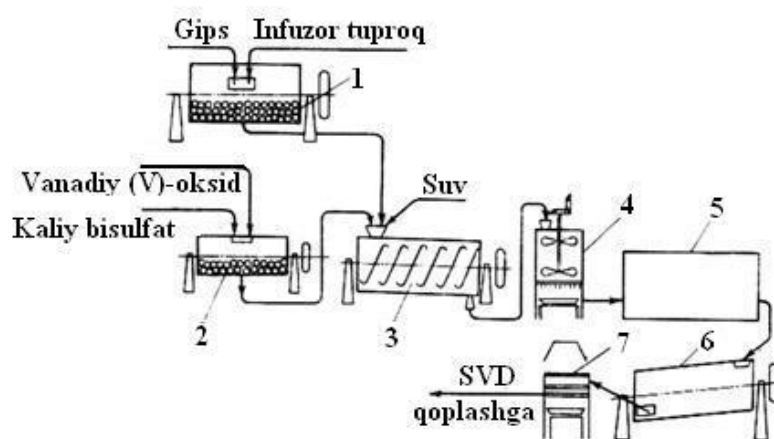
#### 4.1-rasm. Kontakt massa shakllari:

a – tabletkalar; b,v – donadorlangan massa; g – halqasimon kontakt massa; d – qaynovchi qatlam uchun kontakt massa.

Kontakt massaning sulfid angidrid bilan to'yinishi asosan sanoatdagi kontakt jihozida amalga oshadi. Bunda ajraladigan xlor chiqindi gazlari bilan atmosferaga chiqib ketadi, bu esa kontakt jihozlarning yangi massa bilan ishga tushirilishida katta qiyinchiliklar keltirib chiqaradi.

SVD vanadiyli kontakt massa quruq usulda tayyorlanadi, uning tarkibiga kaliy piro-sulfat K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> kiradi va u faol kompleks V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·K<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>7</sub> hosil qiladi. Shuning uchun bu massani sulfid angidrid bilan to'yintirish talab etilmaydi.

SVD kontakt massasini tayyorlashning texnologik tizimi quyidagilardan iboratdir (4.2-rasm).



**4.2-rasm. SVD kontakt massasi ishlab chiqarish tasviri:**

1,2 – sharli tegirmon; 3 – aralastirgich; 4 – qoliplash mashinasi; 5 – tunelli quritgich; 6 – kuydirish barabani; 7 – chayqaluvchi elak.

Boshlang‘ich materiallar: infuzor gil (diatomit), vanadiy(V)-oksid, gips va kaliy bisulfit – sharli tegirmonlar 1 va 2 da maydalanadi va aralastirgich 3 ga uzatiladi, u yerga kerakli miqdordagi suv ham kiritiladi. Aralastirgichda hosil bo‘ladigan bo‘tqa qoliplash mashinasi 4 ga uzatiladi, unda talab etiladigan – donador yoki halqasimon massa olinadi. Xom kontakt massa pech 5 da quritiladi, so‘ngra o‘txona gazlari bilan qizdiriladigan baraban 6 da 500-700°C haroratda kuydiriladi.

SVD massasi yuqori mexanik mustahkamlikka ega bo‘lib, BAV kontakt massasidan bir necha marta arzonidir.

SVD donachalari to‘q jigarrang bo‘ladi; to‘kma massasi 570-600 g/l, issiqlik sig‘imi 1,05 j/(g·gard). Standart sharoitlardagi (485°C harorat va 4000 soat<sup>-1</sup> hajmiy tezlikda) katalitik faolligi – 86% dan kam emas, termik ishlovdan so‘ng esa – 83% dan kam emas. Donadorlangan SVD kontakt massasining o‘rtacha diametri 3,5 mm, halqasimon kontakt massaning diametri 8-12 mm, ichki diametri 2,5-4,5 mm, balandligi esa 8-12 mm.

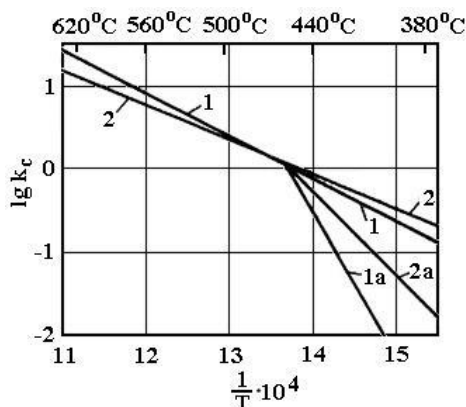
SVD katalizatorining taxminiy tarkibi:



bo‘ladi.

Vanadiyli kontakt massa (BAV va SVD) da SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlanish reaksiyasining faollanish energiyasi E, 96,5 kJ/mol ni tashkil etadi. Haroratning

ortishi bilan vanadiyli kontakt massada oksidlanish reaksiyasining tezlik konstantasi  $k_c$  xuddi 4.3-rasmda tasvirlangandek ortadi.



**4.3-rasm. Vanadiyli kontakt massada SO<sub>2</sub> oksidlanish tezligi konstantasi  $k_c$  ning haroratga bog‘liqligi:**

1 – kontaktlanishning oxirgi sharoitida 460°C dan yuqori haroratda odatdagi SVD va BAV ga;  
 1a – kontaktlanishning boshlang‘ich sharoitida 460°C dan yuqori haroratda odatdagi SVD va BAV ga;  
 2 – kontaktlanishning oxirgi sharoitida 460°C dan yuqori haroratda past haroratli SVD ga;  
 2a – kontaktlanishning boshlang‘ich sharoitida 460°C dan yuqori haroratda past haroratli SVD ga.

4.3-rasmdan ko‘rinadiki, reaksiya tezlik konstantasi  $k_c$  BAV va SVD donador massalari uchun  $9,4 \cdot 10^6$  ga, halqasimon massa uchun  $7,2 \cdot 10^6$  ga tengdir (halqasimon massa donador massaga nisbatan 30% ga ko‘p solinadi). 620°C dan yuqori haroratda vanadiyli kontakt massaning faolligi juda ham tez pasayadi.

Haroratning ortishi bilan vanadiyli kontakt massa faolligini pasayishiga olib keladigan sabablar hozircha aniqlanmagan. Faqatgina bunda haroratning ko‘tarilishi natijasida kontakt massa tarkibiga kiruvchi kaliy kremnezem bilan ta’sirlashishi natijasida kaliyning bir qismi faol kompleks  $V_2O_5 \cdot K_2S_2O_7$  tarkibidan chiqadi degan taxmini aytish mumkin. Buning natijasida kompleks buziladi, massadan vanadiy(V)-oksid ajraladi, kontakt massaning faolligi pasayadi.

Keyingi paytlarda birmuncha termik barqaror kontakt massalar ishlab chiqarila boshlandi, ularning faolligi 650-670°C haroratda ham kamaymaydi. Vanadiyli kontakt massaning termik barqarorligini oshirish uchun uni tayyorlashda kaliy xlorid miqdorini ko‘paytirish hisobiga amalga oshiriladi. Bunda kaliy xlorid keyinchalik kaliy pirofosfatga aylanadi. Bu esa xattoki kaliyning bir qismi kremnezem bilan bog‘lansada, faol shakldagi vanadiyni saqlanishiga olib keladi.

Kontakt massa sifatining asosiy eng muhim ko'rsatkichi bu *yondirish harorati* hisoblanadi, buning natijasida katalizatorning tezlik bilan qizishi boshlanadi. Vanadiyli kontakt massaning yondirish harorati nafaqat katalizator turiga, balki gazli aralashma tarkibiga ham bog'liqdir. U gazdagi kislorod miqdori kamayishi bilan ortadi. Ishlab chiqarish jihozlarida vaqt o'tishi bilan vanadiyli kontakt massaning yondirish harorati ortadi, shuning uchun gaz harorati katalizatorning birinchi qatlamiga kirishda asta-sekin ortadi.

Ishlab chiqarish jihozlarida vanadiyli kontakt massa faolligi asta-sekin pasayib boradi. Shuning uchun har 3-5 yilda katalizator to'la yoki qisman almashtiriladi. Yaxshi tozalangan gaz bilan yoki barqaror harorat rejimida ishlanganda vanadiyli kontakt massa faolligi ancha uzoq muddatgacha (10-15 yilgacha) saqlanadi. Kontakt massani tushirib olishdan oldin kontakt jihoziga 20-30 soat mobaynida 400°C haroratda havo purkaladi. Massadan SO<sub>3</sub> to'la ajralib chiqib bo'lgandan so'ng, havoning harorati pasaytiriladi, kontakt jihozi sovutiladi va kontakt massa chiqarib olinadi. Faolligi pasaygan vanadiyli kontakt massa uni tayyorlovchi zavodga yuboriladi va u yerda yangi katalizator tayyorlash uchun eski kontakt massadagi vanadiy(V)-oksid ajratib olinadi. Kontakt massani qisman yangilashda, kontakt jihozidagi kontakt massaning maydalangan qismi ajratib olinadi, qolgan qismi esa katalizator qatlamining o'rta qismiga solinadi. Katalizatorning birinchi va ohirgi qatlamiga yangi kontakt massa solinadi, bunda katalizatorning birinchi qatlami past yondirish haroratiga ega bo'ladi, yuqori qatlami esa yuqori umumiy kontaktlanish darajasini ta'minlaydi.

Kontakt massa gazning o'tishida nisbatan yuqori gidravlik qarshilik (kontakt bo'linmasi umumiy gidravlik qarshiligining qariyb yarmini) hosil qiladi. Vaqt o'tishi bilan massaning qarshiligi uning ifloslanishi va kuyishi hisobiga ortadi. Kontakt massa gidravlik qarshiligini kamaytirish uchun uni yirik donador, tabletka, halqa va hokazo tarzida tayyorlanadi.

Ma'lumki, kontakt massaning katalitik faolligi katalizatorni zaharlaydigan kontakt zaharlari deb ataluvchi oz miqdordagi moddalarning ishtirokda pasayadi. Vanadiyli kontakt massa platinali katalizatorga nisbatan kontakt zaharlari ta'siriga

anchagina chidamlidir, lekin shunday bo'lsada kuyundi gazi tarkibidagi qo'shimchalar ishtirokida uning faolligi sezilarli darajada pasayadi. Vanadiyli kontakt massa faolligini asosan mishyak birikmalari (asosan,  $\text{As}_2\text{O}_5$ ) pasaytiradi.  $550^\circ\text{C}$  dan yuqori haroratda  $\text{V}_2\text{O}_5 \cdot \text{As}_2\text{O}_5$  tarkibli uchuvchan birikma tarzida kontakt massadan yo'qotiladi. Bu birikma kontakt massaning keyingi qatlamiga yopishib, quyqa hosil qiladi. Shu tufayli katalizator faolligi keskin pasayadi.

Suv bug'i sulfat kislota kondensatsiyalanishidan yuqori haroratda vanadiyli kontakt massa faolligiga sezilarli darajada ta'sir ko'rsatmaydi. Past haroratda esa suv bug'i va sulfat angidriddan hosil bo'lgan sulfat kislotaning kondensatsiyalanishi va uning katalizatorni yemirishi natijasida kontakt massa faolligi pasayadi.

Normal kontaktlanish haroratida gaz tarkibida bo'ladigan  $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}$ ,  $\text{S}$  va  $\text{Se}$  bug'lari va boshqalar kabi moddalar vanadiyli kontakt massa faolligini sezilarli darajada pasayishiga olib kelmaydi. Past haroratda (masalan, jihozni ishga tushirish yoki to'xtatishda) ularning ayrimlari vanadiy(V)-oksidning ma'lum darajada qaytarishi mumkin, bu esa kontakt massa tarkibining o'zgarishiga olib keladi.

Ftor birikmalari ( $\text{HF}$  va  $\text{SiF}_4$ ) ham vanadiyli kontakt massaning buzilishiga va uning faolligini pasayishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun kontakt jihoziga beriladigan gaz tarkibidagi ftor yetarli darajada kam bo'lishi lozimdir.

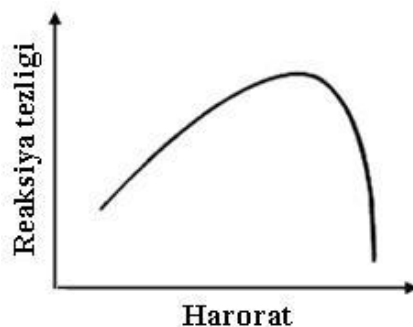
**Vanadiyli katalizatorlarda sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonining shart-sharoiti.** Vanadiyli katalizatorlarda sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonining tezligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{k_c}{a} \left( \frac{x_p - x}{x} \right)^{0,8} \left( b - \frac{ax}{2} \right) \frac{273}{T}$$

bu yerda:  $x$  – kontaktlanish darajasi;  $\tau$  – vaqt, sek;  $k_c$  – reaksiyaning tezlik konstantasi;  $a$  – sulfit angidridning boshlang'ich konsentratsiyasi, %;  $x_p$  – muvozanatdagi kontaktlanish darajasi;  $b$  – kislorodning konsentratsiyasi, %;  $T$  – harorat,  $^\circ\text{K}$ .

Shunday qilib, oksidlanish jarayoning tezligi reaksiyaning tezlik konstantasi  $k_s$  ga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq,  $k_c$  haroratning ko‘tarilishi bilan juda ham tez ortadi. Ammo jarayon tezligi, shuningdek, muvozanatdagi kontaktlanish darajasi  $x$  ga ham bog‘liq va u haroratning ortishi bilan kamayadi.

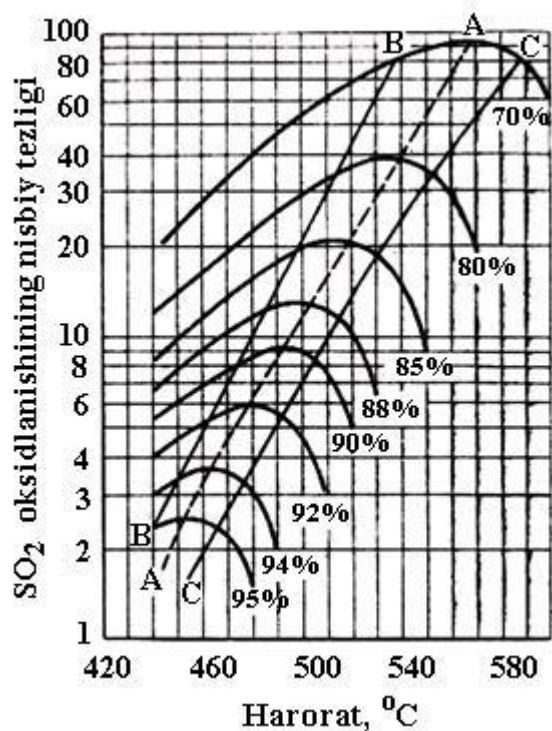
Sulfit anhidrid oksidlanish jarayonining haroratga bog‘lig‘ligini maksimumga ega bo‘lgan ekstremal egri chiziq holatida tasavvur etish mumkin (4.4-rasm).



**4.4-rasm. Turli xildagi kontaktlanish darajasi (0,7-0,95) da sulfit anhidrid oksidlanish tezligining haroratga bog‘liqligi.**

Kontaktlanish darajasi  $x$  qanchalik kichik bo‘lsa,  $\text{SO}_2$  ni  $\text{SO}_3$  ga oksidlanish tezligi ham shunchalik yuqori bo‘ladi. Shuning uchun har bir kontaktlanish darajasi uchun reaksiya tezligining haroratga bog‘liqligi tegishli egri chiziqlar orqali ifodalanadi. Bu barcha egri chiziqlarning xususiyati 4.4-rasmdagi egri chiziqlarga o‘xshashdir, ammo maksimal reaksiya tezliklari turlicha bo‘ladi.

Tarkibida 7%  $\text{SO}_2$  va 11%  $\text{O}_2$  tutgan gazlar aralashmasi uchun bunday egri chiziqlarning to‘plami 4.5-rasmda ko‘rsatilgan. Undan ko‘rinadiki, har bir kontaktlanish darajasi uchun reaksiya tezligi ma‘lum haroratda aniq ifodalangan maksimumga erishadi, bunda haroratning yuqori bo‘lishi kontaktlanish darajasining shunchalik kichik bo‘lishiga bog‘liqdir. Shunday ekan, bu haroratlarda reaksiya tezligi yuqori darajaga erishadi, ular jarayonni o‘tkazish uchun eng qulay, ya’ni *maqbul (optimal) harorat* hisoblanadi.



**4.5-rasm. Sulfit angidrid oksidlanish tezligining haroratga bog‘liqligi.**

Adiabatik jarayonlardagi sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash jarayonida haroratning ko‘tarilishi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta T = \lambda \Delta x$$

bu yerda:  $\Delta x$  – kontaktlanish darajasining ko‘tarilishi;  $\lambda$  – adiabatik sharoitda kontaktlanish darajasining 0 dan 1 gacha o‘zgarishidagi gaz haroratining ortish koeffitsienti.

$$\lambda = 42,3 \frac{a}{c_p}$$

bu yerda:  $a$  – sulfit angidridning boshlang‘ich konsentratsiyasi, %;  $c_p$  – gazlar aralashmasining issiqlik sig‘imi (gaz hajmini normal sharoitga keltirilgan deb hisoblanadi),  $\text{kJ}/(\text{m}^3 \cdot \text{grad})$ .

$\Delta T = \Delta t = t - t_0$  (jarayon boshlanishi va oxiridagi haroratlar ayirmasi),  $\Delta x = x - x_0$  (jarayon boshlanishi va oxiridagi kontaktlanish darajalari ayirmasi) bo‘lsa, yuqoridagi tenglama quyidagicha ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$t = t_0 + \lambda(x - x_0)$$

Bu tenglama har bir kontaktlanish foizi uchun gaz haroratining ko'tarilishini aniqlash, shuningdek agar kontakt massaga kiradigan gaz harorati va kontaktlanish darajasi ma'lum bo'lsa, kontakt massa qatlamidan chiqadigan gaz haroratini hisoblash yoki katalizator qatlamida gaz haroratining ortishi ma'lum bo'lsa, kontaktlanish darajasini aniqlash imkoniyatini yaratadi.

**Kontakt massa miqdorini aniqlash.** Belgilangan kontaklanish darajasiga erishish uchun tarkibida SO<sub>2</sub> tutgan gazlar aralashmasi ma'lum vaqtda vanadiyli kontakt massa bilan to'qnashishi kerak. Soddalashtirish uchun amaliy hisoblashlarda haqiqiy emas, balki to'qnashuvning taxminiy (fiktiv) vaqti aniqlanadi, uni hisoblashda hisoblash formulasiga katalizator zarrachalari orasidagi bo'sh hajm kattaligi emas, balki kontakt massaning butun hajm kattaligi kiritiladi.

Gaz hajmiga ta'lluqli to'qnashuvning fiktiv vaqti vaqt birligi ichida katalizator orqali o'tadigan gazning hajmi va kontakt massa hajmiga bog'liqdir:

$$\tau_o = \frac{v}{V}$$

bu yerda:  $v$  – kontakt massa hajmi;  $V$  – gazning hajmi (noramal sharoitga keltirilgan), m<sup>3</sup>/sek.

Bundan

$$v = V \cdot \tau_o$$

bo'ladi.

Belgilangan kattalikdan amaldagi kontaktlanish rejimining farqini va vaqt davomida kontakt massa antivligining pasayishini hisobga olib, amaliy hisoblashlarda qo'shimcha massa koeffitsienti  $s$  kiritiladi. Talab etiladigan kontakt massa hajmi:

$$v = s \cdot V \cdot \tau_o$$

formula bilan ifodalanadi. Gaz hajmi belgilab beriladi (u kontakt jihozining unumdorligi bilan aniqlanadi), qo'shimcha massa koeffitsienti amaliy ma'lumotlar asosida qabul qilinadi. Shunday qilib, kontakt massa hajmini aniqlash uchun jarayon tezligiga teskari proporsional bo'lgan kattalik – to'qnashuvlarning fiktiv

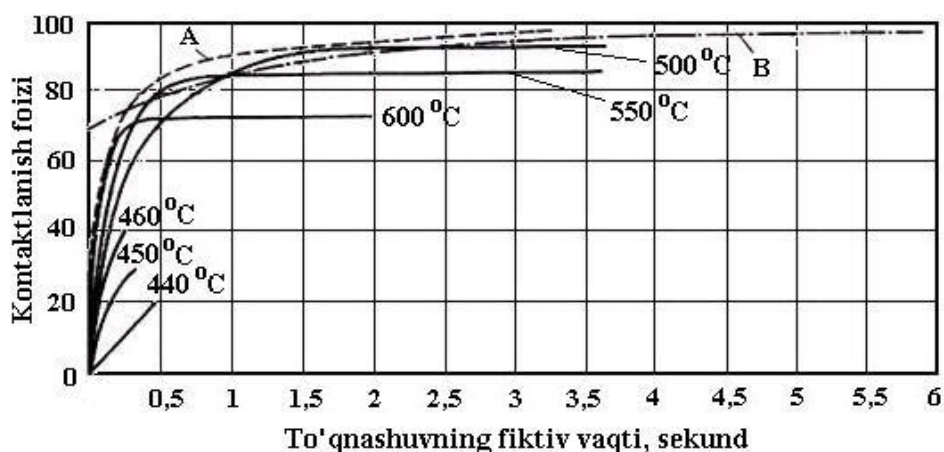


vaqti  $\tau_0$  ni topish lozim bo‘ladi. Uni aniqlash uchun quyidagi ko‘rinishdagi formuladan foydalaniladi:

$$\frac{d\tau_0}{dx} = \frac{a}{k_c} \left( \frac{x}{x_p - x} \right)^{0,8} \frac{1}{b - \frac{ax}{2}} \cdot \frac{T}{273}$$

Amaliy sharoitda harorat va kontaktlanish darajasi reaksiya jarayoni paytida o‘zgaradi, binobarin, muvozanatdagi kontaktlanish darajasi va reaksiyaning tezlik konstantasi ham o‘zgaradi. Shuning uchun  $\tau_0$  ni aniqlash ham katta qiyinchiliklar bilan bog‘liqdir va odatda hisoblashning grafik usulidan foydalaniladi.

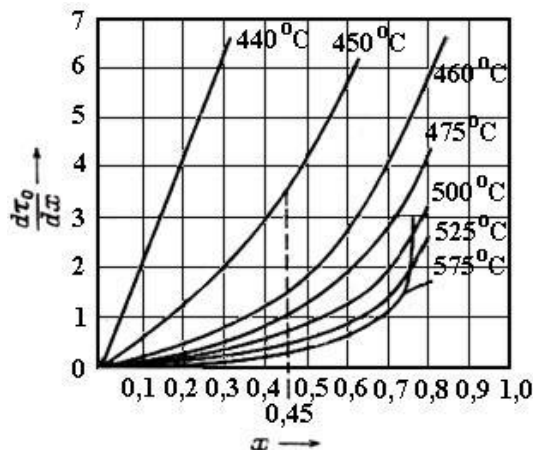
4.6-rasmda yuqoridagi tenglama bo‘yicha tuzilgan va kordinatalarida  $x - \tau_0$  bo‘lgan egri chiziqlar tasvirlangan. Bu grafik bo‘yicha kontaktlanish darajasining to‘qnashuvlar vaqti bilan bog‘liqligini kuzatish mumkin. Masalan, 500°C haroratda izotermik sharoitlarda kontaktlanish darajasini 60% ga yetkazish uchun fiktiv vaqt 0,3 sek ni tashkil etishi kerak, 600°C haroratda esa – qariyb 2 marta kamdir. Jarayonni maqbul (optimal) harorat sharoitida (A egri chiziq) o‘tkazish uchun fiktiv vaqt yana ham ko‘proq qisqartiriladi. V egri chiziq harorat 450°C ga to‘g‘ri keladigan jarayonga muvofiq keladi, maqbul (optimal) haroratga yetguncha adiabatik amalga oshiriladi va keyinchalik maqbul (optimal) harorat sharoitida sodir bo‘ladi.



**4.6-rasm. Turlicha haroratlardagi vanadiyli katalizatorlarda SO<sub>2</sub> ning oksidlanishida kontaktlanish darajasining to‘qnashuvlar vaqtiga bog‘liqligi (gaz tarkibida 7% SO<sub>2</sub> va 11% O<sub>2</sub> bo‘ladi).**

Sanoatdagi kontakt jihoziga solish uchun talab etiladigan kontakt massa miqdorini aniqlash uchun bir xil harorat va gazlar aralashmasining belgilangan tarkibidagi  $x$  ning bir necha qiymatlarida, ya'ni yuqoridagi tenglamada  $a$  va  $b$  larning belgilangan qiymatida  $\frac{d\tau_o}{dx}$  topiladi. Olingan natijalar bo'yicha  $x - \frac{d\tau_o}{dx}$  koordinatalarida egri chiziqlar to'plami tuziladi.

Bir necha haroratlar uchun tuzilgan shunday izotermalar 4.7-rasmda tasvirlangan.



4.7-rasm.  $x - \frac{d\tau_o}{dx}$  diagrammasi.

Texnik hisoblashlar uchun yetarli bo'lgan kontakt massa miqdori, grafik tuzilmasdan, yuqoridagi tenglamadan analitik usulda olingan  $\tau_o$  qiymati bo'yicha ham aniqlanadi. Buning uchun kontakt massaning har bir qatlami bir necha ixtiyoriy tanlangan bo'lakchalarga ajratiladi, ulardan har biri uchun:

$$\frac{\Delta\tau_o}{\Delta x} = \frac{d\tau_o}{dx}$$

qabul qilinadi. Bu yerda:  $\Delta\tau_o$  – bo'lakchadagi to'qnashuvlarning fiktiv vaqti, sek;  $\Delta x = x_b - x_o$ . Bunda  $x_b$  va  $x_o$  – bo'lakcha boshida va oxirida kontaktlanish darajasi, birlik ulushda.

Yuqoridagi tenglamalardan:

$$\Delta\tau_o = \frac{a}{k_c} \left( \frac{x}{x_p - x} \right)^{0,8} \cdot \frac{T}{273 \cdot \left( b - \frac{ax}{2} \right)} \cdot \Delta x$$

kelib chiqadi. Bu yerda:  $T$  – bo'lakchadagi (yoki qatlamdan so'nggi) o'rtacha harorat, °K.

Belgilangan kontaktlanish darajasiga yetkazish uchun talab etiladigan qatlamlarda to‘qnashuvlarning umumiy vaqti alohida bo‘lakchalardagi  $\Delta\tau_0$  qiymatining yig‘indisi orqali aniqlanadi:

$$\tau = \sum \Delta\tau_0$$

Kontakt massaning har bir qatlamini to‘rt-besh bo‘lakka bo‘lish orqali keltirilgan hisoblash usuli bo‘yicha kontakt massa hajmini hisoblash, uni grafik usulda topilgan qiymatidan taxminan 10% ga farq qiladi. Bo‘lakchalar miqdorini oshirish hisob aniqligini oshiradi.

**Vanadiyli katalizatorida sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlashning maqbul (optimal) sharoiti.** Kontaktlanish darajasi kontaktli sulfat kislota tizimining asosiy ko‘rsatkichlaridan biri hisoblanadi.

Kontaktlanish darajasi ortishi bilan chiqindi gazlaridagi SO<sub>2</sub> miqdori kamayadi. Masalan,  $x = 0,99$  dagi chiqindi gazlari tarkibida qariyb 0,07% SO<sub>2</sub> bo‘ladi. Ko‘p hollarda bunday gazlar qo‘shimcha tozalashsiz to‘g‘ridan-to‘g‘ri atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Yuqori kontaktlanish darajasiga erishish uchun jarayonni iloji boricha past haroratda tugatish kerak bo‘ladi, lekin muvozanat holatiga yaqin sharoitda reaksiyaning tezlik konstantasi  $k_c$  sezilarli darajada kamayadi, ya’ni jarayon tezligi pasayadi. Shuning uchun kontaktlanish darajasi qanchalik katta bo‘lsa, to‘qnashuv vaqti ham shunchalik ko‘p bo‘lishi kerak, shunday ekan, katalizator hajmi ko‘p bo‘lishi lozimdir. Sanoat sharoitida vanadiyli kontakt massa nisbatan yuqori qiymatli bo‘lganligi sababli iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq bo‘lgan kontaktlanish darajasini tanlash muhim ahamiyat kasb etadi. Ishlab chiqarishda eng past tannarxga kontaktlanish darajasi 0,98 da erishiladi, lekin bunda chiqindi gazlardagi SO<sub>2</sub> miqdori yuqori darajada bo‘ladi, bu esa sanitar va ekologik talablarga javob bermaydi. Shuning uchun nisbatan yuqori kontaktlanish darajasida (0,988-0,99 atrofida) ishlash maqsadga muvofiqdir.

Kontakt jihozi ishining eng muhim ko‘rsatkichi uning gidravlik qarshiligi ham hisoblanadi. Gidravlik qarshilikning ko‘p qismi kontakt massada yuzaga keladi.

Kontakt jihozining gidravlik qarshiligi quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$\Delta p = 6600 w^{1,7} \rho^{0,7} h \text{ n/m}^2$$

bu yerda:  $w$  – massadagi gazning fiktiv tezligi (kontakt massa egallagan hajmni hisobga olmagan holda), m/sek;  $\rho$  - gazning zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $h$  – donadorlangan kontakt massa qatlamining balandligi, m.

Gazning tezligi  $w$  va kontakt massa qatlamining balandligi kontakt jihozining unumdorligi  $P$  bilan bog‘liq va u quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$w = c_1 \frac{P}{a} \quad \text{va} \quad h = c_2 \frac{P \tau_o}{a}$$

bu yerda:  $a$  – gazdagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi;  $\tau_o$  – to‘qnashuvning fiktiv vaqti;  $s_1, s_2$  – o‘zgarmas kattaliklar.

Yuqoridagi tenglamalardan  $\Delta r$  va  $\rho$  larni o‘zgarmas deb olinsa, quyidagi tenglama kelib chiqadi:

$$P = c_3 \frac{a}{\tau_o^{0,37}}$$

bu yerda:  $s_3$  – o‘zgarmas kattalik.

Bu tenglamani yechish orqali kontakt jihozi ishining maqbul (optimal) sharoiti aniqlanadi, ularda ayrim gidravlik qarshilik doimiysi (berilgan) dagi kontakt jihozining maksimal unumdorligiga erishiladi.

### **Qaynovchi qatlamdagi katalizatorida sulfit angidridning oksidlanishi.**

Qaynovchi qatlamda gaz katalizator zarrachalari bilan anchagina jadal aralashadi, buning natijasida kontakt massa sirtiga SO<sub>2</sub> va O<sub>2</sub> ning yaqinlashishi kuchayadi hamda SO<sub>2</sub> oksidlanish jarayonining umumiy tezligi, ayniqsa, kontaktlanish jarayonining boshlanishida ortadi. Qaynovchi qatlamning gidravlik qarshiligi donachalarning o‘lchamiga bog‘liq emas, shuning uchun qaynovchi qatlamda SO<sub>2</sub> ning katalitik oksidlanishida juda mayda sferik donachalar ishlatiladi, bu esa katalizatorning ichki yuzasidan to‘la foydalanilishini ta’minlaydi. Jarayonning ko‘rsatib o‘tilgan xususiyatidan kelib chiqib, qaynovchi qatlamda katalizator sarfi, tajriba zavodi ma’lumotlariga ko‘ra, taxminan 2 marta kamayishi aniqlangan.

Reaksiyaning issiqligini chiqarib olish uchun katalizatorning qaynovchi qatlamida sovutish elementlari joylashtiriladi, ular orqali gaz yoki boshqa sovutish agentlari harakatlanadi. Katalizatorning qaynovchi qatlamida sovutish elementlari sirtiga issiqlik uzatilish koeffitsienti  $800-1200 \text{ kJ}/(\text{m}^2 \cdot \text{soat} \cdot \text{grad})$  ni tashkil etadi, ya'ni bu gazdan odatdagi issiqlik almashtirgich quvurlariga issiqlik uzatish koeffitsientlariga nisbatan 8-10 marta kattadir. Qaynovchi qatlamda issiqlik chiqarilib olishining jadalligi yuqori konsentrlangan sulfitli gaz oksidlanishini katalizatorning qizib ketmasdan amalga oshirish imkoniyatini yaratadi. Qaynovchi qatlamda jadal aralashish tufayli unga kiradigan gazning harorati kontakt massani yondirish haroratidan ham past bo'lishi mumkin. Bu, ayniqsa, kontakt massaning birinchi qatlamida va yuqori konsentratsiyali sulfitli gazni oksidlashda katta amaliy ahamiyatga egadir.

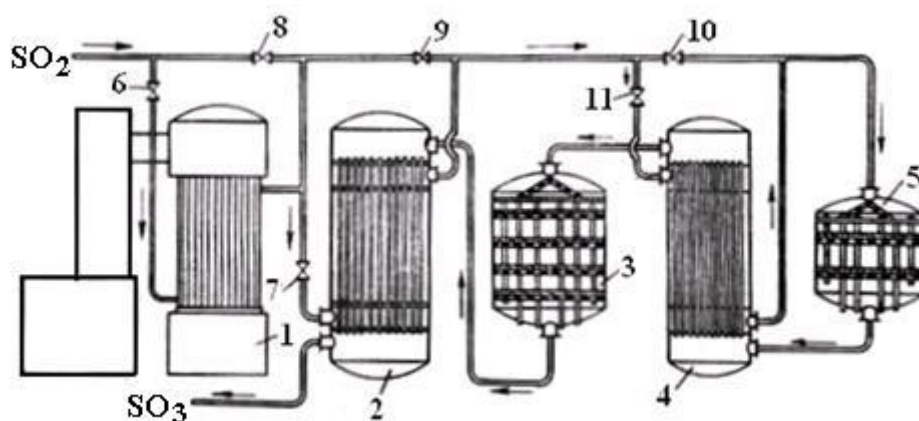
Katalizatorning qaynovchi qatlamiga keladigan gazdagi ma'lum miqdordagi chang miqdori qiyinchiliklar keltirib chiqarmaydi, chunki gazning tezligi katta bo'lganligi va jadallik bilan aralashganligi sababli chang qaynovchi qatlamda ushlanib qolmaydi. Eskirgan katalizatorni chiqarib olish va yangisini solish, qaynovchi qatlamda, jarayonni to'xtatmasdan amalga oshirilishi mumkin, bu esa gazdagi kontakt zaharlari ishtirok etishiga yo'l qo'yiladigan soddalashtirilgan texnologik sxemalar bo'yicha ishlashda muhim hisoblanadi.

**Kontakt jihozlari.** Sulfit angidridni oksidlash oraliq yoki ichki issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlarida maqbul (optimal) sharoitga yaqinlashtirilgan sharoitlarda o'tkaziladi. Bu jihozlarda jarayonning birinchi bosqichi bir xil o'tkaziladi va jarayon kontakt massaning birinchi qatlami orqali  $440^\circ\text{C}$  haroratgacha qizdirilgan gaz o'tkazish, bu yerda  $\text{SO}_2$  umumiy miqdorining 60-80% qismini oksidlashdan iboratdir. Reaksiya issiqlik ajralishi bilan borganligi sababli gazning harorati  $560-600^\circ\text{C}$  gacha ortadi. Bu sharoitda reaksiya tezligi juda yuqori bo'ladi va uning borishi uchun uncha ko'p bo'lmagan miqdorda kontakt massa talab etiladi. Ammo bunda sulfit angidridning oksidlanishi to'xtab qoladi, chunki kontaktlanish darajasi amalda muvozanatdagi holatiga erishadi.

Oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlarida gaz katalizatorning birinchi qatlamidan keyin issiqlik almashtirgichda 460-480°C haroratgacha sovutiladi. Ko'rsatilgan haroratdagi gaz kontakt massaning ikkinchi qatlamiga o'tadi, u yerda SO<sub>2</sub> ning keyingi kontaktlanishi sodir bo'ladi, bunda harorat yana ortadi hamda gazni yana sovutish lozim bo'ladi va hokazo. Harorat ushbu jarayonning maqbul (optimal) sharoitiga qanchalik yaqinlashishi kontaktlanish bosqichining (kontakt massa qatlamining) ko'pligiga bog'liqdir.

Sanoatda kontakt massa qatlami uchtdan beshtagacha bo'lgan oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlari ishlatiladi. Bosqich sonini bundanda oshirish kontaktlanish foizini ozgina oshiradi, lekin kontakt jihozlari o'rnatish va xizmat ko'rsatishda qiyinchiliklar keltirib chiqaradi.

Oraliq issiqlik almashtirgichli jihozlardagi SO<sub>2</sub> oksidlanish jarayonini asbob-uskunalar bilan jihozlanishining eng sodda ko'rinishi sifatida ikki uskuna bilan jihozlangan kontakt bo'linmasini ko'rsatish mumkin, unda kontaktlanish jarayoni ikki bosqichda amalga oshiriladi (4.8-rasm).



**4.8-rasm. Oraliq issiqlik almashtirgichli va ikki bosqichli kontaktlanishli kontakt bo'linmasining tasviri:**

1 – qizdirgich; 2 – birinchi issiqlik almashtirgich; 3 – ikkinchi kontakt jihozi; 4 – ikkinchi issiqlik almashtirgich; 5 – birinchi kontakt jihozi; 6–11 – gaz jo'mraklari.

Ishlatish bo'linmasi (ishchi sxema) dagi ishchi tartib o'rnatilgach, tozalangan quruq gaz qizdirgich 1 dan o'tib, birin-ketin birinchi va ikkinchi issiqlik almashtirgich 2 va 4 larning quvurlararo bo'shlig'idan o'tadi, so'ngra birinchi kontakt jihozi 5 ga keladi. Gazlar (SO<sub>2</sub> + SO<sub>3</sub>) aralashmasi bu yerdan sovutish

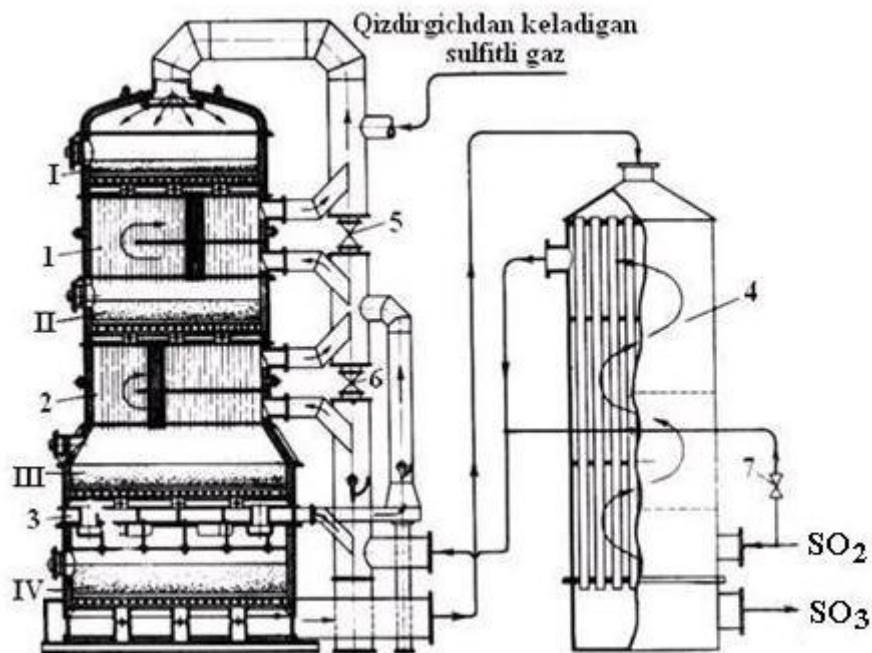
uchun ikkinchi issiqlik almashtirgich 4 ning quvurlariga, so'ngra ikkinchi kontakt jihozi 3 ga, undan esa birinchi issiqlik almashtirgich 2 quvurlariga o'tadi, undan keyin sulfat anhidrid absorbsiya bo'linmasiga yuboriladi. Kontakt apparatiga kirishda gazning haroratini jo'mraklar 9 va 10 yordamida to'g'rilanadi.

Ishga tushirish bo'linmasi (ishga tushirish tizimi) davrida sovuq sulfitli gaz qizdirgich 1, birinchi kontakt jihozi 5 orqali o'tadi, so'ngra ikkinchi issiqlik almashtirgich 4 ga keladi, undan esa – gaz harakatining ishchi tizimi bilan bir xildagi keyingi jihozlardan o'tadi. Bo'linmaning barcha jihozlari qizigach, qizdirgichni jo'mrak 6 orqali berkitiladi, undan keyin gazni ishchi sxema bo'yicha aylantiriladi.

Birinchi kontakt jihozi 5 da kontakt massali ikkita tokcha bo'ladi; bu yerda kontaktlanishning birinchi bosqichi ketadi. Ikkinchi kontakt jihozi 3 da kontakt massali to'rtta tokcha joylashgan (kontaktlanishning ikkinchi bosqichi) bo'ladi.

To'rt qatlamli ikkinchi kontakt jihoz balandligi birinchi ikki qatlamli jihozning balandligidan katta bo'ladi. Ikki qatlamli kontakt jihozlarida kontaktlanish foizi 96% ga yetadi.

Yanada yuqoriroq kontaktlanish darajasiga erishish uchun SO<sub>2</sub> ni oksidlash hozirgi paytda to'rt va xattoki besh bosqichda o'tkazilmoqda; ko'pchilik hollarda barcha bosqichlarning kontakt massalari birgina kontakt jihoziga joylashtirilgan. 4.9-rasmda ishlab chiqarishda keng qo'llanilayotgan oraliq issiqlik almashtirgich bilan ishlaydigan to'rt qatlamli kontakt jihozining tasviri ko'rsatilgan. U pastki qismi kengaytirilgan po'lat silindrik shakldagi korpusdan iborat, uning ichida issiqlik almashtirgichlar 1, 2 va 3 bo'ladi. Birinchi ikkita issiqlik almashtirgich 1 va 2 po'lat to'rga bo'ylama o'qi bo'yicha yaxlit tortilgan quvurlardan tayyorlangan; issiqlik almashtirgich 3 ning yuzasi birinchi va ikkinchi issiqlik almashtirgichlarga nisbatan kichik, odatda uchinchi issiqlik almashtirgich – o'ramli yoki plastinkali bo'ladi. To'rt qatlamli kontakt jihozlari sutkasiga 60, 120 va 240 t sulfat kislotasi unumdorligiga ega bo'ladi.



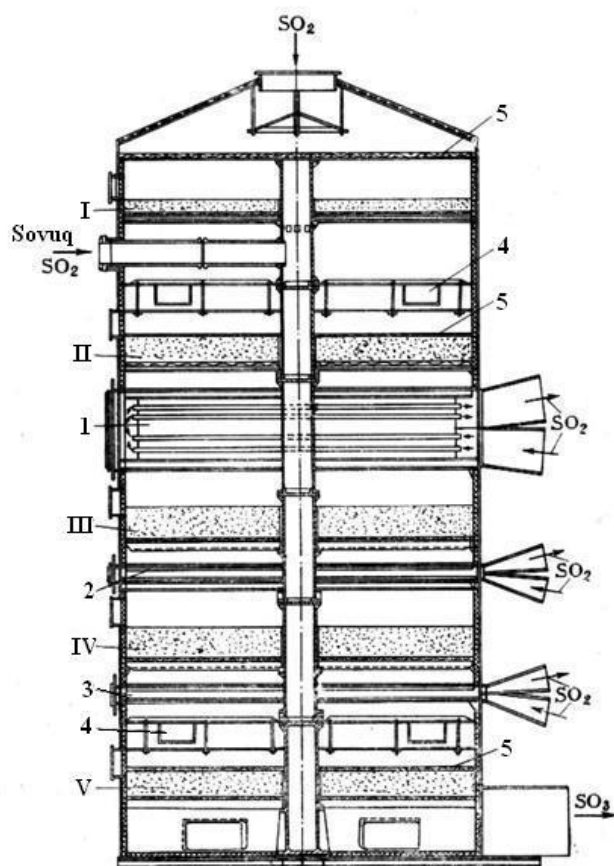
**4.9-rasm. To‘rt qatlamli kontakt jihozi (oraliq issiqlik almashtirgichli) bo‘lgan kontakt bo‘linmasining tasviri:**

I–IV – kontakt massa qatlamlari; 1–3 – oraliq issiqlik almashtirgichlar; 4 – tashqi issiqlik almashtirgich; 5–7 – gaz jo‘mraklari.

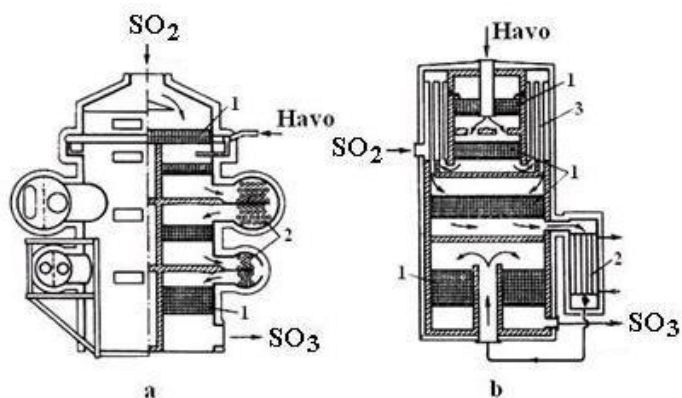
4.10-rasmda jihoz unumdorligi sutkasiga 540 t sulfat kislota bo‘lgan oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozi tasvirlangan. Bu jihozda birinchi qatlam I dan so‘ng gazni sovutish sovuq sulfitli gaz qo‘shish orqali amalga oshiriladi. Gaz ikkinchi, uchinchi va to‘rtinchi qatlamlar II-IV dagi kontakt massalaridan o‘tgan so‘ng kontakt jihoziga mahkamlangan oraliq issiqlik almashtirgichlar 1-3 da sovutiladi. Kontakt jihozining ichki diametri 8,5 m ni, umumiy balandligi 19,6 m ni tashkil etadi.

Qaynovchi qatlam pechlarida kolchedan kuydirilganda yuqori konsentratsiyali sulfid angidridli kuyundi gazi olinadi. Bu holda kontakt massaning birinchi qatlamida oksidlanish gazdagi  $\text{SO}_2$  ning katta konsentratsiyasi (10-12%) da olib boriladi, ikkinchi qatlamdan oldin esa unga atmosfera havosi kiritish orqali  $\text{SO}_2$  miqdori kamaytiriladi va kislorod miqdori oshiriladi (4.11-rasm). Bunday jihozda gazdagi  $\text{SO}_2$  konsentratsiyasi kamayishi bilan bir vaqtda gazning harorati ham pasayadi, bu esa kontakt massa birinchi qatlamidan so‘ng issiqlik almashtirgich bo‘lishini istisno qiladi.





**4.10-rasm. Birinchi qatlamdan so‘ng sovuq gaz qo‘shiladigan kontakt jihozi:**  
 I–IV – kontakt massa qatlamlari; 1–3 – oraliq issiqlik almashtirgichlar; 4 – aralashtirgichlar; 5 – kvars qatlamlari (15-20 mm).



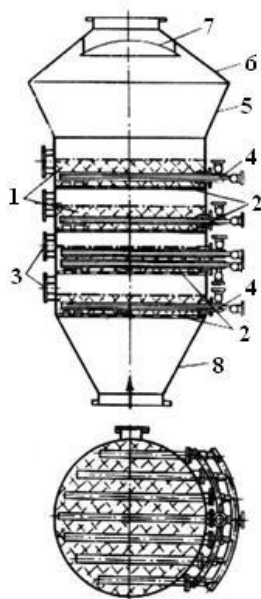
**4.11-rasm. Birinchi qatlamdan so‘ng havo kiritiladigan «Lurgi» firmasining kontakt jihozi:**

a – tashqi issiqlik almashtirgichli; b – halqasimon (ichki) issiqlik almashtirgichli; 1 – kontakt massa qatlami; 2 – tashqi issiqlik almashtirgich (b rasmda – oraliq sovutgich); 3 – halqasimon issiqlik almashtirgich.

Kontakt massasi qaynovchi qatlamli kontakt jihozida (4.12-rasm), gaz, pastdan yuqoriga gaz taqsimlash to‘rlari 2 ga joylashtirilgan kontakt massa

qatlamlari orqali birin-ketin o‘tadi. Reaksiyaning ortiqcha issiqligi suvli sovutgichlar 4 da chiqarib olinadi. Katalizatorning favvorali otilib chiqib ketishini oldini olish uchun jihozning yuqori qismida kengayish (diffuzor) 5, konfuzor 6 va so‘ndirgich 7 lar ham e‘tiborga olingan. Gaz tarkibida 7% SO<sub>2</sub> bo‘lganda kontakt massaga kirishda gazning harorati – tinch qontakt massa qatlamli jihozlardagi 440°C o‘rniga 360°C ni tashkil etadi. SO<sub>2</sub> konsentratsiyasining ortishi bilan gazning harorati kirishda yanada pasaytiriladi. Suvli sovutgichda issiqlik uzatish koeffitsienti – odatdagi issiqlik almashtirgichlardagi 20-40 kJ/(m<sup>2</sup>·soat·grad) o‘rniga 420-850 kJ/(m<sup>2</sup>·soat·grad) ni tashkil etadi.

Kontakt bo‘linmasining uskunalar bilan jihozlanishi va texnologik tartibi (rejimi) xomashyodan foydalanish koeffitsientini (u kontaktlanish darajasiga bog‘liqdir), elektroenergiya sarfini (u kontakt jihozining gidravlik qarshiligiga bog‘liqdir) va boshqa sulfat kislotali tizimlar ko‘rsatkichlarini aniqlaydi.



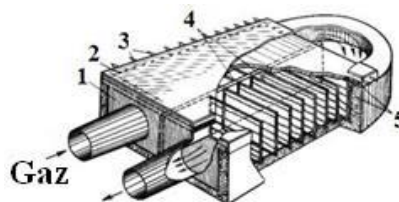
**4.12-rasm. Kontakt massasi qaynovchi qatlamli kontakt jihozi:**

1 – kontakt massa; 2 – gaz taqsimlash to‘ri; 3 – lyuklar; 4 – sovutgichlar; 5,8 – diffuzorlar; 6 – konfuzor; 7 – so‘ndirgich.

**Issiqlik almashtirgich jihozlari.** Sulfat kislotali tizimlarning kontakt bo‘linmasida turli xil konstruksiyadagi issiqlik almashtirgichlar, angidridli sovutgich, qizdirgichlar ishlatiladi. Ular orqali jarayonning maqbul (optimal) harorati ushlab turiladi.

4.13-rasmda quyidagi texnik tavsifga ega bo'lgan elektrik qizdirgich tasvirlangan:

Qizdiriladigan gaz hajmi, m <sup>3</sup> /s .....	3000
Gazning harorati, °C	
qizdirgichgacha .....	50
qizdirgichdan keyin .....	520
Ishga tayyorlash vaqti, min .....	10-15
Qizdirish yuzasi, m <sup>3</sup> .....	13,1
O'lchamlari, m .....	3,88x1,79x1,05



**4.13-rasm. Elektrik qizdirgich:**

1 – korpus; 2 – qopqoq; 3 – qizdirgich elementlarining yakuni; 4 – qizdirgich elementlari; 5 – issiqlik izolyatsiyasi.

Qizdirgich issiqlik izolyatsiyali po'lat jihoz bo'lib, u to'siqlar bilan ikki bo'limga ajratilgan. Har bir bo'limda alohida nixromli simdan iborat (simning umumiy massasi 50 kg) qizdirgich elementlari (har birida 51 tadan) joylashtirilgan.

**Kontaktlanishning texnologik tartibi.** Yuqori kontaktlanish foizi hamda qizdirgichni ishga tushirmagan holda sistemani xattoki oz fursat to'xtalilganda va gazdagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi pasayganda ham uning barqaroraligini ta'minlaydigan sistemadagi ortiqcha issiqlik – kontakt bo'linmasi yaxshi ishlashining asosiy ko'rsatkichlari hisoblanadi. Kontaktlanish darajasi, asosan, harorat rejimiga bog'liqdir. Kontakt bo'linmasidagi barcha uskunalar harorati aniq tartibga solinsa, doimiy yuqori kontaktlanish darajasida ishlash mumkin bo'ladi.

Quyida oraliq issiqlik almashtirgich bilan ishlaydigan to'rt qatlamli kontakt jihozi bilan ta'minlangan kontakt bo'linmasining texnologik tartib me'yorlari keltirilgan:

O'txona gazlarining harorati, °C .....	700 dan yuqori emas
O'txona gazlari haroratining mumkin bo'lgan o'zgarish chegarasi, grad/soat .....	100 dan ko'p emas
Gazning harorati, °C	
kontakt massa birinchi qatlamiga kirishda .....	440-450

birinchi qatlamdan chiqishda .....	600 dan yuqori emas
ikkinchi qatlamga kirishda .....	460-470
uchinchi qatlamga kirishda .....	440-445
to'rtinchi qatlamga kirishda .....	415-420
Gazdagi SO <sub>2</sub> konsentratsiyasi, % .....	7,5 ± 0,2

Boshlang'ich ma'lumotlar:

Kontakt jihozi unumdorligi A, t/soat H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	10
Konsentratsiya, %:	
gazdagi SO <sub>2</sub> (a) .....	7
gazdagi O <sub>2</sub> (b) .....	11
Gazning hajmi V, m <sup>3</sup> /soat .....	33200
	(9,2 m <sup>3</sup> /sek)
Oxirgi kontaktlanish darajasi x .....	0,98

Oraliq issiqlik almashtirgich bilan ishlaydigan to'rt qatlamli kontakt jihoziga donadorlangan kontakt massa to'ldirilgan va quyidagi tartibda ishlaydi:

	I qatlam	II qatlam	III qatlam	IV qatlam
Kontakt massaga kirishda gazning harorati, °C .....	450	460	440	418
Kontaktlanish darajasi .....	0,70	0,90	0,96	0,98
Kontakt massa qo'shimchasining koeffitsienti (c) .....	2	1,5	1,2	1,2

## 2-§. Sulfat angidridni absorbsiyalash

**Gazlar aralashmasidan sulfat angidridni ajratib olishning fizik-kimyoviy asoslari.** Kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish jarayonining oxirgi bosqichi gazli aralashmadan sulfat angidridni ajratib olish va uni sulfat kislotaga aylantirish hisoblanadi. Kontakt jihoziga kelishdan oldin gazni quritish lozimligi yoki quritilmasligiga qarab sulfat angidridni ajratib olish jarayoni farqlanadi: birinchi holatda SO<sub>3</sub> sulfat kislota bilan absorbsiyalanadi, ikkinchi holda esa sulfat kislota kondensatsiyalanadi.

Ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida gaz quritiladi va sulfat angidrid sulfat kislota bilan minoralar (absorberlar) da absorbsiyalanadi. Sulfat angidrid sulfat kislotada eriydi, so'ngra undagi suv bilan birikadi:



Suv va sulfat anhidrid miqdoriy nisbatiga bog'liq holda turli hil konsentratsiyadagi sulfat kislota hosil bo'ladi.  $n > 1$  da oleum  $n = 1$  (monogidrat) da 100% li sulfat kislota,  $n < 1$  da esa sulfat kislotaning suvli eritmasi, ya'ni suyultirilgan sulfat kislota hosil bo'ladi.

Absorbsiyalashdan so'ng gazlar aralashmasi yutilmagan sulfat anhidrid bilan atmosferaga chiqarib yuboriladi. Bu gazlar aralashmasi tarkibidagi yo'qotiladigan  $\text{SO}_3$  miqdorini kamaytirish uchun absorbsiya bo'linmasida sulfat anhidrid absorbsiyasini yetarlicha to'la amalga oshirilishini ta'minlash lozimdir.

Kontakt ishlab chiqarish korxonalarida barcha mahsulotlar (yuvuvchi kislotadan tashqari) oleum tarzida ishlab chiqariladi. Oleum sulfat kislotaning boshqa texnik navlaridan farqlanib, qimmatbaho mahsulot hisoblanadi. Agar oleumga talab bo'lmasa, uni 93-95% li sulfat kislotagacha suyutiriladi.

Oleum olish uchun tarkibida  $\text{SO}_3$  tutgan gaz oleum sachratiladigan minora (oleumli absorber) orqali o'tkaziladi. U yerda sulfat anhidridning bir qismi yutiladi, uning qolgan qismi esa ikkinchi absorber, ya'ni monogidrat sachratiladigan minora (monogidratli absorber) da absorbsiyalanadi. Oleumning konsentratsiyasi ortib borishi bilan ( $\text{SO}_3$  yutilishi hisobiga) unga monogidratli absorberdan uzatiladigan kislota qo'shiladi. Hosil bo'ladigan oleumning ortiqcha miqdori omborga uzatiladi. Shunday qilib barcha mahsulotni oleum tarzida ishlab chiqarish ta'minlanadi.

Mahsulot sifatidagi oleum tarkibida 18,5% dan kam bo'lmagan  $\text{SO}_3$ (erkin) bo'lishi kerak, bunday oleumdan oleumli absorberda foydalaniladi. Monogidratli absorberda sachratiluvchi sulfat kislotaning konsentratsiyasi 98,3% ni tashkil etadi. Bunday konsentratsiyali kislota sulfat anhidridni juda yaxshi absorbsiyalaydi, chunki bu eritma ustidagi  $\text{SO}_3$  ning bug' bosimi juda ham kam bo'ladi.

98,3%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  dan past konsentratsiyali kislota ustida gazli aralashmada suv, yuqori konsentratsiyali kislota – sulfat anhidrid bo'ladi. Bu holatlarda sulfat anhidridning absorbsiyalanishi yomonlashadi.  $\text{SO}_3$  ning to'liq absorbsiyalanishi

ma'lum darajada sulfat kislota haroratiga ham bog'liqdir: harorat qanchalik past bo'lsa, absorbsiyalanish darajasi ham shunchalik yuqori bo'ladi.

Tarkibida sulfat angidrid bo'lgan kontaktli gaz aralashmani konsentratsiyasi 98,3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan past bo'lgan kislota bilan qayta ishlashda sulfat angidridning bir qismi suv bug'i bilan birikib, sulfat kislota bulutini hosil qiladi. Uni oddiy absorbsion qurilmalar bilan tutib qolish qiyindir va uning asosiy qismi chiqindi gazlari bilan atmosferaga chiqib ketadi. Bunda mo'rili quvurdan chiqadigan gaz tutun tarzida ko'rinadi. Sulfat kislota konsentratsiyasi qanchalik kichik va uning harorati baland bo'lsa, undan shunchalik ko'p suv bug'i chiqadi, ko'p miqdordagi tuman hosil bo'ladi va SO<sub>3</sub> ning yo'qotilishi ortadi. Kontaktli gazni 98,3% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dan yuqori konsentratsiyali kislota bilan absorbsiyalashda sulfat angidrid to'la yutilmaydi, chunki bu kislota SO<sub>3</sub> ajraladi. Bu holda ham chiqindi gazlari atmosferani bir qism sulfat angidrid bilan ifloslantiradi, u esa havodagi namlik bilan birikib sulfat kislota bulutlarini hosil qiladi.

Shunday qilib, ikkala holda ham sulfat angidridning absorbsiyasi yomonlashadi va H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> buluti hosil bo'ladi.

4.14-rasmda monogidratli absorberda sulfat angidrid absorbsiyalanish darajasining sachratiladigan kislota konsentratsiyasi va haroratiga bog'liqligi tasvirlangan.

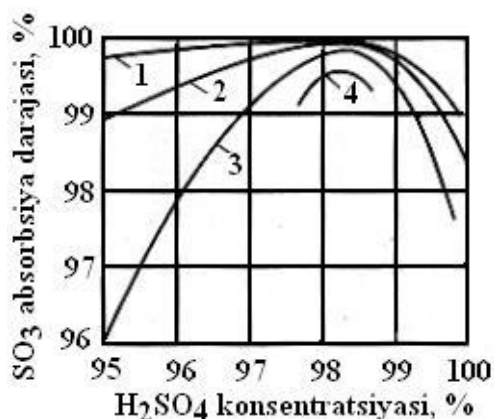
Rasmdan ko'rinadiki, 98,3% li sulfat kislota yuqori darajada absorbsiyalash xususiyatiga ega. Undan past yoki yuqori konsentratsiyali kislota harorat oshirilganda ham pasayishini kuzatish mumkin.

Oleumli absorberda SO<sub>3</sub> ni oleum bilan absorbsiyalashda ham absorbsiyaning harakatlantiruvchi kuchi kamayishi hisobiga haroratning ortishi bilan yomonlashadi. U quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$\Delta p = \frac{(p_1' - p_2') - (p_1'' - p_2'')}{2,3 \lg \frac{p_1' - p_2'}{p_1'' - p_2''}}$$

bu yerda:  $p_1'$  va  $p_1''$  – absorbsiyadan oldingi va keyingi gazdagi SO<sub>3</sub> ning parsial bosimi, n/m<sup>2</sup> (mm.sim.ust.);

$p_2'$  va  $p_2''$  – gazning absorberga kirishda va undan chiqishda oleum ustidagi  $\text{SO}_3$  muvozzantli bosimi,  $\text{n/m}^2$  (mm.sim.ust.).

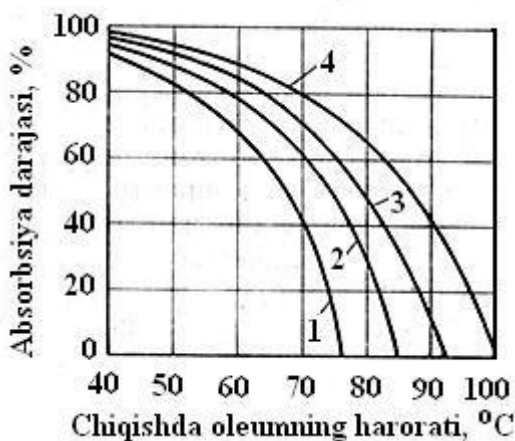


**4.14-rasm. Monogidratli absorberda turli haroratda sulfat angidridning absorbsiyalanish darajasi:**

1 – 60°C da; 2 – 80°C da; 3 – 100°C da; 4 – 120°C da.

4.15-rasmda 20% li oleum sachratiladigan oleumli absorberda sulfat angidrid absorbsiyasining haroratga bog‘liqligi keltirilgan.

Bu tasvirdan ko‘rinadiki, haroratning ortishi bilan  $\text{SO}_3$  absorbsiyalanish darajasi keskin kamayadi va ma‘lum harorat (7,5%  $\text{SO}_3$  da 84°C, 5%  $\text{SO}_3$  da 76°C) da absorbsiyalanish to‘la to‘xtaydi. 60°C haroratda 33%  $\text{SO}_3$ (erkin) bo‘lgan oleum olingani holda, 90°C haroratda atigi 14%  $\text{SO}_3$ (erkin) bo‘lgan oleum olish mumkin.



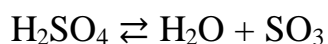
**4.15-rasm. Oleumli absorberda gazdagi  $\text{SO}_3$  miqdoriga bog‘liq holdagi sulfat angidridning absorbsiyasi:**

1 – 5%  $\text{SO}_3$  da; 2 – 7,5%  $\text{SO}_3$  da; 3 – 10%  $\text{SO}_3$  da; 4 – 15%  $\text{SO}_3$  da.

Nam kataliz usuli bilan sulfat kislota olishda kontakt bo‘linmasidan chiqadigan gaz tarkibidagi suv  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hosil bo‘lishi uchun kerak bo‘ladigan

suvdan ko'p bo'ladi. Shuning uchun kontakt gazini sovutilganda sulfat anhidrid suv bug'i bilan sulfat kislota bug'iga aylanadi, so'ngra u minorada kondensatsiyalanadi. Shunday qilib, nam kataliz jarayonida SO<sub>3</sub> ning absorbsiyalanishi emas, balki sulfat kislota bug'larining kondensatsiyalanishi sodir bo'ladi. Agar gazdagi suv bug'ining miqdori oz bo'lsa, kondensatsiyalanish va absorbsiyalanish jarayonlari bir paytda sodir bo'ladi.

Gazning harorati 400°C dan yuqori va undagi SO<sub>3</sub> va H<sub>2</sub>O birgalikda bo'lganda (masalan, ho'l kataliz usuli bilan sulfat kislota olishdagi kabi) gaz tarkibida sulfat kislota bug'lari bo'lmaydi, chunki bunday sharoitda ular amalda to'la dissotsilanadi. Gaz suvutilganda:

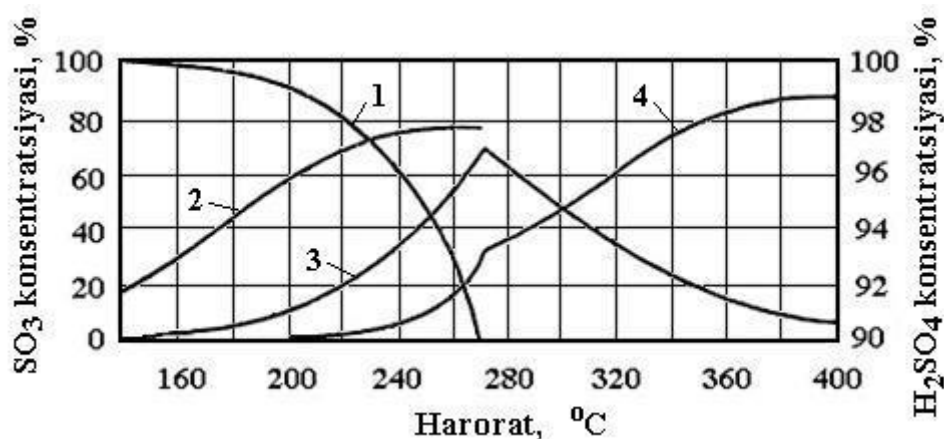


muvozanat sulfat kislota bug'lari hosil bo'lish tomonga siljiydi, u esa keyingi bosqichda sovutilganda kondensatsiyalanadi.

4.16-rasmda tarkibida 6,29% SO<sub>3</sub> va 10,09% H<sub>2</sub>O bo'lgan gazli aralashma uchun sistemaning muvozanat holatida SO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(gaz) va H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>(suyuq) orasidagi nisbat tasvirlangan. Diagrammadan ko'rinadiki, sulfat kislotaning kondensatsiyasi 273°C da boshlanadi va 150°C da amalda tugallanadi. Sulfat kislota kondensatsiyasi boshlangan paytda uning bug'larining kariyib 30% qismi dissotsiatsiyalangan bo'ladi (SO<sub>3</sub> egri chizig'iga qarang); 240°C da dissotsilanish darajasi 5% gacha pasayadi. 150°C da kondensatsiyalanayotgan kislota konsentratsiyasi 97,5% dan 92% gacha kamayadi.

Sulfat kislota bug'larining kondensatsiyasi to'ldirgichli suyuqlik taqsimlanadigan minoralarda (skrubberlarda), quvurli kondensatorlarda, barbotajli jihozlarda amalga oshiriladi. Ko'rsatib o'tilgan barcha jihozlardagi bu jarayonning mexanizmi bir xildir va bu tarkibida bug' tutgan gazli aralashmaning sovuq suyuqlik yoki kondensat plenkasi bilan bevosita to'qnashishidan iboratdir. Shu bilan bir paytda bug'ning bir qismi kondensatsiyalanadi va bo'shliqda tuman hosil qiladi. Masalan, nam kataliz usuli bo'yicha sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfat kislota bug'larining 35% qismi tumanga aylanadi.





**4.16 – rasm.  $\text{SO}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4(\text{gaz}) \rightleftharpoons \text{H}_2\text{SO}_4(\text{suyuq})$  sistemasining holat diagrammasi:**

1- $\text{H}_2\text{SO}_4$  (suyuq); 2- $\text{H}_2\text{SO}_4$  (kondtsat); 3- $\text{H}_2\text{SO}_4$  (gaz); 4- $\text{SO}_3$ .  
(gazli aralashma tarkibida 6,29%  $\text{SO}_3$  va 10,09%  $\text{H}_2\text{O}$  bo'ladi).

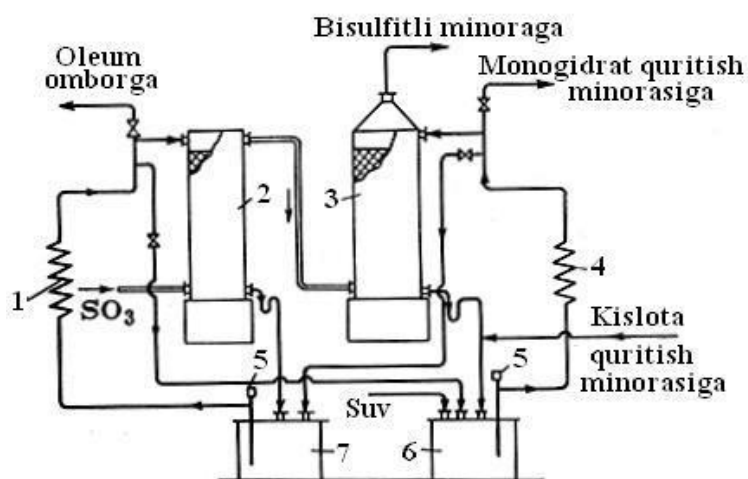
Minorali quritgichdan so'ng gaz tarkibida 0,01% suv bug'i qoladi, kontakt jihozidan so'ng esa ko'p miqdordagi  $\text{SO}_3$  bo'ladi, shuning uchun gaz sovutilganda barcha suv bug'i  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bug'lariga aylanadi, uning konsentratsiyasi 0,01% yoki  $5,75\text{q g/m}^3$  ( $q$  – gazdagi suv bug'ining tarkibi,  $\text{g/m}^3$ ) ni tashkil etadi.

Sulfat kislota bug'lari absorberning to'ldirgichlari sirtida kondensatsiyalanadi. Taqsimlanuvchi kislota konsentratsiyasi juda past yoki gazning namligi yuqori bo'lganda sulfat kislota bug'larining bir qismi bo'shliqda tuman hosil qilib kondensatsiyalanadi, u esa absorberlarda to'la cho'kmaydi va atmosferaga chiqib ketadi.

**Zamonaviy kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarish korxonasi**ning absorbsiyalash bo'linmasi. Sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan to'ldirgichli skrubber – minoralarda ham, barbotaj turidagi jihozlarda ham kislota qatlamidan gaz o'tadigan joylarda sulfat kislota gazli aralashmadan faqat sulfat angidridni yutadi, gazning qolgan qismi absorberlar orqali o'tib atmosferaga chiqib ketadi. Odatda sulfat angidrid ikkita parallel biriktirilgan: birinchisi – oleumli va ikkinchisi monogidratli absorberlarda yutiladi.

4.17-rasmda absorbsiya bo'linmasining tasviri ko'rsatilgan. Kontakt bo'linmasidan chiqadigan gaz oleumli absorber 2 ga tushadi. Sulfat angidridni yutishi natijasida  $\text{H}_2\text{SO}_4$  hosil bo'lish reaksiyasining issiqligi hisobiga oleum

qiziydi. Qaynoq konsentrlangan oleum absorber 2 dan yig'gich 7 ga oqib tushadi, u yerda suyultirish uchun oz miqdordagi monogidrat qo'shiladi. Yig'gich 7 dan oleum sovutgich 1 orqali absorber 2 ga suyuqlik taqsimlash uchun so'rib olinadi. Oleumning bir qismi muntazam ravishda omborga yoki kuporos moyi tayyorlashga yuboriladi.



**4.17-rasm. Absorbsiya bo‘linmasining tasviri:**

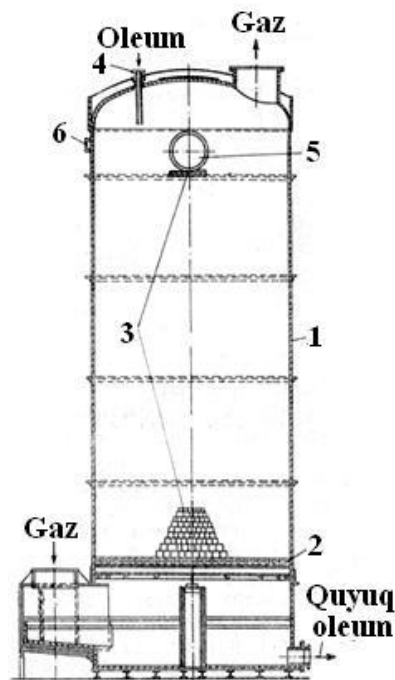
1 – oleumli sovutgich; 2 – oleumli absorber; 3 – monogidratli absorber; 4 – monogidratli sovutgich; 5 – botirma nasoslar; 6 – monogidrat yig‘gichi; 7 – oleum yig‘gichi.

Oleumli absorber 2 dan chiqadigan gaz 98,3% li sulfat kislota (monogidrat) suyuqligi taqsimlanadigan monogidratli absorber 3 ga keladi. Kislota sulfat anhidridni yutishi natijasida qiziydi va uning kondensatsiyalanishi ortadi. Absorber 3 dan monogidrat yig'gich 6 ga oqib tushadi, u yerda suyultirish uchun quritish minorasidan keladigan kislota yoki suv qo'shiladi. Qaynoq kislota yig'gich 6 dan sovutish uchun monogidratli sovutgichga uzatiladi va yana monogidratli absorber 3 ga suyuqlik taqsimlash uchun kelib tushadi. Monogidratning bir qismi muntazam ravishda yig'gich 7 va quritish minorasiga uzatiladi. Monogidratli absorberdan chiqadigan gazlar ammiakli suv taqsimlanadigan absorberlarga (bisulfitli minoraga) uzatiladi va zararsizlantiruvchi filtrlar orqali yoki to'g'ridan-to'g'ri atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Oleumli absorberda  $\text{SO}_3$  barcha miqdorining 70% qismi yutiladi va buning hisobiga monogidratli absorberlarning quvvatini pasaytirishga erishiladi.

**Oleumli (birinchi) absorber.** Kontakt jihozidan chiqadigan gazlar oleumli absorberga keladi (4.18-rasm). U vertikal po‘lat silindr 1 shaklida tayyorlangan

to'ldirgichli skrubber ko'rinishida bo'ladi. Uning ostki qismida halqali panjara 2 bo'ladi, unga to'ldirgichlar (po'lat yoki sopol halqachalar) joylashtirilgan.



#### 4.18 – rasm. Oleumli absorber:

- 1 – po'lat silindr; 2 – halqali to'r; 3 – to'ldirgich; 4 – oleum taqsimlagich;  
5 – to'ldirgichni yuklash va tushirish uchun tirqish; 6 – kuzatish oynasi.

Oleumli absorberning o'lchami va unga suyuqlik taqsimlash uchun uzatiladigan oleumning miqdori sulfat kislotali tizimlar unumdorligiga bog'liqdir. Odatda 1 t/s mahsulot ishlab chiqarish uchun to'ldirgichdagi gazning tezligi 1 m/sek va absorber tirqishlarining 1 m<sup>2</sup> ga suyuqlik taqsimlash zichligi 10-12 m<sup>2</sup> bo'lganda absorberdagi to'ldirgich yuzasi 600 dan 1000 m<sup>2</sup> bo'lishi talab etiladi.

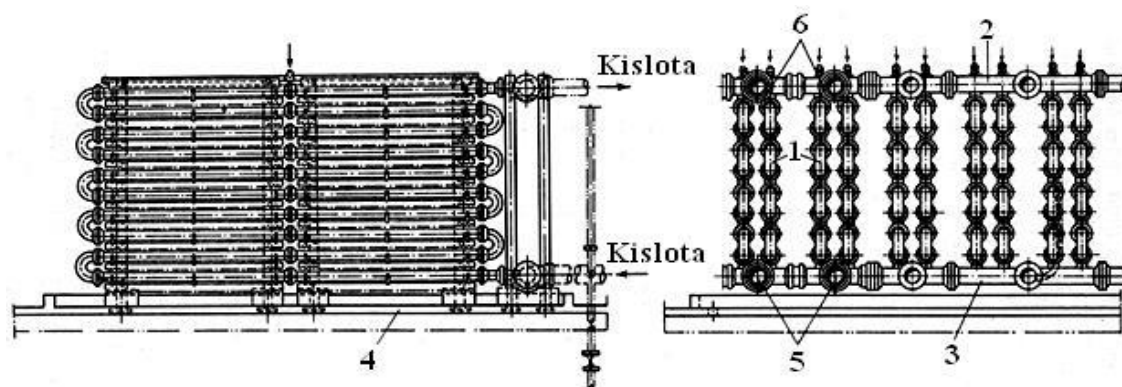
**Monogidratli (ikkinchi) absorber.** Bu absorber ham xuddi quritish minorasi kabi o'rnatilgan va 98,3% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadi. Kislotaning absorberdan o'tishi paytida sulfat angidridni yutadi, uning konsentratsiyasi 98,7-99% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> gacha ortadi. Monogidrat yig'gichida kislota suv yoki quritgich kislota bilan boshlang'ich konsentratsiyagacha suyultiriladi va sovutgich orqali yana monogidratli absorberga suyuqlik taqsimlanadi.

Monogidratli absorberning o'lchami va taqsimlash uchun beriladigan monogidrat miqdori odatda oleumli absorberdagi kabidir yoki undan bir oz kattadir (to'ldirgich yuzasi 1200 m<sup>2</sup>/t·s va suyuqlik taqsimlash zichligi 20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>·s).

*Oleum va monogidrat yig'gichlari* tegishli absorberlarga biriktirilgan bo'ladi. Ular turli hajmdagi (kichik quvvatdagi zavodlarda 10 m<sup>3</sup>, katta korxonalarda 50 m<sup>3</sup>) idishlardan iboratdir. Oleumli va monogidratli yig'gichlar po'latdan tayyorlangan va ularning ichki qismi kislotaga chidamli plitkalar bilan himoyalangan bo'ladi.

**Kislota sovutgichlari.** Absorberlarda sulfat angidridni yutilishida ko'p miqdorda issiqlik ajraladi va taqsimlanadigan kislotani qizib ketishiga olib keladi, uni esa sovutish lozimdir. Bu maqsadda sug'orish va quvurniqobli sovutgichlar ishlatiladi. Kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishda ta'mirlash qiyinligi uchun spiral sovutgichlar keng ko'lamda ishlatilmaydi. Oleumli va monogidratli absorberlarning suyuqlik taqsimlanadigan sovutgichlari tuzilishi jihatdan bir-biriga o'xshaydi, faqatgina bo'lmalari soni va ular tayyorlanadigan materiali bilan farqlanadi. Oleumli sovutgich po'latdan, monogidratli sovutgich cho'yandan yoki kislotaga chidamli po'latdan tayyorlanadi.

4.19-rasmda to'rtta bo'lma 1 dan iborat va po'lat taglikka o'rnatilgan monogidratli sovutgich tasvirlangan. Har bir bo'lmada ikki vertikal qatorda parallel quvurlar bo'ladi. Quvurning yuqori qismi kollektor 2 ga, pastki qismi kollektor 3 ga mahkamlangan. Quvurlarning har bir qatorida tarnovlar bo'lib, quvur ustidan sovutuvchi suv oqadi va suv yog'och yoki beton ariqcha 4 larga va undan kanalizatsiyaga oqib tushadi.

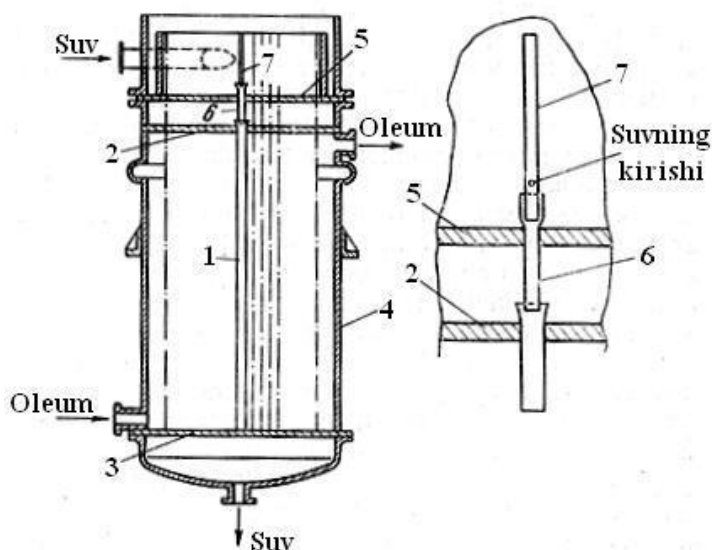


**4.19 – rasm. Monogidratli sovutgich:**

1 – sovutgich bo'lmalari; 2,3 – yuqori va ostki kollektorlar; 4 – ariqcha;  
5 – kislota chiqish shtutseri; 6 – kislota kirish shtutseri.

Qaynoq kislota pastki kollektor 3 ga shtutser 5 orqali kelib tushadi, parallel oqimdagi quvurlar bo‘yicha taqsimlanadi va yuqori kollektor 2 da shtutser 6 orqali chiqqan kislota yig‘ib olinadi.

4.20-rasmda oleumni quvurniqobli sovutgichi tasvirlangan. U ajratilgan po‘lat quvurlar 1, quvurlar to‘rli panjarasi 2 va 3 hamda po‘lat niqob 4 dan iboratdir. Oleum quvurlararo bo‘shliq orqali, suv esa quvurlar orqali harakatlanadi. Oleumning suv bilan to‘qnashishini oldini olish maqsadida qo‘shimcha to‘rli panjara 5 o‘rnatiladi, ular qisqa po‘lat quvurlar 6 orqali maqkamlanadi.



**4.20-rasm. Oleumning quvurli sovutgichi:**

1 – po‘lat quvurlar; 2,3 – to‘rli panjaralar; 4 – po‘lat niqob; 5 – qo‘shimcha to‘rli panjara; 6 – qisqa po‘lat quvurlar; 7 – plastmassali quvurlar.

**Kislota aralashtirgichlari.** Konsentrlangan kislota (oleum yoki monogidrat) ga suv qo‘shib har qanday konsentratsiyadagi kislota olinadi. Konsentrlangan sulfat kislota suv bilan aralashtirilganda ko‘p miqdordagi issiqlik ajraladi, buning natijasida kislota qaynash darajasigacha qiziydi va ko‘p miqdordagi bug‘ ajralishi hamda idishdagi kislotaning toshib ketishi kuzatiladi. Shuning uchun kislota aralashtirgichlar deb ataluvchi mahsus jihozlarda ehtiyotkorlik choralariga amal qilgan holda suv bilan suyultiriladi.

Past konsentratsiyali kislota tayyorlash uchun aralashtirgichlar kislotaga chidamli materiallardan, yuqori konsentratsiyali kislota tayyorlash uchun esa cho‘yandan tayyorlanadi. Turli ishlab chiqarish korxonalarida har xil turdagi

qurilmalar ishlatiladi. Ulardagi sovutish tizimi asosan aralashtirgich qozon yoki quvurning uning niqobi orasidagi bo'shliqda harakatlanadigan suv oqimi orqali amalga oshiriladi.

Absorbsiyaning texnologik tartibi. Ishlab chiqarish korxonalaridagi absorbsiya bo'linmasi tizimlari bir-biridan kam farq qiladi, shuningdek ularda ishlatiladigan texnologik tartiblar ham o'xshashdir. Quyida kontakt zavodlaridan birining absorbsiya bo'linmasining texnologik tartib o'lchovlari keltirilgan:

Harorat, °C	
oleumli absorberdan chiqishda .....	60 dan katta emas
monogidratli absorberdan chiqishda .....	60 dan katta emas
Kislota konsentratsiyasi	
Suyuqlik taqsimlanadigan oleumli absorber, %	
SO <sub>3</sub> (erkin) .....	19±1
Suyuqlik taqsimlanadigan kontaktli absorber, %	
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	98,3±0,4
Absorbsiya darajasi, % .....	99,9 dan kam emas

**100% li sulfat angidrid va konsentrlangan oleum olish.** Yuqori konsentratsiyali 100% li sulfat angidrid yuqori kimyoviy faollikka ega va turli xil texnologik jarayonlarda sulfat kislota va oleum o'rnida ishlatiladi. Shuningdek, sulfat angidrididan reaktiv sulfat kislota olinadi.

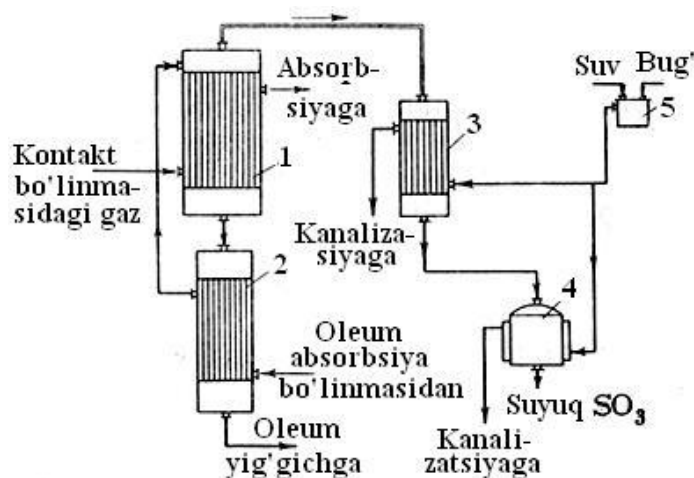
100% li sulfat angidrid ishlab chiqarishda quyidagi usullar qo'llaniladi:

1. O'txona gazlari bilan qizdiriladigan jihozlarda odatdagi 20% li yoki yuqori konsentratsiyali oleumdan SO<sub>3</sub> ni haydash.
2. 100% li sulfit angidridni katalizator yordamida kislorod bilan oksidlash.
3. Kontakt bo'linmasiga keladigan gazlar issiqligidan foydalangan holda kontakt zavodlarining absorbsiya bo'linmasida aylanuvchi oleumdan SO<sub>3</sub> ni haydash.

4.21-rasmda kontakt zavodlarida 100% li sulfat angidrid olish uchun qurilmaning tasviri ko'rsatilgan.

Tarkibida SO<sub>3</sub> bo'lgan qaynoq gaz kontakt bo'linmasidan issiqlik almashtirgich-bug'latgich 1 ning quvurlararo bo'shlig'i orqali uzatiladi, undagi

quvurlar orqali esa issiqlik almashtirgich 2 da oldindan qizdirilgan oleum uzatiladi. So'ngra sovutilgan gaz kontakt tizimining odatdagi sxemasi bo'yicha absorbsiyaga yuboriladi.



**4.21-rasm. 100% li sulfat angidrid olish uchun qurilma tasviri:**

- 1 – issiqlik almashtirgich-bug‘latgich; 2 – oleumli issiqlik almashtirgich; 3 – sulfat angidrid kondensatori; 4 – suyuq sulfat angidrid yig‘gichi; 5 – issiq suv olish uchun rezervuar.

Bug‘latgichdan chiqadigan sulfat angidrid miqdori kamaytirilgan qaynoq oleum issiqlik almashtirgich 2 ga tushadi, u yerda absorbsion bo‘linmadan uzatilgan oleumga issiqligini uzatadi, so'ngra esa birinchi (oleumli) absorberning yig‘gichiga uzatiladi, u yerda yana dastlabki konsentratsiyasigacha sulfat angidrid bilan to‘yinadi. Oleumni qizdirilishidan hosil bo‘ladigan gaz holatdagi sulfat angidrid kondensator 3 ga so‘rib olinadi, u yerga yig‘gich 4 dan suyuq SO<sub>3</sub> tushadi. Yig‘gich suvli niqob bilan jihozlangan, unga rezervuar 5 dan qaynoq bug‘ bilan 30-40<sup>o</sup>C gacha isitilgan suv keladi. Bu esa sulfat angidridning muzlashi va kristallanishidan saqlaydi. Shuni ham ta’kidlash lozimki, texnik kristall sulfat angidrid qizdirilganda u suyuqlanmasdan to‘g‘ridan-to‘g‘ri gaz holatiga aylanadi (sublimatlanadi).

Yuz foizli sulfat angidrid xona haroratidayoq (16,8<sup>o</sup>C) kristallanadi, shuning uchun uning olinishi va tashilishi ko‘pgina qiyinchiliklar bilan bog‘liqdir va ko‘pgina hollarda uning o‘rniga 65% SO<sub>3</sub>(erkin) bo‘lgan yuqori konsentratsiyali oleum qo‘llaniladi. Bunday oleumning kristallanish harorati birmuncha past (0<sup>o</sup>C) dir. Yuqori konsentratsiyali oleum texnik oleumni yuqoridagi ko‘rsatilgan

usullardan biri bo'yicha olingan gaz holatdagi 100% li SO<sub>3</sub> bilan to'yintirish orqali tayyorlanadi.

Odatdagi sharoida texnik sulfat angidrid qotish jarayonida o'z-o'zidan polimerlanadi. Shundan so'ng uni atmosfera bosimida qizdirish orqali suyuq holatga o'tkazib bo'lmaydi, vaholangki u to'g'ridan-to'g'ri bug'lanadi. Shuning uchun sulfat angidrid polimerlanishini oldini olish maqsadida suyuq sulfat angidridga stabilizatorlar (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, KCrO<sub>3</sub> va boshqalar) qo'shiladi. Ammo stabilizatorlar polimerlanishni sekinlashtiradi xolos va ayniqsa manfiy haroratda SO<sub>3</sub> kristallanishini oldini olishga qodir emasdir.

Stabilizator sifatida borat angidrid B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> keng ko'lamda ishlatiladi. Tarkibida 99,6% SO<sub>3</sub> (qolgani namlik) bo'lgan suyuq sulfat angidridga berk idishda SO<sub>3</sub> hisobidan quruq 0,7-1,0% borat angidrid qo'shiladi (B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning namligi 0,3% dan ko'p bo'lmasligi kerak). Qo'shimcha qo'shilgandan so'ng aralashma 60-70°C gacha qizdiriladi va shu haroratda 3 soat ushlab turiladi.

Borat angidrid stabilizatori bo'lgan suyuq sulfat angidrid uglerodli po'latdan tayyorlangan idishda saqlanadi va xattoki qishda -30°C da ham bir necha oygacha polimerlanmaydi.

**Chiqindi gazlarini zararsizlantirish.** Kontaktlanish darajasi 0,97 va absorbsiya to'laligi 99,9% bo'lganda sulfat kislotali tizimlar chiqindi gazlarining tarkibida 0,2% atrofida SO<sub>2</sub> (5 g/m<sup>3</sup>) va 0,007% atrofida SO<sub>3</sub> (0,3 g/m<sup>3</sup>), shuningdek ma'lum miqdordagi absorberdan chiqib ketadigan sulfat kislota tomchilari bo'ladi. Yuqoridagi tarkibga ega bo'lgan gazlardan sulfat kislota tomchilari tutib qolingandan so'ng, gazlarni atmosferaga chiqaruvchi mo'rili quvurning balandligi quyidagi empirik formula bilan ifodalanadi:

$$H = \sqrt{\frac{234q}{vc_{\max}}}$$

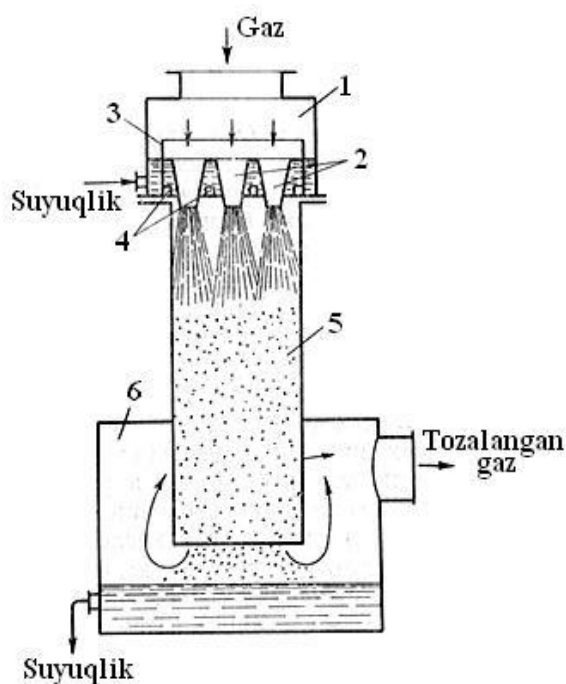
bu yerda:  $H$  – quvur balandligi, m;  $q$  – chiqindi gazdagi SO<sub>2</sub> miqdori, g/sek;  $v$  – SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi aniqlanadigan balandlikdagi shamol tezligi, m/sek;  $c_{\max}$  – yer sirtidagi atmosfera havosidagi SO<sub>2</sub> ning cheklangan konsentratsiyasi, mg/m<sup>3</sup>.



Agar bu formula bo'yicha hisoblangan quvurning balandligi juda ham uzun bo'lsa, u holda chiqindi gazlari qayta tozalanadi va shundan so'ng quvur orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Absorberlardan keyin gazdan kislotaga tomchilarini ajratib olish uchun turli tomchi ushlagich qurilmalar o'rnatiladi. To'ldirgichli, ammo kislotaga suyuqligi taqsimlanmaydigan monogidratli absorber o'lchamidagi minora shaklidagi tomchi ushlagichlar keng tarqalgandir. Kislotaga tomchilari to'ldirgichlarda ushlanib qoladi va minoraning pastki qismiga oqib tushadi, kislotaga u yerdan monogidratli absorberdagi yig'gichga chiqarib olinadi. Ayrim korxonalarda monogidratli absorberlarning yuqori qismidagi suyuqlik taqsimlanmaydigan to'ldirgichli qatlami tomchi ushlagich vazifasini bajaradi.

Chiqindi gazlarini  $SO_2$  dan tozalash to'ldirgichli mineralarda amalga oshiriladi, u yerda sulfid angidrid soda eritmasiga yuttiriladi. Bunda hosil bo'ladigan natriy bisulfid ishlab chiqarish korxonasining mahsuloti hisoblanishi mumkin.



#### 4.22-rasm. Changlatuvchi turdagi jihoz (CHTJ):

1 – taqsimlash qutisi; 2 – changlatuvchi konus; 3 – silindr o‘zagi; 4 – silindr o‘zagidagi tirqishlar; 5 – absorbsiya kamerasi; 6 – separator qurilmasi.

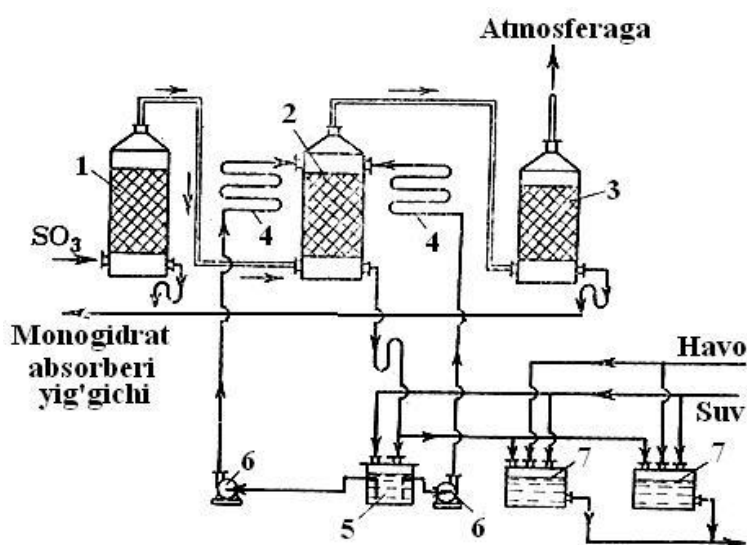
Chiqindi gazlaridagi sulfid angidrid bisulfidli mineralarda tutib qolinishi qiyin bo'lgan tuman hosil qiladi. Shuning uchun gazlar ho'l elektrofiltrlarga

yuboriladi. Bisulfitli minoradan va elektrofiltrdan o'tgan gazlardan ham sulfat kislota tomchilari ajratiladi.

SO<sub>2</sub> ning absorbenti sifatida ammiakli suv ham ishlatiladi, lekin bunda gazdan sulfit anhidridni yuttirish changlatuvchi turdagi jihoz (CHTJ) larda amalga oshiriladi (4.22-rasm). Unda konusdan 20-25 m/sek tezlikda chiqadigan suyuqlik tozalanadigan gaz oqimi bo'yicha changlatiladi.

**Yuqori sifatli sulfat kislota olish.** Sulfat kislota asosiy miqdori (80% dan ko'p qismi) texnik kontaktli va minorali kislota tarzida olinadi. Sulfat kislota toza navlariga to'g'ri keladigan nisbiy ulushi ham keyingi paytlarda ortib bormoqda. Sulfat kislota toza navlari akkumulyator kislota va reaktiv sulfat kislota tarzida ishlab chiqariladi.

4.23-rasmda akkumulyator kislota ishlab chiqarish uchun qurilma tasviri ko'rsatilgan. Bunday qurilma monogidrat absorber 2, ikkita tomchi ushlagich 1 va 3 (absorber boshida va oxirida) va yordamchi jihozlardan iborat alohida absorbsiya tizimi ko'rinishida bo'ladi.



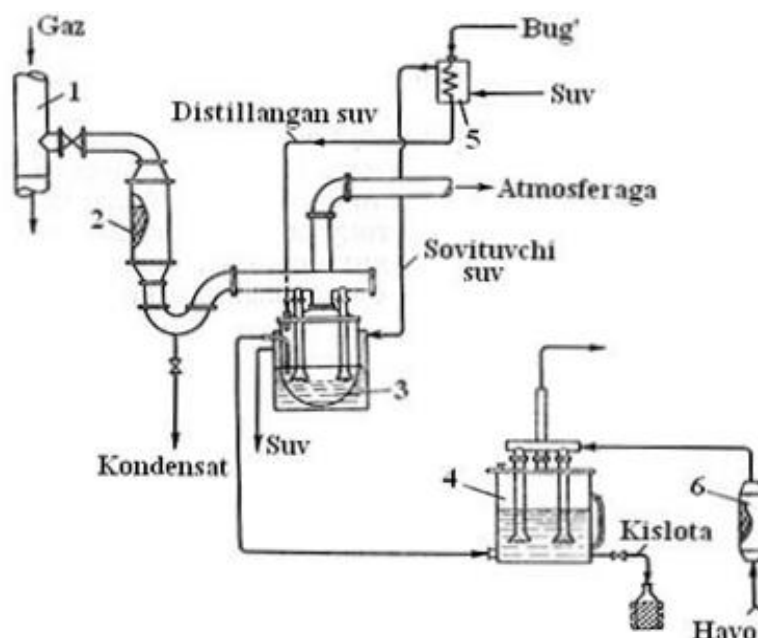
**4.23- rasm. Akkumulyator sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:**

1,3 – tomchi ushlagichlar; 2 – akkumulyator kislota olish uchun monogidratli absorber; 4 – suyuqlik taqsimlanadigan sovutgichlar; 5 – aylanma akkumulyator kislota yig'gichi; 6 – nasoslar; 7 – akkumulyator kislota chiqarib yuborish yig'gichlari.

Kislota sulfat anhidridning absorbsiyalanishi natijasida kislota konsentratsiyasi ortib borishi bilan maxsus jihozda olinadigan distillangan suv bilan suyultiriladi. Akkumulyator kislota sifatini oshirish uchun bu

qurilmalarga yuqori quvvatli suyuqlik taqsimlanadigan sovutgichlar 4 oʻrnatiladi, uning quvurlarida kislota kichik tezlik bilan aralashadi, buning hisobiga quvurlarning korroziyasi sekinlashadi. Bu maqsadda sovutgich quvurlari ferrosilisiddan tayyorlanadi, yigʻgich va oraliq idishlar esa kislota bardosh materiallar bilan himoyalanaadi.

Reaktiv sulfat kislotasi 100% li sulfat angidridni suv bilan suyultirib olinadi. Reaktiv sulfat kislotasini sulfat kislotali tizimlar kontakt boʻlinmasidan keladigan gazlardan ham olinadi. U holda barbotajli (yoki skrubberli) absorber bilan jihozlangan kichik absorbsiya qurilmasi va tegishli filtrlar oʻrnatiladi (4.24-rasm). Bunday qurilmalarning barcha jihozlari kislota bardosh materiallar yoki emallangan choʻyandan tayyorlanadi.



**4.24-rasm. Reaktiv sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:**

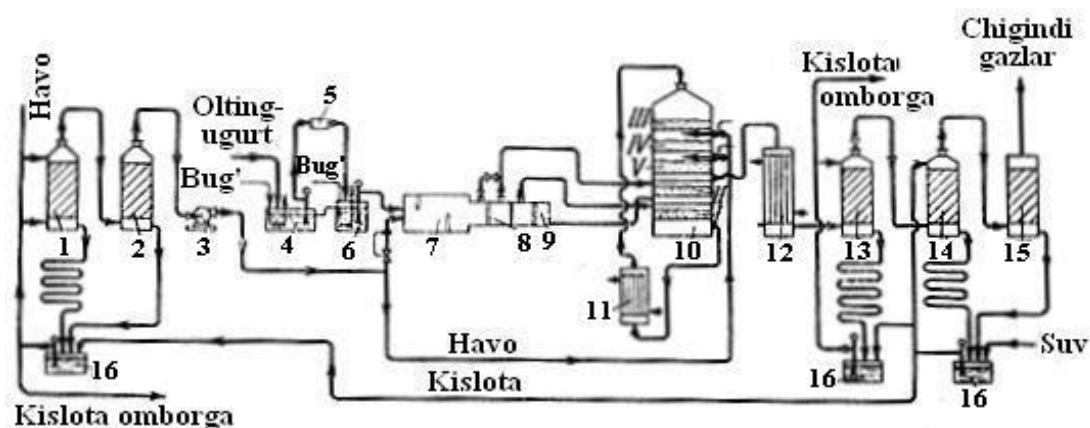
- 1 – oleumli absorber gaz oʻtkazgichi; 2 – gaz filtri; 3 – barbotajli absorber;  
4 – SO<sub>2</sub> purkash absorberi; 5 – suv bugʻi kondensatori; 6 – havo filtri.

### **3-§. Oltinugurt va boshqa xomashyolardan kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish**

**Oltinugurtdan kontakt usulida sulfat kislota olish.** Tarkibida mishyak va selen tutgan oltinugurtdan (masalan, oltinugurt bugʻidan) kontakt sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasi kolchedannni qayta ishlash sxemasidan

deyarli farq qilmaydi. Boshqacha aytganda, faqat pech bo‘linmasi qayta jihozlangan, unga oltingugurtni yoqish uchun tegishli pech o‘rnatilgan bo‘ladi va quruq elektrofiltrlar bo‘lmaydi. Ammo mishyak va selen tutmagan tabiiy oltingugurt ishlatilganda bu sxema deyarli to‘la o‘zgaradi. Bu holatda kuyundi gazlarini maxsus tozalash talab etilmaydi hamda shu sababli uning sovutilishi va yuvilishi shart emasdir.

4.25-rasmda tabiiy oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi tasvirlangan. Oltingugurt osti suv bug‘i o‘tadigan po‘lat quvurlardan panjara hosil qilingan bunker-suqlantirgichga kelib tushadi. Panjaralarda oltingugurt suyuqlanadi va tindirgich 4 ga oqib tushadi, u yerda suyuq oltingugurtdagi muallaq qo‘shimchalar tozalanadi. So‘ngra oltingugurt nasoslar bilan filtr 5 orqali yig‘gich 6 ga uzatiladi, u yerdagi nasos uni pech 7 ning forsunkasiga yo‘naltiradi. Ortiqcha toza oltingugurt yig‘gich 6 dan tindirgich 4 ga oqib tushadi.



**4.25-rasm. Tabiiy oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:**

1 – quritish minorasi; 2 – tomchi ushlagich; 3 – havo purkagich; 4 – tindirgich; 5 – filtr; 6 – toza oltingugurt yig‘gichi; 7 – pech; 8 – bug‘latgich; 9 – bug‘li isitgich; 10 – kontakt jihozi (kontakt massaning I-V qatlamlari); 11 – issiqlik almashtirgich; 12 – angidridli sovutgich; 13 – oleumli absorber; 14 – monogidratli absorber; 15 – tomchi ushlagich; 16 – aylanma yig‘gichlar.

Yondirish jarayoni uchun kerakli havo quritish minorasi 1 tomchi ushlagich 2 lardan o‘tib pech 7 va kontakt jihozi 10 ga purkaladi. Oltingugurtni yondirish uchun pech silindrik ko‘rinishdagi himoyalangan jihoz bo‘lib, undagi yuttirish qozoni (bug‘latgich) 8 va bug‘li qizdirgich 9 uning oxiri hisoblanadi.

Pechda hosil bo‘ladigan 1100-1200°C haroratdagi sulfat angidrid yuttirish qozonida 440-450°C gacha sovutiladi va besh qatlamli kontakt jihozining birinchi

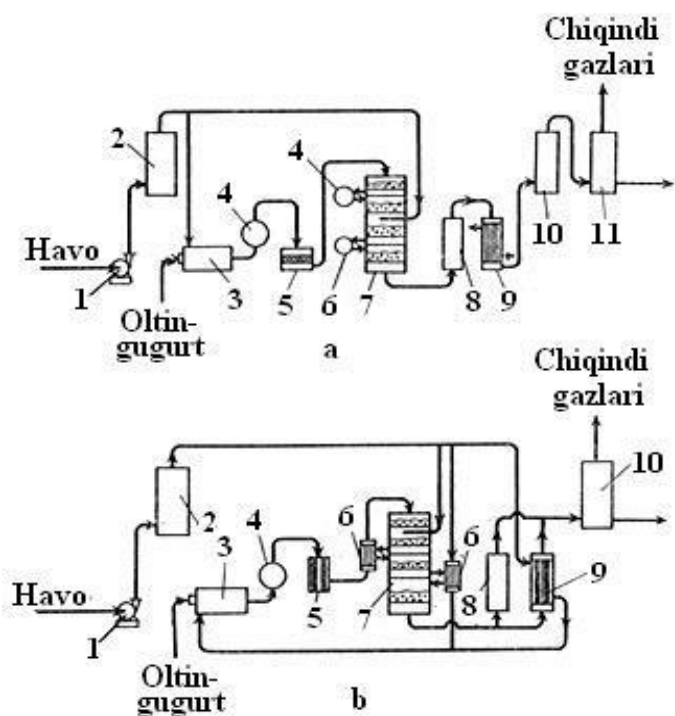
qatlam kontakt massasiga tushadi. Kontakt massasining birinchi qatlamida haroratni to'g'rilab turish uchun gazning bir qismi pechdan to'g'ridan-to'g'ri kontakt jihoziga uzatiladi. Kontakt massa birinchi qatlamidan chiqadigan gaz bug'li qizdirgich 9 ga, so'ngra kontakt massaning ikkinchi qatlamiga keladi. Kontakt massaning birinchi va ikkinchi qatlami kontakt jihozining pastki qismida joylashgan. Kontakt massaning ikkinchi qatlamidan chiqadigan gaz birin-ketin issiqlik almashtirgich 11, kontakt massaning uchinchi va to'rtinchi qatlamlaridan o'tadi, undan so'ng quritilgan atmosfera havosi kiritish orqali sovutiladi va so'ngra kontakt massaning beshinchi qatlamiga kiradi.

Kontakt jihozidan chiqadigan gaz angidridli sovutgich 12 da sovutiladi va oleumli 13 va monogidratli 14 absorberlardan iborat hamda tegishli qo'shimcha jihozlari bo'lgan absorbsiya bo'linmasiga yuboriladi.

Tabiiy oltingugurt tarkibida kerosin va bitumlar aralashmasi (flotoreagent qoldiqlari) bo'ladi, ular pechda yonganda suv bug'i hosil qiladi. Oltingugurt tarkibida kerosin va bitumlar miqdori ko'p bo'lganda hosil bo'ladigan suv bug'ining miqdori belgilangan me'yordan ortib ketishi natijasida absorbsiya bo'linmasida sulfat kislotali tuman hosil bo'lishiga va kislolaning bir qismini chiqindi gazlari bilan yo'qotilishiga olib keladi.

Sulfat angidrid absorbsiyasida tuman hosil bo'lishini oldini olish uchun harorat sulfat kislota (98,3% li  $H_2SO_4$ ) bilan suyuqlik taqsimlanadigan monogidratli absorberda jihozga kirishda 80-90°C va chiqishda 110-120°C da ushlab turiladi. Haroratning ortishi bilan bug'lanadigan sulfat kislota bug'larining to'yinishi kamayadi va tuman hosil bo'lmaydi yoki uning miqdori anchagina kamayadi.

Tabiiy oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishning «Monsanto» (AQSH) va «Lurgi» (Germaniya) firmalari tomonidan yaratilgan sxemalari yuqoridagi bayon etilgan sxemadan ayrim texnologik tarmoqlar va jihozlarning joylashishi jihatdan farqlanadi (4.26-rasm).



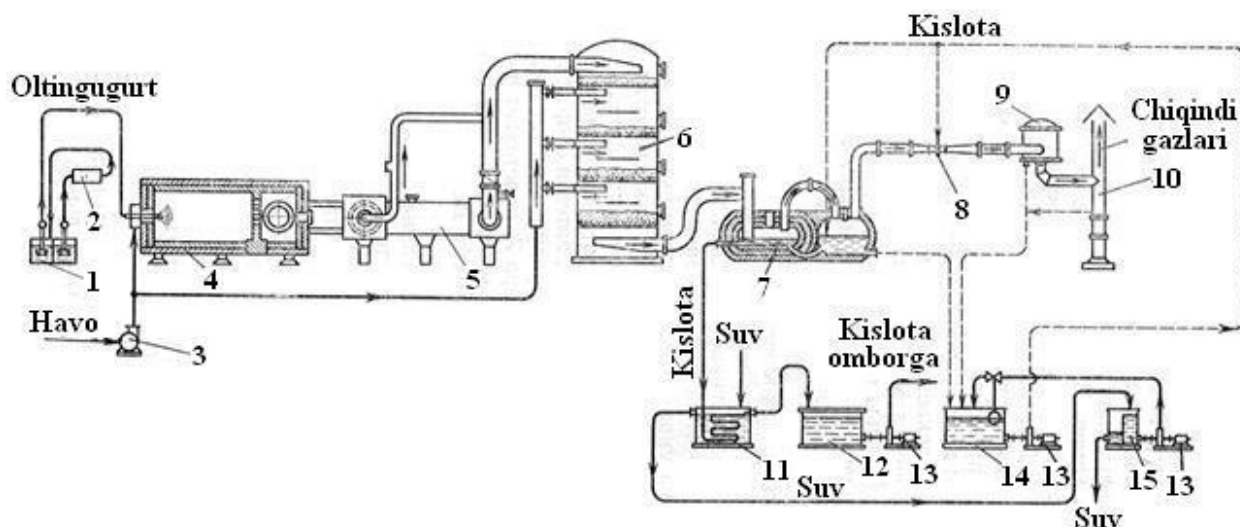
#### 4.26-rasm. Oltinugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:

- a – «Monsanto» firmasi sxemasi: 1 – havo purkagich; 2 – quritish minorasi; 3 – oltinugurtni yondirish pechi; 4 – yuttirish qozonlari; 5 – gaz filtri; 6 – bug‘li qizdirgich; 7 – kontakt jihozi; 8 – yuttirish qozonlaridan ta‘minlanadigan suvli qizdirgich; 9 – anhidridli sovtgich; 10 – oleumli absorber; 11 – monogidratli absorber;
- b – «Lurgi» firmasi sxemasi: 1-5, 7, 8 – a sxema bo‘yicha; 6 – issiqlik almashtirgich; 9 – havo qizdirgich; 10 – monogidratli absorber.

4.27-rasmda tasvirlangan sulfat kislota ishlab chiqarishning «Xemiko» sxemasi unchalik ko‘p ishlatilmasada, o‘zining soddaligi bilan ajralib turadi. Qattiq qo‘shimchalardan filtrlangan suyuqlantirilgan oltinugurt pech 4 ning forsunkasi bilan sachratiladi va ventilyator 3 bilan uzatiladigan havo bilan aralashtirilib yondiriladi. Sulfit anhidrid yuttirish qozoni 5 da sovutiladi va kontakt jihozi 6 ga keladi. Gaz haroratini pasaytirish uchun kontakt massaning birinchidan keyingi qatlamlariga sovuq atmosfera havosi qo‘shiladi.

Tarkibida sulfat anhidrid tutgan kontakt jihozidan chiqadigan gazlar aralashmasi ikki kameradan iborat barbotajli absorber 7 ga yuboriladi. Birinchi kamerada gazlar aralashmasi sulfat kislota qatlami orqali o‘tadi va soviydi; bunda gazdagi sulfat anhidrid va suv bug‘ining asosiy qismi kondensatsiyalanib sulfat kislotaga aylanadi. Ikkinchi kamerada gaz sulfat kislota ustidan o‘tish orqali qo‘shimcha sovutiladi; bunda qolgan sulfat kislota bug‘lari kondensatsiyalanadi va

birinchi kameradan gaz bilan chiqadigan sulfat kislota tomchilarining bir qismi tutib qolinadi.



**4.27-rasm. Oltinugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishning «Xemiko» sxemasi:**

1 – oltinugurtning suyuqlantirgichi; 2 – filtr; 3 – ventilyator; 4 – oltinugurtning yondirish pechi; 5 – yuttirish qozoni; 6 – kontakt jihozi; 7 – absorber; 8 – Venturi quvuri; 9 – siklon; 10 – mo‘rili quvur; 11 – kislota sovutgich; 12 – mahsulot kislotasini yig‘gich; 13 – nasoslar; 14 – kuchsiz kislotani yig‘gich; 15 – suv yig‘gich.

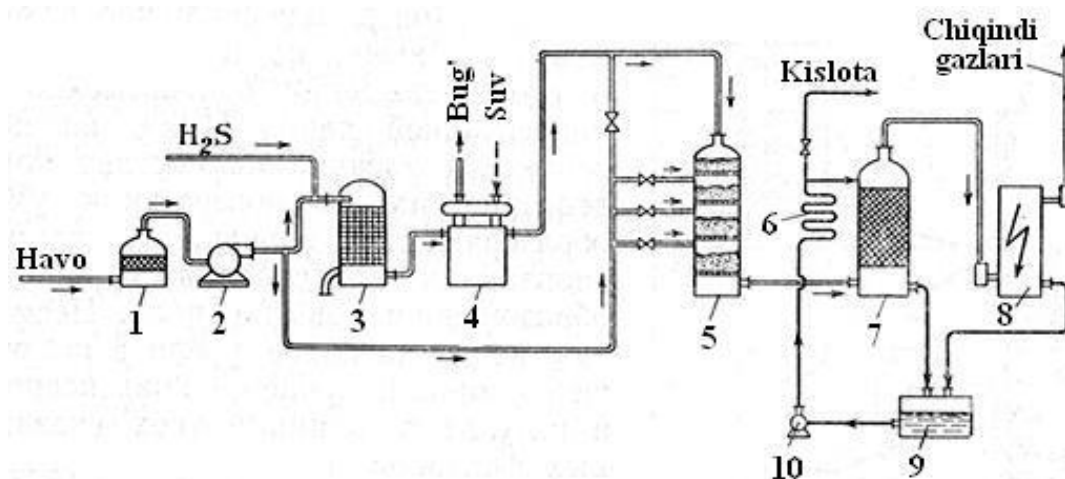
Absorberdan chiqadigan gaz Venturi quvuri 8 orqali siklon 9 ga yuboriladi. Venturi quvurida gaz yuqori tezlikda harakatlanadi va unga forsunkalar orqali suyultirilgan sulfat kislota purkab turiladi. Gaz bilan suyuqlikning intensiv aralashishi natijasida sulfat kislota tomchilari yiriklashadi va siklon 9 da cho‘ktirilib kuchsiz kislota eritmasi olinadi. Siklondan chiqadigan gaz mo‘rili quvur 10 orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Absorber 7 ning birinchi kameradan chiqadigan mahsulot sifatidagi 93-97% li kislota sovutgich 11 ga, so‘ngra yig‘gich 12 ga tushadi, u yerdan tayyor mahsulot omboriga yuboriladi. Absorber 7 ning ikkinchi kamerasida yig‘iladigan kislota birinchi kameraga oqib tushadi. Agar kerak bo‘lsa uni yig‘gich 14 ga uzatiladi, u yerda suv bilan suyultiriladi va Venturi quvuri 8 va absorberning ikkinchi kamerasiga beriladi.

**Nam kataliz usuli bilan vodorod sulfiddan kontakt usulida sulfat kislota olish.** Nam katalizning mohiyati shundan iboratki, sulfid gazidagi  $\text{SO}_2$  tarkibida anchagina miqdorda suv bug‘lari bo‘ladi, u vanadiyli katalizatorida sulfat

angidridga oksidlanadi. Gazli aralashma keyinchalik kondensatorida sovutiladi, u yerda hosil bo'ladigan sulfat kislota bug'lari kondensatsiyalanadi. Bu usul bo'yicha sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash suv bug'i ishtirokida amalga oshiriladi, shu sababli bu usul ho'l kataliz usuli deyiladi.

Konsentrlangan vodorod sulfididan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi 4.28-rasmda tasvirlangan. Vodorod sulfid yondirish uchun pech 3 ga ventilyator 2 orqali uzatiladigan havo bilan aralashmasi beriladi. Pechdan 1000°C haroratda chiqadigan gaz yuttirish qozoni 4 ga keladi, u yerda gaz issiqligidan bug' olish uchun foydalaniladi. 450°C haroratgacha sovutilgan gaz oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozi 5 ga uzatiladi. Kontakt massa orasidan o'tadigan gazning haroratini pasaytirish uchun unga atmosfera havosi kiritiladi.



**4.28-rasm. Yuqori konsentratsiyali sulfit angidrid gazidan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:**

1 – filtr; 2 – ventilyator; 3 – pech; 4 – bug'li yuttirish qozoni; 5 – kontakt jihozi; 6 – sovutgich; 7 – minora-kondensator; 8 – elektrofiltr; 9 – aylanuvchi eritma yig'ichi; 10 – nasos.

Tarkibida  $SO_3$  va suv bug'i tutgan kontakt jihozidan chiqadigan gaz halqali to'ldirgich to'ldirilgan va sulfat kislota bilan suyuqlik taqsimlanadigan minorali kondensator 7 ga keladi. Taqsimlanadigan kislota harorati minoraga kirishda 50-60°C, minoradan chiqishda esa 80-90°C ni tashkil etadi. Gazning sovutilishi natijasida sulfat angidrid va suv bug'idan sulfat kislota bug'lari hosil bo'ladi, so'ngra u kondensatsiyalanadi. Minora 7 ning pastki qismida gaz tezning sovishi sodir bo'ladi, shuning uchun sulfat kislota bug'larining yuqori darajada



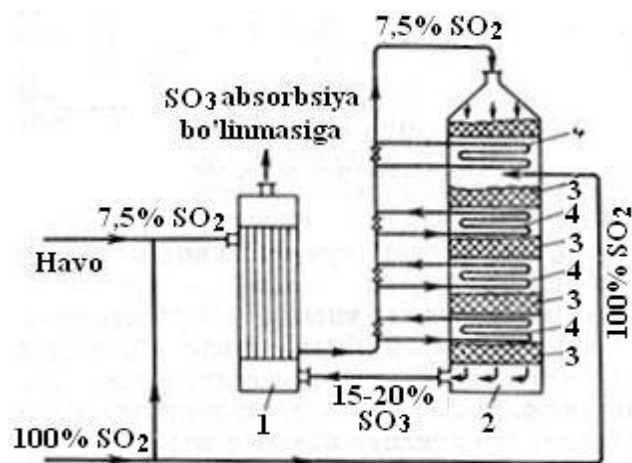
to'yinishiga olib keladi. Bug'ning bir qismi (35%) bu hajmda tuman hosil qilib kondensatlansa, qolgan qismi elektrofiltr 8 da kondensatsiyalantiriladi.

### **Konsentrlangan sulfit anhidriddan kontakt usulida sulfat kislota olish.**

O'txona gazlari yoki rangli metallurgiya gazlaridan ajratib olingan konsentrlangan sulfit anhidridni qayta ishlashning texnologik sxemasi ancha soddadir, chunki bunda sulfat kislotali tizimda pech bo'linmasi bo'lmaydi. Bundan tashqari, sulfit anhidridni tozalash shart emas, chunki xomashyodan SO<sub>2</sub> ni ajratib olish jarayonidayoq gaz faol vanadiyli kontakt massaga zararli ta'sir etuvchi qo'shimchalardan tozalanadi.

Oltinugurtli xomashyoni yondirish uchun texnologik kislorod (95% O<sub>2</sub>) ishlatilganda kuyundi gazidagi SO<sub>2</sub> ning miqdori yuqori (80-90%) konsentratsiyaga yetadi. Ammo bunday gaz tarkibida chang va boshqa qo'shimchalar bo'ladi, shuning uchun bu gaz odatdagi sxema bo'yicha tozalanadi va shundan so'nggina kontakt bo'linmasiga yuboriladi.

Konsentrlangan SO<sub>2</sub> ni oksidlash uchun yetarli miqdordagi kislorod havo bilan yoki texnik kislorod tarzida kiritiladi. 100% li SO<sub>2</sub> ni havo bilan aralashtirilganda sulfit anhidridning maqbul (optimal) konsentratsiyasi 20% ni tashkil etadi. Lekin bunday aralashmani to'g'ridan-to'g'ri kontakt massaning birinchi qatlamiga berib bo'lmaydi, chunki bunda katalizatorning birdaniga qizib ketishi va uning ishdan chiqishi kuzatiladi. Kontakt massaning qizib ketishini oldini olish uchun amalda quyidagi usul ishlatiladi: 100% li sulfit anhidrid ikkita bir xil oqimga ajratiladi, ulardan biriga barcha sulfit anhidridni oksidlash uchun kerak bo'ladigan havo aralashtiriladi; bunda gaz aralashmasidagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi 7,5% gacha pasayadi. Bunday gazli aralashma issiqlik almashtirgichda 440°C gacha qizdiriladi va kontakt massasining birinchi qatlamiga uzatiladi. Bu qatlamdan chiqadigan gaz 100% li sulfit anhidrid oqimi (yoki oqimning bir qismi) bilan qo'shiladi, gazlar aralashmasi 460-470°C haroratgacha sovitiladi va kontakt massasining ikkinchi va keyingi qatlamlariga uzatiladi (4.29-rasm).



**4.29-rasm. Konsentrlangan sulfit anhidrid bilan ishlaydigan kontakt bo‘linmasining sxemasi:**

1 – issiqlik almashtirgich; 2 – kontakt jihozi; 3 – kontakt massa; 4 – ichki issiqlik almashtirgich.

Bu sxemaning absorbsiya sxemasi odatdagicha bo‘ladi. Kontakt gazidagi SO<sub>3</sub> ning konsentratsiyasi yuqori bo‘lganligi uchun tarkibida 35% SO<sub>3</sub> (erkin) bo‘lgan oleum olinishi mumkin.

**Gipsdan kontakt usulida sulfat kislota olish.** Gipsdan sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasida gipsning parchalanishi natijasida hosil bo‘ladigan sulfit anhidridning miqdori kolchedanni kuydirilishi natijasida hosil bo‘ladigan sulfit anhidrid miqdoridan anchagina oz bo‘lganligi sababli namlash minorasi va ikkinchi bosqichdagi nam elektrofiltrlar bo‘lmaydi. Bundan tashqari, gipsda mishyak, selen va boshqa zararli qo‘shimchalar bo‘lmaydi, bu esa kontakt jarayonidan gazlarni tegishli qo‘shimchalardan tozalashni talab etilmaydi. Bu esa texnologik jarayonni soddalashtiradi.

**Ishlatilgan kislotalardan sulfat kislota olish.** Ishlatilgan kislota tarkibida ko‘p miqdordagi qo‘shimchalar tutganligi uchun yaroqsizlanadi va bunday kislotalarni parchalanadi. Ifloslangan kislota pechda 1200°C haroratda organik birikmalar va ularning kuyundi mahsulotlari bilan parchalanadi:



Hosil qilingan gazlar aralashmasi maxsus usullarda tozalashdan o‘tgandan so‘ng odatdagi usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishga yuboriladi.

**Gaz va kislotani aralashtirish qurilmalari.** Gazni aralashtirish uchun tizimdagi quritish bo‘linmasidan keyin o‘rnatiladigan gaz purkagich (nagnetatel) lar xizmat qiladi. Gaz purkagichga keladigan gaz oldindan sovutilgan va qo‘shimchalardan tozalangan bo‘ladi. Ungacha joylashgan barcha jihozlar vakuum ostida ishlaydi, kontakt va absorbsiya bo‘linmalariga joylashtirilgan, ya’ni gaz purkagichdan keyingi jihozlar esa bir oz ortiqcha bosimda ishlaydi.

*Gaz purkagichlar.* Turli zavodlarda ishlab chiqarilgan gaz purkagichlar konstruksiyasi va ishlash prinsipi bo‘yicha deyarli bir xil bo‘lib, faqatgina ayrim qismlari bilangina farqlanadi. 4.30-rasmda gaz unumdorligi 42000 m<sup>3</sup>/soat bo‘lgan quvurli havo purkagich ko‘rsatilgan.

Purkagichda gaz siqiladi va shuning natijasida unda gaz puflanadi. Yuqori darajada siqilish natijasida purkagichdagi gazning harorati 50°C gacha ortadi.

Purkagichda siqishga sarflanadigan quvvat (kvt da) quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$N = \frac{QH\rho g}{1000\eta}$$

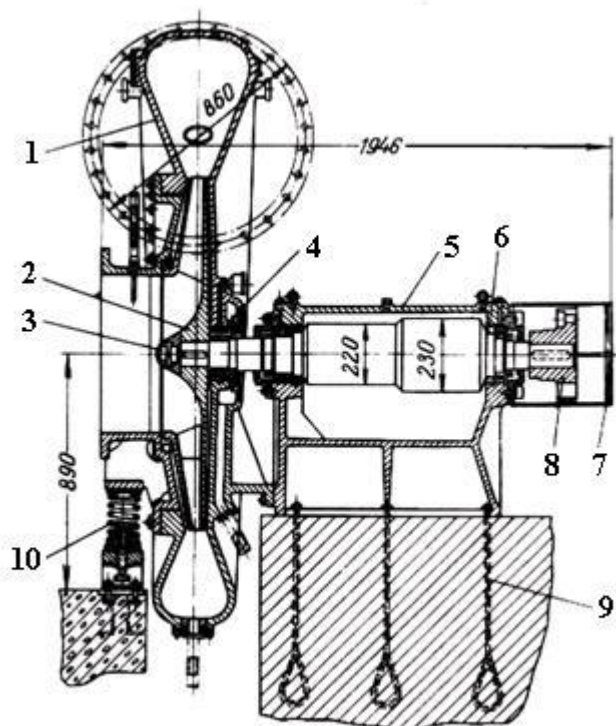
bu yerda:  $Q$  – purkagich unumdorligi, m<sup>3</sup>/sek;  $H$  – to‘la bosim kuchi (siquv), mm.sim.ust.;  $\rho$  – gazning zichligi, kg/m<sup>3</sup>;  $g$  – og‘irlik kuchi tezlanishi, m/sek<sup>2</sup>;  $\eta$  – purkagichning foydali ta’sir koeffitsienti (0,7-0,85).

Agar tizimning umumiy gidravlik qarshiligi kamaytirilsa, gaz purkagichning unumdorligi bir oz ortishi mumkin. Jihozlarning gidravlik qarshiligi kamaytirilganda gaz purkagich (quvurli kompressor) unumdorligining ortishi mumkin bo‘lgan qiymati quyidagi empirik (yaqinlashtirilgan) formula bilan aniqlanishi mumkin:

$$\frac{1,8 - 0,8K}{2} = 1 - \frac{\Delta H}{H_1}$$

bu yerda:  $K = \frac{Q_2}{Q_1}$  - unumdorlikni ortish koeffitsienti;  $Q_1$  va  $Q_2$  – jihozning turlicha umumiy qarshiliklari  $H_1$  va  $H_2$  dagi gaz purkagich unumdorligi, m<sup>3</sup>/soat;  $\Delta H$  –

gidravlik qarshilik qiymatining kamayishi, bunda quvurli kompressor unumdorligi  $Q_1$  dan  $Q_2$  ga ortadi,  $n/m^2$ .



**4.30-rasm. Quvurli havo purkagich 700-12-1M (kesmasi):**

1 – korpus (chig‘anoq); 2 – ishchi parrak; 3 – val; 4 – labirintli zichlagich; 5 – podshipniklar korpusi; 6 – zichlagich; 7 – mufta g‘ilofi; 8 – birlashtirish muftasi; 9 – poydevor bolti; 10 – prujinali tayanch.

Ish hajmi oshirilganda jihozning umumiy gidravlik qarshiligi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$H_2 = (H_1 - \Delta H) \cdot K^2$$

Kontakt tizimning gidravlik qarshilikni kamayishidagi gaz purkagich unumdorligining ortishi hisoblash yo‘li bilan aniqlanadi.

**Gaz purkagich unumdorligini hisoblash. Boshlang‘ich ma‘lumotlar:**

Kontakt tizimning umumiy gidravlik qarshiligi (umumiy dispersiya)  $H_1 = 24700 \text{ n/m}^2$ ; gaz purkagich to‘la quvvat bilan ishlaydi; kontakt bo‘linmasi parallel ishlayotgan ikkita kontakt jihozidan iborat; jihozlarning gidravlik qarshiligi  $h_1 = 11800 \text{ n/m}^2$ .

*Aniqlash talab etiladi:* uchinchi kontakt jihozi o'rnatilgandagi gaz purkagich unumdorligining ortishi, umumiy gidravlik qarshilik va elektroenergiya sarfining ortishi.

Uchinchi kontakt jihozi o'rnatilgandagi kontakt bo'linmasining jihozlarida gaz teziligi  $w_1$  ning pasayishi:  $w_2 = \sqrt[2]{3}w_1$  ni tashkil qiladi. Shuning uchun kontakt bo'linmasining gidravlik qarshiligi  $h_1$  qiymati  $h_2$  kattalikkacha pasayadi:

$$h_1 = h_2 \left( \frac{w_2}{w_1} \right)^2 = 11800 \left( \frac{\sqrt[2]{3}w_1}{w_1} \right)^2 = 5230 \text{ n/m}^2$$

Demak, umumiy gidravlik qarshilikning kamayishi:

$$\Delta H = 11800 - 5230 = 6570 \text{ n/m}^2 \text{ ni tashkil etadi.}$$

Olingan natijadan tegishli yuqorida keltirilgan tenglama asosida  $K$  ni topamiz:

$$\frac{1,8 - 0,8K}{2} = 1 - \frac{\Delta H}{H_1} = 1 - \frac{6570}{24700}$$

Bundan  $K = 1,12$ , ya'ni gaz purkagich unumdorligi 12% ga ortishi kelib chiqadi.

Uchinchi kontakt jihozi o'rnatilgandan va gaz purkagichning unumdorligi 12% ga oshirilgandan keyin kontakt tizimning umumiy gidravlik qarshiligi quyidagi tenglama orqali aniqlanadi:

$$H_2 = (H_1 - \Delta H)K^2 = (24700 - 6570) \cdot 1,12^2 = 22700 \text{ n/m}^2$$

Gaz purkagich ta'minlanadigan umumiy quvvat:

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{Q_2 H_2}{Q_1 H_1} = \frac{1,12 \cdot 22700}{24700} = 1,027$$

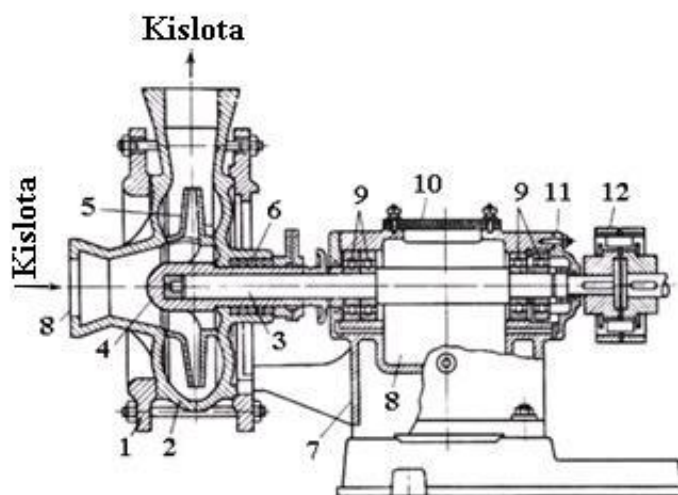
ya'ni 2,7% ni tashkil etadi.

Hisoblashda foydali ta'sir koeffitsienti  $\eta$  doimiy deb qabul qilinadi, chunki ishlab chiqarishni ozgina o'zgartirilganda uning o'zgarishi sezilarsizdir.

*Filtrlar.* Ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida gazni gaz purkash qurilmasidan qattiq zarrachalar va sulfat kislotaga bug'laridan tozalash uchun filtrlarga uzatiladi. Filtrlarni ko'pincha *moy ajratgichlar* deb ham ataladi. Eng sodda filtr sferik qopqoq va taglikka ega bo'lgan po'lat silindr ko'rinishida bo'lib,

filtrning ichiga po‘lat to‘rlar joylashtirilgan bo‘ladi, ular orasiga tolasimon asbest (yoki shisha mato) solinadi. Filtrlovchi material orasidan gaz o‘tganda, undagi qattiq va suyuq qo‘shimchalar ushlanib qoladi.

*Nasoslar.* Sulfat kislotali tizimlarda minoralar va absorberlarga taqsimlash uchun ko‘p miqdordagi kislotani haydashga to‘g‘ri keladi. Kislotalarni uzatish uchun turli xil konstruksiyadagi markazdan qochma nasoslar ishlatiladi. 4.31-rasmda shunday markazdan qochma nasoslardan birining tasviri ko‘rsatilgan. Uzatiladigan suyuqlik vazifasiga bog‘liq holda kislotali markazdan qochma nasoslar turli xil materiallardan: past va o‘rtacha konsentratsiyadagi kislotalar uchun – ferrosilisiddan, konsentrlangan sulfat kislota uchun – yuqori sifatli cho‘yandan, oleum uchun esa – po‘latdan tayyorlanadi.



#### 4.31-rasm. Markazdan qochma kislota nasosi:

1 – stanina (korpus qismi) birlashtirgichi; 2 – korpus; 3 – val; 4 – himoya ftulkasi; 5 – ishchi g‘ildirak; 6 – zichlashtirgich (salnik); 7 – stanina; 8 – moyli vanna; 9 – sharli podshipniklar; 10 – stanina qopqog‘i; 11 – zaglushka (bo‘g‘ib qo‘yilgan qism); 12 – elastik birlashtiruvchi mufta.

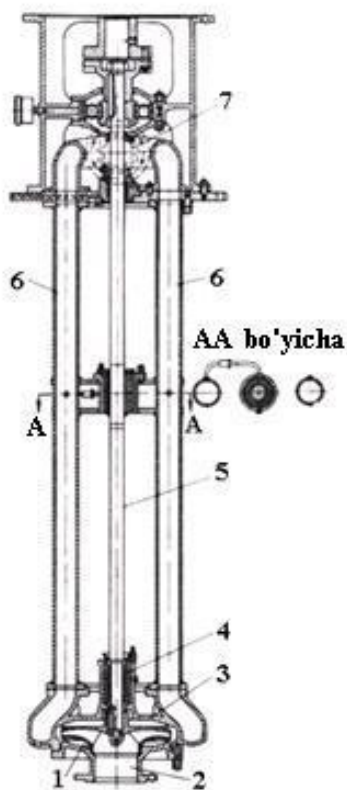
Nasosga kerakli quvvat (kvt da) quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$N = \frac{QH\gamma}{1000\eta}$$

bu yerda:  $Q$  – nasosning unumdorligi, m<sup>3</sup>/sek;  $N$  - to‘la bosim kuchi (siquv), mm.sim.ust.;  $\gamma$  – suyuqlikning solishtirma og‘irligi, n/m<sup>3</sup>;  $\eta$  – foydali ta’sir koeffitsienti (0,35-0,55).

Suyuqliklarni uzatishda vertikal botirma nasoslar ham ishlatiladi. Bunday nasoslar ko‘pincha yig‘gichlardagi suyuqliklarni uzatishda ishlatiladi. 4.32-rasmda

botirma nasoslardan biri tasvirlangan. Har xil konsentratsiyadagi kislotalarni uzatish uchun ishlatiladigan botirma nasoslarning unumdorligi 45 dan 288 m<sup>3</sup>/soat ni tashkil etadi.



**4.32-rasm. Botirma nasos:**

1 – ishchi parrak; 2 – so‘ruvchi quvur; 3 – korpus; 4 – podshipniklar; 5 – vertikal val; 6 – to‘ldirgich quvurlar; 7 – purkagich quvuri.

***Nazorat uchun savollar:***

1. Katalizatorlar ishtirokida sulfit angidridni oksidlashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
2. Muvozanatdagi kontaktlanish darajasi deganda nimani tushunasiz?
3. Kontaktlanish jarayonida SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlanish tezligi qanday bo‘ladi?
4. Qanday turdagi vanadiyli kontakt massalarni bilasiz?
5. Vanadiyli katalizatorida SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlanish jarayonining shart-sharoiti qanday bo‘ladi?
6. Kontakt massa miqdori qanday aniqlanadi?
7. Vanadiyli katalizatorida SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlanish jarayonining maqbul (optimal) sharoiti qanday bo‘ladi?
8. Qaynovchi qatlamli katalizatorida SO<sub>2</sub> ning oksidlanish jarayonini tushuntiring.
9. Qanday kontakt jihozlarni bilasiz?
10. Issiqlik almashtirgich jihozlarining qanday turlarini bilasiz?

11. Gazlar aralashmasidan sulfat angidridni ajratib olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring
12.  $\text{SO}_3$  ni sulfat kislota bilan absorbsiyalash jarayonini tushuntiring.
13. Sulfat kislota kondensatsiyalanish jarayonini tushuntiring.
14. Kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarish korxonasi uchun absorbsiyalash bo'linmasida qanday jihozlar ishlatiladi.
15. 100% li sulfat angidrid va konsentrlangan oleum qanday olinadi?
16. Chiqindi gazlarini qanday zararsizlantiriladi?
17. Yuqori sifatli sulfat kislota olish usullarini ayting.
18. Akkumulyator sulfat kislota ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
19. Reaktiv sulfat kislota ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
20. Oltinugurtdan kontakt sulfat kislota olish usulini tushuntiring.
21. Oltinugurtdan kontakt sulfat kislota olishning «Xemiko» usulini tushuntiring.
22. Nam kataliz usuli bilan vodorod sulfididan kontakt sulfat kislota olish usulini tushuntiring.
23. Konsentrlangan sulfit angidrididan kontakt sulfat kislota olish usulini tushuntiring.
24. Gipsdan kontakt sulfat kislota qanday olinadi?
25. Ishlatilgan kislotalardan sulfat kislota qanday olinadi?

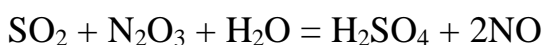


## *V-bob*

# **SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISHNING NITROZALI USULI**

### **1-§. Sulfit angidridni nitrozali katalitik oksidlash**

**Nitrozali usulning mohiyati.** Kuyundi gazi changdan tozalangandan soʻng, nitroza deb ataladigan azot oksidlarining sulfat kislotali eritmasi bilan qayta ishlanadi. Kuyundi gazining sulfit angidridi nitrozaga yutiladi va soʻngra azot oksidlari bilan:



reaksiyasi boʻyicha oksidlanadi.

Hosil boʻladigan azot oksidi nitrozada yomon eriydi va shuning uchun undan ajralib chiqadi, soʻngra gaz fazasidagi kislorod bilan  $\text{NO}_2$  gacha qisman oksidlanadi.  $\text{NO}$  va  $\text{NO}_2$  aralashmasi yana sulfat kislotaga yuttiriladi va hokazo Nitrozali jarayonda azot oksidlari amalda sarflanmaydi va ishlab chiqarish sikliga qaytariladi. Lekin sulfat kislotaga azot oksidlarining toʻla yutilmasligi sababli uning bir qismi chiqindi gazlari bilan yoʻqotiladi; bu qaytmasdan yoʻqotiladigan oksidlarni tashkil etadi.

Nitrozali usulda sulfat kislota ishlab chiqarish jarayoni quyidagi bosqichlardan iborat:

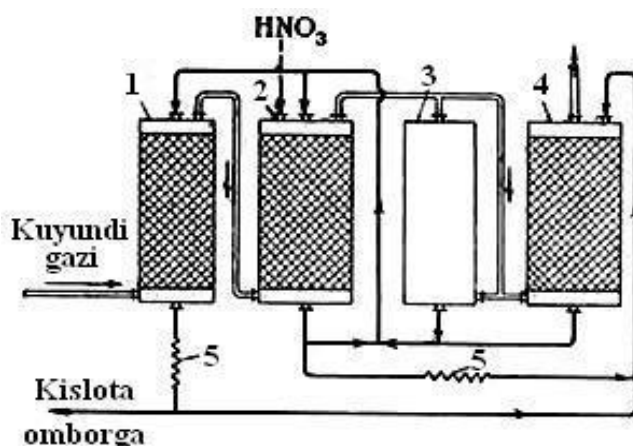
- 1) Sulfit angidrid olish.
- 2) Sulfit angidridning nitrozaga yutilishi.
- 3) Sulfit angidridni nitroza bilan oksidlash.
- 4) Nitrozaning azot oksidlaridan ajratish (denitratsiya).
- 5) Nitrozadan ajraladigan azot oksidlarini gaz fazasida oksidlash.
- 6) Azot oksidlarini sulfat kislotaga yuttirish.

Ilgarilari nitrozali jarayon qoʻrgʻoshinli kameralarda amalga oshirilgan va shuning uchun kamerali usul deb atalgan. Hozirda bu usul kam unumdorli boʻlganligi uchun ishlatilmaydi; lekin ayrim chet el korxonalarida bunday kamerali usul hozirda ham qoʻllanilmoqda. Hozirda nitrozali usul boʻyicha ishlaydigan

korxonalarda kameralar o'rnida minoralar o'rnatilgan (minorali usul ham deb ataladi).

**Minorali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishning texnologik sxemasi.** Minorali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfat anhidridni qayta ishlashning barcha asosiy va oraliq jarayonlari to'ldirgichli va sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadigan minoralarda sodir bo'ladi.

5.1-rasmda minorali usulda sulfat kislota ishlab chiqarishning prinsipial sxemasi tasvirlangan. Issiq kuyundi gazi kiradigan birinchi minora minoralarga taqsimlanadigan kislotadan ajratib olish vazifasini bajaradi. Bu jarayon sulfat kislota *denitratsiyasi*, minora 1 esa *denitratsiyalash minorasi* deb ataladi. Bu minoradan chiqadigan denitratsiyalangan kislotaning qariyb  $\frac{1}{3}$  qismi omborga tayyor mahsulot sifatida chiqariladi, qolgan qismi esa oxirgi minora 4 ga taqsimlash uchun uzatiladi.



**5.1-rasm. Minorali tizimning texnologik sxemasi:**

1 – denitratsiyalovchi minora; 2 – mahsulot minorasi; 3 – oksidlovchi minora; 4 – absorbsiya minorasi; 5 – kislota sovutgichlari.

*Denitratsiya minorasiga* oz miqdorda kislota taqsimlanganligi uchun u kuchli qiziydi va azot oksidlarining ajralishi ta'minlanadi. Kislotaning denitratsiyasi bilan bir paytda minora 1 da sulfat anhidrid sulfat kislotaga qisman absorbsiyalanadi va azot oksidlari bilan oksidlanadi. Sodir bo'ladigan jarayonlar tavsifiga ko'ra birinchi minorani sxematik tarzda uchta zonaga ajratish mumkin. Quyi zonada sulfat kislotaning gaz fazasiga suv bug'i ajratib bug'lanishi, o'rta zonada nitrozaning suyulishi hisobiga undan azot oksidlarining ajralishi, yuqori

zonada esa quyidan chiqadigan suv bug'ining kondensatlanishi sodir bo'ladi va shu tufayli kondensatlangan suv nitrozani suyultiradi hamda unda erigan SO<sub>2</sub> ni qisman oksidlaydi. Yuqorida bayon etilgan jarayonlarni zonalar bo'yicha qat'iy bo'lish mumkin emas, chunki ular bir-biri bilan qisman qo'shib ketadi. Bu jarayonlardan tashqari, birinchi minorada gazlardan shuningdek chang qoldiqlari tutib qolinadi, arsenit va selenit angidridlari yutiladi, sulfat kislota bug'lari kondensatsiyalanadi, sulfat kislotali tuman hosil bo'lishi sodir bo'ladi va hokazo.

Minorali tizimlarda tayyor mahsulot faqat denitratsiya minorasidan chiqarib olinadi, u yerda kuyundi gazidagi deyarli barcha qo'shimchalar tutib qolinadi, shuning uchun minorali kislota mishyak, selen, kuyundi changi va boshqa qo'shimchalar bilan ifloslangan bo'ladi.

Ikkinchi minoraning asosiy vazifasi – sulfat kislota bilan kuyundi gazidan sulfit angidridni absorbsiyalash va SO<sub>2</sub> ni nitroza bilan oksidlashdir. Bu minorada sulfat kislota katta qismi (tizim mahsulotining 70-80% i) hosil bo'ladi, shuning uchun uni *mahsulot minorasi* deyiladi. Kislota hosil bo'lish jarayoni minora 2 ning butun balandligida sodir bo'ladi, lekin sulfit angidridning asosiy miqdori oksidlanish jarayoni sodir bo'lishi uchun qulay sharoit bo'lgan uning quyi qismida oksidlanadi. SO<sub>2</sub> oksidlanishi natijasida nitrozadan ajraladigan azot oksidlarining bir qismi minoraning yuqori qismidan taqsimlanadigan nitroza suyuqligiga yutiladi, ammo uning asosiy qismi gaz oqimi bilan oksidlash minorasi 3 ga keladi. U yerda NO va NO<sub>2</sub> ning shunday nisbatigacha oksidlanadiki, bunda hosil bo'ladigan azot oksidlarining miqdori absorbsiya minorasida yutilishi uchun yetarli darajada bo'lishi lozim.

Minora 3 da NO gaz tarkibidagi kislorod bilan oksidlanadi. Bu minorada azot oksidlarining oksidlanishi minorani aylanib o'tuvchi gaz o'tkazgich quvur orqali bir qism oksidlanuvchi gazni o'tkazish orqali boshqariladi (baypas). Oksidlash minorasidan chiqadigan gaz minora 4 ga keladi, u yerda minoraga taqsimlanuvchi sulfat kislota azot oksidlari yutiladi; bu minora *absorbsiya* yoki *yuttirish minorasi* deyiladi.

Kuyundi gazini sovutishda va sulfat kislota hosil bo'lishida ko'p miqdordagi issiqlik ajraladi, shuning uchun denitratsiya va mahsulot minoralarida taqsimlanadigan kislota qiziydi va ularni taqsimlashga berishdan oldin sovutiladi. Buning uchun sovutgichlar 5 o'rnatilgan. Minorali kislota ishlab chiqarishda chiqindi gazlari, mahsulot kislotasi va boshqalar bilan bir qism azot oksidlari yo'qotilishi mumkin. Uni o'rnini to'ldirish uchun mahsulot minorasi 2 ga nitrat kislotasi beriladi. Sulfat kislota hosil bo'lishi uchun kerakli suv denitratsiya va mahsulot minoralari 1 va 2 ga kiritiladi.

Kamerali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishning prinsipial texnologik sxemasi minorali usulga o'xshaydi. Uning farqi shundaki, sulfat angidridni qayta ishlash va azot oksidlarini oksidlash bosqichlari kislotaning denitratsiyasidan so'ng minoralarda emas, balki tahmonli qo'rg'oshinli kameralarda amalga oshiriladi. Azot oksidlarining absorbsiyasi ham xuddi minorali tizimlardagi kabi minoralarda o'tkaziladi. Lekin kamerali va minorali jarayonlarning texnologik tartiblari turlichadir: kamerali jarayonning barcha bosqichlarida nisbatan past konsentratsiyali kislota ishlatiladi, nitroza tarkibida esa oz miqdordagi azot oksidlari bo'ladi va hokazo.

**Nitroza jarayonining fizik-kimyoviy asoslari. Azot oksidlarini sulfat kislota bilan absorbsiyalash. Azot oksidlarining xossasi.** Azot bir necha xil oksid hosil qiladi, ulardan azot(II)-oksid NO, azot(IV)-oksid NO<sub>2</sub> va nitrit angidrid N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nitroza jarayonida qatnashadi.

*Azot(II)-oksid* NO rangsiz gaz bo'lib, atmosfera bosimida -151,8°C gacha siqilganda rangsiz suyuqlikka aylanadi. Gaz fazasida kislorod azot(II)-oksid NO ni oksidlaydi:

**Nitroza jarayonining fizik-kimyoviy asoslari. Azot oksidlarini sulfat kislota bilan absorbsiyalash. Azot oksidlarining xossasi.** Azot bir necha xil oksid hosil qiladi, ulardan azot(II)-oksid NO, azot(IV)-oksid NO<sub>2</sub> va nitrit angidrid N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> nitroza jarayonida qatnashadi.

*Azot(II)-oksid* NO rangsiz gaz bo‘lib, atmosfera bosimida  $-151,8^{\circ}\text{C}$  gacha siqilganda rangsiz suyuqlikka aylanadi. Gaz fazasida kislorod azot(II)-oksid NO ni oksidlaydi:



Haroratga va gaz fazasidagi NO va O<sub>2</sub> konsentratsiyasiga bog‘liq holda reaksiyon massa komponentlari orasidagi muvozanat o‘rnatiladi. Reaksiyaning muvozanat konstantasi:

$$K_p = \frac{p_{\text{NO}}^2 p_{\text{O}_2}^2}{p_{\text{NO}_2}^2}$$

haroratga bog‘liq holda:

$$\lg K_p = \frac{5749}{T} + 1,75 \lg T - 0,005T + 2,839$$

tenglama bilan ifodalanadi. Bu yerda:  $p_{\text{NO}}$ ,  $p_{\text{O}_2}$ ,  $p_{\text{NO}_2}$  – gaz fazasidagi NO, O<sub>2</sub> va NO<sub>2</sub> ning parsial bosimi, atm.

*Azot dioksid* NO<sub>2</sub> – qora-qo‘ng‘ir gaz bo‘lib, atmosfera bosimida xona harorati ( $20,7^{\circ}\text{C}$ ) dayoq suyuqlanadi. Azot dioksid azot qo‘shoksidga (rangsiz gaz) aylanadi:



Bu reaksiyaning muvozanat konstantasi:

$$K_p = \frac{p_{\text{NO}_2}^2}{p_{\text{N}_2\text{O}_4}}$$

haroratga bog‘liq holda:

$$\lg K_p = -\frac{2692}{T} + 1,75 \lg T + 0,00484T - 7,144 * 10^{-6} T^2 + 3,062$$

tenglama bilan ifodalanadi. Bu yerda:  $p_{\text{NO}_2}$ ,  $p_{\text{N}_2\text{O}_4}$  – gaz fazasidagi NO<sub>2</sub> va N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> ning parsial bosimi, atm.

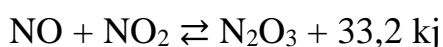
Nitroza jarayonida gaz fazasidagi azot oksidlarining umumiy miqdori 15% dan oshmaydi, NO ning oksidlanish darajasi juda kam hollarda 0,5 dan ortadi. Shuning uchun nitroza jarayonida gaz fazasidagi N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> miqdori juda kam bo‘ladi.

Sulfat kislota bilan azot dioksiddan nitrozilsulfat kislota va nitrat kislota hosil bo‘ladi:



*Nitrit anhidrid*  $\text{N}_2\text{O}_3$  xona haroratida gaz holatida bo‘ladi; bu gaz faqat yuqori bosimdagina barqaror bo‘ladi.  $25^\circ\text{C}$  harorat va  $1,01 \cdot 10^5 \text{ n/m}^3$  (760 mm.sim.ust.) bosimida ekvimolekulyar azot oksidlari aralashmasi ( $\text{NO} + \text{NO}_2$ ) ning atigi 10,5% qismigina  $\text{N}_2\text{O}_3$  tarzida bo‘ladi.  $3,5^\circ\text{C}$  haroratda siqilganda havorang-ko‘k rangli suyuqlikka aylanadi, u ham tez parchalanadi.

Nitrit anhidrid hosil bo‘lish reaksiyasi:



ning muvozanati haroratning pasayishi va bosimning ortishi bilan o‘ngga siljiydi, bunda muvozanat holati juda tez o‘rnatiladi. Bu reaksiyaning muvozanat konstantasi:

$$K_p = \frac{P_{\text{NO}} P_{\text{NO}_2}}{P_{\text{N}_2\text{O}_3}}$$

tenglama bilan aniqlanadi.

$\text{N}_2\text{O}_3$  sulfat kislota bilan nitrozilsulfat kislota hosil qiladi:



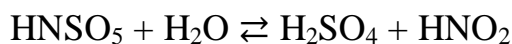
*Nitrozaning xossalari.* Texnikada azot oksidlari ( $\text{N}_2\text{O}_3$ ) ning sulfat kislota suvli eritmasida eritilishidan hosil qilingan sistema nitroza deb yuritiladi. Sulfat kislota eritilgan azot oksidlari ularning oksidlanish darajasiga muvofiq holda nitrozilsulfat kislota yoki nitrozilsulfat va nitrat kislotalar aralashmasini hosil qiladi.

Nitrozilsulfat kislota rangsiz kristall modda bo‘lib,  $73^\circ\text{C}$  haroratda suyuqlanadi. Nam atmosfera havosi bilan to‘qnashganda o‘z-o‘zidan suyuqlanadi.

Bir xil konsentratsiyali boshlang‘ich sulfat kislota undagi  $\text{N}_2\text{O}_3$  miqdori ortishi bilan nitroza jarayonida ishlatiladigan nitrozaning kristallanish harorati ortadi.

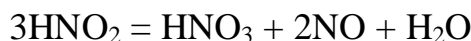
Suvsiz sulfat kislota azot oksidlarini eritilishidan hosil qilingan nitrozilsulfat kislota anchagina barqaror bo‘ladi. Sulfat kislota suvli eritmasida

hosil qilingan nitrozilsulfat kislota gidrolizlanib, sulfat kislota va nitrit kislota aralashmasini hosil qiladi:



Nitrozilsulfat kislota ning gidrolizlanish darajasi haroratning ortishi va sulfat kislota konsentratsiyasining kamayishi bilan ortadi.

73% dan kam miqdorda  $\text{H}_2\text{SO}_4$  tutgan kislota da azot oksidlari eritilishidan olingan nitrozada  $\text{HNSO}_5$  gidrolizidan hosil bo'lgan nitrit kislota parchalanadi:



Nitroza jarayonida boshlang'ich sulfat kislota ning, ya'ni kislota da gi barcha azot oksidlari chiqarib yuborilganda gi konsentratsiyasi muhim ahamiyatga egadir. Nitrozada gi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  va  $\text{N}_2\text{O}_3$  miqdorini bilgan holda bu konsentratsiya quyidagi formula bilan hisoblanadi:

$$A = \frac{100N}{100 - 0,6B}$$

bu yerda:  $A$  – boshlang'ich kislota da gi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  miqdori, %;

$N$  – analiz natijasiga ko'ra nitrozada gi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  miqdori, %;

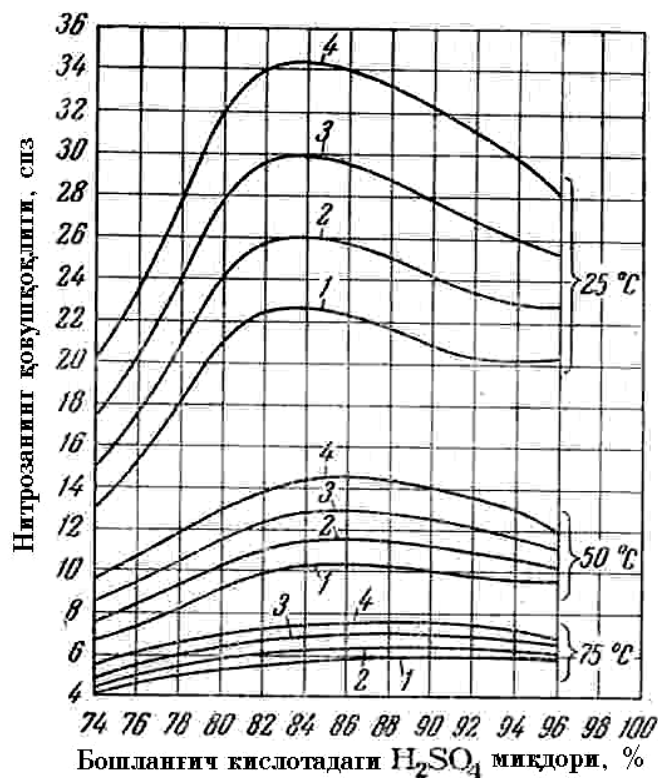
$B$  – analiz natijasiga ko'ra nitrozada gi  $\text{N}_2\text{O}_3$  miqdori ( $\text{HNO}_3$  hisobida), %

$\text{NO}$  ning sulfat kislota suvli eritmasida gi eruvchanligi juda kamdir.  $\text{NO}$  ning nitrozada gi eruvchanligi suvsiz sulfat kislota da gi qaraganda birmuncha ko'pdir; u nitrozilsulfat kislota va sulfat kislota konsentratsiyasi ortishi bilan ortadi va haroratning ortishi bilan kamayadi.

$\text{N}_2\text{O}_3$  ning sulfat kislota suvli eritmasida gi eruvchanligi azot oksidlarining bosimiga proporsionaldir va harorat ko'tarilishi bilan kamayadi.

Nitrozilsulfat va nitrat kislota aralashmasi eritmasi ustida gi azot oksidlarining parsial bosimi  $\text{HNO}_3$  konsentratsiyasi ortishi bilan ortadi. Aralashma ustida gi azot oksidlarining bosimi nitrozilsulfat kislota eritmasi va nitrat kislota eritmasi alohida-alohida bo'lganda gi nisbatan nitrozalanish bir xil bo'lganda ham yuqori bo'ladi.

Nitrozaning qovushqoqligi nitrozilsulfat kislota miqdori ko'payishi bilan ortadi va haroratning ortishi bilan kamayadi (5.2-rasm).



### 5.2-rasm. Nitrozaning qovushqoqligi:

1 – 5% HNSO<sub>5</sub> da; 2 – 10% HNSO<sub>5</sub> da; 3 – 15% HNSO<sub>5</sub> da; 4 – 20% HNSO<sub>5</sub> da.

**Azot oksidlarining absorbsiya tezligi.** Minorali tizimdagi gaz tarkibida turli oksidlanish darajali azot oksidlari (NO, NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) bo'ladi. Ular nitroza jarayonining oxirgi bosqichida gaz tarkibidan to'la ajratib olinishi kerak, chunki suyuq fazada SO<sub>2</sub> ning oksidlanishi azot oksidlari ishtirokida sodir bo'ladi, yutilmagan oksidlar esa chiqindi gazlari bilan atmosferaga chiqarib yuboriladi va ma'lum miqdorini yo'qotilishiga olib keladi.

Nitrozali jarayon sharoitida sulfat kislota NO va NO<sub>2</sub> ning ekvimolekulyar aralashmasini oksidlanish darajasi o'zgarishsiz absorbsiyalaydi. Shuning uchun suyuq fazadagi azot oksidlari N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> tarzida bo'ladigandek ko'rinadi. Ammo nitrozali jarayondagi gaz tarkibida dissotsilanmagan N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miqdori NO va NO<sub>2</sub> ning umumiy miqdoridan juda ham oz bo'ladi. Bundan sulfat kislota NO va NO<sub>2</sub> molekulalarini N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> molekulalariga nisbatan ko'p yutishi ko'rinadi.

Azot oksidlari NO va NO<sub>2</sub> ning ekvimolekulyar aralashmasining absorbsiya tezligi tarkibida faqat NO<sub>2</sub> tutgan gazga nisbatan 2 marta ko'p bo'ladi. Gazdagi NO va NO<sub>2</sub> ning ekvimolekulyar aralashmasi azot oksidlarining sulfat kislota



absorbsiyasi jarayonining maqbul (optimal) sharoiti hisoblanadi. To'ldirgichli minoradagi bu jarayonning tezligi ko'pgina omillar (to'ldirgichdagi gazning tezligi, suyuqlikni taqsimlash zichligi, harorat va boshqalar) ga bog'liqdir. Ulardan har birining ta'siri jarayon o'tkaziladigan aniq sharoitlarda aniqlanadi.

Minora ko'ndalang kesimi yuza birligidan taqsimlanadigan kislota o'tadigan miqdori suyuqlikni taqsimlash zichligi deyiladi va  $m^3/(m^2 \cdot s)$  birlikda ifodalanadi. To'ldirgichning suyuqlikni taqsimlash zichligi ortishi bilan azot oksidlarining absorbsiya tezligi dastlab ortadi, ma'lum suyuqlikni taqsimlash zichligiga yetgach [masalan, 50x50 mm o'lchamdagi halqali to'ldirgich uchun  $0,8 m^3/(m^2 \cdot s)$ ] absorbsiya tezligi ortmaydi (5.3-rasm).

Azot oksidlarini sulfat kislotaga absorbsiyasi tezligining gaz tezligi va minora to'ldirgichi suyuqlikni taqsimlash zichligiga bog'liqlik xususiyati shuni ko'rsataliki, yutish tezligiga gaz va suyuqlik plenklaridagi diffuziya jarayonlari emas, balki suyuq fazada kechadigan kimyoviy jarayonlar asosiy ta'sir ko'rsatadi. Buni sulfat kislota konsentratsiyasi ortishi va haroratning pasayishi bilan azot oksidlarining absorbsiya tezligi ortishi orqali ko'rish mumkin, chunki bu sharoitda nitrozilsulfat kislota gidrolizi kamayadi.



**5.3-rasm.  $N_2O_3$  absorbsiyasining turli to'ldirgichlardagi suyuqlikni taqsimlash zichligiga bog'liqligi:**

- 1 – kvarts (bo'laklar o'lchami 50 mm); 2 – kvarts (bo'laklar o'lchami 100 mm);
- 3 – halqa (o'lchami 80x80x8 mm); 4 – halqa (o'lchami 50x50x6 mm) joylashtirilgan.

Yuqorida ko'rsatilganlardan quyidagi xulosalarga kelish mumkin:

1. Azot oksidlarining sulfat kislotaga absorbsiya jarayoni suyuq fazadagi kimyoviy reaksiyalar orqali sodir bo'ladi.

2. Maksimal absorbsiya tezligi gazdagi NO va NO<sub>2</sub> ning ekvimolekulyar nisbatiga to'g'ri keladi.
3. To'ldirgichdagi gazning harakat tezligi va suyuqlikni taqsimlash zichligi katta bo'lganda jarayonning umumiy tezligi asosan suyuq fazada kechadigan kimyoviy jarayonlar tezligi bilan aniqlanadi.

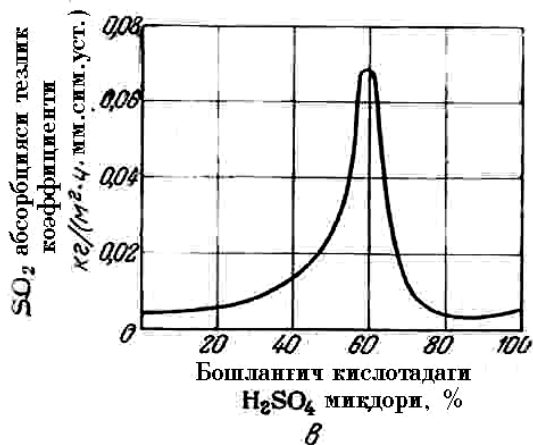
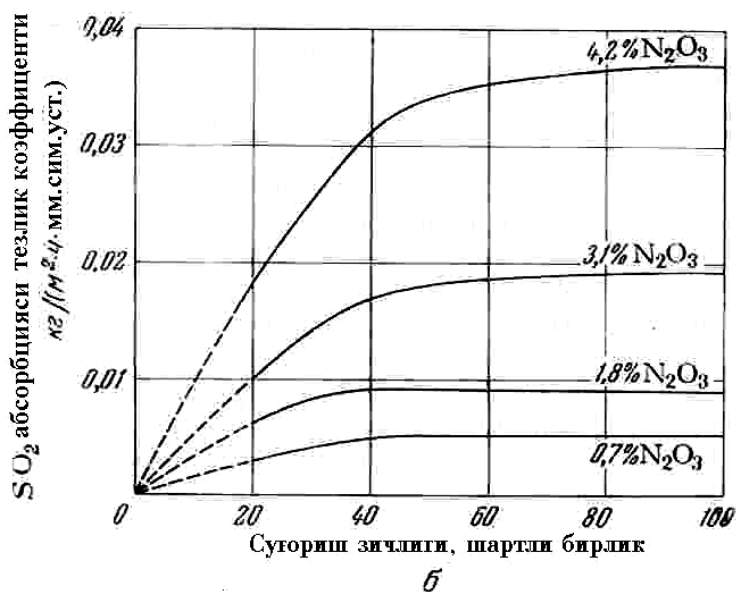
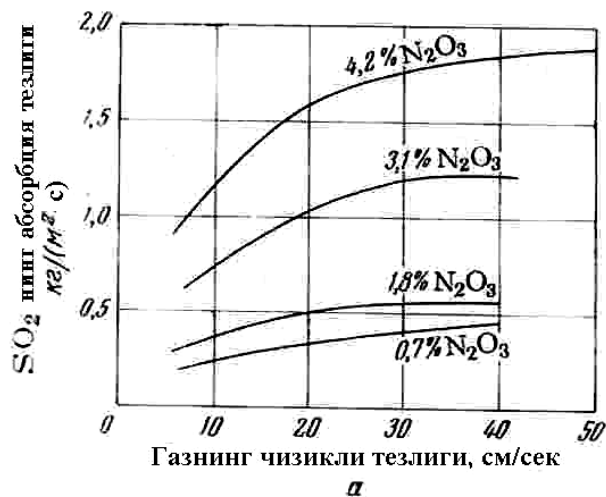
**Sulfit ангидриднинг nitrozaga absorbsiyasi.** Nitroza jarayonida sulfit ангидридning azot oksidlari bilan oksidlanishi suyuq fazada sodir bo'ladi. Shu sababli bu jarayon qachonki sulfit ангидрид nitrozaga yutilgandan so'nggina sodir bo'ladi. Shuning uchun SO<sub>2</sub> ning absorbsiya tezligi sulfat kislota olish nitroza jarayonining tezligini belgilaydigan asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Absorbsiya minoralarida nitrozaga sulfit ангидридning yutilish tezligi – suyuqlikni taqsimlash zichligiga, sulfat kislota ning konsentratsiyasiga, haroratga va boshqa omillarga bog'liqdir (5.4-rasm). Suyuqlikni taqsimlash zichligining sulfit ангидрид absorbsiya tezligiga bog'liqligi xuddi sulfat kislota ga azot oksidlarining absorbsiyasiga o'xshaydi.

Sulfit ангидрид absorbsiyasi tezligining sulfat kislota konsentratsiyasiga bog'liqligi o'ziga xos xususiyatga egadir. Bu jarayon sulfat kislota ning past konsentratsiyasida sekin kechadi. Konsentratsiya ortishi bilan sulfit ангидрид absorbsiya tezligi ham ortadi va kislota konsentratsiyasi 57% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ga yetganda maksimumga erishadi va undan yuqori konsentratsiyada yana absorbsiya tezligi kamayadi.

Haroratning ortishi bilan SO<sub>2</sub> ning nitrozaga absorbsiya tezligi ham ortadi, biroq 100-110°C harorat intervalida bu xususiyat birmuncha o'zgaradi, ya'ni absorbsiya tezligi keskin ortadi va undan yuqori haroratda absorbsiyalanish yana sekinlik bilan ortadi. Buni shu harorat intervalida nitrozilsulfat kislota gidroliz tezligining ortishi bilan izohlanadi.

Nitroza jarayonida gazdagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi kam o'zgaradi va shunga bog'liq holda kislorod konsentratsiyasi ham kam o'zgaradi. Bu o'zgarishlar nitrozaga sulfit ангидрид absorbsiyalanish tezligiga katta ta'sir ko'rsatmaydi.

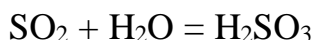


**5.4-rasm. SO<sub>2</sub> absorbsiyasi tezligining (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> turlicha miqdoridagi) gazning chizikli tezligiga, suyuqlikni taqsimlash zichligiga va boshlang'ich kislota konsentratsiyasiga bog'liqligi:**

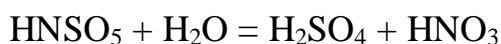
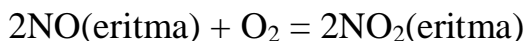
a – gazning boshlang'ich tezligi; b – suyuqlikni taqsimlash zichligi; v – boshlang'ich kislota konsentratsiyasi.

**Sulfit anhidridning nitroza bilan oksidlanishi.** Nitroza jarayonida sulfat kislota hosil bo'lishini quyidagi sxemalar orqali ifodalanishi mumkin:

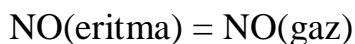
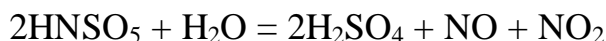
- gazning suyuqlikka yutilishi:



- suyuq fazadagi reaksiyalar:



- suyuq fazadan azot oksidini ajratish:



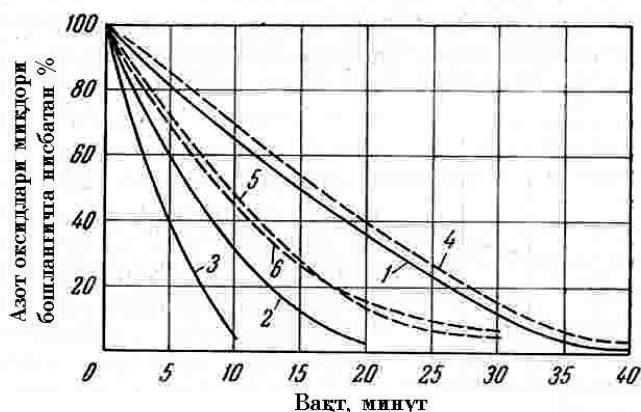
$\text{SO}_2$  ning gaz fazasida oksidlanishi aniqlanmagan. Agar bunday reaksiya sodir bo'lsa ham juda oz darajada bo'ladi va u nitroza jarayonida sulfat kislota hosil bo'lishining umumiy jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi.

**Nitrozadan azot oksidlarini yo'qotish (denitratsiya).** Denitratsiya minorasida taqsimlanadigan kislotalardagi azot oksidlarini yo'qotish deyarli to'la amalga oshirilishi lozimdir. Bu azot oksidlari yo'qotilishini kamaytirish va yuqori sifatli mahsulotlar olish uchun ham zarurdir. Shuning uchun sulfat kislota azot oksidlaridan tozalash – sulfat kislota denitratsiyasi – nitroza jarayonining muhim bosqichi hisoblanadi.

Sulfat kislota denitratsiya tezligi uning konsentratsiyasi ortishi bilan kamayadi va haroratning ortishi bilan ortadi. Denitratsiya tezligining sulfat kislota qayta ishlashda ishlatiladigan gazli aralashma tarkibiga bog'liqligi 5.5-rasmda tasvirlangan.

Gazdagi  $\text{SO}_2$  miqdori ortishi bilan  $\text{SO}_2$  oksidlanish tezligining ortishi va kislotalarda kam eriydigan NO hosil bo'lishi hisobiga denitratsiya tezligi ortadi (1-3 egri chiziqlar). Gazdagi kislorod miqdorining ortishi bilan denitratsiya jarayoni birmuncha sekinlashadi (4-6 egri chiziqlar), chunki NO kislorod bilan  $\text{NO}_2$  gacha

oksidlanadi va bunda hosil bo'ladigan azot oksidlarining aralashmasi sulfat kislotada yaxshi eriydi.



**5.5 – rasm. Gaz aralashmasi tarkibining sulfat kislotaga denitratsiyasi tezligiga bog'liqligi:**

1 – 9% SO<sub>2</sub> va 91% N<sub>2</sub>; 2 – 24% SO<sub>2</sub> va 76% N<sub>2</sub>; 3 – 56% SO<sub>2</sub> va 44% N<sub>2</sub>; 4 – 9% SO<sub>2</sub> 9% O<sub>2</sub> va 82% N<sub>2</sub>; 5 – 24% SO<sub>2</sub> 16% O<sub>2</sub> va 60% N<sub>2</sub>; 6 – 56% SO<sub>2</sub> 31% O<sub>2</sub> va 13% N<sub>2</sub>.

**Gaz fazada azot oksidlarining kislorod bilan oksidlanishi.** Azot oksidlari sulfat kislotaga faqat NO va NO<sub>2</sub> ning ekvimolekulyar nisbatidagina yaxshi absorbsiyalanadi. Azot oksidlarining yuqori yoki quyi darajada oksidlanganligi (ekvimolekulyar nisbatiga solishtirilganda) yuttirish minoralarida azot oksidlarining yetarlicha absorbsiyalanmasligiga va bu esa ularning chiqindi gazlari bilan atmosferaga yo'qotilishiga olib keladi. Shuning uchun nitroza jarayonida azot oksidlarining oksidlanish darajasi chuqur nazorat qilinadi va boshqariladi. Azot oksidlarining oksidlanish darajasini boshqarish oksidlash minorasida gazning bo'lish vaqtini o'lchash yoki mahsulot minorasining ishlash tartibi (oksidlash minorasi bo'lmaganda) orqali amalga oshiriladi.

Azot oksidlarining muvozanatli oksidlanish darajasini:

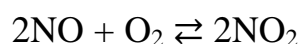
$$K_p = \frac{p_{NO}^2 p_{O_2}}{p_{NO_2}^2} = P \frac{(1-X)^2 (n-mX)}{X^2 (1-mX)} p_{NO_2}^2$$

formula bilan aniqlanadi. Bu yerda:  $p_{NO}$ ,  $p_{O_2}$ ,  $p_{NO_2}$  – gaz fazasidagi NO, O<sub>2</sub> va NO<sub>2</sub> ning parsial bosimi, atm;  $P$  – gazning umumiy bosimi, atm;  $X$  – NO ning muvozanatli oksidlanish darajasi, massa qism;  $n$  – 1 m<sup>3</sup> gazdagi kislorod hajmi, m<sup>3</sup>;  $m$  – 1 m<sup>3</sup> gazdagi NO hajmi, m<sup>3</sup>.

Ma'lum haroratdagi va boshlang'ich gazlar aralashmasining belgilangan tarkibidagi NO ning oksidlanish darajasini aniqlash uchun bu tenglamaga

$$\lg K_p = -\frac{2692}{T} + 1,75 \lg T + 0,00484T - 7,144 \cdot 10^{-6} T^2 + 3,062$$

formula bo'yicha topilgan harorat uchun  $K_r$  kattaligini qo'yish kerak. 200°C dan past haroratda NO, O<sub>2</sub> va NO<sub>2</sub> gazlar aralashmasi muvozanatida NO miqdori juda kamdir. Shuning uchun nitroza jarayonida NO<sub>2</sub> ning dissotsiatsiya tezligi juda kam deb hisoblash mumkin va NO ning oksidlanish tezligini:



reaksiyasi bo'yicha hisoblashda qaytar reaksiya tezligini hisobga olmaslik mumkindir. Bunda NO ning X darajasigacha oksidlanishi uchun kerakli vaqt  $\tau$  sharoiti:

$$2kP\tau = \frac{2,303}{(n-m)^2} \left[ \frac{X(n-m)}{2,303m(1-X)} + \lg \frac{1-X}{1-\frac{mX}{n}} \right]$$

tenglama bo'yicha topilishi mumkin. Bu yerda:  $k$  – NO ning oksidlanish reaksiyasi tezlik konstantasi.

Bu yerdan barcha azot oksidining yarmi ( $X=0,5$ ) oksidlanishi uchun ketadigan vaqt:

$$\tau = \frac{2,303}{(n-m)^2 kP} \left[ \frac{n-m}{2,303m} + \lg \left( 2 - \frac{m}{n} \right) \right]$$

ni tashkil etadi.

**Minorali tizim jihozlari.** *Minoralar.* Minorali tizimning asosiy jihozlari – to'ldirgich bilan to'ldirilgan (skrubberli) minoralar hisoblanib, ularning o'lchami minorali tizimning unumdorligiga bog'liq holda turlichadir: diametri 4-14 m, balandligi 14-18 m bo'ladi. Hozirgi paytda ko'pincha diametri 5,5 m va balandligi 16 m bo'lgan minoralar ham ishlatilmoqda.

Barcha minoralar – po'latdan tayyorlangan, ichki qismi andezit, beshtaunit yoki sopol bilan himoyalangan bo'ladi. 5.6-rasmda halqa shaklidagi to'ldirgichli niqoblangan po'lat minora tasvirlangan. Pastki kolosnik (to'ldirgichni tutib

turuvchi panjara) osti qismidagi niqob qalinligi 300 dan 450 mm gacha, kolosnikli panjara ustki qismida esa – 120 mm dan 250 mm gacha bo‘ladi. Denitratsiya va mahsulot minoralaridagi niqob boshqa minorali tizimlardagiga nisbatan katta qalinlikda bo‘ladi, chunki ularga nisbatan yuqori haroratli gaz keladi. Minora tomi armaturali kislotabardosh betondan tayyorlanadi.

*Minora to‘ldirgichlari.* Gazning suyuqlik bilan iloji boricha to‘la to‘qnashishini ta‘minlash uchun minoralar to‘ldirgichlar bilan to‘ldiriladi. To‘ldirgichli minoralarda gaz suyuqlik bilan namlangan to‘ldirgichlarning sirtida to‘qnashadi, ochiq minoralarda esa – changlanadigan suyuqlikning mayda tomchilari sirtida to‘qnashadi.

Minoralar ishining samaradorligi birmuncha to‘ldirgich turiga va uning joylanish usuliga hamda to‘ldirgichsiz minoralarda esa suyuqlikning changlanish va taqsimlanish darajasiga bog‘liqdir. Turli xil shakldagi to‘ldirgichlar ishlatiladi. To‘ldirgich shakllarini tanlash har bir o‘tkaziladigan jarayon xususiyatidan kelib chiqib belgilanadi.

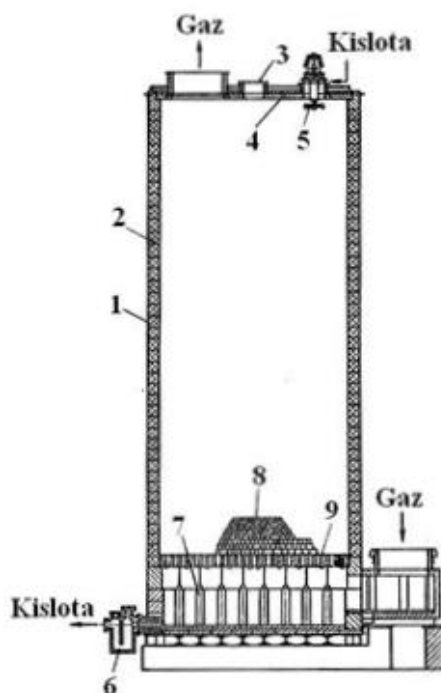
To‘ldirgich sifatini tavsiflaydigan asosiy ko‘rsatkichlar quyidagilardan iboratdir:

- 1) solishtirma sirt yuzasi to‘ldirgich 1 m<sup>3</sup> hajmdagi to‘ldirgichning sirt yuzasi (m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> da);
- 2) erkin hajmi to‘ldirgich 1 m<sup>3</sup> hajmdagi to‘ldirgichning gaz o‘tadigan bo‘shliq hajmi (m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup> da); bu ko‘rsatkich to‘ldirgichning gidravlik qarshiligini aniqlaydi;
- 3) hajmiy massa (kg/m<sup>3</sup> da);
- 4) kislotabardoshligi;
- 5) arzonligi.

5.7- va 5.8-rasmlarda sulfat kislota sanoatlarida qo‘llanilayotgan to‘ldirgichlar turlari tasvirlangan.

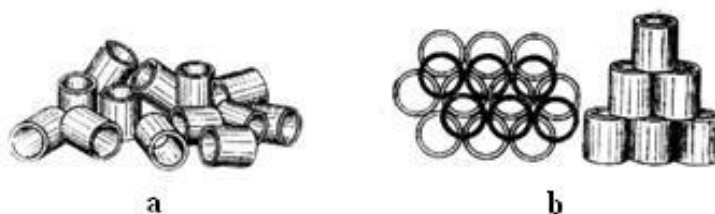
Minoraning to‘ldirgich to‘ldirilgan balandligi N ning uning ichki diametri D ga nisbati (N/D) 2-3 dan kam bo‘lmasligi va 6-8 dan katta bo‘lmasligi lozimdir. N/D nisbat kichik yoki katta bo‘lganda suyuqlik taqsimlanadigan to‘ldirgichni bir

xilda namlamaganligi sababli ko‘pincha absorbsiyani kerakli darajada to‘la amalga oshirilishiga erishib bo‘lmaydi.



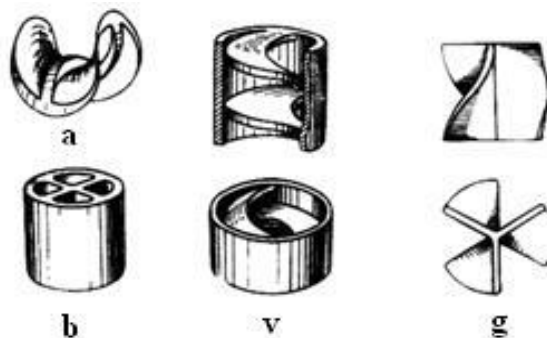
**5.6-rasm. Niqoblangan po‘lat minora:**

1 – po‘lat korpus; 2 – niqob; 3 – lyuk; 4 – armaturali kislotabardosh betondan tayyorlangan tom qismi; 5 – changlatuvchi quvur; 6 – gidravlik zatvor; 7 – kolosnik panjara kolonnalari; 8 – to‘ldirgich; 9 – kolosniklar.



**5.7-rasm. Minoralarning halqali to‘ldirgichi:**

a – to‘kib qo‘yilgan; b – taxlangan.



**5.8-rasm. Har xil shakldagi keramik to‘ldirgichlar:**

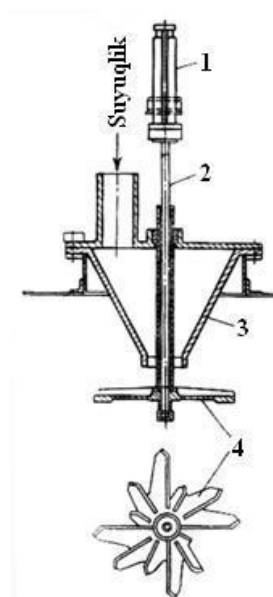
a – egarsimon to‘ldirgich; b – to‘r teshikli halqa; v – spiralli halqa; g – propellerli to‘ldirgich.



Suyuqliklarni uzatish uchun taqsimlash qurilmalari. Minoralarning, shuningdek, barcha minorali tizimning me'yorida ishlashi nafaqat taqsimlanadigan kislota miqdoriga, balki minora ko'ndalang kesimi bo'yicha kislotaning bir xilda taqsimlanishiga ham bog'liqdir.

Minoraning ko'ndalang kesimi bo'yicha taqsimlanadigan kislotani taqsimlash uchun juda ko'p turdagi qurilmalar ishlatiladi.

Zamonaviy korxonalarda minora tomining markaziga o'rnatiladigan markazdan qochma sachratqichlar keng ko'lamda ishlatilmoqda (5.9-rasm).

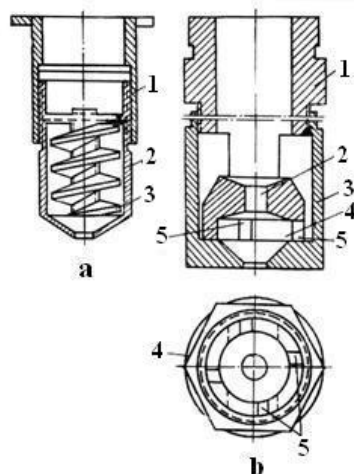


### 5.9-rasm. Markazdan qochma sachratqich:

1 – aylanma harakatlantirgich; 2 – val; 3 – kislota uchun kamera; 4 – minora tomi; 5 – parrakli taqsimlagich.

Keyingi yillarda nitrozali usul bilan sulfat kislota ishlab chiqarishda minoralarga suyuqlikni taqsimlash uchun mexanik forsunkalar juda keng miqyosda ishlatilmoqda. Ularning asosiy afzalligi shundaki, qurilmalar sodda ishlangan va kislota bir xilda taqsimlanadi. 5.10-rasmda ichki qismi bo'sh minoralarda suyuqlikni sachratuvchi mexanik forsunkalarning ikki turi tasvirlangan.

*Kislota sovutgichlari.* Sulfat kislota ishlab chiqarishda ko'p miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi, uni samarali ajratib olish sanoat sharoitida muhim ahamiyatga egadir. Kontakt va nitroza jarayonlari asosiy bo'limlarining harorat rejimi kislota sovutgichlarining ishi bilan belgilanadi.

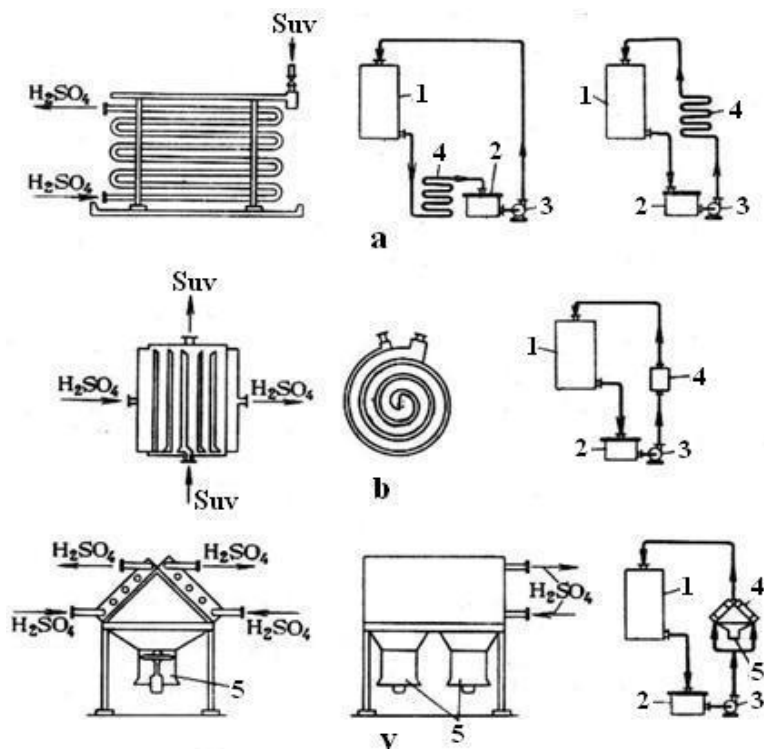


### 5.10-rasm. Mexanik forsunkalar:

a: 1 – stakan; 2 – korpus; 3 – vint

b: 1 – vkladish; 2 – vkladishning markaziy teshigi; 3 – forsunka korpusi; 4 – aralashish kamerasi; 5 – vkladish chambaragining kesimi.

Sulfat kislota ishlab chiqarish sanoatlarida turli xildagi: ko‘tarma, suyuqlikni taqsimlash, quvurli va boshqa kislota sovutgichlari ishlatiladi. 5.11-rasmda bunday sovutgichlarning sxemalari ko‘rsatilgan.



### 5.11-rasm. Kislota sovutgichlari:

a – suyuqlik taqsimlanuvchi; b – spiralli; v – havoli

1 – minora; 2 – yig‘gich; 3 – nasos; 4 – sovutgich; 5 – havo ventilyatori.

## 2-§. Minorali tizimning texnologik tartibi (rejimi)

**Minoralar miqdori.** Sulfit angidridni minorali usul bilan qayta ishlash jarayoni xususan ikki bosqichda amalga oshiriladi:

- 1) sulfit angidridni oksidlash va sulfat kislota olish;
- 2) chiqindi gazlaridan azot oksidlarini absorbsiyalash.

Bu bosqichlardan har bir amalda bir necha jarayonlarni qamrab oladi va bir necha minoralarda amalga oshiriladi. Minoralar bo'yicha jarayonlarni alohida-alohida to'la ajratish mumkin emas, chunki har bir minorada asosiy jarayonlar bilan bir vaqtda qo'shimcha jarayonlar ham sodir bo'ladi. Masalan, birinchi minorada sulfat kislotali eritmaning denitratsiyasi bilan birgalikda bir qism sulfit angidridning oksidlanishi sodir bo'ladi. Ikkinchi minorada, ayniqsa, minoraning yuqori qismida sulfit angidrid va azot oksidlarining bir vaqtda oksidlanishi ularning taqsimlanadigan kislotaga absorbsiyasi bilan bir vaqtda sodir bo'ladi. Absorbsiya minorasida azot oksidlarining yutilishi ularning oksidlanishi bilan birgalikda amalga oshadi.

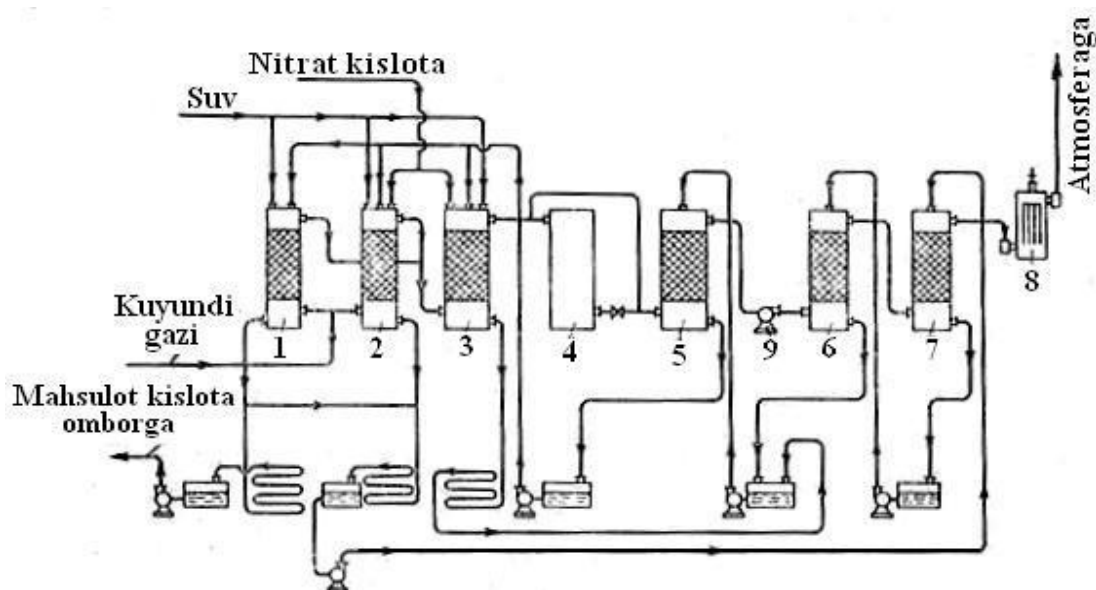
Minorali jarayon nafaqat beshta, balki undan ko'p yoki oz sondagi minoralarda ham o'tkazilishi mumkin. Masalan, oltitadan, yettitadan va xattoki sakkiztadan minoralari bo'lgan minorali tizimlar mavjuddir. Nazariy jihatdan olganda sulfit angidridni qayta ishlashning nitrozali jarayoni bitta minorada yakunlanadigan minorali tizimlarni barpo qilish mumkin. Minoralar soni ortib borishi bilan tizimning texnologik tartibi (rejimi) ancha barqaror holatga keladi, chunki bitta minorada uning buzilishini osonlik bilan oldi olinadi. Tizimda minora qanchalik kam bo'lsa, unda shunchalik doimiy texnologik rejimni o'rnatish qiyin kechadi.

Nitrozali jarayonni o'rganish hamda avtomatik nazorat va boshqarishni kiritish orqali tizimdagi minoralar soni birin-ketin kamaytirila boshlandi. Lekin nitrozali jarayon jadalligining oshishida minoralar miqdorini kamaytirish hamma vaqt ham o'zini oqlamaydi. Minorali tizim jadalligi ( $\text{kg/m}^3$  da) barcha minoralar hajm yig'indisining birligida sutkasiga olinadigan sulfat kislotasi (100%  $\text{H}_2\text{SO}_4$

hisobidagi) miqdori bilan tavsiflanadi. Shuning uchun qayta jihozlanayotgan minorali tizimlarda yuqori jadallikka va nitrat kislotasini kam sarflanishiga erishish uchun yettita minora, tizim oxirida esa – chiqindi gazlaridan sulfat kislotasini ushlab qolish uchun elektrofiltr o‘rnatish ko‘zda tutilgan (5.12-rasm).

Qaynoq kuyundi gazi parallel holatda birinchi mahsulot minorasi hisoblangan ikkita bir xil minora – denitrator 1 va konsentrator 2 ga keladi. Bu minoralardan chiqadigan gazlar bitta umumiy oqimga qo‘shiladi va ikkinchi mahsulot minorasi 3 ga yuboriladi. Shundan keyin gaz oksidlovchi hajm – minora 4 va uchta absorbsiya minoralari 5-7 dan o‘tadi.

Gaz oxirgi absorbsiya minorasi 7 dan sulfat kislotasi tomchilari va bug‘larini tutib qolish uchun siklon – tomchi ushlagichga yoki elektrofiltr 8 ga yuboriladi, so‘ngra esa quvur orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi. Minorali tizim orqali gazlarni aralashtirish uchun birinchi absorbsiya minorasi 5 va ikkinchi absorber 6 orasiga o‘rnatilgan ventilyator 9 xizmat qiladi. Shunday qilib, minora 1-5 lar vakuum ostida, minora 6,7 lar va elektrofiltr 8 bosim ostida ishlaydi.



**5.12-rasm. Zamonaviy yetti minorali tizim tasviri:**

1 – denitratsiya minorasi (denitrator); 2 – birinchi mahsulot minorasi (konsentrator); 3 – ikkinchi mahsulot minorasi; 4 – ichki qismi bo‘sh oksidlash minorasi (oksidlash hajmi); 5–7 – absorbsiya minoralari (absorberlar); 8 – elektrofiltr; 9 – chiqindi gaz ventilyatori.

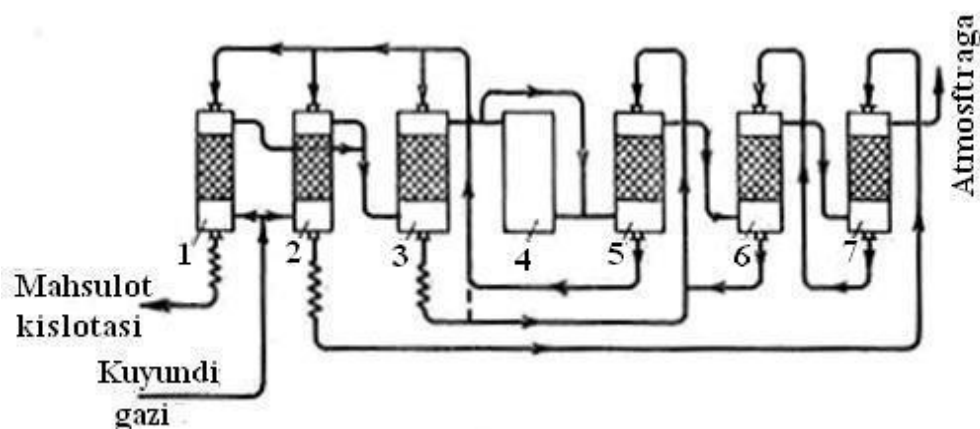
Tizimning boshida qo‘shimcha minora o‘rnatish, ulardan biri (minora 1) da azot oksidlari miqdori minimal (0,03%) bo‘lgan mahsulot sulfat kislotasi,

ikkinchisi mahsulot minorasi 2 da esa – oxirgi absorbsiya minorasi 7 ni suyuqlikni taqsimlash uchun beriladigan nisbatan kam denitrozalangan (0,5% gacha azot oksidlari bo‘lgan) sulfat kislotasi olish imkoniyatini yaratadi. Absorbsiya minorasi 7 uchun taqsimlashga beriladigan kislotada 0,5% gacha azot oksidlarining bo‘lishi, unda azot oksidlarining absorbsiyalanishiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatmaydi, kislotada miqdori esa talab etiladigan minorani suyuqlikni taqsimlash zichligini hosil qilish uchun yetarlidir. Bundan tashqari, ikkinchi mahsulot minorasi kislotasining konsentratsiyasi birinchi minoranikiga nisbatan yuqori bo‘ladi. Ma’lumki,  $H_2SO_4$  konsentratsiyasining ortishi bilan minorali tizim oxiridagi azot oksidlarining absorbsiyasi yaxshilanadi.

Keltirilgan sxema bo‘yicha ikkinchi mahsulot minorasi 3 da  $SO_2$  ning oksidlanishi yuqori tezlikda sodir bo‘ladi, chunki bu minora konsentrlangan nitroza suyuqligi taqsimlanadi. Tizim oxirida qo‘shimcha absorbsiya minorasi 7 ning o‘rnatilishi, asosan sanitar va ekologik talablar bo‘yicha chiqindi gazlarini azot oksidlaridan yetarlicha tozalash imkoniyatini yaratadi. Shuning uchun bu minorani *sanitar minora* deb ham ataladi.

**Suyuqlikni taqsimlash tizimi.** Suyuqlikni taqsimlashning umumiy tizimi, ya’ni minoralar bo‘yicha kislotaning uzatilishi tizimning texnologik rejimiga va minoralar miqdoriga bog‘liqdir.

Etti minorali (ichki qismi bo‘sh bo‘lgan oksidlash minorasi bilan) suyuqlikni taqsimlash tizimining tasviri 5.13-rasmda ko‘rsatilgan.



**5.13-rasm. Yetti minorali tizimdagi suyuqlikni taqsimlash tizimining tasviri (minoralarni belgilash 5.12-rasmdagi kabidir).**

Ikkala (5.12- va 5.13-rasm) sxemada ham konsentrlangan va denitrolangan sulfat kislota minora-konsentrator 2 dan oxirgi absorbsiya minorasi 7 ni suyuqlikni taqsimlashga uzatiladi, buning natijasida azot oksidlarining yuqori darajada yutilishi ta'minlanadi. Maksimal miqdordagi azot oksidlari tutgan kislota (minora 5 dan) mahsulot minoralari 2 va 3 ni suyuqlikni taqsimlanadi, bu sulfit angidrid oksidlanishini yuqori tezlikda borishini ta'minlaydi.

Agar mahsulot minorasi 2 dan keladigan kislota miqdori oxirgi absorbsiya minorasi to'ldirgichlarini to'la namlash uchun yetarli bo'lmasa, absorber 7 dan chiqadigan kislotaning bir qismi uni o'zini suyuqlikni taqsimlashga qaytariladi, ya'ni oxirgi absorbsiya minorasi qisman «o'z-o'ziga» suyuqlik taqsimlanadi.

**Suyuqlikni taqsimlash zichligi.** Elektroenergiyani iqtisod qilish uchun suyuqlikni taqsimlash zichligi minimal bo'lishi, lekin to'ldirgichlarni to'la namlash uchun yetarli bo'lishi kerak. Kerakli darajadagi minimal suyuqlikni taqsimlash zichligini to'ldirgich sirt yuzasidan va bu yuzani namlaydigan kislota plyonkasi qalinligidan kelib chiqib hisoblash mumkin. Laboratoriya ma'lumotlariga ko'ra, minimal suyuqlikni taqsimlash zichligi  $3-4 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{soat})$  ni tashkil etadi. Sanoat sharoitida suyuqlikni taqsimlash zichligi birmuncha kattadir –  $10-15 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{soat})$  ni tashkil qiladi, chunki hozirda qo'llanilayotgan kislota sachratqichlari minoraning barcha ko'ndalang kesimi bo'yicha kislotani bir xilda tekis taqsimlanishini ta'minlay olmaydi, suyuqlikni taqsimlash zichligi ortishi bilan esa kislotaning bir xilda taqsimlanmasligi kamayadi. Bundan tashqari, suyuqlikni ortiqcha taqsimlash zichligi mahsulot zonasida unga yetarlicha miqdordagi azot oksidlari berilishiga olib keladi.

Suyuqlikni taqsimlash zichligi juda katta bo'lganda minoralarning «tiqilib qolishi» kuzatiladi – to'ldirgichda gazning o'tishi uchun erkin bo'shliq shunchalik kamayadi, bu esa suyuqlik qatlami orasidan gazning ko'pchib chiqishiga olib keladi.

Suyuqlikni taqsimlash zichligidan tashqari, *suyuqlikni taqsimlash takroriyli*gi atamasi ham ishlatiladi. Suyuqlikni taqsimlash takroriyli deganda barcha minoralarga taqsimlanadigan kislotaning umumiy miqdorini tayyor

mahsulot miqdoriga nisbati tushuniladi. Suyuqlikni taqsimlash qaytaligi moddiy balans ma'lumotlari bo'yicha aniqlanadi va u odatda 30-50 ni tashkil etadi. Suyuqlikni bir xil taqsimlash zichligida tizim qanchalik jadallik bilan ishlasa, suyuqlikni taqsimlash takroriyliigi shunchalik kam bo'ladi. Jadalligi kam tizimlarda suyuqlikni taqsimlash zichligini yetarlicha hosil qilish uchun uning takroriyliigi, minorani qisman «o'z-o'ziga» suyuqlikni taqsimlanishi orqali oshiriladi.

**Taqsimlanadigan kislota konsentratsiyasi.** 5.13-rasmdan ko'rinadiki, minoralarga taqsimlanadigan kislota bitta umumiy siklda aylanadi: absorbsiya minorasidan kislota mahsulot minorasiga taqsimlash uchun yuboriladi, so'ngra kislotaning bir qismi oxirgi absorbsiya minorasiga taqsimlash uchun, qolgan qismi esa tayyor mahsulot omboriga yuboriladi. Shuning uchun minorali kislotaning konsentratsiyasini tanlash nafaqat texnologik omillar orqali, balki kislota iste'molchilari talabiga, uni tashish sharoitlariga va boshqalarga qarab aniqlanadi.

Davlat standartlari talablariga muvofiq, minorali kislota konsentratsiyasi 75%  $H_2SO_4$  dan kam bo'lmasligi lozimdir. Bunday kislotaning kristallanish harorati  $-51^{\circ}C$  ga teng, shuning uchun qish faslida tashish va saqlashda uni amalda muzlab qolishi kuzatilmaydi.

Minorali sulfat kislota zavodlarida sifati bo'yicha ko'pchilik iste'molchilar talabini qanoatlantiruvchi va tashish uchun anchagina qulay nisbatan yuqori konsentratsiyali kislota ham ishlab chiqarilishi mumkin. Lekin  $H_2SO_4$  konsentratsiyasi ortishi bilan birinchi minora (denitrator) da kislotaning denitratsiya darajasi yomonlashadi, mahsulot minoralarida esa  $SO_2$  ning oksidlanish tezligi pasayadi va hokazo.

Minoralarga quyi konsentratsiyali (75%  $H_2SO_4$  dan kam) kislotani taqsimlash azot oksidlarining absorbsiyalanishini yomonlashishiga va ularning yo'qotilishining ortishiga olib kelganligi sababli maqsadga muvofiq emasdir. Bundan tashqari, konsentratsiya 75%  $H_2SO_4$  dan kam bo'lganda, kislota po'lat va cho'yan jihozlar korroziyalanishini kuchaytiradi.

Ayrim zavodlarda denitratsiya minorasida nisbatan yuqori konsentratsiyali kislota olish uchun denitrator oz miqdordagi kislota taqsimlanadi; kislota qaynoq

kuyundi gazi bilan qizdiriladi va 90-91%  $H_2SO_4$  konsentratsiyagacha bug'latiladi. Ammo bu texnologik jarayonni murakkablashtiradi va shuning uchun ayrim hollardagina amalda qo'llaniladi.

**Suyuqlikni taqsimlash harorati va nitrozaliligi.** Kislota harorati va nitrozaliligi qanchalik yuqori bo'lsa, sulfid angidridning nitrozaga absorbsiya tezligi shunchalik katta bo'ladi. Shuning uchun mahsulot minoralarida taqsimlanadigan kislota harorati va nitrozaliligini nisbatan yuqori darajada ushlab turish maqsadga muvofiqdir. Ammo mahsulot minoralari absorbsiya minoralaridan keladigan kislota taqsimlanadi, ular harorati va nitrozaliligining ortishi bilan azot oksidlarining yutilishi yomonlashadi. Shunga bog'liq holda minimali jarayonda taqsimlanadigan kislota maqbul (optimal) harorati va nitrozaliligi tanlanishiga to'g'ri keladi.

Oxirgi absorbsiya minorasiga taqsimlanadigan kislota harorati iloji boricha past bo'lishi kerak; u muzlatgichga taqsimlash uchun beriladigan sovituvchi suv harorati bilan aniqlanadi. Texnologik me'yorlar bo'yicha tizim oxirgi minorasiga taqsimlanadigan kislota harorati  $40^{\circ}C$  dan ortmasligi kerak. Bunda azot oksidlari absorbsiyasi uchun yaxshi sharoit yaratiladi, mahsulot minoralari harorat rejimiga oxirgi absorbsion minoradan keladigan kislota harorati sezilarsiz darajada ta'sir ko'rsatadi.

Birinchi absorbsiya minorasiga taqsimlanadigan kislota  $45-55^{\circ}C$  haroratga ega bo'ladi. Azot oksidlarining absorbsiyasi va suv bug'ining kondensatsiyasi natijasida ajraladigan issiqlik hisobiga kislota  $15-20^{\circ}C$  ga qiziydi va birinchi absorberdan chiqishda  $60-75^{\circ}C$  haroratga ega bo'ladi. Kislota shu haroratda denitratorga va mahsulot minoralariga taqsimlashga keladi. Denitratsiya minorasidan chiqadigan kislota harorati, asosan, undagi  $H_2SO_4$  konsentratsiyasi va denitratorga beriladigan kuyundi gazining haroratiga bog'liqdir. Bu harorat qanchalik yuqori bo'lsa, sulfat kislota shunchalik ko'p dinitratsiyalanadi va shunchalik ko'p denitratsiyalangan kislota olinadi, bu oxirgi absorbsiya minorasi ishi uchun muhim ahamiyatga egadir.



Mahsulot minorasiga taqsimlanadigan kislotaning nitrozaliligi sulfid angidridni sulfat kislotaga to'la qayta ishlanishini amalda ta'minlashi kerak: oxirgi mahsulot minorasidan chiqadigan gazdagi SO<sub>2</sub> miqdori 0,2% dan oshmasligi lozim. Suyuqlikni taqsimlash nitrozaliligi ortishi bilan minoralardagi SO<sub>2</sub> ni qayta ishlash jadalligi ortadi. Shuning uchun zamonaviy minerali tizimlarda mahsulot minorasiga taqsimlanadigan kislotaning nitrozaliligi 15-16% ga yetadi. Lekin kislota nitrozaliligining ortishi bilan SO<sub>2</sub> ni qayta ishlash jadalligi ma'lum chegaragacha ortadi, unga yetgach, jadallik o'zgarmay qoladi. Shunday qilib, sanoat sharoitida kislota nitrozaliligini haddan tashqari oshirib yuborish ham maqsadga muvofiq emas, chunki ortiqcha nitrozalilik chiqindi gazlari bilan azot oksidlari yo'qotilishining ortishiga olib keladi.

Kislota aylanishi (taqsimlanadigan kislota miqdori), harorat va taqsimlanadigan kislota nitrozaliliga azot aylanishi, ya'ni mahsulot zonasida gaz fazasiga ajraladigan azot oksidlari miqdori (1 t mahsulotga to'g'ri keladigan HNO<sub>3</sub> kg hisobida) bog'liqdir. Minerali tizimlarda ularning jadalligi sutkasiga 200-250 kg/m<sup>3</sup> ga yetadi, azot aylanishi esa 700-900 kg/t ni tashkil etadi.

Azot aylanishi kislotaning taqsimlanish miqdori va nitrozaligi bilan bog'liq quyidagi nisbat bilan aniqlanadi:

$$G_{HNO_3} = \frac{\sum G_k N_k - \sum G_u N_u + B}{Q}$$

bu yerada:  $G_k$  va  $G_{ch}$  – mahsulot minorasiga kiradigan va undan chiqadigan nitroza miqdori, kg/soat;  $N_k$  va  $N_{ch}$  – kiradigan va chiqadigan nitrozalardagi HNO<sub>3</sub> miqdori, birlik ulushda;  $V$  – yo'qotishni to'ldirish uchun tizimga beriladigan HNO<sub>3</sub> miqdori, kg/soat;  $Q$  – 100% li H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> hisobida tizim unumdorligi, t/soat.

Azot aylanishini oshirish, ya'ni taqsimlanadigan kislota harorati va nitrozaliligini haddan ziyod oshirish gaz fazasiga qo'shimcha azot oksidlarining ajralishiga olib keladi, bu esa absorbsiya mineralari ish sharoitini yomonlashtiradi.

**Azot oksidlarini absorbsiyaga tayyorlash.** Hisoblashlar va amaliy tajribalarning ko'rsatishicha, bir vaqtda NO ning oksidlanishi va N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ning sulfat kislotaga absorbsiyalanishining borishi ikkala jarayon tezligini ham pasaytiradi.

Agar dastlab NO ni  $N_2O_3$  ga oksidlansa, so'ngra azot oksidlarini yuttirish jarayoni amalga oshirilsa, azot oksidlarining oksidlanish tezligi anchagina ortadi.

Minorali tizimda azot oksidlari ichki qismi bo'sh bo'lgan minoralarda oksidlanadi. Absorbsiya minoralarida ham azot oksidlarining oksidlanishi davom etadi. Absorbsiya minoralarida azot oksidlari yutilish tezligini kamayishiga olib keladigan keragidan ko'p miqdordagi NO oksidlanishini oldini olish uchun oksidlash hajmida (minorasida) NO va  $NO_2$  ekvimolekulyar nisbatiga nisbatan oz miqdordagi NO ni  $NO_2$  ga oksidlanadi. Absorbsiya minoralarida NO ning qo'shimcha oksidlanishi natijasida ekvimolekulyar nisbatdagi NO va  $NO_2$  ning yutilish jarayoni uchun qulash sharoitga erishiladi.

Minorali jarayonda azot oksidlarining talab etiladigan oksidlanish darajasiga bu jarayonni amalga oshirish uchun belgilanadigan maxsus oksidlash minorasiz ham erishish mumkin. Buning uchun mahsulot minorasida shunday tartib o'rnatish lozimki, bunda oxirgi mahsulot minorasida nafaqat  $SO_2$  ni oksidlash yakunlanishi, balki NO ni kerakli darajagacha oksidlash ta'minlanishi lozimdir.

**Minorali tizimning issiqlik balansi.** Minorali tizimning sovutgichlar bilan birgalikdagi issiqlik balansi quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:

$$Q_k + Q_r + Q_{\text{suyult.}} + Q_{\text{kond.}} = Q_{\text{ch}} + Q_s + Q_y$$

Bu yerda:  $Q_k$  va  $Q_{\text{ch}}$  – kiradigan va chiqadigan gazning entalpiyasi;  $Q_r$  –  $H_2SO_4$  olish reaksiyasining issiqligi;  $Q_{\text{suyult.}}$  – mahsulot kislotasining belgilangan konsentratsiyasigacha  $H_2SO_4$  ni suyultirish issiqligi;  $Q_{\text{kond.}}$  – gaz bilan kiradigan gazning kondensatsiya issiqligi;  $Q_s$  – sovitgich suv bilan chiqib ketadigan issiqlik;  $Q_y$  – tashqi muhit bo'yicha tizimda yo'qotiladigan issiqlik.

5.1-jadvalda tarkibida 7 va 9,5%  $SO_2$  tutgan kuyundi gazini 1 t  $H_2SO_4$  ga qayta ishlashdagi issiqlik balansi keltirilgan. Kiradigan gazning harorati  $350^\circ\text{C}$ , namligi esa 5% ga teng. Tizimdan chiqadigan gaz harorati  $35^\circ\text{C}$  da, mahsulot kislotasining konsentratsiyasi 76%  $H_2SO_4$  deb olingan.

Jadvaldan ko'rish mumkinki, 1 t  $H_2SO_4$  olishda sovitgichlarda suv bilan qariyb 4000 mj (1 mln kkal) issiqlik chiqarib olinishi kerak. Issiqlik uzatish tenglamasiga muvofiq, sovitishga beriladigan kislota harorati qanchalik yuqori bo'lsa,

sovitgichlardagi kerakli darajadagi issiqlik almashinish yuzasi shunchalik bo‘ladi. Bu shuni bildiradiki, mahsulot minorasidan chiqadigan kislotadan barcha issiqlikni ajratib olinsa va uni to‘la sovutish agentiga uzatilsa sovutish tizimi samarador bo‘ladi. Agar absorbsiya minorasi «o‘zini-o‘ziga» suyuqlik taqsimlasa va unga sovitgichlar o‘rnatilgan bo‘lsa, talab etiladigan sovutish yuzasi birmuncha kattalashadi.

5.1-jadval

**1 t H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> olish tizimining issiqlik balansi**  
(kuyundi gazi tarkibida 7 va 9,5% SO<sub>2</sub> bo‘ladi)

Issiqlik kirimi	Miqdori, mj		Issiqlik chiqimi	Miqdori, mj	
	7,0% SO <sub>2</sub>	9,5% SO <sub>2</sub>		7,0% SO <sub>2</sub>	9,5% SO <sub>2</sub>
Kuyundi gazi bilan .....	1550	1150	Gaz bilan chiqib ketadigan .....	120	90
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> olish issiqligi .....	2300	2300	Sovitgich suv bilan chiqib ketadigan .....	3880	3510
Suv bug‘ining kondensatsiya issiqligi .....	150	150			
<b>Hammasi:</b>	<b>4000</b>	<b>3600</b>	<b>Hammasi:</b>	<b>4000</b>	<b>3600</b>

**Topshiriq.** Birinchi minoraning issiqlik balansini hisoblang.

*Boshlang‘ich ma‘lumotlar:*

Minorali tizim unumdorligi A, t/soat H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	10
Gazning harorati, °C:	
minoragi kirishda t <sub>n</sub> .....	350
minoradan chiqishda t <sub>k</sub> .....	100
Minoraga taqsimlanadigan kislota miqdori, m <sup>3</sup> /soat .....	45
Taqsimlanuvchi kislota konsentratsiyasi, % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	75 (61,2% SO <sub>3</sub> )
Kislota harorati, °C:	
minoraga taqsimlanadigan t <sub>n</sub> .....	50
minoradan chiqadigan t <sub>n</sub> .....	130
Minorada oksidlanadigan SO <sub>2</sub> ulushi, z .....	0,2
Minoraga kiradigan gazdagi oltingugurtdan foydalanish darajasi, η .....	0,94

**Chiqindi gazlarini zararsizlantirish. Azot oksidlarini ajratib olish.** Azot oksidlarining bir qismi (0,25% yoki 4,7 g/m<sup>3</sup> gacha) absorbsiya minorasidan chiqadigan gaz tarkibida ham qoladi. Bunday katta miqdordagi azot oksidlari

tutgan gazlarni atmosferaga chiqarib yuborish ekologik va sanitar me'yorlariga ziddir, bundan tashqari, buning natijasida ko'p miqdordagi nitrat kislota yo'qotiladi. Shuning uchun chiqindi gazlari maxsus usulda azot oksidlaridan tozalanadi.

Chiqindi gazlarini azot oksidlaridan tozalashning eng samarador usuli – gazni konsentrlangan sulfat kislota bilan qayta ishlashdir. Buning uchun tashqaridan yoki denitratsiya minorasidan olinadigan kislota hisobiga to'ldirilgan va «o'z-o'ziga» suyuqlik taqsimlaydigan sanitar absorbsiya minorasi o'rnatiladi.

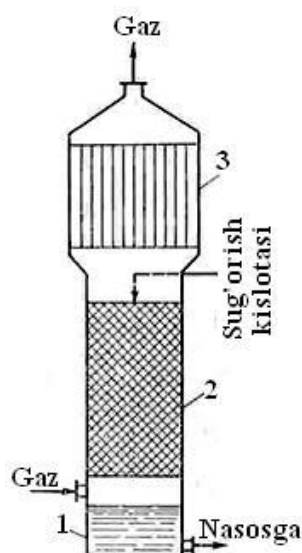
***Sulfat kislota tomchilari va bug'larini ajratib olish.*** Chiqindi gazlarida, shuningdek, sulfat kislotasi taqsimlanadigan minoralardan gazlar bilan chiqib ketadigan ma'lum miqdordagi  $H_2SO_4$  tomchilari ham bo'ladi. Tomchilarni ushlab qolish uchun chiqindi gazlari siklon-tomchi ushlagichlarga yuboriladi.

Chiqindi gazlari tarkibida, bundan tashqari, denitratsiya va konsentratsiya minoralarida kuyundi gazini sovitishda hosil bo'ladigan sulfat kislotali bug' ham bo'ladi.

Ko'pchilik minorali zavodlar chiqindi gazlarining  $1\text{ m}^3$  da 5 g sulfat kislota bug'i bo'ladi.

Chiqindi gazlaridan bug' va tomchilarni ajratib olish uchun minorali zavodlarda elektrofiltrlar o'rnatiladi. Ayrim zavodlarda elektrofiltr oxirgi absorbsiya (sanitar) minorasining yuqori qismiga o'rnatilgan. Bu jihoz (5.14-rasm) po'lat minora ko'rinishida bo'lib, yuqori qismi kengaytirilgan va ichki qismi kislota chidamli g'ishlar bilan muhofazalangan bo'ladi. Minoraning pastki qismi kislota yig'gichi hisoblanadi, o'rta qismiga halqali sopol to'ldirgich joylashtirilgan, yuqoridagi kengaytirilgan qismiga esa elektrofiltrning po'lat quvurlari joylashtirilgan. Jihoz to'ldirgichlariga minora-denitrator yoki minora-konsentratoridan keladigan sovitilgan sulfat kislota taqsimlanadi.

Minorali tizim me'yorida ishlaganda chiqindi gazlaridagi  $SO_2$  miqdori 0,1-0,2% ni tashkil qiladi; bunday gazlarni maxsus tozalashsiz baland quvur orqali (quvur balandligi hisoblashlar orqali belgilanadi) atmosferaga chiqarib yuborilishi mumkin.



**5.14-rasm. Minorali tizimda chiqindi gazlarini tozalash uchun jihoz:**

1 – kislotaga yigʻgichi; 2 – toʻldirgich; 3 – elektrofiltr.

***Nazorat uchun savollar:***

1. Nitrozali usulning mohiyatini tushuntiring.
2. Minorali usul bilan sulfat kislotasi ishlab chiqarishning texnologiyasini tushuntiring.
3. Nitroza jarayonining fizik-kimyoviy asoslari ayting.
4. Azot oksidlarini sulfat kislotasi bilan absorbsiyalash qanday amalga oshiriladi?
5. Azot oksidlarining xossalari ayting.
6. Azot oksidlarining absorbsiya tezligi qanday boʻladi?
7. Sulfit angidridning nitrozaga absorbsiyasi qanday amalga oshadi?
8. Sulfit angidridning nitroza bilan oksidlanish jarayonini tushuntiring.
9. Nitrozadan azot oksidlarini yoʻqotish (denitratsiya) usullarini koʻrsating.
10. Gaz fazada azot oksidlarining kislorod bilan oksidlanish jarayonini tushuntiring.
11. Minorali tizimda minoralar miqdori qanday belgilanadi?
12. Sanitar minora deganda nima tushunasiz?
13. Minoralarga suyuqlikni taqsimlash tizimi qanday tashkil etiladi?
14. Suyuqlikni taqsimlash zichligi qanday amaliy ahamiyatga ega?
15. Suyuqlikni taqsimlash takroriyli nima? Uning ahamiyati qanday?
16. Nima uchun minorali tizimda nisbatan yuqori konsentratsiyali (75%  $H_2SO_4$  dan yuqori) kislotasi ishlab chiqarilmaydi?
17. Nima uchun minorali tizimlarda taqsimlanadigan kislotaning maqbul (optimal) harorati va nitrozaliligi tanlanadi?
18. Azot oksidlarini absorbsiyaga tayyorlash qanday amalga oshiriladi?
19. Minorali tizimning issiqlik balansi qanday hisoblanadi?
20. Chiqindi gazlarini zararsizlantirish usullarini ayting.

## *VI-bob*

### **SULFAT KISLOTANI KONSENTRLASH**

#### **1-§. Sulfat kislotani konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslari**

**Sulfat kislotani konsentrlashning maqsadi va mohiyati.** Sulfat kislota ko'p miqdorda suv tortib oluvchi vosita sifatida, masalan, nitrat kislotani konsentrlashda, organik sintezning ko'pgina jarayonlarida, portlovchi moddalar ishlab chiqarishda, gazlarni quritishda va hokazolarda ishlatiladi. Bunda oz miqdorda bo'lsa ham sulfat kislota sarflanib ketadi (sanoatdagi yo'qotish), asosan u jarayondan suyultirilgan (kuchsiz) kislota tarzida chiqib ketadi. Bunday kislotani konsentrlanadi va sanoat sikliga qaytariladi yoki boshqa iste'molchilarga yuboriladi. Konsentrlangan sulfat kislota yetishmaganda esa tarkibida 75%  $H_2SO_4$  bo'lgan nisbatan kuchsiz minorali kislota ham konsentrlanishi mumkin.

Ko'pchilik hollarda suv tortib oluvchi sulfat kislota nafaqat suyuladi, balki jarayon paytida turli xil qo'shimchalar bilan ifloslanadi. Masalan, portlovchi moddalar ishlab chiqarishda chiqindi sulfat kislota tarkibida nitrat kislota, nitrobirikmalar, smolalar kabi qo'shimchalar bo'ladi; spirtlar ishlab chiqarishda chiqindi kislotada turli xil uglevodorodlar uchraydi. Chiqindi kislota tarkibidagi qo'shimchalar undan olinadigan konsentrlangan kislota sifatini pasaytiradi, ko'pincha esa, konsentrlash jarayonini qiyinlashtiradi. Bunday hollarda chiqindi kislotani iloji boricha oldindan qo'shimchalardan tozalashga harakat qilinadi.

$HNO_3$  qo'shimchalari odatda sulfat kislotasini bug' bilan denitratsiyasi yo'li bilan yo'qotiladi, nitrobirikmalar va smolalar esa tindirish va ekstraksiyalash orqali ajratiladi. Ayrim hollarda, kislotani qo'shimchalardan tozalashning imkoni bo'lmasa va u konsentrlash uchun yaroqsiz bo'lsa, uni suyultirilgan (kuchsiz) kislota sifatida undagi qo'shimchalar jarayonga ta'sir ko'rsatmaydigan sohalarda (masalan, superfosfat ishlab chiqarishda) ishlatiladi yoki sulfat kislota  $SO_2$  ga parchalanadi.

Sulfat kislotani konsentrlash jarayoni qizdirilganda undan namlikni yo'qotilishidan iboratdir; ko'pchilik hollarda kislota qaynoq gazlar bilan qizdiriladi. Gazdan kislotaga issiqlik uzatish usuliga bog'liq holda konsentrlash uchun jihozlarni ikkita guruhga bo'lish mumkin: qaynoq gazlar va kislota to'g'ridan-to'g'ri to'qnashuvi bilan amalga oshadigan jihozlar hamda tashqi qizdirgichli jihozlar, ularda issiqlik to'siq orqali uzatiladi. To'siq orqali issiqlik uzatishda konsentrlash jarayoni atmosfera bosimida yoki vakuumda amalga oshiriladi.

**Sulfat kislotani konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslari.** Sulfat kislota suvli eritmaları qizdirilganda hosil qilinadigan gaz fazaning tarkibi va suyuq fazaning tarkibi bir xil bo'lmaydi – gaz fazasi tarkibida suyuq fazaga nisbatan ko'p miqdordagi suv bo'ladi. Shuning uchun sulfat kislota suvli eritmaları qizdirilganda gaz fazasiga sulfat kislotaga nisbatan ko'p miqdordagi suv bug'i o'tadi, buning natijasida  $H_2SO_4$  konsentratsiyasi ortadi. Gaz va suyuq fazalardagi sulfat kislota konsentratsiyalarining nisbati umumiy bug' bosim hamda sulfat kislota va suv bug'ining to'yingan bug' bosimlari kattaliklari bo'yicha hisoblanishi mumkin (1-bob).

1.3-rasmdan (1-bob) ko'rinadiki, sulfat kislota konsentratsiyasi ortishi bilan suyuq va gaz fazalaridagi  $H_2SO_4$  miqdorlari orasidagi farq kamayadi. Masalan, agar 80% li sulfat kislota bug'lari tarkibida ozginagina  $H_2SO_4$  bo'lsa, 90% li sulfat kislota ustidagi bug'da  $H_2SO_4$  konsentratsiyasi taxminan 10% ga yetadi, 98,3% li sulfat kislota esa suyuq va gaz fazasining tarkibi bir xil bo'ladi. Bundan ko'rinadiki, sulfat kislota eritmasi bug'latilganda uning konsentratsiyasi 98,3%  $H_2SO_4$  gacha muntazam ortadi va keyingi qizdirish natijasida o'zgarmay qoladi. Shunday qilib, sulfat kislota eritmasini 98,3%  $H_2SO_4$  dan yuqori konsentratsiyagacha bug'latib bo'lmaydi.

98,3%  $H_2SO_4$  dan yuqori konsentratsiyali bo'lgan sulfat kislota (ya'ni monogidrat va oleum) ustidagi gaz fazasining tarkibi ham suyuq faza tarkibidan farqlanadi; gaz fazasi tarkibida suyuq fazaga nisbatan  $H_2SO_4$  va  $SO_3$  konsentratsiyasi kattaroq bo'ladi. Shuning uchun yuqori konsentratsiyali sulfat

kislota va oleumni bug‘latish jarayonida  $H_2SO_4$  miqdori eritmada kamayadi va 98,3% ga yetganda o‘zgarmay qoladi.

**Sulfat kislotani konsentrlash issiqligi.** Sulfat kislotani konsentrlashda ikkita asosiy jarayon sodir bo‘ladi: issiqlikning kislotaga uzatilishi va suvning bug‘lanishi. Issiqlikning sarflanishi quyidagi bandlardan iborat bo‘ladi:

$Q_1$  – kislotani boshlang‘ich haroratdan konsentrlash haroratigacha qizdirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik;

$Q_2$  – suyultirilgan sulfat kislotadan suvni yo‘qotish uchun kerak bo‘ladigan degidratatsiya issiqligi (differensial suyultirish issiqligiga teng qiymatli);

$Q_3$  – yo‘qotiladigan suv bug‘lanishiga sarflanadigan issiqlik (bug‘ hosil bo‘lish issiqligi);

$Q_4$  – atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik.

Sulfat kislota eritmasi bug‘latilganda suvning bug‘lanishi bilan bir paytda  $H_2SO_4$  ning yo‘qotilishiga olib keladigan uning bug‘lanishi ham sodir bo‘ladi. Eritmada  $H_2SO_4$  miqdori qanchalik ko‘p bo‘lsa, bug‘lanadigan sulfat kislota miqdori ham shunchalik ko‘p bo‘ladi. Zamonaviy konsentrlash qurilmalarida bu miqdor nisbatan katta emas. Shuning uchun umumiy issiqlik balansida sulfat kislota bug‘lanish issiqligi odatda hisobga olinmaydi.

Sulfat kislota eritmasini qizdirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdorini quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$Q = G(H_2 - H_1)$$

bu yerda:  $G$  – qizdiriladigan kislota miqdori, kg;  $H_1$  va  $H_2$  – 1 kg kislota  $0^\circ C$  dan boshlang‘ich harorati  $t_1$  gacha va konsentrlash harorati  $t_2$  gacha qizdirish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik miqdori, kkal/kg.

Kislotadan suvni yo‘qotish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q_2 = 272 \left[ \frac{100 - a}{150 - a} - \frac{100 - b}{150 - b} \right]$$



bu yerada:  $Q_2$  – suvni yo‘qotish uchun kerak bo‘ladigan issiqlik (1 kg  $H_2SO_4$  hisobida), kJ (yoki kkal);  $a$  – kislotaning boshlang‘ich konsentratsiyasi, %  $H_2SO_4$ ;  $b$  – kislotaning oxirgi konsentratsiyasi, %  $H_2SO_4$ .

$Q_2$  nisbatan aniqroq bug‘latish sodir bo‘ladigan haroratni hisobga olgan holda aniqlanadi:

$$Q_2 = \left[ \frac{412M_2 + 76}{M_2 + 0,35} + \frac{(0,585M_2 + 0,164)(t-15)}{M_2 + 0,235} \right] - \left[ \frac{412M_1 + 76}{M_1 + 0,35} + \frac{(0,585M_1 + 0,164)(t-15)}{M_1 + 0,235} \right]$$

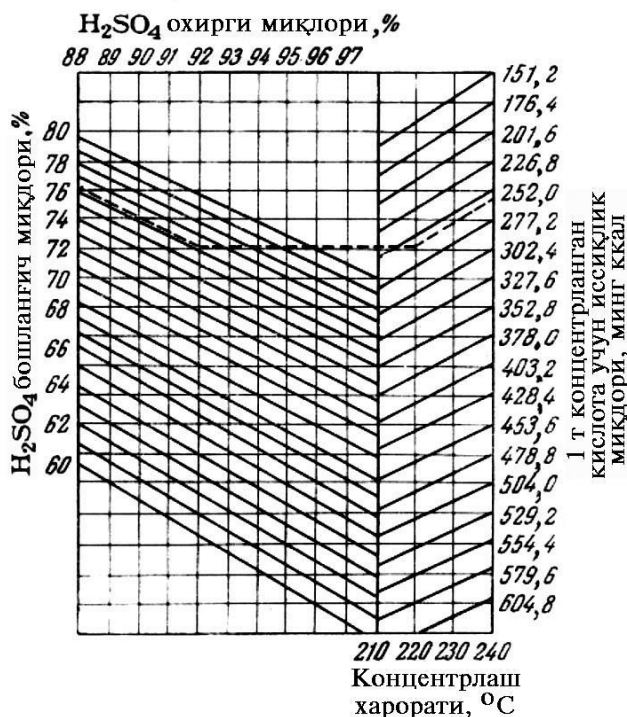
bu yerda:  $M_1$  – boshlang‘ich kislotadagi suv va  $H_2SO_4$  miqdorlarining nisbati;  $M_2$  – oxirgi (konsentrlangan) kislotadagi suv va  $H_2SO_4$  miqdorlarining nisbati.

Suvning bug‘lanish issiqligi (1 kg bug‘langan  $H_2O$ ) quyidagi formula bilan hisoblanishi mumkin:

$$Q_3 = 83,9\sqrt{365 - t} \text{ kkal}$$

bu yerda:  $t$  – bug‘latish harorati,  $^{\circ}C$ .

Atrof-muhitga yo‘qotiladigan issiqlik  $Q_4$  konsentrlash qurilmasining tuzilishiga, uning ishlash rejimiga, unumdorligiga va boshqalarga bog‘liqdir.



**6.1-rasm. Kislotani konsentrlash uchun umumiy issiqlik miqdorini aniqlash nomogrammasi.**

Suyultirilgan sulfat kislota bilan yo‘qotilishi kerak bo‘lgan suv miqdori (kg da) quyidagi formula bo‘yicha hisoblanadi:

$$G = 100B \left( \frac{1}{a} - \frac{1}{b} \right)$$

bu yerda:  $V$  – olinadigan konsentrlangan kislota miqdori, kg.

Konsentrlash uchun talab etiladigan issiqlikning umumiy miqdori (yo‘qotilish hisobga olinmaganda), nomogramma bo‘yicha ham aniqlanishi mumkin (6.1-rasm).

Nomogramma bo‘yicha faqatgina taxminiy sarflanadigan issiqliknigina aniqlash mumkin, lekin bu ishlab chiqarish amaliyoti aniqligi uchun yetarlidir.

## 2-§. Sulfat kislota konsentrlash

**Qaynoq gazni kislota bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri to‘qnashishi orqali konsentrlash.** Qaynoq gazni kislota bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri to‘qnashishi orqali konsentrlash jihozlarida issiqlik almashinishning yaxshi sharoiti yaratiladi; bunday jihozlarda harorat konsentrlanadigan kislota qaynashigacha yetkazilmaydi, jihozlar sodda va kerakli tejamkor.

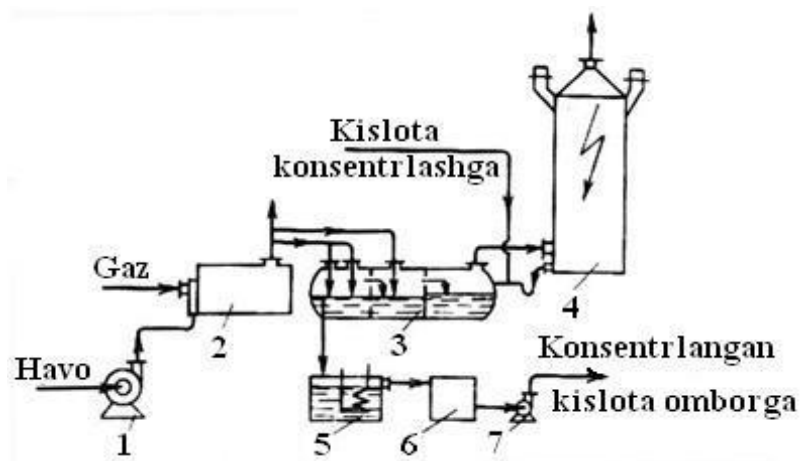
Ushbu turdagi eng sodda qurilmada yoqilg‘ini yondirish natijasida olingan qaynoq gaz ikkita ichki qismi bo‘sh minoradan birin-ketin o‘tadi, so‘ngra, tomchi va bug‘ni tutib qolish uchun filtrdan o‘tib, atmosferaga chiqarib yuboriladi. Suyultirilgan (kuchsiz) sulfat kislota dastlab ikkinchi (gaz harakati bo‘yicha) minoraga beriladi, u yerda dastlabki konsentrlash jarayoni amalga oshadi, so‘ngra esa to‘la konsentrlash uchun birinchi minoraga o‘tadi. Ayrim shunday turdagi qurilmalarda to‘ldirgichli minoralar ishlatiladi, bu esa issiqlik almashinish sharoitini yaxshilaydi.

Lekin bayon etilgan minorali qurilmalar unumdorligi kamdir va keyingi yillarda yuqori unumdorlik bilan ishlaydigan tejamkor barbotajli konsentratlar ishlatish yo‘lga qo‘yilgan.

**Barbotajli konsentrat qurilmasi.** Bunday qurilma o‘txona 2 va gorizontal silindr (baraban) shaklidagi uchta kameraga vertikal to‘siqlar bilan

ajratilgan konsentrator 3 dan iboratdir (6.2-rasm). Kuchsiz sulfat kislota uchinchi kameraga (gaz harakati bo'yicha) tushadi va ichki kameralar bo'yicha uchinchidan ikkinchiga va so'ngra birinchiga to'siqlar osha oqib tushadi. O'txonadan keladigan qaynoq gaz birin-ketin quvur va tirsaklar bo'yicha harakatlanadi va konsentratorning har bir kamerasidagi kislota qatlamlari orqali barbotajlanadi. Bunda gaz va kislotaning yaqin tutashuvi hosil qilinadi, shu sababli ular orasida jadal issiqlik almashinuvi sodir bo'ladi. Kislota kameradan kameraga oqib o'tishda doimo qizib boradi, uning ustidagi bug' bosimi ortadi, suv bug'lanadi va kislotadagi  $H_2SO_4$  konsentratsiyasi ortadi.

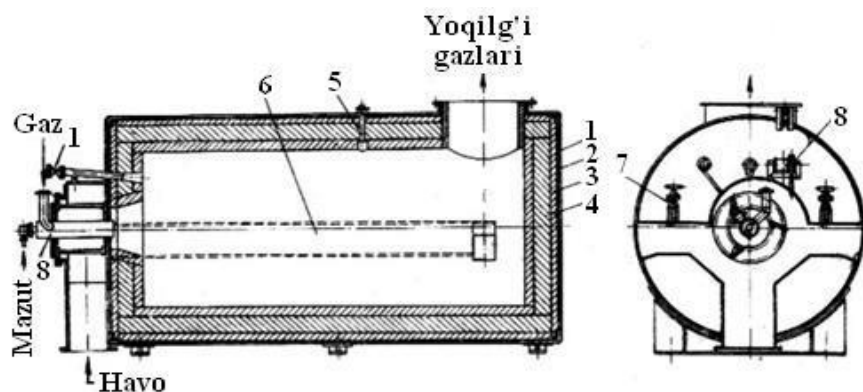
Birinchi kamerada kislota harorati  $230-250^{\circ}C$  ga, uning konsentratsiyasi esa 93-95%  $H_2SO_4$  ga yetadi. Shuning uchun bu kamerada suv bilan bir paytda sulfat kislota ham bug'lanadi. Issiqlik almashinish jadal borganligi sababli birinchi kameradan chiqadigan gaz  $H_2SO_4$  bug'lari bilan ( $50 \text{ g/m}^3$  gacha) to'yingan bo'ladi. Ikkinchi kamerada suyultirilgan sulfat kislota ustidagi to'yingan suv bug'ining bosimi bu kameraga kiradigan gazdagiga nisbatan yuqori bo'ladi. Shuning uchun bu yerda suv bug'lanadi va buning oqibatida kislota birmuncha konsentrlanadi.  $H_2SO_4$  ning to'yingan bug' bosimi kiradigan gaznikiga nisbatan bir necha yuz marta kichik bo'ladi, shu tufayli ikkinchi kamerada sulfat kislota kondensatlanadi. Madomiki shunday ekan, bu kamerada kislota harorati va konsentratsiyasi nisbatan past, bu yerda vujudga keladigan sulfat kislota bug'larining to'yinishi S qariyib 80 ni tashkil etadi, ya'ni kritik to'yinishdan anchagina yuqori bo'ladi ( $150^{\circ}C$  haroratda kritik to'yinishi  $S_{kr.} = 3,8$  ga teng). Shuning uchun ikkinchi kamerada sulfat kislota bug'larining asosiy qismi bo'shliqda tuman hosil qilib kondensatlanadi. Bu kameradan chiqadigan gazdagi tumanning miqdori (gaz oqimi bilan birga chiqib ketadigan kislota tomchilarini hisobga olmaganda)  $40 \text{ g/m}^3$  ni tashkil etadi. Sulfat kislotali tuman va tomchilarini ajratib olish uchun gaz konsentratoridan elektrofiltr 4 ga yuboriladi. Unda tutib qolingan kislotali kondensat konsentratorga qaytariladi. Birinchi kameradan chiqarib olinadigan konsentrlangan sulfat kislota sovutgich 5 orqali yig'gich 6 ga tushadi, u yerdan omborga jo'natiladi.



**6.2-rasm. Barbotajli konsentrator qurilmasining tasviri:**

1 – havo purkagich; 2 – o‘txona; 3 – barbotajli konsentrator; 4 – elektrofiltr; 5 – kislota sovutgich; 6 – kislota yig‘ichi; 7 – nasos.

**Barbotajli konsentrator qurilmasining jihozlari.** *Barbotajli konsentrator o‘txonasi* po‘lat baraban ko‘rinishida bo‘lib (tashqi diametri 3 m, uzunligi 6 m), asbest bilan o‘ralgan va ichki qismi qizil g‘isht qatlami bilan hamda ikki qavat o‘tga chidamli g‘isht qatlamlari bilan himoyalangan (umumiy himoya qatlami 440 mm ga teng) bo‘ladi (6.3-rasm). Havo vetilyator orqali po‘lat qutiga beriladi, undan o‘txonaning oldingi devoridagi markaziy tirqish orqali u yoqish bo‘shlig‘iga o‘tadi va ikki yondagi kanallar 6 orqali yoqish bo‘shlig‘ining orqa qismiga keladi. O‘txonada havoning taqsimlanishi shunday boshqariladiki, bunda birinchi kameraga kiradigan o‘txona gazlarining harorati 800-900°C chegarasida bo‘ladi.



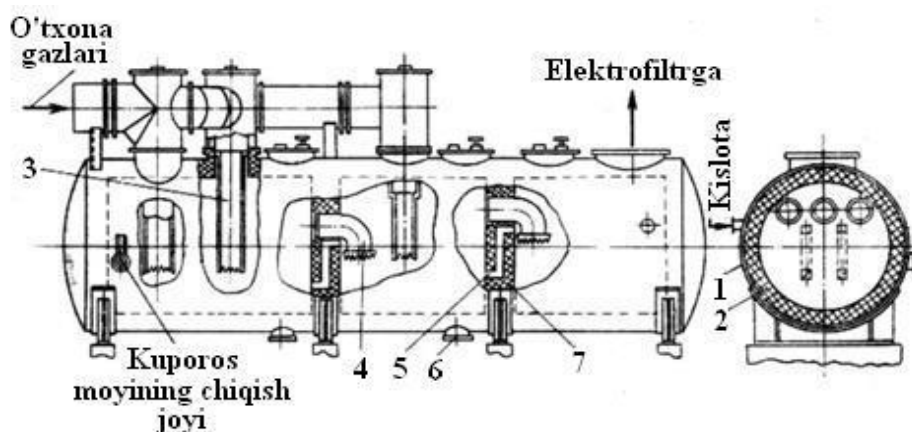
**6.3-rasm. Barbotajli konsentrator o‘txonasi:**

1 – po‘lat g‘ilof; 2 – asbest; 3 – qizil g‘isht qatlami; 4 – o‘tga chidamli g‘isht qatlami; 5 – termopara uchun g‘ilof; 6 – ikkilamchi havo uchun kanal; 7 – jo‘mrak; 8 – forsunka.

Gaz yoki suyuq yonilg‘i forsunka 8 ning o‘txona bo‘shlig‘iga beriladi, u yerga shuningdek po‘lat quti orqali havo kiradi. O‘txonadagi harorat 1100-1200°C

ni tashkil etadi, ammo kondensatorning birinchi kamerasiga kiradigan gaz harorati 800-900°C da bo'lishi kerak. Shuning uchun o'txona oxiridagi chiqishda gazning harorati kanal 6 orqali harakatlanadigan havo bilan pasaytiriladi. Gaz o'txonadan cho'yan gaz o'tkazgich orqali kondensatorga yuboriladi. Mazut, tabiiy yoki neft gazi yondirilganda o'txonaning issiqlik kuchlanishi ortiqcha havo koeffitsienti 1,15 bo'lganda 1 m<sup>3</sup> o'txona gaziga 800-1000 mj/soat (200-250 mln kal/soat) ni tashkil etadi. Yoqilg'ini yondirish shunday boshqariladiki, bunda o'txona gazlari tarkibida to'la yonmagan mahsulotlar bo'lmasligi kerak, chunki ular sulfat kislota bilan to'qnashib, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ni SO<sub>2</sub> ga qaytarishi, shuningdek tayyor mahsulot tashqi ko'rinishini yomonlashtirib uning sifatini buzishi mumkin.

**Barbotajli konsentrator.** Barbotajli konsentrator qalinligi 12 mm po'lat listdan gorizontall silindr shaklida payvandlangan ko'rinishda bo'ladi (5.4-rasm). Silindrning tashqi diametri 3 m, uzunligi 10,5 m ga tengdir. U ichki tomondan kislotabardosh materiallar bilan himoyalangan (himoya qalinligi 290 mm) bo'ladi. Himoya qatlami quyidagicha tayyorlanadi: metall yuzasi dastlab diabazit zamaska qatlami, so'ngra ikki qatlam diabazit plitka bilan berkitiladi, shundan so'ng sirt yuzaga asbest qatlami beriladi va kislotabardosh g'isht bilan himoyalanaadi.



**6.4-rasm. Barbotajli konsentrator:**

- 1 – po'lat korpus; 2 – himoya qavat; 3 – barbotaj quvuri; 4 – barbotaj tirsak; 5 – kislota uchun kanal; 6 – tozalash uchun lyuk; 7 – to'siq.

Konsentrator g'ishtli to'siqlar bilan uchta kameralarga bo'lingan: birinchi kamera uzunligi 3,65 m, ikkinchisi – 2,65 m, uchinchisi esa – 2,7 m ni tashkil

qiladi. Har bir to'siqda ikkitadan kanal bo'lib, ular orqali kameradan kameraga kislota o'tadi. Konsentratorning yuqori qismida gazlarning kirishi va chiqishi uchun shtutser va jihozni tozalash uchun lyuk joylashgan.

Birinchi kameraga uchta, ikkinchisiga esa bitta barbotaj quvurlari 3 o'rnatilgan. Birinchi kameradagi barbotaj quvurlari xromli po'latdan tayyorlangan va pastki qismiga gazni kislotada yaxshi taqsimlanishi uchun tishchalar joylashtirilgan. Ikkinchi kameradagi barbotaj quvuri ikki qismdan iborat: yuqorigi qismi xromli cho'yandan va pastki qismi ferrosilisiddan tayyorlangan. Gazning bir kameradan boshqasiga o'tishi uchun to'siqlarda uchtdan ferrosilisidli barbotaj tirsaklar 4 bo'ladi.

O'txonadan chiqadigan qaynoq gaz birinchi kameraga (taxminan 60%) va ikkinchi kameraga bir vaqtda keladi. Kameralar bo'yicha gazning taqsimlanishi konsentratorning ikkinchi kameradagi barbotaj quvuriga biriktirilgan har xil diametrdagi halqalar yordamida amalga oshiriladi.

**Elektrofiltr.** Barbotaj konsentratoridan chiqadigan gazdagi tomchi va tumanni tutib qolish uchun ishlatiladigan KT turidagi elektrofiltr kvadrat yoki aylana kesimli kamera ko'rinishida bo'lib, ichki qismi kislotabardosh materiallar bilan himoyalangan bo'ladi. Cho'ktiruvchi elektrodlar – ichki diametri 0,25 m va uzunligi 4 m bo'lgan ferrosilisiddan tayyorlangan quvurlar hisoblanadi. Tojsimon elektrodlar mahsus halqachalar biriktirilgan alohida ferrosilisidli a'zolaridan iborat zanjir shaklida tayyorlanadi.

Elektrofiltr kesimi bo'yicha gazning bir tekisda taqsimlanishi uchun uning pastki qismida tirqishli alohida ferrosilisidli bo'linmadan iborat taqsimlash plitasi bo'ladi.

**Barbotajli konsentrator ish rejimi.** Konsentratorga keladigan o'txona gazining harorati ortishi bilan gazdan kislotaga issiqlikning uzatilish jadalligi ortadi, natijada konsentrator unumdorligi ortadi. Lekin, gaz haroratining haddan tashqari yuqori bo'lishi birinchi kameradagi barbotaj quvurida gazning tez ajralishiga olib keladi, buning oqibatida kislotaning termik parchalanishi natijasida

uning yo‘qotilishini oshiradi. Shuning uchun o‘txona gazlarining harorati konsentratorga kirishda 800-900°C chegarasida ushlab turiladi.

Konsentratorga kiradigan gaz tarkibida yoqilg‘ining chala yonish mahsulotlari bo‘lmasligi kerak, aks holda sulfat kislotaning yo‘qotilishi bunda ham ortadi. Bundan tashqari, yoqilg‘ining chala yonishi oqibatida undan samarali foydalanib bo‘lmaydi va shunday qilib, tayyor mahsulot tannarxi ortadi.

Bundan ko‘rinadiki, o‘txonaga beriladigan havo va yoqilg‘i miqdorlarining nisbati yog‘ilg‘ini to‘la yonishini va o‘txona gazlari yetarlicha yuqori haroratga erishishini ta‘minlashi kerak.

Uch kamerali barbotajli konsentratorning taxminiy rejimi:

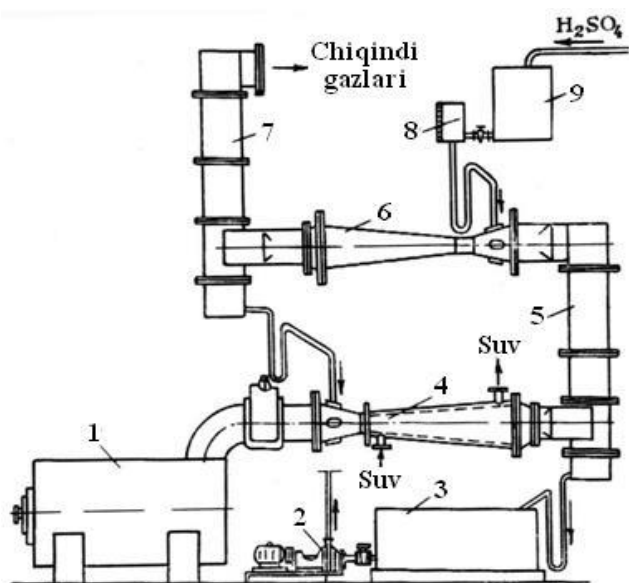
Kamera .....	1-chi	2-chi	3-chi
Gazning harorati, °C:			
kirishda .....	820	255	185
chiqishda .....	255	185	153
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> konsentratsiyasi, %:			
kirishda .....	80	76	68
chiqishda .....	94	80	76
Kamerada kislotaning harorati, °C .....	250	163	140
O‘txonadan oldin havo bosimi, mm.sim.ust. ....	1000	–	–

O‘txona gazlari berish bilan uch kamerali konsentratordagi faqat birinchi kamerada sulfat kislota bug‘lari elektrofiltrdan oldin 35-40 g/m<sup>3</sup> ni tashkil etadi, ikkinchi kamerada ham qaynoq gaz berilganda esa u 11 g/m<sup>3</sup> gacha kamayadi.

**Venturi quvurli qurilma.** Mavjud konsentratsiyalash qurilmalarining ko‘pchiligida bir necha (10 va undan ortiq) barbotajli konsentratolar o‘rnatilgan, chunki bitta jihozning unumdorligi nisbatan yuqori emas, bunday jihozlarning unumdorligini oshirish ancha mushkuldir – ular anchagina katta va murakkab hisoblanadi. Shu munosabat bilan quvurdagi qaynoq gaz oqimida kislotaning changlanishi bilan ishlaydigan konsentratolarga katta qiziqish ortadi.

Gazning yuqori tezligida va katta sirt yuzada sulfat kislotaning mayda tomchilari hosil bo‘lganligi sababli konsentrlash jarayoni juda jadal suratda sodir bo‘ladi.

6.5-rasmda Venturi quvurlari shakliga ega bo'lgan ikki changlatuvchi jihozdan iborat qurilma tasviri keltirilgan. Venturi quvurlarida xuddi ikki kamerali konsentrator kameralaridagi kabi jarayonlar sodir bo'ladi.



**6.5-rasm. Venturi quvurlarida sulfat kislota konsentrlash jarayonining tasviri:**

1 – o'txona; 2 – nasos; 3 – kislota sovutgichi; 4 – Venturi quvuri (konsentrator); 5,7 – siklon-separatorlar; 6 – Venturi quvuri (tuman tutgich); 8 – me'yorlashtirgich (dozator); 9 – ta'minlash idishi.

Konsentrlash jarayoni quyidagilardan iborat: konsentrlanadigan sulfat kislota ikkinchi (gaz harakati yo'nalishi bo'yicha) Venturi quvuri 6 ga beriladi, u yerda changlanadi va mayda tomchilar tarzida gaz oqimi bilan siklon 7 da ushlab qolinadi, u yerda tomchilar cho'ktiriladi; gaz oqimining tezligi ortishi bilan hosil bo'ladigan tomchi o'lchami kamayadi; gaz tezligi 100 m/sek bo'lganda suyuqlik qariyb 10 mk o'lchamli tomchilarga bo'linadi; quvurning kengaygan qismida gaz oqimining tezligi kamayadi, tomchilar bir-biriga urishib, ularning o'lchami 10-20 mk gacha yiriklashadi; bunday o'lchamdagi tomchilar siklonda ushlab qolinishi uchun yetarlidir; siklonda yig'iladigan sulfat kislota birinchi Venturi quvuri 4 ga tushadi, u yerda barcha kislota changlanadi va gaz oqimi bilan siklon 5 da ushlab qolinadi, u yerda ajratilgan konsentrlangan sulfat kislota sovutgich 3 ga o'tadi.

Kislota tomchilari hosil qiladigan va uni bug'latadigan qaynoq o'txona gazi o'txona 1 dan 950-1000°C haroratda birinchi Venturi quvuri 4 ga keladi. Bu yerda



gaz 220-230°C haroratgacha, ikkinchi quvur 6 da esa – 150°C gacha soviydi. Venturi quvurlarida harakatlanadigan gaz tezligi qariyb 150 m/sek ni, qurilmaning gidravlik tezligi esa 1700-1750 mm suv ust. ni tashkil qiladi. Gazdagi sulfat kislota tumanining miqdori ikkinchi siklon 7 dan keyin (chiqishda) 4-5 g/m<sup>3</sup> ni tashkil etadi, bu uch kamerali kondensatordagiga nisbatan taxminan ikki marta kamdir.

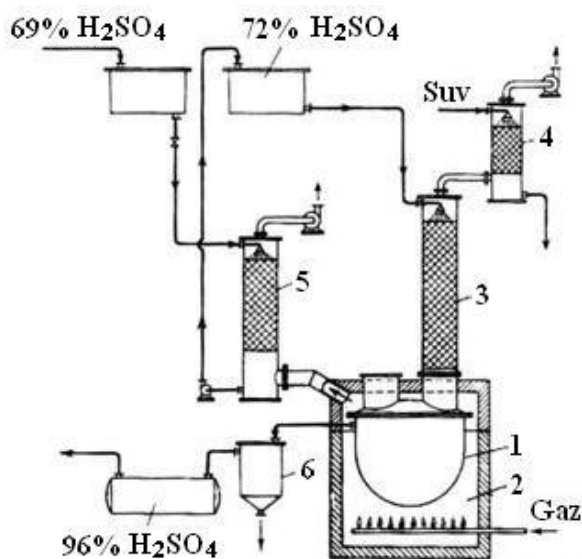
Keltirilgan konsentrlash qurilmasining muhim yutug‘i shundaki, jarayon yuqori jadallikda borganligi sababli barbotajli konsentratorga nisbatan konsentrlanadigan kislota quvurdagi harorati past, kislota qaynoq gaz bilan to‘qnashish vaqti kam bo‘ladi. Bu esa sulfat kislota parchalanish darajasini pasaytiradi, hosil bo‘ladigan tuman miqdorini, shuningdek yoqilg‘i va suv sarfini kamaytiradi.

**Deflegmatsiya prinsipi bo‘yicha ishlaydigan qurilma.** Bunday qurilmalarda kislota konsentrlash yopiq qozonda (retortada) H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmalarini qaynatish, hosil bo‘ladigan bug‘ni bir necha tarelkalardan iborat deflegmatorli kolonnalar orqali ajratib olish yo‘li bilan amalga oshiriladi.

Deflegmatsiya prinsipi bo‘yicha ishlaydigan qurilma tasviri 6.6-rasmda keltirilgan. Konsentrlangan (98% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) sulfat kislota o‘txona gazlari bilan qizdiriladigan kislota chidamli cho‘yandan yasalgan retorta 1 ga quyiladi. Sulfat kislota bug‘lari 9-10 tarelkalardan iborat yoki to‘ldirgichli minora ko‘rinishidagi kislota taqsimlanadigan deflegmator 3 ga ko‘tariladi. Har bir tarelkada pastda joylashgan tarelkalardan chiqadigan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> bug‘larining bir qismi kondensatlanadi. Oxirgi (yuqoridagi) tarelkadan faqat amalda suv bug‘i chiqadi, bu tarelkaga esa 67-70% li kislota beriladi. Suv bug‘i kondensator 4 ga keladi. U yerda bug‘ sovuq suv bilan aralashib kondensatlanadi va suyuqlik kanalizatsiyaga oqiziladi.

Kondensatorda ozgina vakuum hosil bo‘ladi, bu esa tizimning vakuum ostida ishlashini ta‘minlaydi va kislota birmuncha past haroratda qaynaydi, shuning uchun uning parchalanishi bartaraf etiladi. Konsentrlangan kislota qozondan to‘xtovsiz ravishda sovutgich 6 ga tomib turadi, deflegmator 3 ga ta‘minlash idishidan suyultirilgan kislota kelib turadi. Retorta 1 (qozon) dagi aralastirgichning aylanib turishi uning devorlarida cho‘kma hosil bo‘lishini oldini

oladi, shu sababli bunday konsentratordagi ifloslangan kislotalarni ham konsentrlash mumkindir.



### 6.6-rasm. Deflegmatsiya turidagi konsentrlash qurilmasi:

1 – retorta; 2 – o‘txona; 3 – deflegmator; 4 – kondensator; 5 – o‘txona gazlari issiqligidan foydalanish minorasi; 6 – kislota sovutgichi.

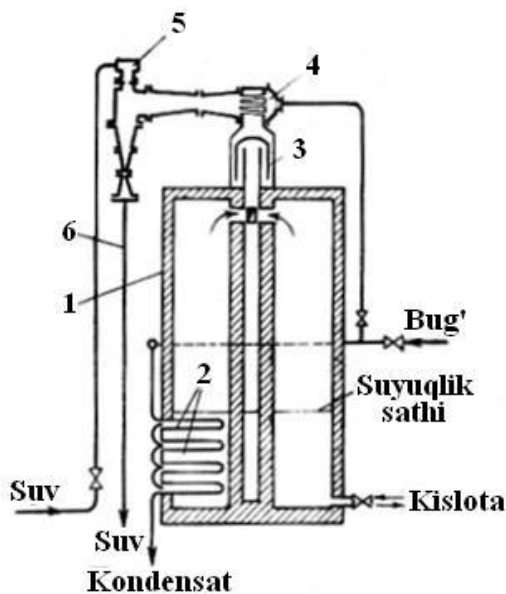
Deflegmatorli qurilmalarda kislotaning qaynoq gaz bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri to‘qnashuvidagiga nisbatan yuqori konsentratsiyali (98%  $H_2SO_4$  gacha) kislota olinadi. Kislotaning yo‘qotilishi (barcha mahsulot kislotasining 1-2% qismi) kamdir, ammo kislotaning qaynoq gaz bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri to‘qnashuvidagi qurilmalarga nisbatan yoqilg‘i sarfi ko‘pdir. Kam unumdorlikka (10-20 t/sutka) ega bo‘lganligi sababli keltirilgan qurilma kam ishlatiladi. Issiqlikdan foydalanishni yaxshilash uchun chiqindi gazlari retortadan to‘ldirgichli minora 5 ga yuboriladi. Bu minoraga konsentrlash uchun yuboriladigan sulfat kislota taqsimlanadi.

**Vakuumda konsentrlash.** Kislota (barcha suyuqliklar singari) vakuumda atmosfera haroratidan anchagina past haroratda qaynaydi. Past haroratda energiya kam sarflanadi, jihozlar korroziyalanishi kamayadi, shuningdek  $H_2SO_4$  yo‘qotilishi ham kamayadi.

Vakuumda, ayniqsa, tarkibida organik qo‘shimchalar bo‘lgan (masalan, kislotali gudrondan ajratilgan) kislotalarni konsentrlash maqsadga muvofiqdir,

chunki vakuumda va past haroratda sulfat kislotaning qaytarilishi anchagina kamayadi.

Davriy ishlaydigan vakuum-bug‘latgichli qurilma tasviri 6.7-rasmda ko‘rsatilgan. Unda suyultirilgan sulfat kislota korpus 1 ga keladi, u yerda kremniyli po‘latdan yasalgan quvurlar 2 bo‘yicha o‘tadigan bug‘ bilan qizdiriladi. Kislotadan ajralib chiqadigan bug‘lar tomchi ushlagich 3 orqali sovutgich 5 (aralashtirish kondensatori) ga so‘riladi, u yerda suv bilan aralashadi, soviydi va kondensatlanadi. Suv bug‘i qanchalik to‘la kondensatlansa va kondensatorga keladigan suvning harorati qanchalik past bo‘lsa, jihozdagi vakuum ham shunchalik katta bo‘ladi. Yanada chuqurroq vakuum hosil qilish uchun bug‘ tomchi ushlagich 3 dan suv oqim-kanalli ejektor 4 bilan so‘rib olinadi. Kondensator barometrik quvur 6 bilan bog‘langan bo‘ladi.



**6.7-rasm. Vakuum-konsentrator tasviri:**

1 – korpus; 2 – bug‘ quvuri; 3 – tomchi ajratgich; 4 – ejektor; 5 – kondensator; 6 – barometrik quvur.

Davriy ishlaydigan vakuum-bug‘latgichli qurilmaning har bir bosqichida 68% li sulfat kislotani bug‘latib 50 t 93% li sulfat kislota olinadi. 50 t sulfat kislotani bug‘latish bitta bosqichining vaqti 12 soatni tashkil etadi.

**Qizdirilgan bug‘ yordamida konsentrlash.** Konsentratonga qaynoq o‘txona gazi o‘rniga 700°C haroratgacha qizdirilgan bug‘ ham berish mumkin. Kislotadan suvning bug‘lanishi natijasida konsentrlash jarayonida bug‘ miqdori

ortadi. Konsentratordan chiqadigan bug‘ qayta qizdiriladi va yana konsentratorga yuboriladi. Bug‘lanadigan suv miqdoriga muvofiq keladigan miqdordagi ortiqcha bug‘ konsentratator qurilmasidan chiqarib olinadi.

**Minorali tizimlarda konsentrlangan sulfat kislota olish.** Minorali tizimlarda nisbatan yuqori bo‘lmagan konsentratsiyali (75%  $H_2SO_4$ ) kislota olinadi. Shuning uchun bu tizimlarda anchagina qimmatbaho hisoblangan mahsulot – yuqori konsentratsiyali sulfat kislota olish imkoniyati katta amaliy ahamiyatga egadir. Minorali sulfat kislotani bug‘latish uchun minorali tizimga keladigan kuyundi gazi issiqligidan foydalanishda bunday imkoniyat paydo bo‘ladi.

Konsentrlangan minorali sulfat kislota ishlab chiqarish yana shuning uchun ham muhimki, bunday kislotani kontaktli tizimga kiritish oleum ishlab chiqarishni 2 marta oshirishi mumkin. Minorali tizimlarda konsentrlangan kislota olish uchun birinchi denitratsiya minorasi uchun taqsimlashga beriladigan kislota miqdorini shunchalik kamaytiriladiki, natijada minoradagi kislota harorati  $200^{\circ}C$  gacha ko‘tariladi. Bunda denitratorning pastki qismida sulfat kislotaning jadallik bilan bug‘lanishi sodir bo‘ladi va uning konsentratsiyasi ortadi.

Tabiiyki, konsentrlangan kislota ishlab chiqarishda minorali tizim ish sharoiti qiyinlashadi, chunki birgina minoraning o‘zida ham kislotaning denitratsiyasi, ham uning konsentrlanishi amalga oshiriladi. Xuddi shu vaqtda sulfat kislota konsentratsiyasi ortishi bilan uning denitratsiyalanish jarayoni tezligi keskin kamayadi, buning natijasida mahsulot minorasining ish hajmi ortadi. Bundan tashqari, birinchi minoraga taqsimlanadigan kislota miqdori kamaytirilganda va bu kislotaning harorati oshirilganda birinchi minorada issiqlik almashinish jarayoni yomonlashadi. Shuning uchun minorali tizimlarda konsentrlangan kislota ishlab chiqarish uchun muhim sharoit birinchi minorada to‘ldirgichlarning katta sirt yuzalarini hosil qilish (1 t/soat mahsulot sulfat kislotasiga  $1500\ m^2$ ), bu to‘ldirgichlarning yetarlicha kislotabardoshligi va termik chidamliligini ta’minlash hisoblanadi.

Minorali tizimlarda konsentrlangan kislota ishlab chiqarishda denitratsiya minorasi suyuqlikni taqsimlash zichligining yetarlicha yuqori bo‘lishi eng muhim

hisoblanadi, chunki bu minoraga taqsimlanadigan kislota miqdori odatdagi sxema bo'yicha tizim ishlagandagiga nisbatan anchagina kam bo'ladi. Suyuqlikni kichik taqsimlash zichligi to'ldirgichlarni tez ifloslanishiga, uning gidravlik qarshiligining ortishiga, gazning kislota bilan to'qnashishining yomonlashishiga va kislotaldagi azot oksidlari miqdorining ortishiga olib keladi. Suyuqlikni taqsimlash zichligi minora diametrini kamaytirish yo'li bilan oshiriladi.

Kuyundi gazining harorati qanchalik yuqori bo'lsa va undagi SO<sub>2</sub> miqdori kam bo'lsa, minorali kislota konsentratsiyasi shunchalik katta bo'ladi. Sulfit anhidrid konsentratsiyasi kamayishi bilan mahsulot birlik ulushiga to'g'ri keladigan gaz hajmi ortadi, buning natijasida kuyundi gazi bilan kiradigan issiqlikning umumiy miqdori ortadi.

Konsentrlangan kislota ishlab chiqarishda kuyundi gazi birinchi minorada nisbatan sekin soviydi, chunki minoraning pastki qismidagi taqsimlanadigan kislota yuqori haroratga (200°C gacha) ega bo'ladi. Bunday sharoitda sulfat kislota bug'lari bilan past darajada to'yinish yuzaga keltiriladi va oz miqdordagi tuman hosil bo'ladi. Shuning uchun konsentrlangan sulfat kislota ishlab chiqariladigan minorali tizimlarda chiqindi gazlarida juda oz tuman bo'ladi va tizim oxiridagi elektrofiltr qurilmasining keragi bo'lmaydi.

#### *Nazorat uchun savollar:*

1. Nima uchun sulfat kislota konsentrlanadi?
2. Konsentrlangan sulfat kislota qanday maqsadlarda ishlatiladi?
3. Chiqindi kislotalarni tozalashning imkoniyati bo'lmasa, uni qanday maqsadda ishlatish mumkin?
4. Sulfat kislotasini konsentrlash jihozlarining qanday guruhlarini bilasiz?
5. Sulfat kislota eritmasi bug'latilganda gaz va suyuq fazalar tarkibi qanday bo'ladi?
6. Yuqori konsentrlangan sulfat kislota va oleum qizdirilganda gaz va suyuq faza tarkibi qanday bo'ladi?
7. Sulfat kislota eritmasini konsentrlashda sarflanadigan issiqlik qanday ko'rinishda bo'lishi mumkin?
8. Sulfat kislotasi eritmasini konsentrlashning umumiy issiqligi qanday hisoblanadi?

9. Qaynoq gazni kislota bilan to‘g‘ridan-to‘g‘ri to‘qnashishi orqali konsentrlash qanday amalga oshiriladi?
10. Barbotajli konsentrator qurilmasida kislota konsentrlash jarayonini tushuntiring.
11. Barbotajli konsentrator qurilmasining qanday jihozlarini bilasiz? Ularning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
12. Barbotajli konsentrator ish rejimi qanday bo‘ladi?
13. Venturi quvurli qurilmaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
14. Deflegmatsiya prinsipi bo‘yicha ishlaydigan qurilmaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
15. Vakuumda kislota konsentrlash qanday amalga oshiriladi?
16. Qizdirilgan bug‘ yordamida konsentrlash qanday amalga oshiriladi?
17. Qanday qilib minorali tizimlarda konsentrlangan sulfat kislota olinadi?

## *VII-bob*

# **SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHDAGI JARAYONLAR NAZORATI, AVTOMATIK BOSHQARISH TIZIMI VA HAYOTIY FAOLIYAT XAVFSIZLIGI**

### **1-§. Ishlab chiqarish nazorati**

Ishlab chiqarish nazoratining vazifasi oʻrnatilgan rejim buzilishini oʻz vaqtida aniqlash, ularni tezda toʻgʻrilash va jarayonning boshqa bosqichidagi meʼyorlar buzilishini oldini olishdan iboratdir.

Nazorat usullarini shartli ravishda: davriy (qoʻlda amalga oshiriladigan) va avtomatik nazorat turlariga boʻlish mumkin. Nazoratning davriy usuli kimyoviy tahlil yoʻllari orqali amalga oshiriladi. Dastlab xomashyo, yarim mahsulotlar, mahsulotlardan namunalar olinadi, soʻngra namunalarni kimyoviy qayta ishlanadi, tegishli hisoblashlar bajariladi va hokazo. Shuning uchun koʻpchilik holatlarda kimyoviy analiz natijalari namuna olingan vaqtdan bir necha soat keyin tayyor boʻladi. Bu paytda barcha uzluksiz jarayonlarda oʻrnatilgan maqbul (optimal) rejimga nisbatan texnologik rejim parametrlarining oʻzgarishini oʻz vaqtida aniqlash sulfat kislota olishda ham va uni konsentrlashda ham muhim ahamiyatga ega boʻladi.

Nazoratning avtomatik usullarida oʻlchashlar toʻxtovsiz amalga oshiriladi. Avtomatik nazorat uskunalari nafaqat koʻrsatadi, balki koʻrsatkichni qayd etib boradi, shuningdek oʻlchanadigan parametrning belgilangan qiymatidan ogʻishi (chetlanishi) haqida signal uchun belgilangan impuls beradi. Bunda koʻrsatkich qayd etilishi uni oʻlchanadigan joydan bir qadar uzoq masofada – distansiyali ham amalga oshirilishi mumkin. Bu esa nazorat maskanidan turib jarayonni boshqarish imkonini beradi. Lekin koʻpgina koʻrsatkichlar boʻyicha oʻlchashning ishonchli avtomatik usullari boʻlmaganligi uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda davriy, xususan, kimyoviy nazorat usullari hali ham koʻp ishlatilmoqda.

**Haroratni o'lchash.** Sulfat kislota ishlab chiqarishda gaz va kislotaning harorati simobli termometrlar, qarshilik termometrlari va termoparalar yordamida o'lchanadi. 500°C gacha bo'lgan haroratni o'lchash uchun *simobli termometrlardan* keng miqyosda foydalaniladi. Sanoat sharoitida haroratni o'lchash uchun *qarshilik termometrlaridan* foydalanish eng qulay hisoblanadi. Ularning ishlash prinsipi metallar harorati o'zgarishi bilan ular elektr o'tkazuvchanligining o'zgarishiga asoslangandir. Qarshilik termometrining asosiy qismi ingichka (misdan, platinadan, mahsus qotishmadan tayyorlangan) sim hisoblanadi, ulaning bir uchi qarshilikni o'lchash uchun uskuna (logomer yoki qarshilik mosti) bilan ulangan bo'ladi; uskunaning o'lchash darajasi yuz gradusli darajaga tegishli bo'limlarga ajratilgan bo'ladi. Simobli termometrغا nisbatan qarshilik termometrining afzalligi shundaki, uzun sim orqali logomer yoki mostni uzoq masofaga, masalan nazorat punktiga joylashtirgan holda o'lchashni amalga oshirish mumkin.

Nisbatan yuqori haroratlar (300-800°C) ni o'lchashda turli xil metall va qotishmalardan tayyorlangan ikkita payvandlangan simlardan iborat *termoparalar* ishlatiladi. Harorat oshganda simlarning payvandlangan joyida («qaynoq» payvand) galvanometr bilan o'lchanadigan elektr toki vujudga keladi, galvanometr klemmalariga termoparaning bo'sh uchi biriktirilgan («sovuq» payvand) bo'ladi. Termopara po'latli, sopol yoki kvarsli himoya gilzasiga joylashtiriladi.

Qarshilik termometrlari va termoparalar katta aniqlikda haroratni o'lchaydi; buning uchun bir necha ko'rsatkichlarni va signallarni avtomatik qayd etadigan va ko'rsatadigan turli xildagi logomerlar, galvanometrlar va potensiometrlar ishlatiladi.

**Bosim va vakuumni o'lchash.** Bosim va vakuum U-simon manometrlar va mikromanometrlar yordamida o'lchanadi. U-simon manometr suv, simob yoki boshqa shunga o'xshash suyuqliklar to'ldirilgan shishadan tayyorlangan quvurcha ko'rinishida bo'ladi; quvurchaning bir uchi gaz o'tkazgichga joylanadi, ikkinchi uchi esa ochiq holatda qoladi. Ortiqcha bosim yoki vakuum bo'lmaganda quvurchaning ikkala ustunidagi suyuqlik sathi bir xil darajada turadi. Agar gaz



o'tkazgichdagi gazlar aralashmasi bosim ostida bo'lsa, quvurchaning ochiq ustunidagi suyuqlik sathi ko'tariladi. Suv sathlari farqidan bosim yoki vakuum o'lchanadi (mm sim. ust. yoki mm suv ust.). Manometrning mm sim. ust. birligidagi ko'rsatkichini simobning zichligi ( $13,6 \text{ g/sm}^3$ ) ga ko'paytirish orqali mm suv ust. birligiga aylantirish mumkin va aksincha.

Unchalik katta bo'lmagan bosim va vakuumni o'lchash uchun odatda mikromanometrlar ishlatiladi. Mikromanometr bilan bosim va vakuumni 0,1 mm. suv ust. aniqligigacha aniqlash mumkin.

**Sarflanadigan materiallarni o'lchash.** Jihozlardan o'tadigan gaz va suyuqliklar hajmi odatda diafragmalar – o'rtasida tirqish bo'lgan metall disk yordamida aniqlanadi. Diafragma quvurli o'tkazgichning ikkita flaneslari orasiga mahkamlanadi. Diafragma tirqishi quvurli o'tkazgich diametridan kichik bo'ladi. Quvurli o'tkazgichdagi gaz (suyuqlik) ning tezligi qanchalik yuqori bo'lsa, gaz (suyuqlik) ning diafragmadan o'tishida yuzaga keladigan qarshilik ham shunchalik katta bo'ladi. Agar quvurli o'tkazgichga manometrning bir ustunini diafragmadan oldin va ikkinchi ustunini diafragmadan keyin biriktirilsa, bunda manometr bosim farqini ko'rsatadi, u orqali oqim tezligi, so'ngra gaz yoki suyuqlikning vaqt birligi ichidagi sarfi aniqlanadi.

**Kolchedan va kuyundi tahlili.** Xomashyo va kuyundidagi oltingugurt miqdori, kolchedanda esa namlik ham aniqlanadi. Oltingugurtni aniqlash uchun tortib olingan kochedan namunasi kuchli oksidlovchi – zar suvida eritiladi. Buning natijasida hosil bo'ladigan sulfat kislota keyinchalik bariy xlorid bilan cho'ktiriladi. Cho'kma filtrlanadi, yuvindi suvida  $\text{Cl}^-$  ionlari qolmaguncha suv bilan yuviladi, quritiladi va o'zgarmas massagacha kuydiriladi, tortiladi va namunadagi, so'ngra esa kolchedandagi oltingugurt miqdori hisoblanadi.

Oltingugurtni aniqlashning *tezkor usulida* – kolchedan namunasi maxsus pechda kuydiriladi, hosil bo'ladigan sulfit angidrid yuttirgich idishga keladi, u yerda vodorod peroksid bilan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  gacha oksidlanadi.

Sulfat kislota to'g'ridan-to'g'ri yuttirgich idishning o'zida ishqor bilan titrlanadi.

Kuyundi tarkibidagi yonmagan oltingugurt miqdorini aniqlash ham xuddi kolchedandagi oltingugurtni aniqlashdagi kabi amalga oshiriladi. Namlik odatdagi usullar bilan aniqlanadi – namunaning massasi quritishdan oldin va keyin tortiladi.

**Kislota analizi.** Kislotaning konsentratsiyasi ba’zan areometrlar yordamida uning zichligini o’lchash orqali aniqlanadi. Jadvallardan foydalanib kislota zichligi orqali uning konsentratsiyasi aniqlanadi. Harorat ko’tarilishi bilan sulfat kislota zichligi kamayadi. Shuning uchun areometr bilan zichlik aniqlanganda kislotaning harorati ham o’lchanadi va tegishli jadvallardagi ma’lumotlar asosida zichlikka to’g’rilash kiritiladi.

Areometr ko’rsatkichlari orqali kislota konsentratsiyasini yaqinlashtirilgan aniqlikda topiladi. Kislota konsentratsiyasini yuqori aniqlikda aniqlash uchun tahlilning kimyoviy usullari (titrlash) dan foydalaniladi. Sulfat kislota namunasi suvda eritiladi va ishqor eritmasi bilan titrlash orqali neytrallanadi. Sarflanadigan ishqor eritmasi miqdori bo’yicha sulfat kislota konsentratsiyasi hisoblab topiladi.

Quritish minoralari kislotasi, monogidrat va oleumning konsentratsiyasini nazorat qilish uchun, shuningdek, KSO-3 turidagi avtomatik konsentratomerlar ishlatiladi. Uning ishlashi sulfat kislotaning elektr o’tkazuvchanligini o’lchashga asoslangan. KSO-3 turidagi konsentratomerlarning o’lchash aniqligi  $\pm 0,2\%$  dan  $\pm 0,5\%$  gachani tashkil etadi.

Kislotadagi  $N_2O_3$  miqdori (nitrozalilik) - kaliy permanganat eritmasi bilan azot oksidlarini  $HNO_3$  gacha oksidlash orqali titrlash yo’li bilan aniqlanadi. Titrlashga sarf bo’ladigan  $KMnO_4$  eritmasining miqdori bo’yicha nitrozadagi azot oksidlari miqdori hisoblanadi.

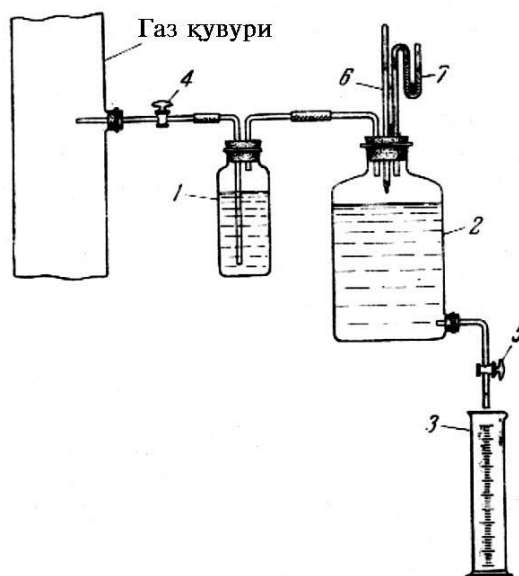
**Gazlar tahlili.** Gazdagi chang miqdori (changlilik) tahlil qilinadigan gazning o’lchangan miqdorini oldindan tortilgan, tagi teshikli shisha paxta to’ldirilgan stakanchadan o’tkazish orqali aniqlanadi. Stakancha qopqog’ida teshik bo’lgan po’lat patronga joylashtiriladi. Bunday patron gaz o’tkazgichga joylanadi va stakan og’irliklari orasidagi farqdan gazning changlilik hisoblanadi.

Hozirgi paytda gazdagi chang konsentratsiyasini avtomatik aniqlash uchun fotokolorimetrlar ishlab chiqarilgan. O’lchash fotoelement yordamida amalga

oshiriladi, uning ishlash prinsipi gazning changlanganligiga bog‘liq holda uning tiniqligi (shaffofligi) ning o‘zgarishiga asoslangan. Fotoelement zanjiridagi tok gazdagi chang miqdoriga bog‘liq holda o‘zgaradi, chunki gaz orqali o‘tgan nur gazdagi muallaq chang zarrachalariga yutiladi va unda yoyiladi.

Gazdagi SO<sub>2</sub> yodometrik usul bilan – sulfid angidridni oksidlash uchun sarflanadigan yod miqdori bo‘yicha aniqlanadi.

Kislotali suv va kraxmalli yuttirish sklyankasiga o‘lchangan miqdordagi yodning tirlangan eritmasi quyiladi (yod ishtirokida kraxmal ko‘karadi) va undan analiz qilinadigan gaz eritma rangsizlanguncha o‘tkaziladi. Olingan yod miqdori va o‘tkazilgan gaz hajmi bo‘yicha sulfid angidrid konsentratsiyasi hisoblanadi (7.1-rasm).



**7.1-rasm. Gazdagi sulfid angidrid konsentratsiyasini aniqlash uchun qurilma tasviri:**

1 – yod eritmasi bo‘lgan yuttirish sklyankasi; 2 – aspirator; 3 – o‘lchov silindri; 4,5 – jo‘mraklar; 6 – termometr; 7 – manometr.

Gazdagi sulfid angidrid konsentratsiyasini avtomatik aniqlash uchun ishlatiladigan qurilmaning ishlash prinsipi uning issiqlik o‘tkazuvchanligini aniqlashga asoslangan. SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi o‘zgarishi bilan sulfidli gaz issiqlik o‘tkazuvchanligi ham o‘zgaradi va shunga muvofiq ravishda gazoanalizator platina simining ham qarshiligi o‘zgaradi.

Avtomatik kimyoviy gazoanalizatorlar ham mavjud bo'lib, ularda gaz namunasi  $\text{SO}_2$  ni yutadigan moddalar bilan qayta ishlanadi. Gaz hajmining kamayishidan sulfat angidrid konsentratsiyasi aniqlanadi.

Gazdagi  $\text{SO}_2$  va azot oksidlari miqdori, ular birgalikda bo'lganda, aniqlash uchun vodorod peroksid bilan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  va  $\text{HNO}_3$  gacha oksidlanadi, bu kislotalarning umumiy miqdori ishqor bilan titrlash orqali aniqlanadi, shundan keyin sulfat kislota miqdori xromatometrik usul bilan, nitrat kislota miqdori esa bu aniqlashlar farqi orqali topiladi.

Gazdagi sulfat kislota bug'lari (tumani) miqdori aniqlanadigan gaz hajmini gigroskopik paxta to'ldirilgan quvur orqali o'tkazilganda o'zgarishi orqali aniqlanadi. Paxta quvurdan chiqarib olinadi, suvga solinadi va titrlash yo'li bilan  $\text{H}_2\text{SO}_4$  miqdori aniqlanadi. Nam elektrofilrlardan keyin gazdagi sulfat kislotali bug' miqdorini avtomatik o'lchash uchun ATF-2 turidagi tumanomerlar qo'llaniladi, ularning o'lchash chegarasi  $0-200 \text{ mg/m}^3 \text{ H}_2\text{SO}_4$  bug'lari (tumani) ga tengdir. Tumanomerning ishlash prinsipi gazni changlilik o'lchangandagi kabi gazning shaffofligini o'lchashga asoslangandir.

Gazdagi mishyak miqdorini, gazning namligini, chiqindi gazlari tarkibini va boshqalarni aniqlash usullari bilan amaliy va laboratoriya mashg'ulotlarida batafsil tanishtiriladi.

## **2-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda jarayonni avtomatik boshqarish**

**Jarayonni avtomatik boshqarish.** Sulfat kislota ishlab chiqarishning sifat va texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari, asosan, texnologik rejimni aniq ushlab turilishiga bog'liqdir. Uning buzilishi unumdorlikning pasayishiga va mahsulot sifatining yomonlashishiga olib keladi. Shuning uchun nazoratning avtomatik usullarini kiritish va jarayonni boshqarish, ya'ni ishlab chiqarishni avtomatlashtirish halq xo'jaligida katta amaliy ahamiyatga egadir. Kimyoviy, xususan, sulfat kislota ishlab chiqarishda jarayonlarni avtomatik nazorat qilish va boshqarish juda ham zarur, chunki kimyoviy jarayonlar natijasida ishlab chiqarish

binolari atmosferasiga ko'p miqdordagi zararli mahsulotlar (gazlar, bug'lar, chang va boshqalar) ajralib chiqishi mumkin.

Sulfat kislota ishlab chiqarish uzluksiz jarayon hisoblanadi, unda texnologik sxemadagi barcha asosiy jihozlar birin-ketin bog'langandir. Bitta jihozdagi jarayon buzilsa, keyingi jihozlardagi ish rejimi ham buziladi. Masalan, kontaktlanishga keladigan gazdagi sulfat angidrid konsentratsiyasining pasayishi natijasida kontakt jihozlaridagi harorat pasayadi va kontaktlanish darajasi kamayadi. Me'yoridagi ish tartibini tiklash va  $SO_2$  kontaktlanishini talab etilgan me'yorgacha ko'tarish uchun gaz oqimini tegishli jo'mraklar bilan sozlashga to'g'ri keladi. Bunda absorbsiya bo'linmasida yutiladigan  $SO_3$  miqdori kamayishi bilan bog'liq holda tozalash bo'linmasidan monogidratli absorberdagi yig'gichga beriladigan kislota miqdorini hamda oleumli yig'gichga yuboriladigan monogidrat miqdorini o'zgartirish kerak bo'ladi.

Shuni ham ta'kidlab o'tish kerakki, sulfat kislota korxonalarida texnologik tartibga qat'iy rioya qilinsa, uzoq vaqt hech qanday boshqarishlarsiz ishlashi mumkin. Sulfat kislota ishlab chiqarish normal ishlashida jihozlarni boshqarish juda kam amalga oshiriladi va xizmat qiladigan shaxslar faqatgina texnologik rejimni kuzatadi va uning parametrlarini qayd etib boradi. Bundan sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish hech qanday iqtisodiy samara bermaydi, chunki bunda ozginagina mehnat sarfi kamayadi xolos, – degan noto'g'ri xulosaga kelmaslik kerak. Lekin sulfat kislota ishlab chiqarishda kompleks avtomatlashtirishni joriy etish, ayniqsa mehnat sharoitini yaxshilanishini, xomashyo, elektroenergiya, suv va boshqalar sarfini kamayishini, jarayon jadalligini ortishini belgilab beradi, madomiki shunday ekan avtomatlashgan jarayon nisbatan yuqori (optimal) ko'rsatkichlarda amalga oshirilishi mumkin. Bunday ko'rsatkichlarni qo'lda boshqarish orqali ushlab turish amalda mumkin emas, chunki maqbul (optimal) tartibdan ozginagina chetlanish avtotermik jarayonning buzilishiga yoki ishlab chiqarishdagi kattagina yo'qotishlarga olib keladi.

Kolchedan xomashyosiga ishlaydigan sulfat kislota ishlab chiqarish korxonasini to'la avtomatlashtirishi – tez-tez ta'mirlash talab etiladigan va xizmat ko'rsatish qiyin bo'lgan jihozlar (kislota sovutgichlari, nasoslar va boshqalar) kiradigan texnologik sxemalarning ulkanligi tufayli katta qiyinchiliklar bilan bog'liqdir. Lekin bu sxemalar ayrim alohida tarmoqlarini avtomatlashtirish tajribasi shuni ko'rsatadiki, ushbu jarayonni avtomatlashtirish iqtisodiy jihatdan o'z-o'zini to'la oqlaydi.

Tabiiy oltingugurt, vodorod sulfid, konsentrlangan sulfit angidridga ishlaydigan kontaktli tizimni avtomatlashtirish ayniqsa samaradordir. Bunda ishlab chiqarishning texnologik tizimi birmuncha soddalashadi, chunki undan tozalash bo'linmasi olib tashlanadi, sulfit angidrid olish jarayoni soddalashadi hamda kontaktli va minorali bo'linmalar soddalashadi. Avtomatik nazorat va boshqarish kiritilishi bilan texnologik jarayonni takomillashtirishning yangi, katta imkoniyatlari yuzaga keladi.

Avtomatik sxemaning nazorat qilinadigan parametrlari iloji boricha minimal bo'lishi kerak, vaholanki nazorat va boshqarish nuqtalarining haddan ziyod ko'payib ketishi – jihozlarni keltirilish, ularga xizmat ko'rsatish va o'lchash natijalarini qayta ishlashga sarflanadigan katta xarajatlar bilan bog'liqdir.

**Kolchedanni kuydirishni avtomatik boshqarish.** Sulfat kislota ishlab chiqarish barcha tarmoqlarining barqaror ishlashini belgilab beradigan sulfit angidrid olish jarayonining muhim ko'rsatkichlari – olinadigan sulfitli gaz hajmining doimiyligi va undagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasining bir xildaligi hisoblanadi. Bu ko'rsatkichlar birinchi navbatda muttassil bir xilda avtomatik ushlab turilishi lozimdir.

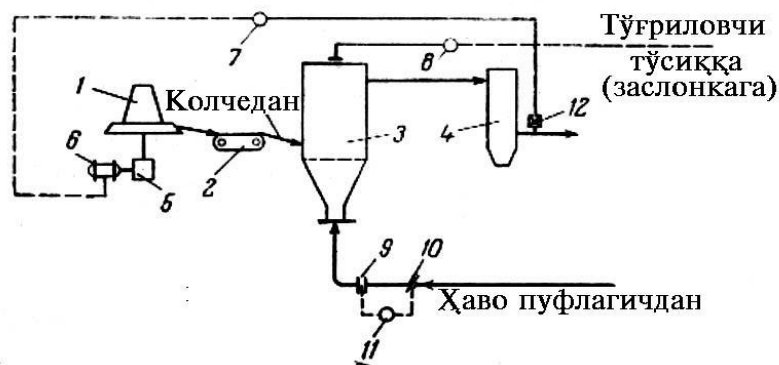
Olinadigan gazning o'zgarmas hajmini ushlab turish nisbatan osondir; buning uchun xomashyo yoqiladigan pechga bir xil miqdordagi havo beriladi. Gazdagi sulfit angidrid konsentratsiyasini bir xilda ushlab turish ancha mushkuldir, chunki SO<sub>2</sub> miqdori nafaqat pechga beriladigan xomashyo miqdoriga, balki boshqa ko'pgina omillar: xomashyoning maydalanish darajasi, undagi oltingugurt, namlik

va boshqa qo‘shimchalar miqdori, kuydirish sharoiti va boshqalarga ham bog‘liqdir.

Sulfitli gazdagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasini avtomatik boshqarilishiga shunday erishiladiki, bunda sulfit angidrid konsentratsiyasini o‘lchaydigan gazoanalizator tegishli qurilmalar yordamida kolchedan ta‘minlagichga ta‘sir ko‘rsatadi va shu yo‘l bilan pechga beriladigan kolchedan miqdorini o‘zgartiradi.

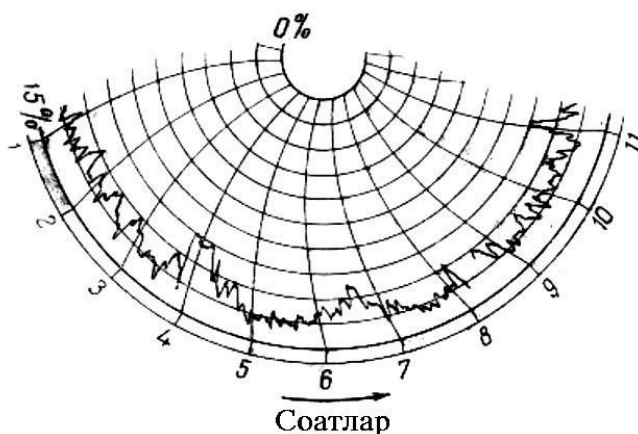
Ba‘zan gazdagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi pech yoki pechdan chiqadigan gaz harorati bo‘yicha pechga beriladigan kolchedan miqdorini o‘zgartirish yo‘li bilan boshqariladi, chunki sulfit angidrid konsentratsiyasi va gazning harorati bir-biriga o‘zaro bog‘liqdir. Lekin bunday boshqarish gazning konsentratsiyasi bo‘yicha to‘g‘ridan-to‘g‘ri boshqarishga nisbatan aniqligi kamdir, vaholanki uning harorati nafaqat SO<sub>2</sub> miqdoriga, balki pechga kiradigan havo haroratiga, kolchedanning namligiga va boshqalarga ham bog‘liqdir. Bundan tashqari, pech ichki niqobining va gaz o‘tkazgichlarning qizib ketishi hisobiga gaz haroratining o‘zgarishi undagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasi o‘zgarishidan birmuncha orqada qoladi, bu ham boshqarish aniqligiga ta‘sir ko‘rsatadi.

7.2-rasmda kolchedanga ishlaydigan qaynovchi qatlam pechini avtomatlashtirish tizimi tasvirlangan. Gaz hajmining doimiylikiga quyidagicha erishiladi. Pechga keladigan havo miqdorini o‘lchaydigan diafragma 9 dan beriladigan impuls boshqargich 11 orqali kiradigan havo miqdorini boshqaradigan gaz to‘sgich (zaslonka) 10 ga ta‘sir ko‘rsatadi. Kuyundi gazidagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasining bir xilligi shunday ta‘minlanadiki, bunda qozon-yuttirgich 4 dan keyin o‘rnatilgan gazoanalizator 12 dan beriladigan impuls boshqargich 7 orqali tarelkali ta‘minlagich 1 tezligiga (variator yoki boshqariluvchi reostat yordamida) ta‘sir ko‘rsatadi. Pech yuqori qismidagi vakuumning doimiylik (4-5 mm.suv ust.) boshqargich 8 orqali ushlab turiladi. Bu regulyator gaz purkagichdan oldingi boshqarish elementi (masalan, zaslonka) holatini mos ravishda o‘zgartirib turadi. Bayon etilgan boshqarish tizimidagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasining og‘ishi o‘rtacha 0,3% ni tashkil etadi (7.3-rasm).



**7.2-rasm. Qaynovchi qatlamli kuydirish pechini avtomatik boshqarish tizimining tasviri:**

1 – tarekali ta'minlagich; 2 – oraliq transportyor; 3 – pech; 4 – qozon-yuttirgich; 5 – reduktor; 6 – ta'minlagichni aylantirish manbasi; 7,8,11 – boshqargichlar; 9 – diafragma; 10 – boshqariladigan zaslonka; 12 – SO<sub>2</sub> gazoanalizatori.



**7.3-rasm. Avtomatik gazoanalizator vositasi bilan pechga beriladigan xomashyoni boshqarilishida kuyundi gazidagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasining kartogrammasi.**

**Kuyundi gaz yuvilishini avtomatik boshqarish.** Changdan tozalangan kuyundi gazi birinchi va ikkinchi yuvish minoralarida nisbatan past haroratda sulfat kislotasining suyultirilgan eritmasi bilan yuviladi. Bu sharoitda kuyundi gazidagi asosiy qo‘shimchalar (sulfat, arsenit va selenit anhidridlar) tuman (bug‘) ga o‘tadi, u qisman yuvish minoralarida va to‘la – namlash minorasida va nam elektrofiltirlarda cho‘ktiriladi. Minora va elektrofiltirlarda to‘planadigan kislota ikkinchi yuvish minorasiga, undan esa birinchi yuvish minorasiga uzatiladi.

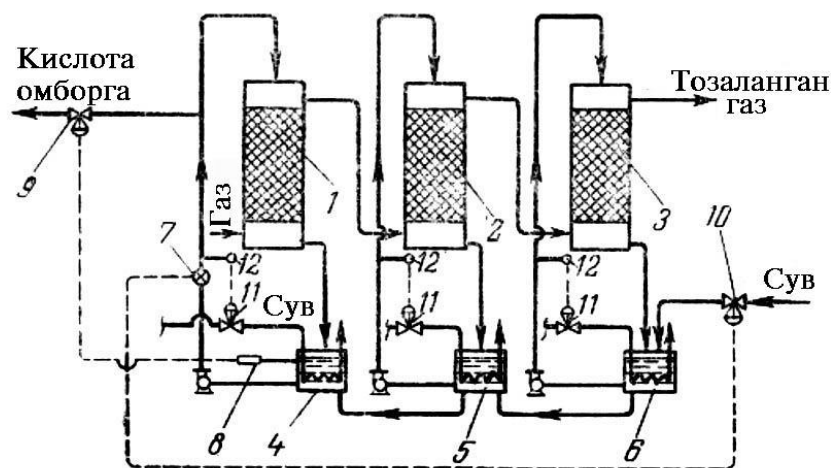
Namlash va ikkinchi yuvish minoralaridagi H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> konsentratsiyasi birinchi yuvish minorasidagi kislota konsentratsiyasi, yuvish bo‘linmasining harorat rejimi



va ayrim boshqa sharoitlar orqali belgilanadi. Shunga muvofiq holda 7.4-rasmda tasvirlangan yuvish minorasini avtomatlashtirish tizimining tasviri chizilgan. Birinchi yuvish minorasidagi kislota konsentratsiyasining bir xilligiga shunday erishiladiki, bunda konsentratomer daraja to'g'rilagichi (chiqarma o'lchash o'zgartirgichi) 7 namlash minorasidagi yig'gichga beriladigan suv miqdorini o'zgartiruvchi klapan 10 ga ta'sir ko'rsatadi. Birinchi yuvish minorasidagi yig'gich 4 dan ortiqcha kislota omborga chiqarib yuboriladi. Chiqarib yuboriladigan kislota miqdori daraja to'g'rilagich 8 ni klapan 9 ga ta'sir etishi yo'li bilan boshqariladi.

Harorat rejimining bir xilligiga shunday erishiladiki, bunda termoparalar 12 impulslari klapanlar 11 ga uzatiladi, u shunga mos holda kislota sovutgichlariga yuboriladigan suv miqdorini o'zgartiradi.

Boshqarish tizimi soddadir, uning kamchiligi katta inersiyalilikka egaligidir. Lekin ushbu holatda bu katta ahamiyatga ega emas, chunki birinchi yuvish minorasidagi kislota konsentratsiyasining me'yoridan yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan og'ishi 2-3% ni tashkil etadi, ortgan inersiyaning ta'siri bu chegaradan chiqmaydi.



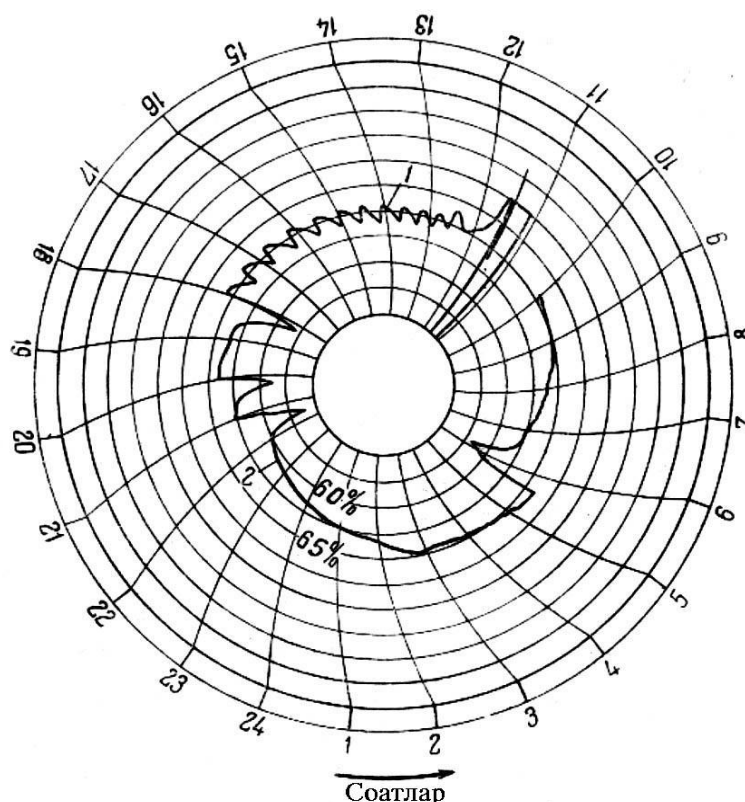
**7.4-rasm. Yuvish bo'linmasini avtomatlashtirish tizimi tasviri:**

1,2 – yuvish minoralari; 2 – namlash minorasi; 4-6 – kislota yig'gichlari; 7 – konsentratsiya to'g'rilagichi; 8 – daraja to'g'rilagichi; 9-11 – to'g'rilash klapanlari; 12 – termoparalar bilan harorat to'g'rilagichlari.

Namlash minorasi bo'lmagan taqdirda suv ikkinchi yuvish minorasidagi yig'gich 5 ga qo'shiladi; bunda tizim inersiyaliligi kamayadi va boshqarish aniqligi

ortadi. Bunday boshqarish tizimidagi birinchi yuvish minorasi kislota konsentratsiyasining kartogrammasi 7.5-rasmda tasvirlangan.

**Quritish-absorbsiya bo‘linmasini avtomatlashtirish.** Quritish va absorbsiya bo‘linmalari bir-biriga uzviy bog‘liqdir. Quritish kislota konsentratsiyasini oshirish uchun absorbsiya bo‘linmasidagi monogidrat ishlatiladi, ortiqcha quritish kislota absorbsiya bo‘linmasiga uzatiladi. Shunday qilib, quritish minoralarida gazdan yutiriladigan barcha suv absorbsiya bo‘linmasiga keladi, u yerda sulfat anhidrid bilan bog‘lanib,  $H_2SO_4$  ga aylanadi.



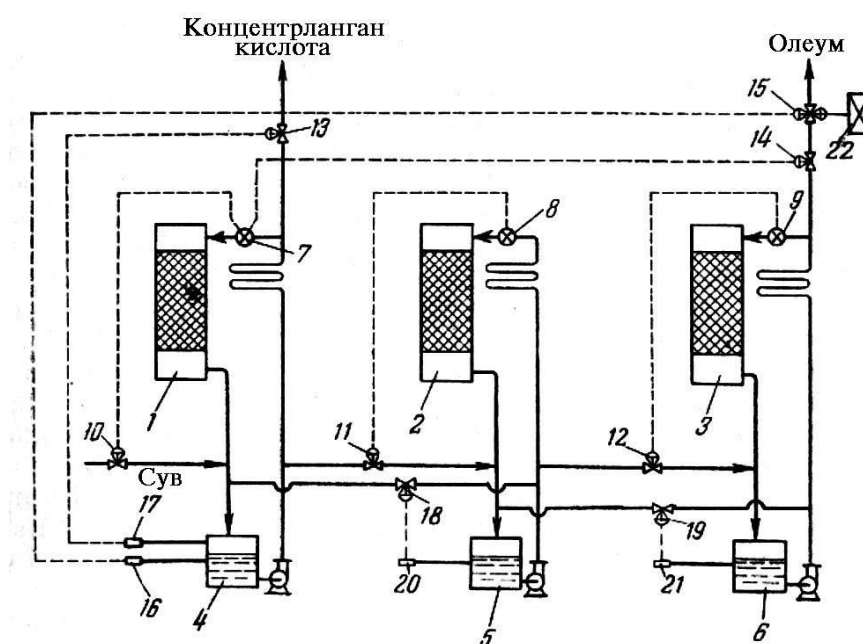
**7.5-rasm. Namlash minorasi bo‘lmaganda birinchi yuvish minorasi kislota konsentratsiyasining kartogrammasi:**

1 – avtomatik boshqarish; 2 – qo‘lda boshqarish.

Kontaktli zavodning asosiy mahsuloti oleum hisoblanadi, shuning uchun, agar gaz bilan standart oleumga aylanishi uchun talab etiladigan miqdordan kam miqdordagi suv kelsa, tizimga (quritish yoki absorbsiya bo‘linmasiga) suv kiritiladi. Agar kerakligidan ortiqsa suv kiritilsa, bunda mahsulotning bir qismi konsentrlangan sulfat kislota tarzida olinadi.

7.6-rasmda barcha tizimdagi kislotaning talab etiladigan konsentratsiyasini avtomatik ushlab turilishini, shuningdek omborga mahsulotni avtomatik uzatilishini ta'minlaydigan quritish-absorbsiya bo'linmasini avtomatik boshqarish tizimi tasvirlangan.

Oleumning belgilangan konsentratsiyasi oleum yig'gichi 6 ga tushadigan monogidrat miqdorini o'zgartiruvchi klapan 12 ga to'g'rilagich 9 ning ta'sir etishi yo'li bilan ushlab turiladi. Monogidrat va quritish kislotasining konsentratsiyasi ham xuddi shunday boshqariladi – to'g'rilagich 7 va 8 lar klapan 10 va 11 larga ta'sir etadi.



**7.6-rasm. Quritish-absorbsiya bo'linmasini avtomatlashtirish tizimi tasviri:**

1 - quritish minorasi; 2 - monogidratli absorber; 3 - oleumli absorber; 4-6 - kislotaga yig'gichlari; 7-9 - konsentratsiya to'g'rilagichlari; 10-15, 18, 19 - to'g'rilash klapanlari; 16, 17, 20, 21 - daraja to'g'rilagichlari; 22 - boshqarish markazi.

Omborga jo'natiladigan oleum miqdori daraja to'g'rilagich 16 yordamida boshqariladi, u klapan 15 ga ta'sir etadi.

Oleumli absorber 3 da barcha mahsulotni oleum tarzida ishlab chiqarish uchun talab etiladigan miqdoridan ko'p SO<sub>3</sub> (talab etiladigan 31% o'rniga 60-70% SO<sub>3</sub>) yuttiriladi, shuning uchun oleumni suyultirish uchun monogidrat yetishmaydi. Bu nomuvofiqlik daraja to'g'rilagichi 21 ning klapan 19 ga ta'sir

etishi natijasida ortiqcha oleumning yig'gich 6 dan yig'gich 5 ga oqib o'tishi va u yerda monogidrat konsentratsiyasigacha suyulishi orqali bartaraf etiladi.

Agar quritish minorasiga gaz bilan keladigan namlik miqdori barcha mahsulotni oleum tarzida ishlab chiqarilishi uchun talab etiladiganidan ko'p bo'lsa, quritish kislotasining konsentratsiyasi yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan chegara qiymati (93% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) gacha kamayadi. U holda konsentratsiya to'g'rilagichi 7 klapan 14 ni berkitishga impuls uzatadi, bunda yig'gich 6 dagi kislota darajasi ortadi. Kislota darajasi qabul qiluvchi daraja to'g'rilagich 17 ga yetgach, u klapan 13 ni ochishga impuls uzatadi, natijada mahsulotning bir qismi tizimdan quritish kislotasi sifatida chiqarib olinadi. Suv yetishmaganda tizimga suv berilishini boshqaruvchi klapan 10 ga to'g'rilagich 7 ning datchigi ta'sir etishi natijasida quritish kislotasi yuqori yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan chegarada (93,5% H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) ushlab turiladi. Bu holda barcha mahsulot oleum tarzida klapan 15 orqali chiqariladi.

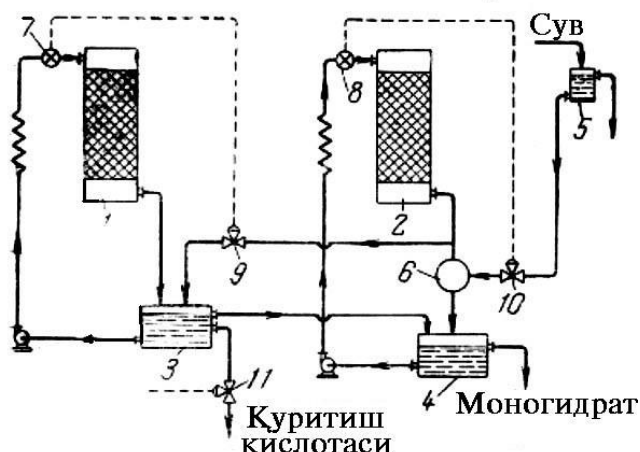
Quritish kislotasining o'rnatilgan konsentratsiyasi klapan 18 ga daraja to'g'rilagichi 20 ning ta'sir etishi natijasida monogidratning yig'gich 5 dan yig'gich 4 ga uzatilishi orqali ushlab turiladi.

Quyida qo'lda va avtomatik boshqarishdagi jarayon asosiy parametrlarining ushlab turilish aniqligi haqidagi ma'lumotlar keltirilgan:

Boshqarish parametrlari	Boshqarish	
	qo'lda	avtomatik
Monogidrat:		
konsentratsiya, % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	±0,3	±0,1
yig'gichdagi daraja, sm .....	±30	±3,5
Oleum:		
konsentratsiya, % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	±2	±0,15
yig'gichdagi daraja, sm .....	±40	±6,2
Quritish kislotasi:		
konsentratsiya, % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .....	±1	±0,25
yig'gichdagi daraja, sm .....	±20	±7,5
sarfi, t/soat .....	o'lchanmagan	±0,3

Soddalashtirilgan sikl bo'yicha ishlaydigan quritish-absorbsiya bo'linmasining avtomatlashtirish tizimi (7.7-rasm) chet ellardagi zavodlarda

amalgam oshirilgan va unchalik murakkab bo'lmagan texnik vositalar, asosan elektrik to'g'rilagichlar tizimini qo'llash orqali bajarilgan.



**7.7-rasm. Quritish-absorbsiya bo'linmasini avtomatlashtirishning soddalashtirilgan tizim tasviri:**

- 1 - quritish minorasi; 2 - monogidratli absorber; 3,4 - kislotat yig'gichlari; 5 - suv uchun bak; 6 - aralastirgich; 7,8 - konsratomerlar; 9,10 - to'g'rilash klapanlari; 11 - elektrik bajaruvchi mexanizmli uzoq masofadan boshqariladigan klapan.

**Kontakt bo'linmasini avtomatlashtirish.** Gazning berilgan tarkibi va miqdorida nisbatan yuqori kontaktlanish darajasiga erishish uchun kontakt jihozining harorat rejimini  $\pm(3-5)$  aniqlikda ushlab turilishi kerak. Ma'lumki, kontakt bo'linmasining harorat rejimi gaz bilan keladigan sulfid angidrid konsentratsiyasiga bog'liqdir, shuning uchun bu bo'linmadagi haroratni boshqarish odatda  $SO_2$  stabil konsentratsiyasini avtomatik ushlab turish bilan uyg'unlashtiriladi.

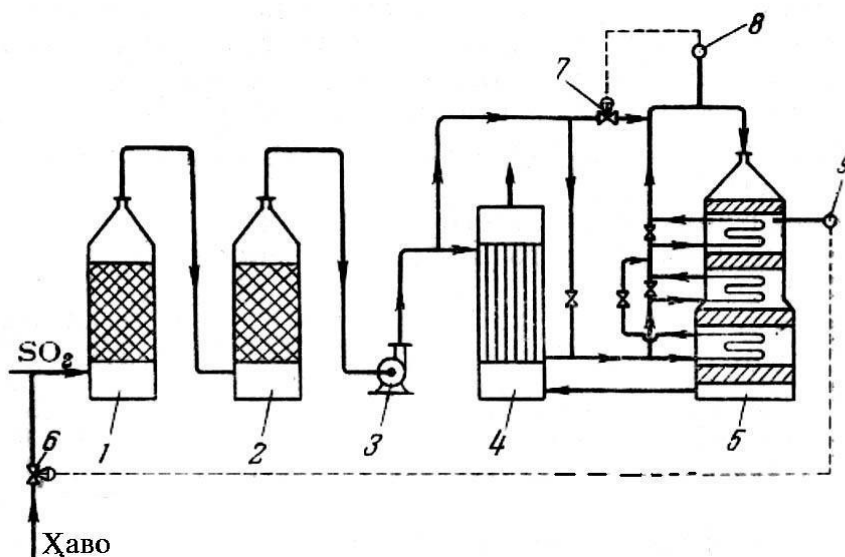
Oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlarini shunday avtomatlashtirish sxemalaridan biri 7.8-rasmda tasvirlangan.

Sulfid angidrid oksidlanish jarayoni nazariyasiga asoslanib, hisoblash texnikasi yordamida kontakt jihozining maqbul (optimal) harorat rejimini aniqlash qo'llanmasi keltirilgan. Adiabatik (oraliq issiqlik almashtirgichli kontakt jihozlardagi) jarayon uchun quyidagi nisbat o'rinlidir:

$$T = T_o + \lambda(x - x_o) \tag{7.1}$$

bu yerda:  $T_o$  va  $T$  – kontakt massa qatlamiga kirishda va undan chiqishda gazning harorati;  $\lambda$  – kontaktlanish darajasi 0 dan 1 ga o'zgargandagi gaz haroratining

ortish koeffitsienti;  $x_o$  va  $x$  – kontakt massa qatlamiga kirishdagi va undan chiqishdagi kontaktlanish darajasi.



**7.8-rasm. Kontakt jihozini avtomatlashtirish tizimi tasviri:**

1 - quritish minorasi; 2 - tomchi ushlagich; 3 - quvurli gaz purkagich; 4 - tashqi issiqlik almashtirgich; 5 - kontakt jihozi; 6,7 - to'g'rilash klapanlari; 8,9 - termoparalar bilan haroratni to'g'rilagichlar.

Vanadiyli katalizatorida SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlanish reaksiyasi kinetikasini ifodalaydigan kontaktlanish darajasi o'zgarishining tezligi:

$$\frac{dx}{d\tau} = \frac{k_c}{a} \left( \frac{x_p - x}{x} \right)^{0,8} \left( b - \frac{ax}{2} \right) \frac{273}{T} \quad (7.2)$$

tenglamadan topiladi, kontakt massa faolligi pasayganda faollanish energiyasi  $E$  amalda o'zgarmaydi.

Quyidagi

$$k_c = k_o e^{-\frac{E}{RT}} \quad (7.3)$$

tenglama bilan ifodalangan reaksiya tezlik konstantasining pasayishini kontakt massa faolligini ifodalaydigan  $k_o$  koeffitsientini kamayishi keltirib chiqaradi.  $k_o$  ni aniqlash reaksiya tezlik konstantasi va jarayonni maqbul (optimal) sharoitini o'rnatish uchun zarurdir.

(7.3) tenglamadagi  $k_c$  qiymatini (7.1) tenglamaga qo'yib, tenglama yechiladi:

$$k_o = \frac{2}{273\tau} \int_{x_o}^x e^{\frac{E}{RT}} \left( \frac{x}{x_p - x} \right)^{0.8} \cdot \frac{T}{\frac{2b}{a} - x} dx \quad (7.4)$$

Haroratni o'lchash uchun ancha sodda va ishonchli usullar ishlab chiqilgan, shuning uchun (7.4) tenglamadagi  $x$  va  $x_p$  kattaliklarni tegishli haroratlar orqali ifodalash maqsadga muvofiqdir. O'zgarmas bosim va gazning berilgan tarkibida muvozanatdagi kontaktlanish darajasi faqat haroratga bog'liqdir:

$$x_p = f(T) \quad (7.5)$$

(7.1) tenglamani:

$$x = x_o + \frac{T - T_o}{\lambda} \quad (7.6)$$

tarzida yozamiz. Undan:

$$dx = \frac{dT}{\lambda} \quad (7.7)$$

kelib chiqadi.

(7.4) tenglamaga (7.5) – (7.7) tenglamalaridagi  $x_p$ ,  $x$  va  $dx$  qiymatlarini qo'yish orqali  $k_o$  ning katalizator qatlamidan chiqadigan gaz harorati  $T$  ga bog'liqligi hosil qilinadi. So'ngra  $k_o$ ,  $\tau$  va  $x_o$  larning ma'lum bo'lgan qiymatlari bo'yicha (7.4) tenglama yechiladi,  $x = f(T)$  bog'liqligi aniqlangan odatdagi usul bilan maksimumda o'rganiladi va shunday yo'l bilan maksimal kontaktlanish darajasiga erishiladigan gazning harorati  $T_o$  aniqlanadi. Kontakt massa birinchi qatlamiga kirishda kontaktlanish darajasi nolga, ikkinchi va keyingi qatlamlarda esa – oldingi qatlamlardagi kontaktlanish darajalarining yig'indisiga teng bo'ladi.

Hisoblash texnikasi ishlatilganda sanoat kontakt jihozlaridagi jarayonlarning parametrlarini qo'shimcha o'lchash talab etilmaydi, vaholanki gazning harorati kontakt massaga kirishda va undan chiqishda har bir qatlam uchun muntazam o'lchab turilar edi. Shunday qilib, gazning miqdori va tarkibi bir xilligida kontaktlanish jarayonining maqbul (optimal) sharoiti hisoblash qurilmalari yordamida quyidagi yo'llar bilan ushlab turiladi:

- 1) gazning harorati kontakt massaga kirishda va chiqishda aniqlanadi, (7.4) tenglama bo'yicha  $k_o$  koeffitsienti hisoblanadi;

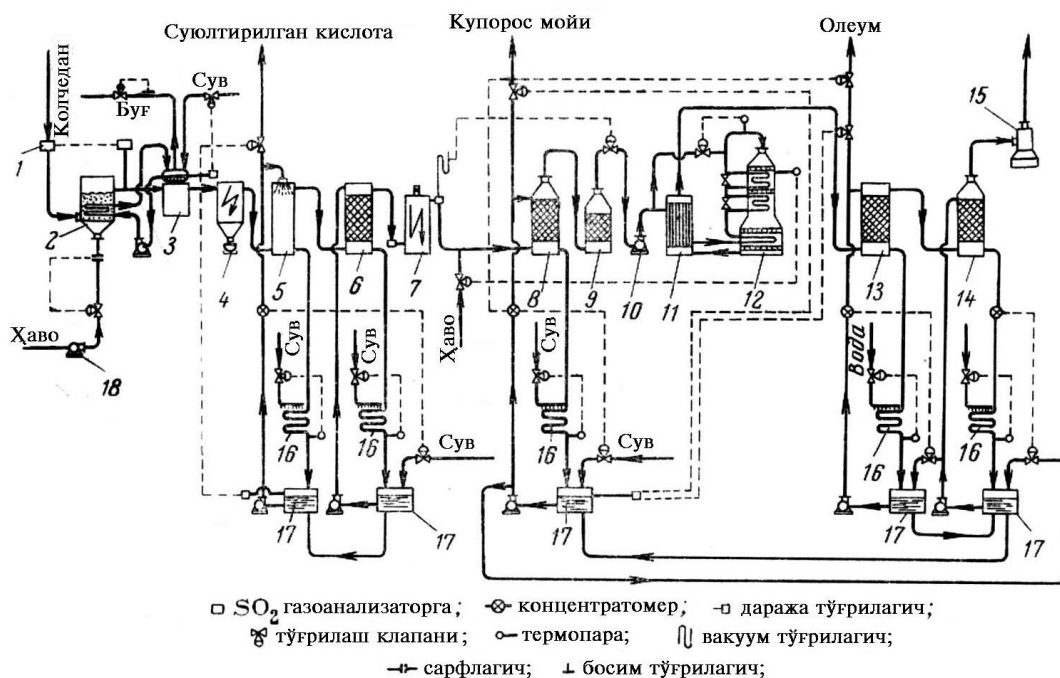
- 2) olingan  $k_o$  qiymati asosida gazning maqbul (optimal) harorati  $T_o$  aniqlanadi, buning uchun  $x = f(T)$  bog‘liqligi maksimumda o‘rganiladi;
- 3) hisoblash natijalari – maqbul (optimal) haroratni ushlab turadigan to‘g‘rilagichga ta’sir etish uchun hisoblash qurilmasida ishlatiladigan signalga aylantiriladi.

Shuning uchun jarayonning maqbul (optimal) sharoitiga erishish uchun haroratlarning maksimal farqi  $\Delta T = T - T_o$  ni ushlab turish kerakdir. Bu holda hisoblash qurilmasining  $\Delta T$  kattalikni ifodalaydigan signali kontakt massa qatlamiga kirishdagi gaz haroratini to‘g‘rilagichga yuboriladi, bu esa haroratlarning maksimal farqini ushlab turilishini ta’minlaydi.

Jihozlar ishi maqbul (optimal) sharoitini ushlab turishning bayon etilgan usullarining yutug‘i va kamchiligi tajriba yo‘li bilan hisobga olinishi kerak.

### **Kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish.**

Qaynovchi qatlamda kolchedan kuydirilishidan kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish tizimi 7.9-rasmda tasvirlangan.



### **7.9-rasm. Qaynovchi qatlamda kolchedan kuydirilishidan kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish tizimi tasviri:**

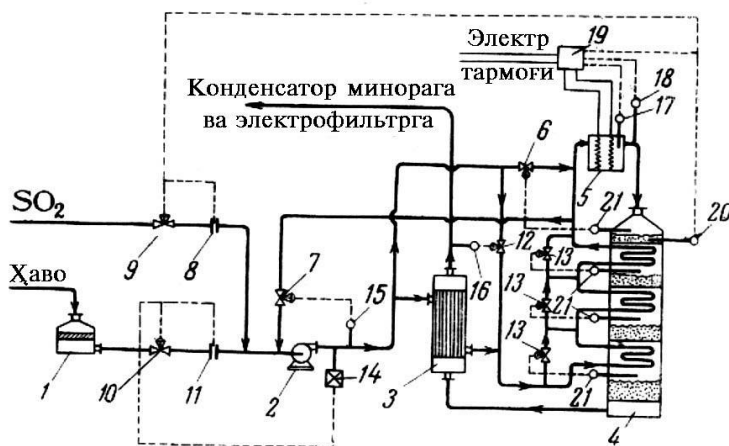
- 1 – kolchedan me’yorlashtirgichi; 2 – qaynovchi qatlamli kuydirish pechi; 3 – bug‘li qozon-yuttirgich; 4 – quruq elektrofiltir; 5,6 – yuvish minoralari; 7 – nam elektrofiltir; 8 – quritish minorasi; 9,15 – tomchi ushlagich; 16 – suyuqlikni taqsimlash sovutgichlari; 17 – kislota yig‘gichlari; 18 – havo purkagich ventilyatori.



**Avtomatik boshqaruv sexlarining barpo etilishi.** Konsentrlangan sulfid angidrid, vodorod sulfid va tabiiy oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish soddadir, shuning uchun bu xomashyolardan sulfat kislota ishlab chiqarishni yanada kattaroq darajada avtomatlashtirilishi mumkin va ishga tushirish, to'xtatish va tizimning avariya holatidan chiqishini o'z ichiga olgan barcha ishlab chiqarish bosqichlarini kompleks avtomatlashtirishdan to'la avtomatlashtirishga o'tkazilishi mumkin. Bunday to'la avtomatlashtirilgan avtomatik boshqaruv sexlari «berk tizimda», ya'ni xizmat ko'rsatadigan shaxslar bevosita ishtirok etmagani holda ishlashi mumkin.

Avtomatik boshqaruv sexlari barpo etishda kompleks avtomatlashtirish sexlarida ko'zda tutilgan avtomatik nazorat va boshqarish qurilmalariga qo'shimcha ravishda sexni avtomatik ishga tushirish, texnologik rejim va jihozlar ishida buzilishlar bo'lgan holda barcha jihoz va tarmoqlar ish rejimidan chiqish va ishlab chiqarishni to'la batamom to'xtatish uchun qurilmalar ham bo'lishi kerak.

Konsentrlangan sulfid angidridga ishlaydigan avtomatik boshqaruv sexi tizimi 7.10-rasmda keltirilgan.



**7.10-rasm. Konsentrlangan sulfid angidridga ishlaydigan tajriba avtomatik boshqaruv sexi tizimi tasviri:**

1 – filtr; 2 – havo purkagich; 3 - issiqlik almashtirgich; 4 - kontakt jihozi; 5 – elektrik (ishga tushiruvchi) qizdirgich; 6,7,9,10,12,13 - to'g'rilash klapanlari; 8,11 - sarfni to'g'rilagichlar; 14 - gazoanalizator; 15-18,20,21 - termoparalar; 19 - boshqarish qurilmasi.

Konsentrlangan  $SO_2$  dan sulfat kislota ishlab chiqarish jarayoni faqat ikki bosqich – kontaktlanish va absorbsiyadan iboratdir. Barcha mahsulot

konsentrlangan sulfat kislota tarzida ishlab chiqarilganda uni ishlab chiqarish texnologik tizimi quyidagilardan iborat bo‘ladi. Filtr 1 da changdan tozalangan havo konsentrlangan sulfit anhidrid bilan aralashadi, so‘ngra havo purkagich 2 bilan issiqlik almashtirgich 3 ning quvurlararo bo‘shlig‘iga yuboriladi, u yerda aralashma kontakt gazi bilan qiziydi. Tizimga keladigan havoni quritilmaydi, shuning uchun kontakt jihozidan chiqadigan gazlarda SO<sub>3</sub> dan tashqari suv bug‘i ham bo‘ladi. Issiqlik almashtirgich 3 quvurlarida sulfat kislotaning kondensatsiyalanishini oldini olish uchun gazga gaz purkagich 2 ga kirishda qaynoq gazning aralashma harorati sulfat kislota shudringlari nuqtasidan yuqori bo‘ladigan miqdori qo‘shiladi. Gazlar aralashmasining harorati klapan 7 bilan boshqariladi, unga gaz purkagich 2 dan keyin gaz haroratini o‘lchaydigan termopara 15 dan keladigan impuls ta’sir etadi.

Gazdagi SO<sub>2</sub> konsentratsiyasining bir xilligiga tizimga keladigan havo miqdorini boshqaruvchi klapan 10 ga gazoanalizator 14 ning ta’sir etishi yo‘li bilan erishiladi. Kontakt massa birinchi qatlamiga kirishda gaz haroratining bir xilligi klapan 6 ga termopara 21 dan keladigan impuls ta’sir etishi va issiqlik almashtirgich 3 dan o‘tib kontakt jihoziga keladigan baypasli sovuq gaz miqdorini o‘zgartirish orqali ushlab turiladi. Kontakt massaning ikkinchi va keyingi qatlamlariga kiradigan gaz haroratini boshqarilishi ham kontakt jihozining ichki issiqlik almashtirgichiga keladigan gazning miqdorini o‘zgartiradigan klapan 13 ga boshqa termoparalar 21 dan keladigan impulslar ta’sir etishi orqali amalga oshiriladi. Omborga yuboriladigan kislota miqdori omborning mahsulot keladigan kislotaquvuriga o‘rnatilgan klapaniga tegishli (daraja to‘g‘rilagichining impulsi bo‘yicha) ta’sir etish yo‘li bilan boshqariladi.

Avtomatik boshqaruv sexi kontaktni yoki «ishga tushirish» tugmachasini bosish orqali yohud avariya holati bo‘lmasa, avtomatik suratda ishga tushadi. Boshlang‘ich impulsni olgach, bajaruvchi mexanizm gaz purkagich elektrodvigateli 2 va elektrik qizdirgich 5 tarmog‘ini ulaydi. Shundan so‘ng ventilyator rotori singari normal aylanish tezligi hosil qiladi, sarf to‘g‘rilagich 11 bajaruvchi mexanizm yordamida klapan 10 to‘g‘rilagichiga ta’sir etadi. Shunday

qilib, kontakt jihozini qizdirish paytida havoning belgilangan hajmi normal rejimdagiga nisbatan ancha kam bo'ladi.

Gaz purkagich 2 issiqlik almashtirgich 3 ga, so'ngra elektrik qizdirgich 5 ga havo haydaydi.

Elektrik qizdirgich ish rejimi termoparalar 17 va 18 ko'rsatkichlari bo'yicha zanjirdagi tok kattaligi orqali boshqariladi. Termoparalardan birinchisi spirallardagi haroratni o'lchaydi, u belgilangan chegaradagi qiymatdan oshmasligi kerak. Ikkinchi termopara qizdirgich 5 dan chiqadigan gazning belgilangan haroratini ( $480-500^{\circ}\text{C}$ ) o'lchaydi va ushlab turadi. Kontakt massa birinchi qatlamiga kirishda gazning harorati (u yuqoridagi termopara 21 bilan o'lchanadi)  $420^{\circ}\text{C}$  ga yetgach, bajaruvchi mexanizm asta-sekin klapan 9 to'g'rilagichini ochadi. Bu klapaning oxirgi ochilish darajasi sexning belgilangan unumdorligiga muvofiq holda sarf to'g'rilagich 8 bilan cheklanadi.

Kontakt massa birinchi qatlamidan keyin gazning harorati normal ishlashi uchun belgilanganidan  $30-50^{\circ}\text{C}$  ga past bo'lsa, termoparalar 18 impulsining unga ta'sir etishi natijasida bajaruvchi mexanizm elektroqizdirgich ta'minlanadigan tokni o'zgartiradi. Kontakt jihozida harorat ortib borishiga ko'ra termoparalar 21 klapanlar 13 ga ta'sir etadi, buning oqibatida gaz kontakt massaning har bir qatlamiga kirishida maqbul (optimal) haroratga ega bo'ladi.

Sulfat kislota kondensatsiyalanish jarayonining harorat rejimi kislotani sovutishga beriladigan suv miqdorini boshqaruvchi klapanlarga ta'sir etadigan qarshilik termometrlarining impulslari bo'yicha boshqariladi.

Avtomatik boshqaruv sexlarini to'xtatish kontakt yoki «to'xtatish» tugmachasini bosish yohud  $\text{SO}_2$  yetishmaganda ishlaydigan bajaruvchi mexanizm orqali, yoxud alohida tarmoq va jihozlar ishida buzilganlik va buzilish haqida signal beruvchi avariya qurilmalari yordamida amalga oshiriladi. Impuls olgan bajaruvchi mexanizm klapan 6 ni yopadi.  $\text{SO}_2$  konsentratsiyasi kamayishi natijasida klapan 7 kirayotgan havo miqdori kontakt jihozini qizdirishda beriladigan uning miqdoriga teng bo'lgunga qadar asta-sekinlik bilan yopiladi. Gazning harorati belgilanganidan  $20^{\circ}\text{C}$  past darajaga yetgach,

elektroqizdirgichdagi tok avtomatik suratda ulanadi va kontakt jihoziga pufkash uchun ( $\text{SO}_3$  ni yo'qotishga) qaynoq havo oqimi kirishi boshlanadi. Havo purkash vaqti kontakt jihozi quvvatiga bog'liq holda 20-30 soatni tashkil etadi. Havo purkash to'xtashi bilan vaqt relesi klapan 7 ni yopadigan tegishli bajaruvchi mexanizmga ta'sir etadi va tizimga havo puflaydigan havo purkagich 2 to'xtaydi.

Agar havoni quritish va mahsulotni oleum tarzida ishlab chiqarish ko'zda tutilgan bo'lsa, texnologik sxema va avtomatlashtirish tizimi birmuncha murakkablashadi. Lekin quritish minorasi va oleumli absorberni sxemaga kiritish avtomatik sex barpo etishda qiyinchiliklar keltirib chiqarmaydi, chunki bu jihozlarni avtomatlashtirish soddadir.

$\text{SO}_2$  ni suyultirishda havo o'rniga kislorod ishlatilganda avtomatlashtirish tizimi birmuncha o'zgaradi, uning jihozlanishi kislorodni me'yorlashtirish usuliga va kontakt jihozining harorat rejimini boshqarilishiga bog'liqdir.

Vodorod sulfid va tabiiy oltingugurt xomashyolari hisobiga ishlashda yuqorida keltirilgan texnologik sxema va avtomatlashtirish tizimi sulfid angidrid olish uchun qo'shimcha jihozlar bilan to'ldirilishi kerak. Bunda sexni avtomatik ishga tushirish va to'xtatish birmuncha murakkablashadi, ammo avtomatik boshqaruv sexi barpo etish uchun ishlatiladigan asosiy usullar o'zgarmaydi.

### **3-§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda hayotiy faoliyat xavfsizligi**

Odatdagi, avtomatlashtirilmagan sxema bo'yicha sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfid angidrid, azot oksidlari yoki sulfat kislota bug'lari bilan zaharlanish, sulfat kislota bilan kimyoviy kuyish, jihoz va kommunikatsiyalar qaynoq sirtiga tegib ketish natijasida termik kuyish mumkin, shuningdek elektr toki bilan shikastlanishni ham istisno qilmaslik kerak.

**Sulfid angidrid bilan ishlash.** Sulfid angidrid terini, burun, ko'z va yuqori nafas olish organlari shilliq pardalarini yallig'lanishiga olib kelishi mumkin. Havo tarkibida 0,06 mg/l  $\text{SO}_2$  bo'lganda o'pkaning shishishi va yurakning kengayishi bilan boradigan kuchli zaharlanishga olib kelishi mumkin. Zaharlanish belgilarida bosh aylanadi, shilliq pardalar yallig'lanadi (burun oqishi, chuchkurish, yo'tal

paydo bo‘ladi). Kuchli zaharlanganda umumiy quvvatsizlanish, nafas bo‘g‘ilish, qon tuflash bilan kuchli yo‘tal paydo bo‘ladi va xattoki xushdan ketish mumkin. Ishlab chiqarish binolari ish joylarida havodagi sulfit angidridning yo‘l qo‘yilishi mumkin bo‘lgan konsentratsiya chegarasi  $10 \text{ mg/m}^3$  dan oshmasligi kerak.

Sulfit angidridning avariya ajralib chiqishida zaharlanishni oldini olish uchun filtrlovchi protivogazlar tutilishi kerak. Zaharlangan shaxslar zudlik bilan ochiq havoga olib chiqilishi, unga kislorod berish va kuchsiz soda eritmasi ichirish kerak. Kuchli zaharlanganda sun‘iy nafas oldirish va zudlik bilan shifokorga murojaat etish lozim.

**Sulfat angidrid bilan ishlash.** Sulfat angidrid erkin holatda havo tarkibida bo‘lmaydi; suv bug‘i bilan birikib, u sulfat kislota mayda tomchilaridan iborat tuman hosil qiladi. Havoda sulfat kislotali tumanning bo‘lishi nafas olishni qiyinlashtiradi, lekin uning oz miqdordagi dozasi nafas olish shilliq pardalarini yallig‘lantirmaydi. Ishlab chiqarish binolar ish joylaridagi sulfat angidrid va sulfat kislotalarning yo‘l qo‘yilishi mumkin bo‘lgan konsentratsiya chegarasi  $1 \text{ mg/m}^3$  dan oshmaydi.

Tumansimon sulfat kislota bilan zaharlanganda tomoqni soda eritmasi bilan chayish va ehtiyotlik bilan (shifokor nazoratida) spirt, efir yoki xloroform bug‘i bilan nafas olish kerak.

Sexlarda sulfit va sulfat angidridlar chiqishini oldini olishning asosiy choralari gaz o‘tkazgich quvurlar va jihozlarning germetikligini ta‘minlashdir. Jihozlar va kommunikatsiyalar holatini sinchiklab nazorat qilib borish hamda o‘z vaqtida ta‘mirlash orqali kontakt sexidagi gazlarning atmosferaga chiqib ketishini to‘la bartaraf etiladi.

**Azot oksidlari bilan ishlash.** Azot oksidlari o‘pkaga ta‘sir etib, uni yallig‘lantiradi va ularda shish paydo qiladi. Zaharlanish nafas olish yo‘llarini kuchsiz yallig‘lantirish (yo‘tal) dan boshlanadi, u azot oksidlari yo‘qotilgandan bir oz vaqt o‘tgach o‘tib ketadi. Anchagina og‘ir holatlarda nafas olish yo‘llarini kuchli yallig‘lanishi seziladi, kuchli yo‘tal, ba‘zan bosh og‘rig‘i, ko‘ngil aynishi kuzatiladi; ayrim hollarda jabrlanuvchi chuqur nafas ololmaydi. Keyinchalik

yuqori haroratli o'pkaning yallig'lanishiga olib kelishi mumkin. Azot oksidlarining qisqa muddatli ta'sirida  $150-200 \text{ mg/m}^3$  ( $\text{N}_2\text{O}_3$  hisobida) miqdori xavfli miqdor hisoblanadi; azot oksidlarining yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan konsentratsiya chegarasi  $5 \text{ mg/m}^3$  ni tashkil etadi.

Azot oksidlari bilan zaharlanganda, xuddi sulfid angidrididagi zaharlanish singari, jabrlanuvchini zudlik bilan ochiq havoga olib chiqish, unga kislorod berish yoki sun'iy nafas oldirish va shifokor chaqirish kerak.

**Sulfat kislota bilan ishlash.** Konsentrlangan sulfat kislota teriga sachraganda kuchli kuyadi, uzoq vaqt tuzalishi qiyin bo'lgan yara hosil qiladi. Kuyish terining katta yuzasida bo'lishi juda xavflidir, u ayrim hollarda hayot uchun ham havflidir.

Teriga tushgan sulfat kislota zudlik bilan kuchli suv oqimida yuvilishi, so'ngra tananing zararlangan yuzasi 5% li soda eritmasi bilan namlanishi va vazelin surtilishi kerak. Ortiqcha miqdordagi suv bilan yuvish muhimdir, chunki uning oz miqdorida kislota suvultirish issiqligi va sulfat kislota bilan soda eritmasi bilan neytrallanish issiqligi hisobiga kuyish yana ham kuchayishi mumkin.

Kuchli kuyganda yuqoridagi choralar ko'rilgandan keyin albatta shifokorga murojaat etish lozimdir.

Sulfat kislota sexlarida soda eritmasi bo'lgan gidrantlar o'rnatilgan bo'ladi va bachoklar qo'yiladi.

Kislota bilan kuyish ehtimolligi nasoslar va kislota quvurlari yaqinida yana ham ko'proq bo'ladi. Shuning uchun nasoslar, jo'mraklar, ventillarga xizmat ko'rsatishda va kislota quvurlarini ta'mirlashda himoya ko'zoynaklaridan foydalanish kerakdir. Kislota quvurlari, armaturalar, nasoslarni ta'mirlashda va salniklar o'rnatishda rezinali oldiga tutgich (fartuk) va qo'lqoplarda ishlash, yig'gichlar va sovutgichlarni ta'mirlashda esa rezina etik ham kiyish lozimdir.

**Vodorod sulfid bilan ishlash.** Vodorod sulfid – kuchli ta'sir etuvchi zahardir. Yuqori ( $1 \text{ g/m}^3 \text{ H}_2\text{S}$  dan yuqori) konsentratsiyalarda zaharlanish juda tez yuz beradi, u talvasa yuz berishi va xushdan ketish kuzatiladi; nafas olish markazini falaj bo'lishi natijasida o'limga olib kelishi mumkin. Vodorod sulfid oz

miqdordagi konsentratsiyalarda yallig‘lantirish ta‘siriga egadir, ishlab chiqarish binolaridagi ish joylarida vodorod sulfidning yo‘l qo‘yilishi mumkin bo‘lgan konsentratsiya chegarasi  $10 \text{ mg/m}^3$  ni tashkil etadi.

Vodorod sulfid havo bilan portlovchi aralashma hosil qiladi, shuning uchun ishga tushirish va ishlatish bo‘linmalarida  $\text{H}_2\text{S}$  ni yondirish uchun yong‘in havfsizligi qoidalariga alohida e‘tibor berilishi kerak.

Kontakt sexining pech bo‘linmasida, sulfitli gaz bilan zaharlanishdan tashqari, mexanizmlarni ishlatishdagi ehtiyotsizlik tufayli kuyish va jarohat olish mumkin. Pechlarga xizmat ko‘rsatish jarayonida maxsus to‘siq qilinmagan pechga suyanish man etiladi.

«Kuzatish oynasi» orqali xomashyoni yonishini kuzatish lozim bo‘lsa, maxsus ko‘zoynak taqiladi, chunki pechdan kutilmaganda chiqadigan alanga ko‘zni jarohatlashi mumkin.

**Elektr toki bilan ishlash.** Tok o‘tkazuvchi simlar va detallarga noto‘g‘ri yondoshilganda elektr toki inson hayoti uchun katta xavf soladi. Elektr toki bilan shikastlanish ikkita: issiqlikli (kuyish) va mexanik (to‘qimalarning buzilishi) turlarga bo‘linadi. Elektr urishi butun organizmning umumiy shikastlanishiga olib kelishi mumkin. Shuni bilish kerakki, inson tokning ta‘sir maydoniga qanchalik yaqin tursa, uning organizmi shunchalik kuchli shikastlanadi. Shikastlanish oqibati tokning kattaligi va kuchlanishiga, uning ta‘sir etish vaqtiga, tok o‘tish yo‘liga va inson sog‘ligining holatiga bog‘liqdir.

Yurak va sil kasalliklari bilan og‘rigan kishilarga tokdan shikaslanish ayniqsa xavflidir.

Yuqori kuchlanishli (masalan, elektrofiltrlarda) tokdan shikastlanish juda xavfli bo‘lib, o‘limga olib kelishi mumkin.

Elektr tokidan shikastlanishni oldini olish uchun sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlaydigan har bir xodim xavfsizlik texnikasi qoidalarini bilishi va unga qat‘iy rioya etishi lozimdir, xususan, tok bo‘lgan ochiq simlarni himoyalangan qo‘l bilan ushlamaslik, elektr yoritgichlari va elektrodvigatellarni o‘z bilganicha ta‘mirlamaslik (bu ishlarni navbatchi elektromontyorlar bajaradi)

kerak, elektrodvigatellarni o‘chirish va yoqish maxsus qo‘lqoplar kiyib olingan holda amalga oshiriladi. Elektr tokini o‘chirmasdan elektrofiltrlar binolariga kirish va u yerda qandaydir ta‘mirlar o‘tkazish qat’iy taqiqlanadi. Jihozlar va yuqori kuchlanishli simlar joylashgan binolar (shinali koridor, taqsimlash punkti va izolyatorlar) da hamma eshiklar yopiq bo‘lishi kerak va eshiklar ochilganda kuchlanishni uzib qo‘yadigan blokirovkalar o‘rnatilishi kerak.

Elektr toki bilan shikastlanganda zudlik bilan jabrlanuvchini tok ta‘siridan ajratish (jabrlanuvchi tegib turgan tarmoqni uzish yoki uni tok o‘tkazuvchi simdan ajratib olish) kerak. Bunda shuni doimo nazarda tutish kerakki, jabrlanuvchi tok ta‘siri ostida turadi va unga yordam beradigan inson uchun ham tok bilan shikastlanishida birinchi manbaa bo‘lishi mumkin. Yordam beruvchi kishi rezina qo‘lqop va etik kiyishi yoki hech bo‘lmaganda qo‘lni quruq tok o‘tkazmaydigan mato bilan o‘rab olishi, quruq taxta ustiga chiqib olishi kerak. Jabrlanuvchi simdan ajratib olingandan keyin sun‘iy nafas oldirilishi va zudlik bilan shifokor chaqirilishi kerak.

Sulfat kislota ishlab chiqarishda alohida yong‘in havfli moddalar ishlatilmaydi, shuning uchun sulfat kislota sexlarida odatdagi yong‘inga qarshi qoidalar tartibiga rioya etilishi kerak.

**Mehnat xavfsizligi qoidalari.** Sulfat kislota sexlarida meditsina ko‘rigidan o‘tgan va ushbu ishlab chiqarish uchun o‘rnatilgan texnik minimumlarni topshirgan shaxslarnigina ishlashiga ruhsat etiladi. Texnika xavfsizligi bo‘yicha yo‘riqnoma har bir ish o‘rini uchun ishlab chiqilishi kerak.

Barcha xizmatchilar uchun texnika xavfsizligini bilishini nazorat qilish va yo‘l-yo‘riqlar ko‘rsatish yarim yilda kamida bir marta o‘tkaziladi.

Ishlatiladigan maxsus kiyimlar belgilangan me‘yorlarga mos kelishi kerak; ishga kirishishda o‘zi bilan himoya vositalari (protivogaz, maxsus ko‘zoynak, rezina qo‘lqoplar) bo‘lishi kerak. To‘siqlar bo‘lmaganda jihozlar qismlari harakatlanadigan joylar yaqinida ishlash man etiladi.

Odamlar o‘tadigan joylarda kislota quvurlarining flaneslari (birlashtirgichlari) ga himoya g‘iloflari o‘rnatilishi kerak.



Jihozlarni sovuqda ta'mirlash, shuningdek bosim ostidagi kislota, havo va gaz jihozlarini ta'mirlash taqiqlanadi. Jihaz va quvurlarni ta'mirlashdan oldin ular albatta yuvilishi, quritilishi kerak, kislota qoldiqlari ohak bilan neytrallanishi lozimdir.

Namunalar olishda va kislotalarni quyishda himoya ko'zoynaklari taqib olinishi va rezina qo'lqop kiyilishi kerak. Kislotalarni suv bilan suyultirishda suvga kislota (*aksincha emas!*) quyiladi. To'kilib ketgan kislotalarni yuvib tashlanadi, kislota to'kilgan joy ohak bilan neytrallanadi.

Kislota quvurlarini, shuningdek kislotali jihaz va idishlarni nazorat qilishda himoya ko'zoynaklari taqib olish va rezina qo'lqoplari kiyib olish kerak.

Binolarga zaharli gazlar ajralib chiqqanda zudlik bilan protivogaz kiyiladi.

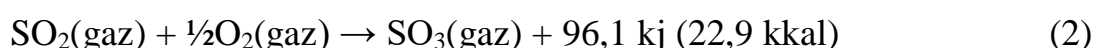
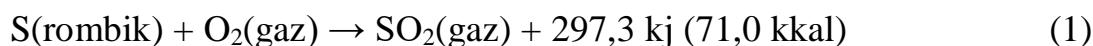
12 v dan yuqori kuchlanishli elektr lampochkalari uzaytirgichlaridan foydalanish taqiqlanadi, lampochka uzaytirgichlari va shnurlari muhofazalangan va quruq bo'lishi kerak. Elektrodvigatellarni o'chirish va yoqish faqatgina yaroqli rezina qo'lqoplarida amalga oshiriladi.

Sulfat kislota sexlaridagi barcha xizmatchilar o'z-o'ziga va bir-biriga birinchi tibbiy yordami ko'rsatish uchun o'qitilgan bo'lishi kerak.

#### **4§. Sulfat kislota ishlab chiqarishda kimyoviy energiyadan foydalanish**

Sulfat kislota ishlab chiqarish asosidagi barcha reaksiyalar issiqlik ajralib chiqishi bilan sodir bo'ladi. Bu issiqlikdan foydalanish nafaqat ishlab chiqarishning o'ziga bog'liq barcha energetik sarfni qamrab oladi, balki bu energiyaning bir qismini energetik bug' yoki elektroenergiyaga aylantirishga berilishi mumkin, ya'ni sulfat kislota ishlab chiqarishni energo-texnologik ishlab chiqarish darajasiga ko'tarish mumkin.

Bunday ishlab chiqarishni tashkil etish imkoniyatini oltingugurtdan kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish misolida ko'rib chiqamiz. Jarayon quyidagi ekzotermik reaksiyalarga asoslanadi:





7.1-jadvalda ishlab chiqarishda boradigan jarayonlarni tavsiflaydigan va 1 t sulfat kislota olish hisobiga to'g'ri keladigan ma'lumotlar keltirilgan. Bunda kolchedan va vodorod sulfiddan sulfat kislota olishdagi shunday ma'lumotlar ham keltirib o'tilgan.

450°C harorat va 4 MPa bosimdagi energetik bug'ning issiqlik miqdori 3330 kj/kg (0,795 Gkal/t) ni tashkil etadi, shuning uchun bu kattalikka muvofiq 1 t mahsulot sulfat kislotasidan olinadigan bug'ning nazariy miqdori 7.1-jadvalda keltirilgan.

7.1-jadval

**Turli xil xomashyolardan 1 t sulfat kislota olishda  
ajralib chiqadigan issiqlik miqdori**

Jarayonlar	Oltinugurt		Kolchedan	Sulfid angidrid
	mln kj	%		
Xomashyoni yondirish	3,03 [(1) reaksiya]	55,1	4,35	5,29
SO <sub>2</sub> ni SO <sub>3</sub> ga oksidlash	0,98[(2) reaksiya]	17,8	0,98	0,98
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ning hosil bo'lishi	1,34[(3) reaksiya]	24,4	1,34	1,34
93% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> gacha suyultirish	0,15	2,7	0,15	0,15
<b>Jami</b>	<b>5,50</b>	<b>100,0</b>		
Olinadigan bug'ning nazariy olish mumkin bo'lgan miqdori, t	1,65		6,82	7,76

Amalda esa tevarak atrof muhitga issiqlikning yo'qotilishi, shuningdek, SO<sub>3</sub> absorbsiyasida ajraladigan barcha issiqlik keyingi bosqichda absorberlarga taqsimlanadigan sulfat kislotani sovushida yo'qoladi. Buni absorbsiya jarayonini nisbatan past harorat – 70°C da amalga oshirilishi, bunda issiqlikdan foydalanish iqtisodiy jihatdan maqbul emasligi bilan tushuntiriladi. Shuning uchun bu energiyadan nafaqat foydalanilmaydi, balki sovituvchi suv tarzida qo'shimcha energiya sarflanganligi sababli tizimdan chiqarib yuborilmaydi.

Ishlab turgan sulfat kislota qurilmalarida ishlatiladigan issiqlik miqdori yo'qotilgan issiqlik bilan aniqlanadi, uning miqdori ishlab chiqarish texnologik tizimi va jarayonlar ko'rsatkichlariga bog'liqdir. Masalan, 4.25-ramda tasvirlangan tizim bo'yicha ishlaydigan ishlab chiqarish uchun yo'qotiladigan issiqlik miqdori  $Q_1$  quyidagi tenglama bo'yicha aniqlanadi:

$$Q_n = Q_1 + Q_2 \quad (4)$$

bu yerda:  $Q_1$  – sulfat kislota hosil bo‘lishida ajralib chiqadigan issiqlik miqdori, 1,34 mln kj/t (7.1-jadval);  $Q_2$  – 1- va 2- absorberlarga beriladigan gazni sovitishda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori, mln kj/t.

$$Q_2 = Vc\Delta t_1 + Vc\Delta t_2 = Vc(\Delta t_1 + \Delta t_2) \quad (5)$$

$V$  – absorberga kiradigan gaz hajmi, 2230 m<sup>3</sup>/t;  $c$  – gazning issiqlik sig‘imi, 1,38 kj/(m<sup>3</sup>·°C);  $\Delta t_1$  – gazning 1-absorberga kirishida va undan chiqishidagi haroratlari farqi ( $\Delta t_1 = 230 - 70 = 160^\circ\text{C}$ );  $\Delta t_2$  – gazning 2-absorberga kirishidagi va tizimga kiradigan havo haroratlari o‘rtasidagi farq ( $\Delta t_2 = 195 - 20 = 175^\circ\text{C}$ ).

Ko‘rsatkichlar qiymatlarini (4) va (5) tenglamalarga qo‘yib,:

$$Q_n = 1,34 + 2230 \cdot 1,38 \cdot (160 + 175) \cdot 10^{-3} = 2,37 \text{ mln kj/t ni topamiz.}$$

Shunday qilib, oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishda issiqlikdan foydalanishning nazariy mumkin bo‘lgan darajasi:

$$\alpha = \frac{5,35 - 2,37}{5,35} \cdot 100 = 55,7\%$$

bo‘ladi, ya’ni olinadigan bug‘ miqdori taxminan 1 tonna/tonnani tashkil etadi.

Korxonalardan energetik bug‘ni mahsulot sifatida chiqarish nisbatan kam ulushni tashkil etadi va u ko‘pgina zavodlarda 0,5-0,6 t/t ni tashkil etadi, chunki olinadigan bug‘ning anchagina katta miqdori oltingugurt filtrlarini hamda ifloslangan va toza oltingugurt va vodorod sulfid rezervuarlarini qizdirishga sarflanadi.

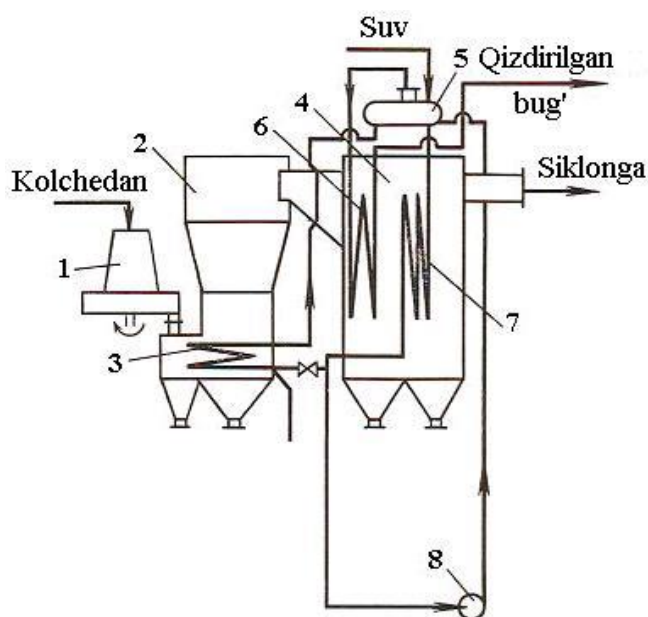
Kolchedandan sulfat kislota ishlab chiqarishda ajralib chiqadigan issiqlik miqdori anchagina katta miqdorda bo‘ladi, lekin undan foydalanish darajasi oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishdagiga nisbatan anchagina past bo‘ladi. Kolchedan bilan ishlaganda issiqlikning katta miqdori nafaqat SO<sub>3</sub> absorbsiyasida, balki nisbatan past haroratda amalga oshiriladigan gazlarni maxsus tozalashda yo‘qotiladi. Bunda gaz 400°C dan 50°C gacha sovitiladi. Ishlatiladigan issiqlik jarayondan qaynovchi qatlam pechida va qozon-utilizatorida (7.11-rasm) chiqarib olinadi, u yerda ajralib chiqadigan umumiy issiqlikning (7.12-rasm) taxminan 50% miqdori ishlatiladi, undan energetik bug‘ olinadi:

$$P = \frac{6,82 \cdot 0,5}{3,33} = 1,0 \text{ t/t}$$

Alohida holatlarda absorbsiya bo‘linmasida issiq suv tarzida ajratib olinadigan issiqlikdan qisman binolarni isitishda, shuningdek, maishiy va sanoat ishlab chiqarish maqsadlari uchun ishlatiladi.

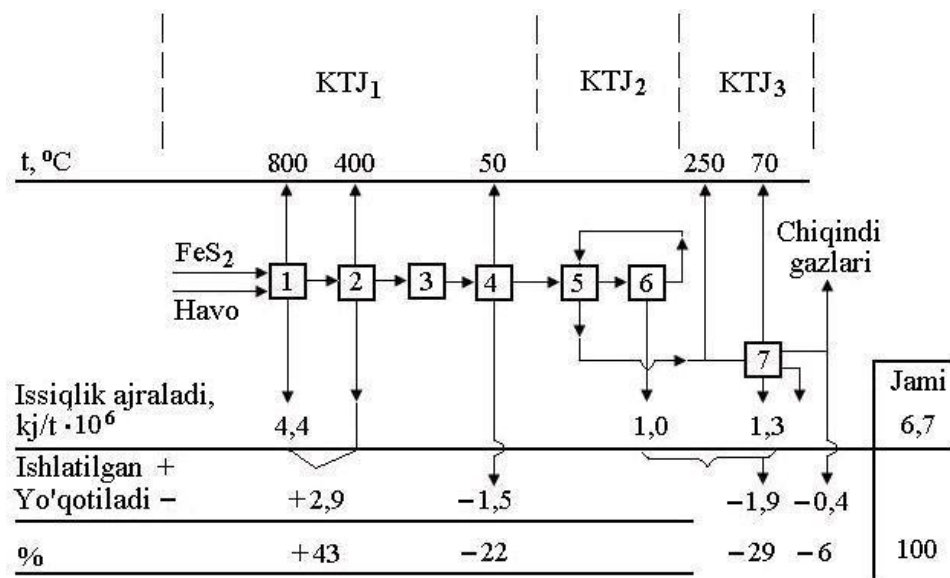
7.13-rasmda Lurgi firmasi (Germaniya) tomonidan yaratilgan qo‘shaloq kontaktlanish usulida oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi keltirilgan. Bu sxema bo‘yicha SO<sub>3</sub> ni oraliq absorbsiyasi yuqori haroratda amalga oshirilishi orqali issiqlikdan foydalanishning yuqori darajasiga erishiladi; quruq chiqindi gazlari (oxirgi absorberdan so‘ng) issiqligidan absorbsiya bo‘linmasi kislota bilan oldindan isitilgan quyi konsentratsiyali ishlatilgan chiqindi sulfat kislota konsentrlashda foydalaniladi.

Oraliq absorber 12 (7.13-rasm) to‘ldirgichli skrubber minorasi bilan biriktirilgan Venturi quvuri ko‘rinishida bo‘ladi. Taqsimlanadigan kislota Venturi quvurining quyiladigan joyida hamda Venturi quvuri bilan skrubber minorasi biriktiriladigan gaz o‘tish joyida sachratiladi. Bunda kislota mayda tomchilari gaz oqimi bilan qo‘shiladi va minora to‘ldirgichlarini namlaydi, bunda minoraga kislota taqsimlash kerak bo‘lmay qoladi.



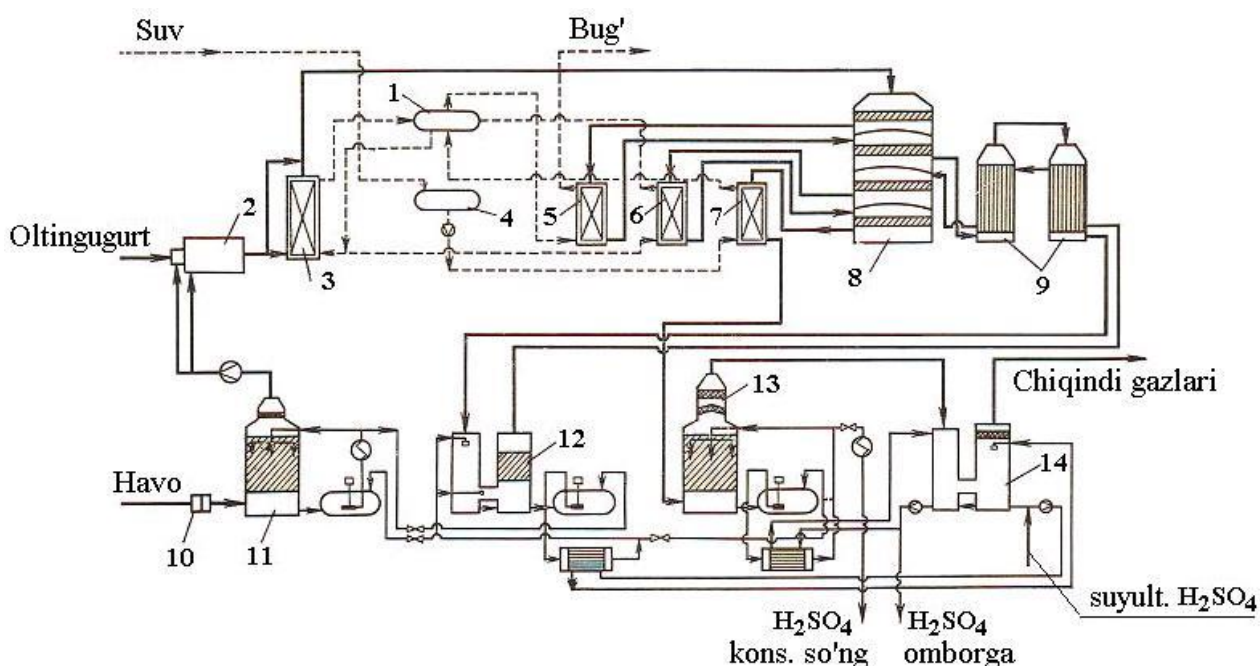
**7.11-rasm. Qozon-utilizator qurilmasining sxemasi:**

1-bunker-ta‘minlagich; 2-qaynovchi qatlam pechi; 3-sovutish elementlari; 4-qozon-utilizator; 5-baraban-separator; 6-bug‘li qizdirgich; 7- sovutish elementlari; 8-sirkulyatsiya nasosi.



**7.12-rasm. Flotatsiyali kolchedandan sulfat kislota ishlab chiqarishda reaksiya issiqligidan foydalanish:**

1-flotatsiyali kolchedanni kuydirish va kuyundi gazi olish; 2-qozon-utilizatorida gazni sovitish; 3-gazni changdan tozalash; 4-gazni yuvish va quritish; 5-gazni qizdirish; 6-katalizatorida SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlash; 7-sulfat kislota hosil qilish bilan SO<sub>3</sub> ni absorbsiyalash (KTJ<sub>1</sub> – SO<sub>2</sub> olish; KTJ<sub>2</sub> – SO<sub>2</sub> ni SO<sub>3</sub> ga oksidlash; KTJ<sub>3</sub> – H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> olish).



**7.13-rasm. Ishlatilgan chiqindi sulfat kislota konsentrlash uchun issiqlikdan foydalanish yo'li bilan sulfat kislota ishlab chiqarish sxemasi:**

1-bug' barabani; 2-oltiingugurtni yoqish uchun pech; 3- qozon-utilizator; 4-qozon uchun suvni ta'minlash sig'imi; 5-bug' qizdirgich; 6-bug'latgich; 7-ekonomayzer; 8-kontakt jihozi; 9-gazning issiqlik almashtirgichi; 10-havo filtri; 11-quritish minorasi; 12-oraliq absorber; 13-oxirgi absorber; 14-konsentrlash tarmog'i.

Oraliq absorber uchun taqsimlashga beriladigan kislota harorati 80°C atrofida boʻladi, ammo uni shunday miqdorda beriladiki, bunda gazning haroratini absorberdan chiqishda 120-140°C darajasida ushlab turiladi. Shunday texnologik tartib sababli issiqlik almashtirgichlar 9 da gazni qizdirish osonlashadi.

Konsentrlash uchun beriladigan ishlatilgan chiqindi sulfat kislota absorberlardan chiqadigan kislotani sovishi hisobiga issiqlik almashtirgichlarda qizdiriladi, soʻngra konsentrlash uchun jihoz 14 ga yuboriladi, bu qurilmaning tuzilishi oraliq absorber 12 ga oʻxshaydi. Oxirgi absorber 13 dan chiqadigan gaz jihoz 14 ning Venturi quvuriga yuboriladi; bu gaz tarkibida suv bugʻi boʻlmaydi, shuning uchun uning qizdirilgan chiqindi sulfat kislota tomchilari bilan toʻqnashishi natijasida kislota eritmasining bugʻlanishi sodir boʻladi.

Jarayonning bunday tizimi oxirgi absorberdan chiqadigan gazlar issiqligidan katta miqdorda foydalanishni taʼminlaydi.

7.13-rasmda qozon-utilizator 3 va issiqlik almashtirgich oʻrtasida suv va bugʻning sirkulyatsiyasi hisobiga mahsulot sifatida qizdirilgan bugʻ ishlab chiqaradigan shunday sxema koʻrsatilgan.

### *Nazorat uchun savollar:*

1. Ishlab chiqarishdagi nazoratlar qanday tashkil etiladi?
2. Haroratni qanday asboblarda yordamida oʻlchanadi? Ularning ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Bosim va vakuumni qanday asboblarda yordamida oʻlchanadi? Ularning ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Sarflanadigan materiallarni qanday asboblarda yordamida oʻlchanadi? Ularning ishlash prinsipini tushuntiring.
5. Kolchedan va kuyundi analizi qanday amalga oshiriladi?
6. Kislota analizi qanday amalga oshiriladi?
7. Gazlar tarkibidagi qanday komponentlar aniqlanadi? Ularni aniqlash usullarini ayting.
8. Nima uchun jarayonlarni avtomatik boshqarish tizimi ishlatiladi?
9. Kolchedan kuydirilishini avtomatik boshqarish qanday amalga oshiriladi?
10. Kuyundi gaz yuvilishini avtomatik boshqarish qanday amalga oshiriladi?
11. Absorbsiya-quritish boʻlinmasini avtomatlashtirishni tashkil etishni tushuntiring.
12. Kontakt boʻlinmasini avtomatlashtirish qanday amalga oshiriladi?

13. Kontaktli sulfat kislota ishlab chiqarishni kompleks avtomatlashtirish jarayonini tushuntiring.
14. Avtomatik boshqaruv sexlari qanday barpo etiladi?
15. Sulfit angidridning qanday zararli ta'sirini bilasiz?
16. Sulfat angidridning qanday zararli ta'sirini bilasiz?
17. Azot oksidlarining qanday zararli ta'sirini bilasiz?
18. Sulfat kislotaning qanday zararli ta'sirini bilasiz?
19. Vodorod sulfitning qanday zararli ta'sirini bilasiz?
20. Elektr toki bilan ishlashda qanday ehtiyot choralarini ko'rish kerak?
21. Mehnat xavfsizligi qoidalarini tushuntiring.

## VIII-bob

# NITRAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI

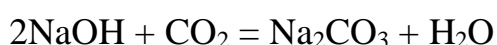
### 1-§. Havodan azot va kislorod olish

Havo yerning gaz holatdagi qobig‘i – atmosferasida bo‘ladigan gazlarning mexanik aralashmasidir. yer sirti quruq havosining tarkibiga 78% azot, 21% kislorod va 1% argon kiradi. Havodagi suv bug‘ining miqdori 0,% dan 2% gacha o‘zgaradi. Bundan tashqari, havoda iz miqdorda karbonat angidrid, vodorod, neon, kripton va boshqalar bo‘ladi.

Havo tarkibiga kiruvchi gazlar xalq xo‘jaligida keng ko‘lamda ishlatiladi. Masalan, azot inert atmosfera hosil qilish uchun, kalsiy sianamid olish uchun va shunga o‘xshash ishlarda ishlatiladi. Kisloroddan ko‘pgina sanoatlar oksidlash jarayonlarida, payvandlashda, metallurgiya sanoati va xokazolarda foydalaniladi. Inert gazlar elektrolampalarda to‘ldirgich sifatida va boshqa sohalarda ishlatiladi.

Havoni tarkibiy qismlarga ajratish havo tarkibiga kiruvchi alohida olingan gazlar qaynash haroratlarining farqlanishiga asoslangandir. Masalan, kislorod – 182,9<sup>0</sup>Cda, argon –185,7<sup>0</sup>Cda, azot –195,7<sup>0</sup>Cda qaynaydi. Havoni ajratish uchun dastlab qisiladi, ya’ni azotning qaynash haroratidan past haroratgacha sovutish orqali suyuq holatga o‘tkaziladi, so‘ngra rektifikatsiya minoralarida bug‘latiladi, u yerda havoni ajratish amalga oshiriladi. Havoni azot va kislorodga ajratish uchta asosiy bosqichdan iboratdir: tozalash va quritish, qisish va rektifikatsiya.

*Havoni tozalash va quritish.* Qisish va ajratishga beriladigan havo sovutilganda hosil bo‘ladigan qattiq zarrachalar (muz, qattiq karbonat kislota, chang) issiqlik almashtirgichlarda tiqilib qolmasligi uchun oldindan chang, suv bug‘lari va CO<sub>2</sub> dan tozalanadi. Havo changdan moyli filtr orqali o‘tkazish yo‘li bilan tozalanadi. Moyli filtr kolonka ko‘rinishida bo‘lib, unga sirti mineral moylar bilan qoplangan metall halqalar to‘ldirilgan bo‘ladi. Havoni karbonat angidridan tozalash uchun o‘yuvchi natriy eritmasiga yuttiriladi:

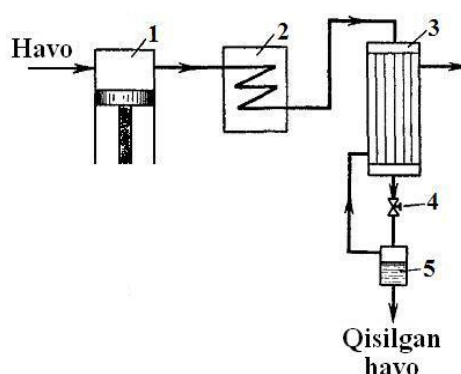




Havo suv bug'idan qattiq adsorbentlar (silikagel, alyumogel kabilar) yoki o'yuvchi natriy to'ldirilgan adsorberlarda tozalanadi.

*Qattiq sovutish bilan havoni siqish.* Qattiq sovutish bilan havoni siqish sanoatda ikki yo'l bilan amalga oshiriladi:

– Tor tirqishdan katta hajmga o'tkazish orqali qisilgan havoni o'z-o'zicha kengayishi yo'li bilan amalga oshiriladi, bu drossellash deb ataladi. Drossellash asosan ventillar yordamida amalga oshiriladi; Drossellashda havoni sovushi real gazlar kengayishida bir qism ichki energiyaning molekular orasidagi tortilish kuchlarini yengishga sarflanishi tufayli yuzaga keladi va bunda gaz soviydi. Agar qisilgan havo ozgina sovutilsa, so'ngra bosimi pasaytirilsa, uning harorati yanada pasayadi. Masalan, agar havo 50 atm gacha qisilgan va oldindan  $-50^{\circ}\text{C}$  gacha sovutilgan bo'lsa, uning o'z-o'zicha kengayishidan termohimoya hajmdagi havo harorati  $-72^{\circ}\text{C}$  gacha pasayadi. Drossellash qurilmasining prinsipial sxemasi 8.1-rasmda ko'rsatilgan. Havo kompressor 1 bilan qisiladi, so'ngra sovutgich 2 da sovutiladi. Qisilgan havo qarama-qarshi oqimli issiqlik almashtirgich 3 orqali o'tadi, ventil 4 bilan drossellanadi, buning natijasida havoning bosimi pasayadi va u soviydi. Bunda bir qism havo qisiladi, qisilgan havo qismi esa qarama-qarshi oqimli issiqlik almashtirgichga yuboriladi, u yerda kelayotgan qisilgan havoning sovishi sodir bo'ladi. Suyuq havo separator 5 da yig'iladi.



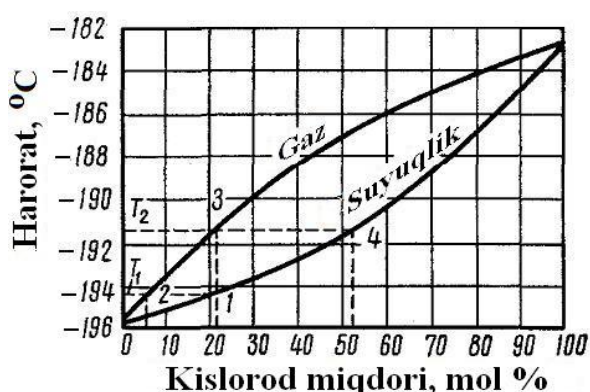
**8.1-rasm. Havoni qisish qurilmasining sxemasi.**

– Tashqi ish bajarish bilan qisilgan gazning kengayishida sovush effektidan foydalanishga asoslangan usulda qisilgan havo bug' mashinasiga o'xshash

mashinaga beriladi. Unda havo bir vaqtda kengayish va sovish bilan porshenni surish yoki trubinani aylantirish kabi ishlarni bajaradi.

Suyuq havoni rektifikatsiyalash. Havoni rektifikatsiyalashdan maqsad, yuqoridagi usullardan biri biri bo'yicha olingan suyuq havoni komponentlarga ajratishdir.

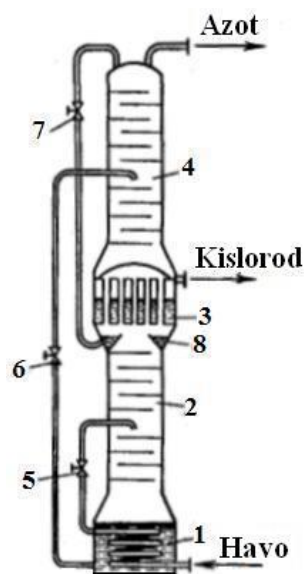
Suyuq azot va suyuq kislorod har qanday nisbatda aralashadi. Suyuqliklar aralashmasining qaynash harorati va gaz fazasining tarkibi aralashma tarkibiga bog'liqdir. Aralashmada past qaynash haroratli komponent azot qanchalik ko'p bo'lsa, aralashmaning qaynash harorati ham shunchalik past bo'ladi. Suyuq aralashma bilan muvozanatda bo'lgan bug'da bu komponentning miqdori ko'p bo'ladi. 8.2-rasmda 1 atm (760 mm sim. ust.) bosimdagi azot-kislorod aralashmasining muvozanatli qaynash egri chiziqlari tasvirlangan. Tarkibida 20,9% kislorod va 79,1% azot bo'lgan suyuq havo (soddalashtirish uchun ikki komponent olingan)  $t_1 = -194,3^{\circ}\text{C}$  (nuqta 1) da qaynaydi. Suyuqlik ustidagi gaz fazasi azot bilan boyigan bo'ladi, nuqta 2 uning tarkibiga to'g'ri keladi. Bunda suyuqlik kislorod bilan boyiydi va uning qaynash harorati ortadi. Agar  $t_2$  haroratda yuqori qaynash haroratli fraksiya kondensatsiyalansa, hosil bo'ladigan suyuqlik tarkibi nuqta 4 ga muvofiq keladi, ya'ni suyuqlik kislorod bilan boyiydi, gaz fazasi tarkibi esa nuqta 3 ga muvofiq keladi. Shunday qilib, gaz fazasi azot bilan boyitiladi.



**8.2-rasm. Azot-kislorod sistemasi uchun muvozanat diagrammasi.**

Havoni ajratish uchun bir va ikki marta rektifikatsiyalashli jihozlar ishlatiladi. Bir marta rektifikatsiyalashli minoralarda tarkibida 7%  $\text{O}_2$  bo'lgan azot olinadi. Ikki marta rektifikatsiyalashli jihoz yuqori va quyi minoralardan tuzilgan (8.3-

rasm). Quyi minora 2 havoni azot va havo-kislorod aralashmasiga dastlabki ajratish uchun xizmat qiladi. Yuqori kolonna 4 da gazlar aralashmasini azot va kislorodga oxirgi ajratish sodir bo‘ladi. Quyi minorada yuqori bosim (5,5-6,5 atm), yuqori minorada esa atmosfera bosimiga yaqin bosim ushlab turiladi. Yuqori va quyi minoralar orasida bug‘latgich-kondensator 3 joylashgan bo‘ladi. U yuqori minora uchun kislorodni bug‘latgich, quyi minora uchun esa azot kondensatori vazifasini o‘taydi.



**8.3-rasm. Ikki qaytali rektifikatsiyalash orqali havoni ajratish jihozining sxemasi:**

1-minora sig‘imi; 2-quyi minora; 3-kondensator-bug‘latgich; 4-yuqori minora; 5,6,7-drossel jo‘mrangi; 8-cho‘ntak.

Ikki qaytali rektifikatsiya jihozi quyidagicha ishlaydi. Issiqlik almashtirgichda oldindan 145-150<sup>o</sup>K gacha sovutilgan va 120-200 atm bosimgacha siqilgan havo quyi minorada joylashgan o‘ramli quvurga beriladi. Siqilgan havo u yerda qaynovchi havo-kislorod aralashmasi hisobiga 110<sup>o</sup>K haroratgacha soviydi. So‘ngra havo drossellanadi va mazkur minora o‘rta tokchalariga beriladi. Azot bilan boyigan bug‘ yuqoriga ko‘tariladi, bug‘latgichda kondensatsiyalanadi. Kislorod bilan boyigan suyuqlik pastga oqib tushadi. Quyi kolonnaning cho‘ntaklari 8 da suyuqlik yig‘iladi, undagi azot miqdori 98-99,5% ga yetadi. Shu yerdan suyuq azotning bir qismi pastga oqib tushadi, bir qismi esa yuqori minorani sug‘orishga beriladi. Tarkibida taxminan 40% kislorod bo‘lgan havo-kislorod

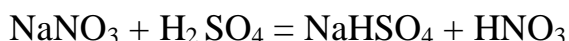
aralashmasi quyi minoradan yuqori minoraning o'rtta qismiga beriladi. Pastga oqib tushishi hisobiga suyuqlik kislorod bilan boyiydi, ko'tarilayotgan azot bug'lari esa yuqoridan oqib tushayotgan suyuq azot bilan kisloroddan tozalanadi. Toza azot yuqori minoradan ajratib olinadi, gaz holatdagi kislorod bug'latgich ustidan ajratib olinadi.

Yirik zamonaviy havoni ajratish qurilmasining quvvati 3000-17000 m<sup>3</sup>/soat azotni tashkil etadi. Elektr energiyasi sarfi esa 0,09-0,16 kvt·soat/m<sup>3</sup> N<sub>2</sub> ni tashkil qiladi.

## **2-§. Atmosfera azotini bog'lash usullari**

Azot jonli tabiat va inson hayoti uchun muhim rol o'ynaydigan elementlar guruhiga kiradi. Azot uglerod, kislorod va vodorod bilan bir qatorda o'simlik va tirik organizmlar tarkibiga kiruvchi asosiy elementlardan hisoblanadi. U asosiy biokimyoviy jarayonlarda qatnashadi, ozuqa moddalari va oziq-ovqat mahsulotlari tarkibiga kiradi. Lekin, yer atmosferasida azotning katta zaxirasi bo'lishiga qaramay, o'simliklarga ko'pincha «azot ozuqasi» yetishmasligi kuzatiladi, chunki o'simliklarga havo azotidan juda oz miqdorda o'zlashadi.

Yer qatlaminin 0,04% miqdorini azot tashkil etadi, atmosfera havosining 78% miqdori azotdan iboratdir. Azot qattiq yoqilg'ilar (toshko'mir va torf) tarkibida 1-2% miqdorda bo'ladi. Azot sanoatda keng miqyosda ishlatiladigan azotli noorganik qazilma boyliklar holatida faqat Chilida (Janubiy Amerika) va Mariyentaldagina (Janubiy-G'arbiy Afrika) bor xolos. Natriyli selitra XX asrning boshlarigacha xalq xo'jaligining turli tarmoqlari uchun zarur bo'lgan azotli birikmalar olishda yagona tabiiy xomashyo bo'lib hisoblangan. Bunda Chili selitrasi, asosan nitrat kislota olish uchun qayta ishlangan:



Toshko'mirni quruq haydashda ajralib chiqqan azot suv yoki kislotaga yuttirilib (absorbsiyalanib), keyinchalik azotning boshqa birikmalarini olishda xomashyo sifatida ishlatilgan.

Molekulyar azot boshqa elementlar bilan juda qiyinchilik bilan birikadi. Azotning bu xossasi molekuladagi atomlarning mustahkam bog‘langanligi tufayli yuzaga keladi va bu bog‘lovchi orbitallarda oltita elektron (har bir atomdan uchtdan elektron) qatnashishi bilan izohlanadi. Shuning uchun azot molekulasining dissotsilanish energiyasi juda yuqori (225 kkal/mol) bo‘ladi.

O‘simliklar azotni tuproqdagi ammoniy va nitrat tuzlaridan o‘zlashtiradi. Tuproqda bu birikmalar azotli organik birikmalarning chirishi hamda maxsus mikroorganizmlar tomonidan atmosfera azotini biologik fiksatsiyasi natijasida hosil bo‘ladi. Atmosfera havosida chaqmoq chaqqanda ham azot kislorod bilan birikadi. Qishloq xo‘jaligi tez sur‘atda rivojlanib bormoqda, shu tufayli bunday yo‘l bilan o‘simliklarni bog‘langan azot bilan ta‘minlab bo‘lmaydi. Shuning uchun qishloq xo‘jaligida sun‘iy azotli o‘g‘itlardan foydalaniladi hamda sanoatda ishlab chiqarilayotgan azot birikmalarining ko‘p qismi o‘g‘it ishlab chiqarishga sarflanadi.

Sanoatda atmosfera azotini bog‘lashning bir necha usullari mavjud: atmosfera azotini elektr yoyida oksidlash (yoy usuli); kalsiy karbiddan kalsiy sianamid olish (sianamid usuli); elementlardan ammiak sintez qilish (ammiakli usul). Ular orasida eng iqtisodiy samarador usul ammiak sintezidir va hozirgi paytda bog‘langan azotning 95% miqdori shu usul bilan olinadi.

*Yoy usuli.* Bu usulning mohiyati yuqori haroratda (elektr yoyi alangasida) azot elementining havo kislorodi bilan birikib, NO hosil qilishidadir:



Bu jarayon yuqori haroratda boradi. Bunda NO juda oz va tez hosil bo‘ladi. 2000°C haroratda muvozanat bir daqiqada qaror topadi.

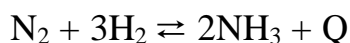
Hosil bo‘lgan NO dissotsilanib ketmasligi uchun uni tezda reaksiya zonasidan chiqarib, sovitish kerak. So‘ngra uni NO<sub>2</sub> gacha oksidlab, suvda eritib nitrat kislota yoki kalsiyli selitra holiga o‘tkazish kerak. Bunday usul bilan 1 tonna azotli birikma olish uchun 60000 kvt/soat energiya sarf bo‘ladi. Yoy usuli iqtisodiy jihatdan ancha qimmat bo‘lgani uchun deyarli qo‘llanilmaydi.

*Sianamid usuli.* Bu usul maydalangan kalsiy karbidning yuqori haroratda (1000°C atrofida) azot bilan reaksiyaga kirishib, kalsiy sianamid hosil qilishdan iborat:



Bunda reaksiya natijasida hosil bo'lgan sianamid (azotning miqdori 18-20 %) qishloq xo'jaligida, kimyo sanoatida va rangli metallurgiyada ko'p ishlatiladi. Bu usul bilan 1 t birikma holida azot olish uchun 10-12 ming kvv/soat energiya sarf bo'ladi. Hozir bu usul ham sanoatda tobora kam qo'llanilmoqda.

*Ammiak usuli.* Bu usul bilan atmosfera azotini birikma holiga o'tkazish ancha afzalliklarga ega. Bu usul bilan bir tonna azotli birikma hosil qilishda sarf qilingan energiya yoy va sianamid usullarida sarf qilingan energiyadan kam. Ammiak usulida jarayon quyidagi reaksiya bo'yicha boradi:



Ammiak  $\text{NH}_3$  – normal bosim va haroratda rangsiz va o'tkir hidli gaz. Suyuq ammiak – rangsiz suyuqlik bo'lib,  $-33,4^\circ\text{C}$  da qaynaydi. Ammiak qaytaruvchi xossani namoyon qiladi, suvda yaxshi eriydi va ammoniy gidroksid ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) hosil qiladi. Ammiakning suvdagi 25% li eritmasi ammiakli suv yoki novshadil spirt nomi bilan yuritiladi. Ammiak o'g'it sifatida ishlatiladi, u tuproqqa suyuq holatda beriladi, shuningdek ammiakdan sovutgichlarda, metallurgiya sanoatida, plastmassalar, fotografiya materiallari preparatlari va boshqalar ishlab chiqarishda qo'llaniladi.

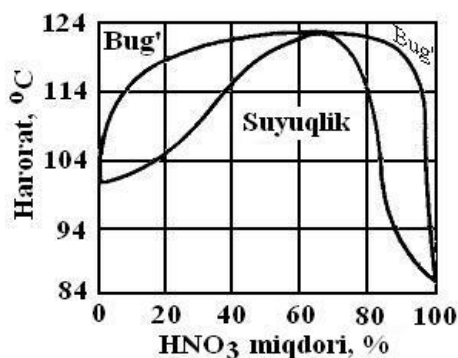
Ammiakning ko'p qismi turli xil azot tutgan o'g'itlar va nitrat kislota ishlab chiqarishda qayta ishlanadi, ulardan kimyo sanoatida ham, xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida ham keng miqyosda foydalaniladi.

### **3-§. Nitrat kislota ishlab chiqarish**

Nitrat kislota – muhim mineral kislotalardan biri hisoblanadi. Suvsiz nitrat kislota  $\text{HNO}_3$  zichligi  $1,52 \text{ g/sm}^3$  ( $15^\circ\text{C}$  da) bo'lgan og'ir suyuqlik bo'lib, havoda tutaydi. U  $-47^\circ\text{C}$  haroratda muzlaydi va  $86^\circ\text{C}$  da qaynaydi. Kislotaning

qaynaganda qisman u azot(IV)-oksid hosil qilish bilan parchalanadi. Ajralib chiqadigan azot(IV)-oksid kaslotada eriydi va kislotani sarg'ish yoki qizg'ish rangga ( $\text{NO}_2$  miqdoriga muvofiq) bo'yaydi.

Nitrat kislota suv bilan har qanday nisbatda aralashadi va gidratlar ( $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  va x.k.) hosil qiladi. Sultirilgan nitrat kislota bug'latilganda uning miqdori eritmada  $121,9^\circ\text{C}$  haroratda qaynaydigan azeotrop aralashmaga muvofiq keladigan konsentratsiyagacha (68,4%) ortadi (8.4-rasm).



**8.4-rasm.  $\text{H}_2\text{O}-\text{HNO}_3$  sistema uchun muvozanat diagrammasi.**

Nitrat kislota – kuchli oksidlovchi. Konsentrlangan nitrat kislota metallarning ko'p qismini ularga muvofiq keladigan oksidlar va nitratlarga aylantiradi. Ayrim metallar, masalan Al, Fe, Cr nitrat kislota bilan ta'sirlashganda metall sirtida kislotaning ta'siriga chidamli oksid qatlamlari hosil qiladi.

Ko'pgina organik birikmalar nitrat kislota ta'sirida parchalanadi, ulardan ayrimlari konsentrlangan nitrat kislota yonishi ham mumkin.

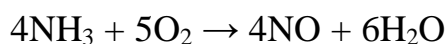
Konsentrlangan nitrat kislota siklik organik birikmalar bilan ta'sirlashganda ulardagi vodorod atomlari o'rnini nitroguruh oladi va nitroorganik birikmalar hosil qiladi. Gidroksil guruhli organik birikmalar bilan  $\text{HNO}_3$  efirlar hosil qiladi.

Nitrat kislota sanoatda ham, xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida ham keng ko'lamda ishlatiladi. Ishlab chiqarish hajmi bo'yicha u sulfat kislota dan keyingi ikkinchi o'rinni egallaydi. Ishlab chiqariladigan nitrat kislotaning ko'p qismi o'g'itlar, portlovchi moddalar, raketa yoqilg'ilari ishlab chiqarishga sarflanadi. Bundan tashqari u sulfat kislota (nitroza usuli), sintetik bo'yoqlar, turli xil plastmassalar, nitrosellyuloza, sintetik tolalar va x.k. ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Sanoatda uch xil navdagi suyultirilgan (kuchsiz – 45-55% HNO<sub>3</sub>) va ikki navdagi konsentrlangan (97-98% HNO<sub>3</sub>) nitrat kislota ishlab chiqariladi.

Ammiakdan suyultirilgan nitrat kislota olish jarayoni quyidagi reaksiyalarga asoslangan:

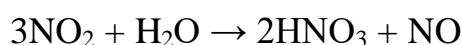
- 1) Ammiakning azot(II)-oksidgacha kontaktli oksidlanishi:



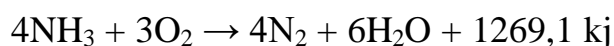
- 2) Azot(II)-oksidning azot(IV)-oksidgacha oksidlanishi:



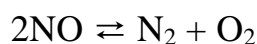
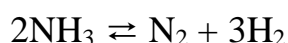
- 3) Azot(IV)-oksidning suvga absorbsiyasi:



**Ammiakning kontaktli oksidlanishi.** Ammiakning kontaktli oksidlanishi – ekzotermik jarayon bo‘lib, jarayonni o‘tkazish sharoitiga bog‘liq holda ammiak va kislorod orasida quyidagi parallel reaksiyalar sodir bo‘ladi:



Oksidlanish jarayoni faqat yuqori haroratda sodir bo‘ladi, lekin ortiqcha (800-900°C dan) yuqori harorat ammiak va hosil bo‘ladigan NO ning qisman parchalanishiga olib keladi:



Yuqori haroratda (900°C gacha) ammiakning azot(II)-oksidga aylanishi alohida reaksiyalar tezliklari nisbati orqali aniqlanadi.

Katalizator bo‘lmaganda ammiakning oksidlanishi asosan azot hosil bo‘lish bilan sodir bo‘ladi. Nitrat kislota ishlab chiqarish uchun ammiakni NO ga nisbatan to‘la oksidlanishini ta‘minlash kerak, shuning uchun reaksiyani nisbatan yuqori tezlikda amalga oshirishini ta‘minlaydigan katalizatorlar ishlatiladi. Amalda ammiakning kislorod bilan NO gacha oksidlanish darajasi 98% gacha yetadi.



Ammiakning azot(II)-oksidga oksidlash jarayonini tezlashtiruvchi katalizatorlar sifatida platina va uning platina oilasi metallari bilan qotishmalari, temir, marganes, kobalt va boshqa metallarning oksidlari ishlatiladi.

Platina katalizatorlari yupqa 0,06-0,09 mm diametrli simdan tayyorlangan to‘r shaklida bo‘lib, 1 sm<sup>2</sup> yuzada 1024 yacheyka bo‘ladi. Atmosfera bosimi ostida ammiakni oksidlash jarayonini o‘tkazish uchun: Pt+4% Pd + 3,5% Rh tarkibli, bosim ostida jarayonni o‘tkazish uchun esa: Pt+7,5% Rh tarkibli platina qotishmalaridan tayyorlangan to‘rlar ishlatiladi. Platinaga palladiy va rodiyning qo‘shilishi katalizator to‘ri mustahkamligini oshiradi va platina xarajatlarini kamaytiradi.

Ammiakni platina katalizatorida oksidlash – murakkab geterogen katalitik jarayon bo‘lib, birin-ketin bir necha bosqichda sodir bo‘ladi: 1)katalizator sirtiga ta’sirlashuvchi reagentlar diffuziyasi; 2)kislorodning faollangan adsorbsiyasi; 3)katalizator sirtida molekulalarning kimyoviy ta’sirlashishi; 4)katalizator sirtidan reaksiya mahsulotlarining desorbsiyasi.

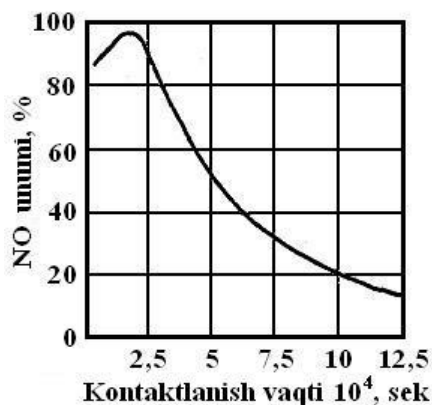
Jarayonning nisbatan sekin sodir bo‘ladigan bosqichi oksidlanish tezligini belgilab beradi va u katalizator sirtiga ammiakning diffuziyasi hisoblanadi.

Harorat, bosim va gazlar aralashmasining tarkibi o‘zgarish bo‘lganda azot oksidi unumining atmosfera bosimida (platina-rodiiy katalizatori) kontaktlanish vaqtiga bog‘liqligi 8.5-rasmda tasvirlangan. Gazning katalizator bilan to‘qnash vaqti ortishi bilan dastlab azot(II)-oksidning unumi ortadi, so‘ngra pasayadi, bu qo‘shimcha reaksiyalar sodir bo‘lishi bilan izohlanadi. Kontaktlanishning optimal vaqti 0,001-0,002 sek chegarasida o‘zgaradi.

Havo-ammiak aralashmasining katalizator yuzasi bilan ma’lum vaqt to‘qnashuvini ta’minlash uchun kontakt jihoziga taxlam tarzida bir necha to‘r joylanadi, ulardan gazlar aralashmasi birin-ketin o‘tadi. Atmosfera bosimda ishlaydigan qurilmalarda taxlamlarga odatda 3-4 ta to‘r kiradi, yuqori bosim ishlatilganda taxlamda 15-20 ta to‘r ishlatiladi.

Platinali katalizatorlar kontakt jihoziga ammiak-havo aralashmasi bilan kiradigan qo‘shimchalarga ta’sirchandır. Ayniqsa kuchli zahar – vodorod ftorid

platina katalizatorini xattoki gazlar aralashmasida 0,00001% miqdorda bo'lganda ham qaytmas zaharlaydi.



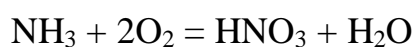
### 8.5-rasm. Azot(II)-oksid unumining kontaktlanish vaqtiga bog'liqligi.

Tarkibida oltingugurt bo'lgan birikmalar katalizatorni qaytar zaharlaydi. Katalizator sirtiga chang, yelim va kompressorning surkov moylarini yopishib qolishiga yo'l qo'yib bo'lmaydi. Shuning uchun havo odatda yaxshilab tozalanadi. Ko'rilgan choralarga qaramay, oz miqdorda bo'lsa ham zararli qo'shimchalar kontakt jihoziga kiradi, natijada katalizator aktiligi sekin-asta pasayadi. Katalizator to'ri faolligini tiklash uchun xlorid va nitrat kislotalarning kuchsiz eritmaları bilan yuviladi.

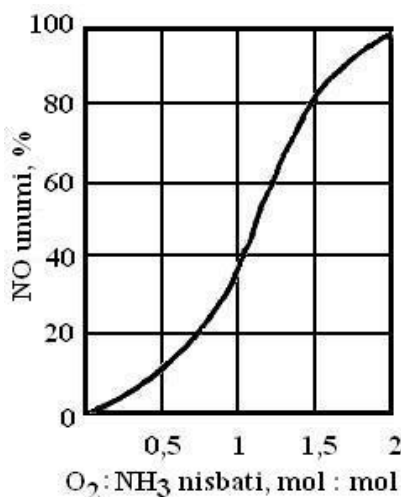
Ammiak oksidlanish jarayoni sharoitida platinali katalizator sekin-asta mo'rt bo'lib boradi, boshlang'ich mustahkamligini yo'qotadi va uning mayda zarrachalari gaz oqimi bilan chiqib ketadi. 800°C haroratda atmosfera bosimida ishlaydigan qurilmalarda 1 t HNO<sub>3</sub> hisobiga platina katalizatorining yo'qotilishi 0,04-0,06 g ni tashkil etadi. Bosim va haroratning ortishi bilan katalizatorning yo'qotilishi ortadi. Masalan, 7 atm bosim va 900°C haroratda ishlaydigan qurilmalarda 1 t HNO<sub>3</sub> hisobiga platina katalizatorining yo'qotilishi 0,3-0,4 g ga yetadi. Nitroza gazlari bilan yo'qotiladigan platinaning bir qismi tutib qolinadi, ammo uning ko'p qismi qaytarilmasdan yo'qotiladi. Yo'qotilgan massa taxminan 30% ga yetganda to'r qayta quyishga yuboriladi. Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalarda platina-rodiiy katalizatorlari 12-14 oy, yuqori bosim

ostida esa anchagina kam xizmat qiladi. Platina katalizatorlarining ko‘p miqdorda yo‘qotilishi faol va arzon platinasiz katalizatorlar topishni va ishlatishni talab etadi.

Ammiakning oksidlanishi uchun stexiometrik tenglama bo‘yicha 1 mol azotga 1,25 mol kislorod to‘g‘ri keladigan tarkibdagi azot-vodorod aralashmasi talab etiladi. Atmosfera bosimida ishlaydigan platina katalizatori uchun azot(II)-oksid unumining boshlang‘ich ammiak-havo aralashmasidagi kislorod va ammiak konsentratsiyalari nisbatiga bog‘liqligi 8.6-rasmda ko‘rsatilgan. Amalda azot(II)-oksid unumi va jarayon tezligini oshirish uchun  $O_2:NH_3$  nisbat 1,7-2,0 ga teng deb qabul qilinadi:



Bu havo-ammiak aralashmasida 9,5-11,5%  $NH_3$  bo‘lishini bildiradi.

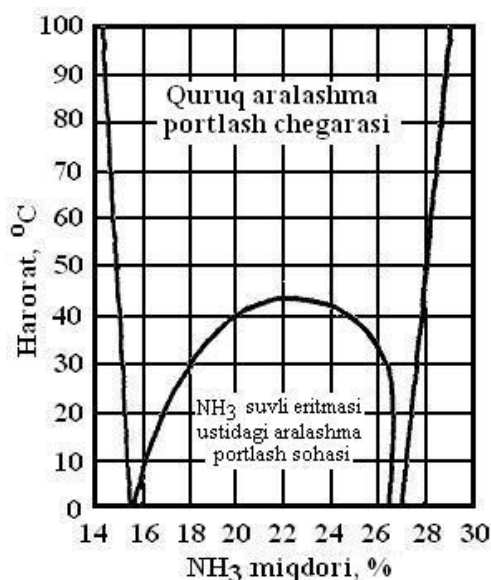


**8.6-rasm. Azot(II)-oksid unumining boshlang‘ich ammiak-havo aralashmasidagi kislorod va ammiak konsentratsiyalari nisbatiga bog‘liqligi.**

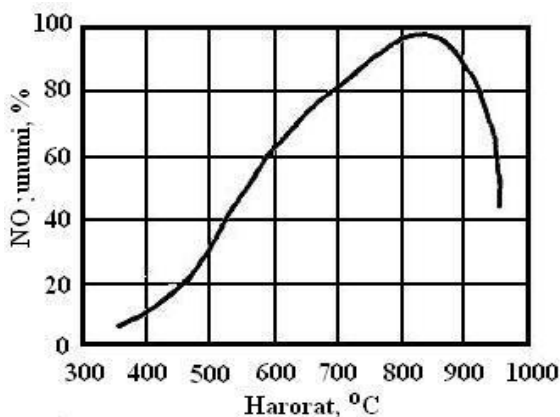
Ammiak va havo ma‘lum nisbatda bo‘lgan ammiak-havo aralashmasi portlash havfi mavjuddir. 8.7-rasmda atmosfera bosimida ammiak-havo aralashmasidagi  $NH_3$  miqdorining portlash havfi chegarasi ko‘rsatilgan. Ishlab chiqarish sharoitida ammiak va havo nisbati portlash havfi chegarasidan tashqarida bo‘ladigan ammiak-havo aralashmasi bilan ishlanadi.

8.8-rasmda Atmosfera bosimida platina katalizatorida azot(II)-oksid unumining haroratga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Bosimning ortishi ammiakning konversiya darajasiga salbiy ta‘sir ko‘rsatadi, bu esa bosim ostida ishlaydigan jihozlarda to‘rlar sonining oshirilishini talab etadi. Bosim ko‘tarilishi bilan

konversiyaning optimal harorati oshadi. Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalarda plptina-rodii katalizatori ishlatilganda gazning haroratini 700-800°C chegarasida, yuqori bosimda esa 800-900°C chegarasida ushlab turish kerak. Katalizatorning harorati gazlar aralashmasi haroratidan taxminan 75°C yuqori bo‘ladi.



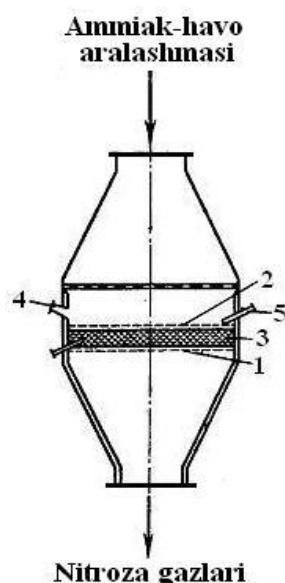
**8.7-rasm. Quruq va suv bug‘i bilan to‘yingan ammiak-havo aralashmasining portlash chegaralari.**



**8.8-rasm. Azot(II)-oksid unumining haroratga bog‘liqligi.**

Reaktor – kontakt jihozi. 3,5-4,0 atm bosim ostida ishlaydigan reaktor – kontakt jihozi 8.9-rasmida ko‘rsatilgan. Jihozning diametri 1,5-2,5 m dir. Gaz kontakt jihozining yuqori qismidan kiradi. Katalizator to‘ri kontakt jihozining markaziy silindr qismiga joylangan. Jihozning quyi qismi havo bilan sovutiladi. Jihozning korpusida yoqish tirqishi va to‘r holatini ko‘rish oynasi o‘rnatilgan.

Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan kontakt jihozlarida odatda uchta to‘r o‘rnatilgan bo‘ladi; 7-10 atm bosim ostida ishlaydigan jihozda esa 16-18 ta to‘r bo‘ladi.



### 8.9-rasm. Kontakt jihozi sxemasi:

1-panjara; 2-katalizator to‘tirgichi ri; 3-to‘ldirgich; 4-ko‘rish oynasi; 5-yoqish.

**Nitroza gazlarini suyultirilgan nitrat kislotaga qayta ishlash.** NO ni oksidlash va azot(IV)-oksidini suvga absorbsiyalash amalda bir vaqtda va bitta jihozning o‘zida amalga oshiriladi. Lekin bu jarayonlardagi qonuniyatlar alohida-alohida ko‘rib chiqiladi.

*Azot(II)-oksidini oksidlash.* Azot(II)-oksidini azot(IV)-oksidiga oksidlash jarayoni ekzotermik reaksiya bo‘yicha amalga oshiriladi:



Yuqoridagi reaksiya nitroza gazlarini qayta ishlashda sodir bo‘ladigan barcha reaksiyalar ichida eng sekin ketadi, shuning uchun u barcha jarayonning umumiy tezligini belgilab beradi.

NO ni oksidlash hajm kamayishi bilan sodir bo‘ladi. Shunga muvofiq, bosim oshirilganda muvozanat o‘ngga siljiydi. 150°C haroratgacha NO ning oksidlanishi amalda to‘la NO<sub>2</sub> hosil bo‘lish tomonga sodir bo‘ladi. Yanada yuqori haroratda muvozanat chap tomonga siljiydi va 800°C da azot(II)-oksidning azot(IV)-oksidga aylanishi amalda sodir bo‘lmaydi. 150°C haroratgacha NO ning NO<sub>2</sub> ga

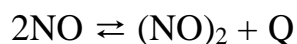
oksidlanish reaksiyasi amalda qaytmasdir, bu sharoitda tezlik tenglamasi quyidagicha bo‘ladi:

$$\frac{dG_{NO_2}}{d\tau} = k_1 p_{NO}^2 p_{O_2}$$

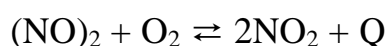
bu yerda:  $k_1$  – reaksiyaning tezlik konstantasi;  $p_{NO}$  – azot(II)-oksidning parsial bosimi;  $p_{O_2}$  – kislorodning parsial bosimi.

Ko‘pchilik reaksiyalarda haroratning oshirilishi ular tezligini oshiradi. NO ning NO<sub>2</sub> ga oksidlanish reaksiyasi bu umumiy qonuniyatga bo‘ysunmaydi, harorat oshirilganda uning tezligi va reaksiyaning tezlik konstantasi  $k_1$  qiymati kamayadi. Masalan, reaksiyaning tezlik konstantasi ( $k_1$ ) 0°C haroratda  $6,93 \cdot 10^{-3}$  ga, 60°C da  $2,92 \cdot 10^{-3}$  ga, 340°C da esa  $4,34 \cdot 10^{-4}$  ga tengdir.

NO ning NO<sub>2</sub> ga oksidlanish reaksiyasiga haroratning anomal ta‘sirini tushuntirish uchun bir necha gipotezalar taklif etilgan. Ulardan birida NO ning NO<sub>2</sub> ga oksidlanishi oraliq mahsulot – azot(II)-oksid dimeri hosil bo‘lishi orqali izohlanadi:



dimer keyinchalik azot(IV)-oksidga oksidlanadi:



Azot(II)-oksid dimeri hosil bo‘lishi issiqlik ajralishi bilan boradigan qaytar jarayondir. Demak, harorat oshirilganda bu reaksiya muvozanati chap tomonga suriladi. Bunda muvozanat konstantasi kattalashadi, gazlar aralashmasidagi dimerning muvozanat konsentratsiyasi kamayadi. Dimerning azot(IV)-oksidga keyingi oksidlanish tezligi esa dimer konsentratsiyasiga bog‘liq bo‘ladi.

$$\frac{dG_{NO_2}}{d\tau} = k_1 p_{(NO)_2} p_{O_2}$$

bu yerda:  $k_1$  – (NO)<sub>2</sub> oksidlanish reaksiyaning tezlik konstantasi;  $p_{(NO)_2}$  – azot(II)-oksid dimerining parsial bosimi;  $p_{O_2}$  – kislorodning parsial bosimi. Shunday qilib, azot(II)-oksidning azot(IV)-oksidga oksidlanish tezligining kamayishini harorat oshirilganda dimer konsentratsiyasining keskin kamayishi bilan izohlanadi.

Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalarda azot(II)-oksid taxminan 92% gacha oksidlanadi, chunki to'la oksidlash uchun ko'p vaqt va katta hajmdagi jihozlar kerak bo'ladi.

Bosimning oshirilishi gazning ikkinchi va ayniqsa uchinchi tartibli reaksiyalarini anchagina darajada tezlashtiradi. Bosim 10 marta oshirilganda reaksiya tezligi NO parsial bosimi hisobiga 100 marta va yana O<sub>2</sub> parsial bosimi hisobiga 10 marta oshadi. Shunday qilib, 10 atm bosim qo'llash orqali atmosfera bosimiga nisbatan oksidlanish vaqti va jihoz hajmini 1000 marta kamaytirish mumkin. Shuning uchun bosim 10 atm gacha oshirilgan qurilmalarda azot(II)-oksidni amalda to'la azot(IV)-oksidgacha oksidlanadi va uning 98-99% miqdori to'g'ridan-to'g'ri nitrat kislotaga qayta ishlanadi.

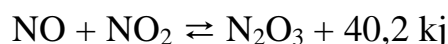
Ko'pgina moddalar, masalan, yog'och ko'miri, silikagel va boshqalar NO ning NO<sub>2</sub> ga oksidlanish jarayonini tezlashtiradi, ya'ni mazkur reaksiya uchun katalizatorlar hisoblanadi, ammo suv bug'ining zaharlovchilik ta'sirida bu katalizatorlardan amalda foydalanish qiyinchiliklar tug'diradi.

Azot(IV)-oksid dimer (NO<sub>2</sub>)<sub>2</sub> hosil qilib assotsilanishi mumkin:



Bu reaksiya tezligi juda katta va muvozanat sharoiti orqali NO<sub>2</sub>:N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> nisbatni amalda belgilanadi. 0°C haroratda NO<sub>2</sub> ning assotsilanish darajasi 71% ni tashkil etadi. Bosim oshirilganda muvozanat dimer hosil bo'lishi tomonga siljiydi.

Azot(IV)-oksid nitrit angidrid hosil qilish orqali azot(II)-oksid bilan ta'sirlashishi mumkin:



Bu reaksiya muvozanati amalda bir zumda o'rnatiladi. Bosim oshirilishi va haroratning pasaytirilishi muvozanatni o'ngga siljitadi. Amaliy sharoitda ammiak oksidlanishidan olinadigan nitroza gazlari tarkibida N<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miqdori ko'p bo'lmaydi.

Oksidlanish reaksiyasi va oksidlarning assotsilanishi natijasida nitroza gazlari aralashmasi hosil bo'ladi, uning tarkibida havo bilan kiradigan azot va kisloroddan tashqari NO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NO, N<sub>2</sub>O va H<sub>2</sub>O bo'ladi. Turli xil azot oksidlarining

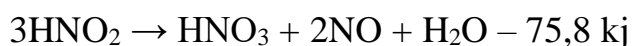
nisbati sharoitga bog'liq holda tez o'zgarib turadi, lekin atmosfera bosimidagi suvli absorbsiya jarayonida asosiy komponent  $\text{NO}_2$  hisoblanadi.

*Azot(IV)-oksidni suv bilan absorbsiyalash.* Azot(IV)-oksidni suv bilan absorbsiyalash nitrat kislota ishlab chiqarishning oxirgi bosqichi hisoblanadi.

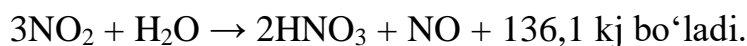
Azot(IV)-oksid va uning dimeri suv bilan quyidagi reaksiya bo'yicha ta'sirlashadi:



Hosil bo'lgan nitrit kislota beqaror bo'lib, tez parchalanadi:



Jarayonning umumiy tenglamasi:



Nitrit angidrid suv bilan ta'sirlashib nitrit kislota hosil qiladi. Azot(II)-oksid va azot(I)-oksid suvda amalda erimaydi.

$\text{NO}_2$  absorbsiyasi sodir bo'lish davomida hosil bo'ladigan nitrat kislotasi konsentratsiyasi ortib boradi. Bunda nitrat kislota ustidagi azot oksidlari bug' bosimi ortadi, bu esa jarayon harakatlantiruvchi kuchini kamaytiradi va shunday qilib, azot(IV)-oksidning nitrat kislotaga aylanishi sekinlashadi. Harorat pasaytirilganda azot(IV)-oksidning yutilish tezligi ortadi, bunda azot(II)-oksidning oksidlanish tezligi ham ortadi. Lekin harorat pasaytirilganda  $\text{NO}_2$  ning kislotada eruvchanligi orsada, u suv bilan ta'sirlashmaydi. Shuning uchun nitroza gazlarini nitrat kislotaga qayta ishlash, odatda, 20-30°C haroratda o'tkaziladi.

Ammiak-havo aralashmasi (10-12%  $\text{NH}_3$ ) ishlatilishi bilan bosim ostida ishlaydigan tizimlarda nitroza gazlarini qayta ishlash orqali 48-50% li nitrat kislotaning suyultirilgan eritmasi olinadi. Bosimning 10 atm ga oshirilishi tarkibida 60-62%  $\text{HNO}_3$  bo'lgan nitrat kislota olish imkoniyatini yaratadi.

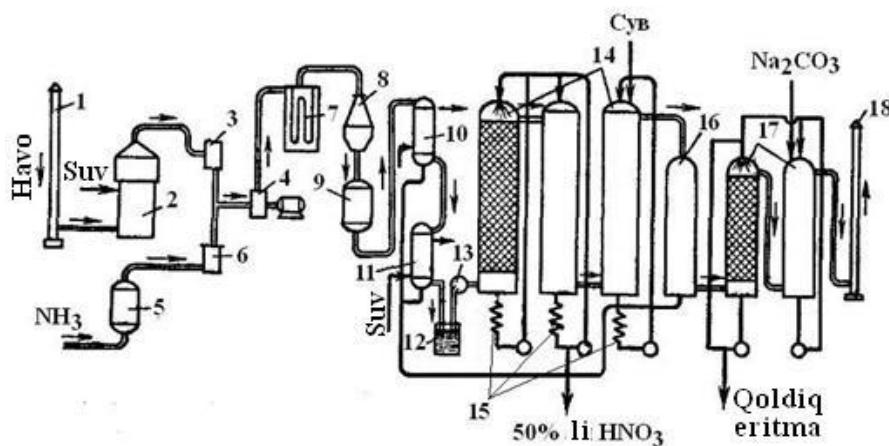
Nitrat kislota ishlab chiqarishda kislorod bilan boyitilgan havo ishlatish ko'p miqdorda azot(II)-oksid tutgan nitroza gazlari olishni ta'minlaydi va NO ning  $\text{NO}_2$  ga oksidlanish reaksiyasi tezligini oshiradi.

*Suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish sxemasi.* Suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish qurilmalari bosim ishlatilishiga bog'liq holda



klassifikatsiyalanadi: 1) atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalar; 2) yuqori bosim ostida ishlaydigan qurilmalar; 3) kombinatsiyalashgan qurilmalar, bunda ammiakni oksidlash atmosfera bosimida, NO ni oksidlash va NO<sub>2</sub> suv bilan absorbsiyasi esa yuqori bosimda amalga oshiriladi.

Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish sxemasi 8.10-rasmda ko'rsatilgan.



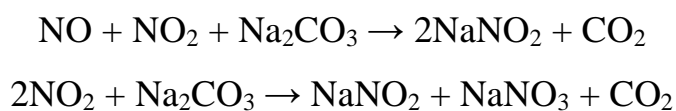
**8.10-rasm. Atmosfera bosimi ostida ishlaydigan suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish qurilmasining sxemasi.**

Qurilmaga havo korxon maydoni tashqarisidan keladigan tashqi quvur 1 orqali kiradi. Havoni mexanik va kimyoviy qo'shimchalardan tozalash uchun elakli ko'pikli yuvgich 2 va karton filtr 3 o'rnatiladi. Ammiak mexanik qo'shimchalar va moydan koksli filtr 5 va karton filtr 6 da tozalanadi. Havo, ammiak va qo'shimcha kislorodni uzatish ammiak-havo ventilyatori 4 yordamida shunday hisobda amalga oshiriladiki, bunda gaz aralashmasi tarkibida 10-12% NH<sub>3</sub> bo'lishi kerak. So'ngra gazlar aralashmasi porolit filtr 7 orqali o'tadi, unda g'ovak sopol bilan filtrlab tozalanadi hamda kontakt jihozi 8 ning (8.9-rasm) yuqori qismiga beriladi. Kontakt jihozidan chiqishda nitroza gazlarining harorati odatda 800°C atrofida ushlab turiladi. Yuttirgich-qozon 9 da gazlar issiqligidan suv bug'i ishlab chiqarishda foydalaniladi va gazlar harorati 250°C gacha pasaytiriladi. So'ngra gazlar suv bilan sovutgich 10 va 11 da 30°C haroratgacha sovutiladi. Bunda suv bug'i kondensatsiyasi va azot(II)-oksidning oksidlanishi qisman sodir bo'ladi. Tezkor sovutgich 10 da NO ning oksidlanish darajasi oz

bo‘ladi, shuning uchun unda 3% li nitrat kislota hosil bo‘ladi. Sovutgich 11 da esa 25% HNO<sub>3</sub> konsentratsiyali kislota olinadi.

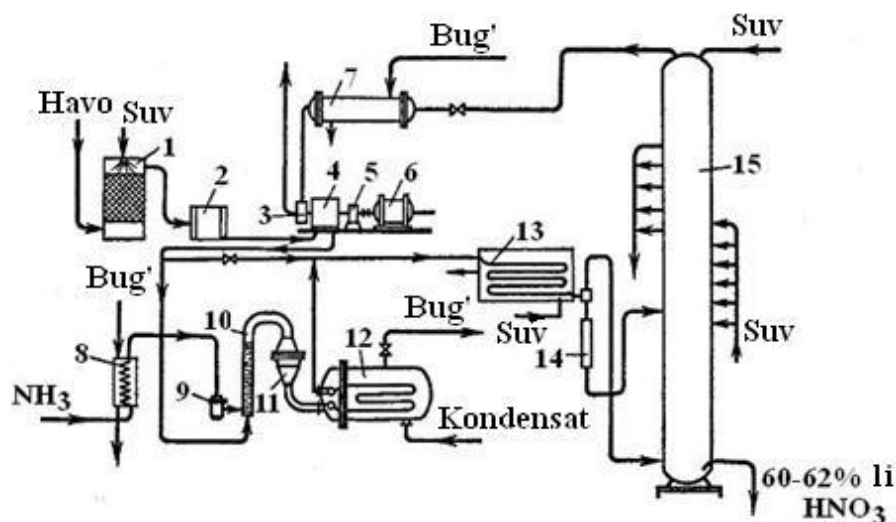
Nitroza gazlari gidrozatvor 12 dan o‘tgach, gaz purkagich 13 bilan absorbsiya minorasiga uzatiladi, u yerda birin-ketin ulangan kislotali absorbsiya minoralari 14 dan o‘tadi. Minoralar kislotabardosh halqalardan iborat to‘ldirgichlar bilan to‘ldirilgan. Minoralarga sovutgichlar 15 va nasoslar o‘rnatilgan bo‘ladi. Agar nitroza gazlarini qayta ishlash atmosfera bosimida amalga oshirilsa, odatda kislotali absorbsiya olti-sakkiz minorada o‘tkaziladi. NO<sub>2</sub> ni yuttirish uchun suv oxirgi minora 14 ga gaz yo‘nalishi bo‘yicha beriladi. Hosil bo‘ladigan kislota gaz oqimiga qarama-qarshi oqimda barcha minoralardan o‘tadi va oxiri birinchi minoraga kelib tushadi. Mahsulot – taxminan 50% li nitrat kislota eritmasi – ikkinchi minoradan gaz oqimi yo‘nalishida ajratib olinadi. Kislotali minoralarda absorbsiyaga keladigan azot oksidlarining taxminan 90% miqdori qayta ishlanadi. Kislotali absorbsiya minoralaridan tashqarida qoldiq NO ni NO<sub>2</sub> ga oksidlash uchun minora 16 o‘rnatilgan, nitroza gazlari undan o‘tib minora 17 da soda eritmasi bilan ishqorli absorbsiyaga keladi va chiqindi gaz chiqarish quvuri 18 orqali atmosferaga chiqarib yuboriladi.

Ishqoriy absorbsiya minorasida bir vaqtning o‘zida azot(IV)-oksid va NO + NO<sub>2</sub> (N<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) aralashmasi yutiladi, bunda gaz fazasiga NO ajralishi yo‘qotiladi, bu xuddi suvli absorbsiya kabi sodir bo‘ladi:



Tarkibida natriy nitrit va nitrat tutgan eritma gaz harakat yo‘nalishi bo‘yicha birinchi ishqoriy absorbsiya minorasidan chiqariladi, undan qishloq xo‘jaligida mineral o‘g‘it sifatida ishlatiladigan natriy nitrat olinadi. Chiqindi gaz tarkibida 0,05-0,15% atrofida azot oksidlari bo‘ladi.

Yuqori bosim ostida (7-10 atm) suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish sxemasi 8.11-rasmda ko‘rsatilgan.



**8.11-rasm. 7-10 atm bosim ostida suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish uchun qurilma sxemasi.**

Suv yoki soda eritmasi bilan skrubber 1 da yuvilgan va asbest yoki kartonli quruq filtr 2 da filtrlab tozalangan atmosfera havosi belgilangan bosimgacha siqish uchun quvurli kompressor 4 ga yuboriladi, bunda u taxminan 110-120°C gacha qiziydi va aralashtirgich 10 ga boradi. Bu yerda u bug‘latgich 8 dan keladigan hamda moy va katalizator changidan tozalash uchun filtr 9 orqali o‘tgan ammiak bilan aralashadi. Aralashtirgich 10 da olingan tarkibida 10-12%  $\text{NH}_3$  tutgan ammiak-havo aralashmasi kontakt jihozi 11 ga yuboriladi. Kontakt jihozida ammiakning azot(II)-oksidga oksidlanishi 900°C haroratda sodir bo‘ladi. Qaynoq nitroza gazlari kontakt jihozidan yuttirgich qozon 12 ga yuboriladi, u yerda 400°C haroratgacha sovutiladi. So‘ngra gaz 40-50°C gacha keyingi sovutish uchun kondensator-sovutgich 13 ga beriladi. Kondensator yo‘li bo‘yicha nitroza gaziga havo qo‘shib boriladi. Bu NO ning  $\text{NO}_2$  ga keyingi oksidlanishini yaxshilaydi. Nitroza gazlarining kondensatorida oksidlanishi tez sodir bo‘ladi, bunda  $\text{NO}_2$  kondensatsiyalanadigan suv bug‘i bilan 53-56% li nitrat kislota hosil qiladi. Nitrat kislotaning bu miqdori kislota qurilmasida olinadigan barcha kislotaning 50% gachani tashkil etadi. Kontakt jihozidan nitroza gazlari bilan chiqadigan platina zarrachalarini ajratish uchun kondensatorida hosil bo‘ladigan nitrat kislota filtr 14 orqali o‘tadi va tarelkali absorbsiya minorasi 15 ga kelib tushadi. Nitroza gazlari kondensator 13 dan absorbsiya minorasi 15 ning quyi qismiga yuboriladi va unda

pastdan yuqoriga qarab o'tadi. Absorbsiya minorasining yuqorisidan kondensat beriladi, hosil bo'ladigan 60-62%  $\text{HNO}_3$  konsentratsiyali nitrat kislota esa minoraning pastki qismidan chiqariladi. Nitrat kislota hosil bo'lishida kolonnada ajraladigan issiqlikni chiqarib olish uchun minora tarelkalariga sovuq suv aylanadigan aylana quvurli sovutgichlar joylashtirilgan bo'ladi.

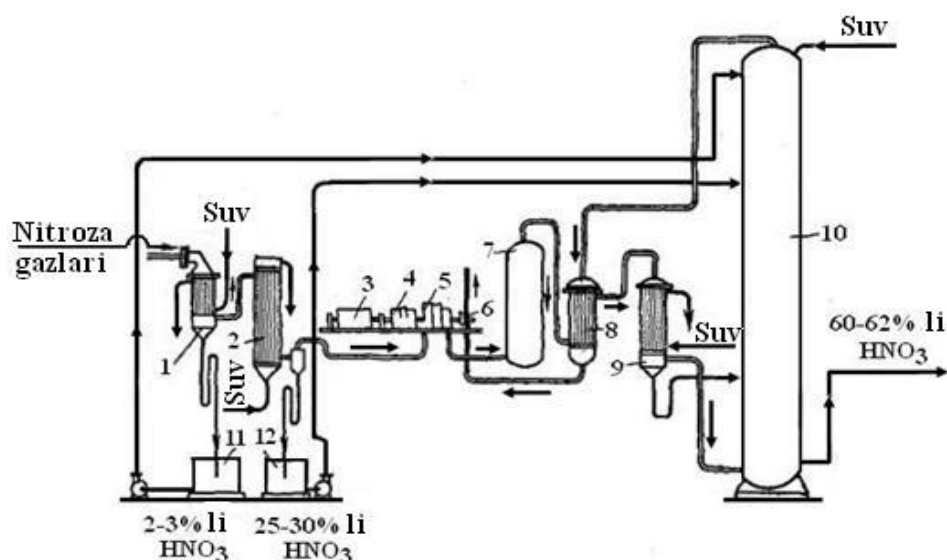
Absorbsiya minoralaridan chiqadigan gazlar (chiqindi gazlar) tarkibida 0,15% gacha azot oksidlari ( $\text{NO}$  va  $\text{NO}_2$ ) bo'ladi. Bu gazlar qizdirgich 7 ga, u yerda yuttirgich qozondan olinadigan bug' bilan qizdiriladi, so'ngra ular bosimidan foydalanish uchun kengayish trubinalari 3 ga yuboriladi. Bu esa havoni siqish uchun sarflanadigan 40% gacha energiyani tejash imkonini beradi. Minora 15 dan chiqadigan gazlarni qizdirish uchun yuttirgich qozondan keyingi nitroza gazlarini bug' bilan birgalikda ishlatish mumkin.

Tizimning asosiy jihozlari (kondensator, absorbsiya minoralari va boshqalar) xrom-nikelli po'latdan tayyorlanadi. Absorbsiya minorasi konstruksiyasi qalpoqli yoki teshikli (elakli) barbotaj tarelkali tayyorlanadi.

Yuqori bosim ostida ishlaydigan qurilmalar atmosfera bosimi ostida ishlaydigan qurilmalar bilan taqqoslanganda bir qator afzalliklarga ega bo'ladi: 1) azot oksidlarini nitrat kislotaga qayta ishlash 98-99% gacha, kislota konsentratsiyasi esa 60-62% gacha ortadi. Ishqoriy absorbsiyaning zarurati bo'lmaydi; 2) absorbsiya minoralarining hajmi atmosfera bosimi ostida ishlaydigan to'ldirgichli tizim minoralariga nisbatan o'n martalab kichik bo'ladi; 3) jihozlarni maxsus po'latdan tayyorlash sarfi va qurilmani barpo etish kapital xarajatlari kamayadi.

Qimmatbaho platina katalizatori yo'qotilishining ko'payishi va bosimni oshirilishi hisobiga energiya sarfining ortishi bu usulning asosiy kamchiligi hisoblanadi.

Nitrat kislota ishlab chiqarishning kombinatsiyalashgan usulida ammiakni oksidlash atmosfera bosimi ostida, azot(II)-oksidni oksidlash va azot oksidlarini suvga yuttirish jarayonlari esa bosim ostida ishlaydigan qurilmalarda amalga oshiriladi (8.12-rasm).



**8.12-rasm. Kombinatsiyalashgan usulda suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish uchun qurilma sxemasi:**

1,2-sovutgichlar; 3-quvurli kompressor dvigateli; 4-reduktor; 5-nitroza gazlari quvurli kompressori; 6-chiqindi gazlarini kengaytirish uchun quvur; 7-oksidlash minorasi; 8-issiqlik almashtirgich; 9-sovutgich-kondensator; 10-absorbsiya minorasi; 11,12-nitrat kislota yig'gichi.

Nitroza gazlari birin-ketin ikkita sovutgichda sovutiladi va quvurli kompressor bilan 3,5 atm bosimgacha siqiladi, bunda ular 120-130°C haroratgacha qiziydi. NO oksidlanish reaksiyasi issiqligi hisobiga oksidlagichda gazlar harorati 200-220°C gacha ortadi. Nitroza gazlari oksidlagichdan so'ng dastlab issiqlik almashtirgichda chiqindi gazlari bilan, so'ngra sovutgich-kondensatorida suv bilan sovutiladi.

3,5 atm bosim ostida nitroza gazlarini nitrat kislotaga qayta ishlash tarelkali absorbsiya minoralarida o'tkaziladi. Chiqindi gazlari energiya rekuperatsiyasi uchun quvurli kompressor elektromotori bilan bir valga birlashtirilgan kengaytirish quvuriga yuboriladi.

Turli xil usullarda nitrat kislota ishlab chiqarish bo'yicha solishtirma ma'lumotlar 8.1-jadvalda keltirilgan.

Shunday qilib, yuqori bosim ostida ishlaydigan nitrat kislota ishlab chiqarish tizimi kam kapital xarajatlar hisobiga yuqori ekspluatatsiya (elektr energiyasi, platina) sarfiga ega bo'ladi. Kombinatsiyalashgan sxemada yuqori bosim (kam kapital xarajatlar) va atmosfera bosimidagi (platina va elektr energiyasi sarfini kamaytirish) yutuqlar uyg'unlashtiriladi.

**Nitrat kislota ishlab chiqarishning turli xil usullarini solishtirish**

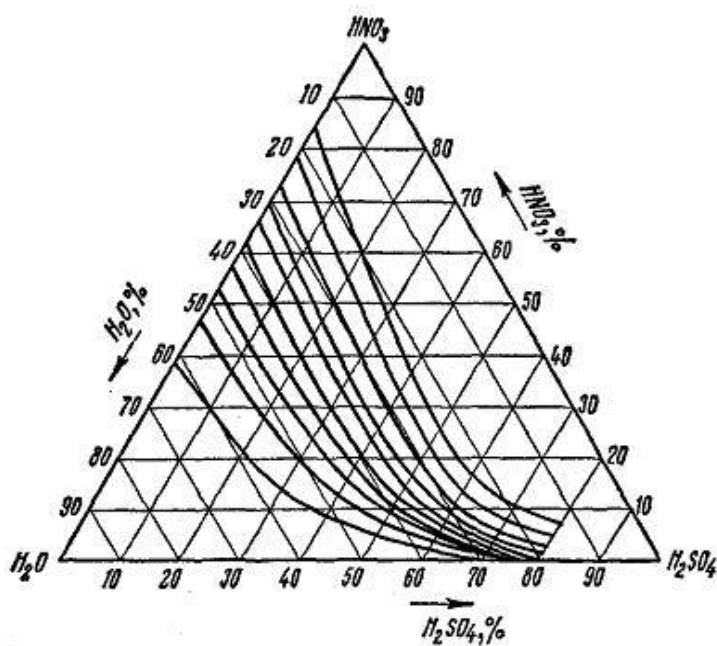
Ko'rsatkichlar	Qurilma uchun 1 t HNO <sub>3</sub> hisobiga sarf koeffitsientlari		
	atmosfera bosimida	yuqori bosimda	kombinatsiy a-lashgan
Ammiak, t .....	0,29-0,30	0,29-0,295	0,29
Elektr energiyasi, kvt·soat .....	70-90	340-500	230
Bug' (12 atm), kkal .....	13·10 <sup>6</sup>	13·10 <sup>6</sup>	-
Platina, g .....	0,048-0,05	0,15-0,2	0,049

**Konsentrlangan nitrat kislota olish.** Ayrim ishlab chiqarishlarda suyultirilgan nitrat kislota emas, balki tarkibida 96%dan yuqori HNO<sub>3</sub> bo'lgan konsentrlangan kislota talab etiladi. Bunday konsentratsiyali nitrat kislota suyultirilgan nitrat kislotani konsentrlash yoki to'g'ridan-to'g'ri sintez yo'li bilan olinadi.

Suyultirilgan nitrat kislotani konsentrlash. Konsentrlangan nitrat kislota olish uchun suyultirilgan HNO<sub>3</sub> sulfat kislota ishtirokida bug'latiladi.

Maksimal qaynash harorati HNO<sub>3</sub> ning 68,4% miqdoriga to'g'ri keladi (8.4-rasmga qarang). Bu nuqtada bug'ning tarkibi suyuq faza tarkibi bilan bir xil bo'ladi (azeotrop aralashma) va shundan keyingi haydash orqali nitrat kislota konsentratsiyasini oshirish mumkin emas. Konsentrlangan (68% dan yuqori) nitrat kislota olish uchun suyultirilgan nitrat kislotani haydash odatda suv tortuvchi muhit – konsentrlangan sulfat kislota ishtirokida o'tkaziladi. Konsentrlangan sulfat kislota suyultirilgan nitrat kislota tarkibidagi suvni bog'lab, 100% li HNO<sub>3</sub> qaynash haroratidan yuqori haroratda qaynaydigan sulfat kislota gidratlarini hosil qiladi. Bunday aralashmani bug'latishda bug'da deyarli nitrat kislota bo'lmaydigan sharoitni tanlash mumkin.

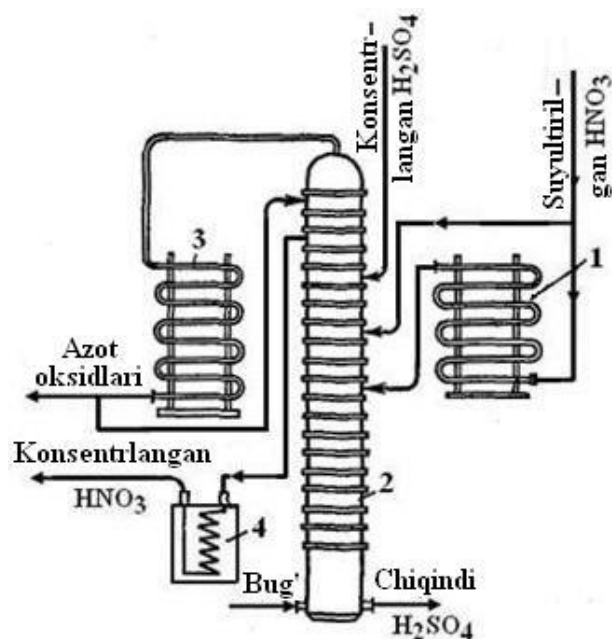
8.13-rasmda H<sub>2</sub>O-HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uchlamchi aralashma diagrammasi keltirilgan bo'lib, unda doimiy tarkibdagi bug'ni ifodalaydigan egri chiziqlar keltirilgan. Suyuqlikda nitrat kislota konsentratsiyasi saqlangan holda uchlamchi aralashmada sulfat kislota miqdori ortishi bilan bug'dagi HNO<sub>3</sub> konsentratsiyasi ortadi, suv esa kamayadi.



**8.13-rasm. Uchlamchi aralashma bug‘lari tarkibi.**

Suyultirilgan nitrat kislotani konsentrlangan sulfat kislota (92-94% li  $H_2SO_4$ ) bilan haydash tarelkali barbotaj minoralarida yoki halqali to‘ldirgichli minoralarda amalga oshiriladi. Minoralarni tayyorlash uchun materiallar sifatida tarkibida 14-18% Si bo‘lgan hamda yuqori haroratda sulfat va nitrat kislotalar aralashmasi ta’siriga chidamli kislotabardosh cho‘yan (ferrosilitsid) xizmat qiladi.

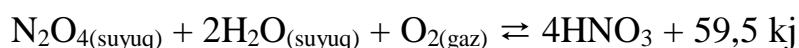
Suyultirilgan nitrat kislotani konsentrlash uchun qurilmaning prinsipial sxemasi 8.14-rasmda ko‘rsatilgan. Sulfat kislota minora 2 yuqori tarelkalaridan biriga tushadi. Minoraning sal quyirog‘iga tarkibida 50%  $HNO_3$  bo‘lgan suyultirilgan nitrat kislota beriladi. Uning bir qismi bug‘latgich 1 orqali o‘tadi. Aralashmani qizdirish minora ostki qismidan kiritiladigan qaynoq ( $180-200^{\circ}C$  haroratdagi) bug‘ bilan amalga oshiriladi.  $HNO_3$  parchalanishi natijasida hosil bo‘ladigan oz miqdorda suv bug‘i va azot oksidlari tutgan konsentrlangan nitrat kislota bug‘lari minora 2 dan kondensator 3 ga yuboriladi, u yerda kislota kondensatsiyalanadi, nitroza gazlari (azot oksidlari) esa keyingi tutib qolishga boradi. Azot oksidlarining bir qismi nitrat kislotada eriydi, shuning uchun u kondensator 3 dan minoraning yuqori tarelkasiga qaytariladi, u yerda qizdirilgan bug‘ bilan nitrat kislota haydaladi. Konsentrlangan nitrat kislota sovutgich 4 orqali chiqarib olinadi.



**8.14-rasm. Suyultirilgan nitrat kislotani konsentrlash uchun qurilma sxemasi.**

Ishlatilgan chiqindi (70% li) sulfat kislotasi minoraning quyi qismidan oqib tushadi, uni sovutilmagan holda to‘g‘ridan-to‘g‘ri bug‘latishga beriladi. Konsentrlangan sulfat kislotasi sarfi 1 t konsentrlangan nitrat kislotasi uchun 3-4 t ni tashkil etadi. Ishlatilgan sulfat kislotani jarayonga qaytarish uchun uni konsentrlash kerak bo‘ladi. Bu ko‘p miqdorda yoqilg‘i sarflash, sulfat kislotaning bir qismini yo‘qotish va jihozlarning kuchli korroziyalanishi bilan bog‘liqdir. Shuning uchun hozirgi paytda to‘g‘ridan-to‘g‘ri sintez usuli bilan nitrat kislotasi ishlab chiqarishga e‘tibor qaratilgan.

**Nitrat kislotani to‘g‘ridan-to‘g‘ri sintez qilish.** Jarayon suyuq azot qo‘sh oksid ( $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ ) dan quyidagi reaksiya bo‘yicha:



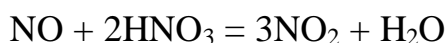
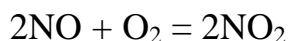
75°C haroratda va 50 atm bosim ostida maxsus avtoklavlarda amalga oshiriladi.

Muvozanatni nitrat kislotasi hosil bo‘lish tomonga siljitish, shuningdek reaksiya tezligini oshirish uchun avtoklavga keladigan aralashmada suyuq azot qo‘sh oksid miqdori ortiqcha bo‘lishi kerak. Odatda suyuq azot qo‘sh oksidi stexiometriyadan 25% ga ortiqcha bo‘ladi. Reaksiyaga kirishmagan ortiqcha olingan azot qo‘sh oksid hosil bo‘ladigan 98-99% li nitrat kislotadan ajratiladi va ishlab chiqarishga qaytariladi.



Suyuq azot qo'shoksidni nitroza gazlaridan ularni bosim ostida sovutish orqali NO<sub>2</sub> ni kondensatsiyalab olinadi. To'g'ridan-to'g'ri kondensatsiyalab suyuq azot qo'shoksid olish uchun nitroza gazlaridagi NO ni NO<sub>2</sub> ga to'la oksidlanishi va azot oksidlarining boshlang'ich parsial bosimi yetarlicha yuqori bo'lishi kerak. Ishlab chiqarish sharoitida jihozlarga qattiq N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> kristallari cho'kib qolmasligi uchun gazlar -8°C dan past bo'lmagan haroratgacha sovutiladi.

Ikkinchi usul quyi haroratda konsentrlangan nitrat kislota bilan nitroza gazlaridan NO<sub>2</sub> ni absorbsiyalanishiga asoslangandir. Absorbsiya jarayonida nitroza gazlaridagi azot(II)-oksidning bir qismi kislorod bilan, qolgan qismi esa konsentrlangan nitrat kislota bilan oksidlanadi:



Nitroza gazlaridagi azot qo'shoksid ishlab chiqarish qurilmalarida 98% li nitrat kislota bilan absorbsiyalanadi va tarkibida 30% gacha NO<sub>2</sub> bo'lgan nitrooleum HNO<sub>3</sub>·nNO<sub>2</sub> olinadi. Bu eritmani 80°C gacha qizdirish orqali undan gaz holatidagi konsentrlangan azot qo'sh oksidi ajratiladi, so'ngra uni sovutish orqali kondensatsiyalanadi. Amalda kondensatsiya odatda ikki bosqichli: suv va namakob (Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + H<sub>2</sub>O) bilan -8°C haroratgacha sovutish orqali amalga oshiriladi.

Shunday qilib, nitrooleumli usul bilan konsentrlangan nitrat kislotani to'g'ridan-to'g'ri sintez qilish quyidagi bosqichlarni o'z ichiga oladi: 1) ammiakni kontaktli oksidlash orqali nitroza gazlarini olish; 2) nitroza gazlaridan ortiqcha suvni yo'qotish; 3) nitroza gazlaridagi NO ni NO<sub>2</sub> ga oksidlash; 4) qoldiq NO ni konsentrlangan nitrat kislota bilan qo'shimcha oksidlash; 5) nitroza gazlarini va bir qism konsentrlangan nitrat kislotani absorbsiyadan oldin taxminan -8°C gacha sovutish; 6) azot qo'shoksidni konsentrlangan nitrat kislota bilan absorbsiyalash (nitrooleum olish); 7) qizdirish yo'li bilan nitrooleumdan azot qo'shoksidini desorbsiyalash; 8) azot qo'sh oksidini sovutish orqali kondensatsiyalash (suyuq azot qo'shoksid N<sub>2</sub>O<sub>4</sub> olish); 9) 50 atm bosim va 75°C haroratda avtoklavda suyuq azot qo'shoksidining suv va kislorod bilan ta'sirlashishini amalga oshirish; 10)

erigan azot qo'shoksadini haydash uchun konsentrlangan nitrat kislotani qizdirish. Bu jarayon tayyor konsentrlangan nitrat kislotani «oqartirish» deb ataladi.

**Nitrat kislotani saqlash va tashish.** Kuchsiz nitrat kislota (45-60% li  $\text{HNO}_3$ ) po'latdan yasalgan rezervuarlarda omborda saqlanadi.

Ko'p bo'lmagan miqdordagi suyultirilgan nitrat kislota shisha idishlar tashiladi, ular korzinkaga yoki yog'och panjaraga joylanib, osti va atrofi yong'inga chidamli moddalar shimdirilgan qirindi bilan o'raladi. Ko'p miqdordagi suyultirilgan nitrat kislota zanglamaydigan po'latdan tayyorlangan temiryo'l sisternalarida tashiladi.

Konsentrlangan nitrat kislota aluminiydan yasalgan rezervuarlarda saqlanadi va temir yo'l sisternalarida tashiladi.

Nitrat kislotaning 7,5%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bilan aralashmasi melanj deb ataladi, u uglerodli po'latdan tayyorlangan sisternalarda tashiladi. Konsentrlangan nitrat kislotani yog'och panjaradi shisha idishlarda tashish ta'qiqlanadi.

Azot oksidlari va nitrat kislota zaharlash xossasini namoyon etadi. Binolardagi azot oksidlarining chegaraviy me'yor konsentratsiyasi  $\text{N}_2\text{O}_5$  hisobida 0,005 mg/l ni tashkil etadi.

Nitrat kislota teriga tekkanda qattiq kuydiradi va yara hosil qiladi. Konsentrlangan nitrat kislota paxtali materiallar va yog'ochni yondirishi mumkin.

Nitrat kislota bilan ishlaydiganlar movut jundan tayyorlangan maxsus kiyim kiyishi, sariq rang qutili V markali protivogazi, rezina qo'lqopi va himoya ko'zoynagi bo'lishi kerak.

### ***NAZORAT UCHUN SAVOLLAR***

1. Azotning xalq xo'jaligidagi ahamiyatini ayting.
2. Havoni qisish qurilmasining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
3. Ikki qaytali rektifikatsiyalash orqali havoni ajratish jihozining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Nitrat kislotaning fizik-kimyoviy xossalarini ayting.
5. Nitrat kislota ishlab chiqarishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
6. Ammiakni kontaktli oksidlashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
7. Suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish jarayonini tushuntiring.

8. 7-10 atm bosim ostida suyultirilgan nitrat kislota ishlab chiqarish uchun qurilmaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.

9. Konsentrlangan nitrat kislota olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.

## FOSFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRARISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI

### 1- §. Fosforning kislородli birikmalari

**Fosfor kislotalari. Fosforning quyi oksikislotalari.** Fosfit va fosfat anhidridlar suv bilan ta'sirlashib, bir qator: metafosfit  $\text{HPO}_2$  ( $\text{P}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ), fosfit  $\text{H}_3\text{PO}_3$  ( $\text{P}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ), metafosfat  $\text{HPO}_3(\text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{H}_2\text{O})$ , pirofosfat  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$  ( $\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) va ortofosfat  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ( $\text{P}_2\text{O}_5 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ) kislotalarni hosil qiladi. Fosforning boshqa, masalan, gipofosfit  $\text{H}_3\text{PO}_2$ , pirofosfit  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_5$ , gipofosfat  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$ , nadfosfat  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_8$  kabi kislotalari esa fosfor yoki ularning tuzlaridan olinadi. Bundan tashqari, poli-, piro- va metakislotalar deb ataladigan turli xildagi fosfor kislotalarining degidratlanish va polimerlanish mahsulotlari ham ma'lumdir. Barcha turdagi fosfor kislotalari ichida ortofosfat kislota (texnikada fosfat kislota deb yuritiladi) va uning degidratlanish (yoki  $\text{P}_2\text{O}_5$  ning gidratlanish) mahsulotlari: piro-, tripoli- va tetrapolifosfat kislotalar muhim ahamiyat kasb etadi. Ular yuqori oksidlanish darajali kislotalar hisoblanadi.

Quyi oksidlanish darajali fosfor kislotalari fosforning quyi kislородli kislotalari deb ataladi. Ular qizdirilganda parchalanib, yuqori va quyi oksidlanish darajali fosfor birikmalariga aylanadi.

**Gipofosfit kislota  $\text{H}_3\text{PO}_2$  yoki  $\text{H}(\text{H}_2\text{PO}_2)$**  – bir negzli kuchli kislota bo'lib,  $\text{H}^+$  va  $\text{H}_2\text{PO}_2^-$  ionlariga dissotsilanadi. Bu kislota gigroskopik oq kristallardan iborat bo'lib, uning  $17,4^\circ\text{C}$  dagi zichligi  $1,46 \text{ g/sm}^3$  ga teng;  $26,5^\circ\text{C}$  da suyuqlanadi; suvda yaxshi eriydi.  $\text{H}_3\text{PO}_2$  ni  $50^\circ\text{C}$  dan yuqori haroratda qizdirilganda parchalana boshlaydi:



Parchalanish mahsulotlarining tarkibida, shuningdek, fosfit kislota, elementar fosfor va boshqalar bo'lishi mumkin. Gipofosfit kislota – kuchli qaytaruvchi va hattoki xona haroratida ham parchalanib vodorod va fosfit kislotaga aylanadi.

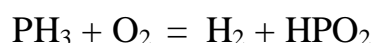
Gipofosfit kislota uning tuzlari – gipofosfitlar (konsentrlangan ishqor eritmalarini fosfor bilan qo‘shib qizdirish orqali olingan mahsulot) ga mineral kislotalarni ta’sir ettirib hosil qilinadi.

**Fosfit kislota  $\text{H}_3\text{PO}_3$  yoki  $\text{H}_2(\text{HPO}_3)$**  –  $\text{P}_2\text{O}_3$  ni suv bilan ta’sirlashishi natijasida yoki fosforning nam havoda juda sekin oksidlanishi natijasida, shuningdek, gipofosfit kislotani havo kislorodi ta’sirida oksidlash natijasida hosil qilinadi. Uning olinishida fosfinni vakuum sharoitida quruq holdagi kislorod bilan oksidlanishi va ayniqsa, fosfor(III)-xloridning gidrolizi muhim ahamiyat kasb etadi. Ko‘p miqdordagi reaksiya mahsulotlari ( $\text{H}_3\text{PO}_4$  va  $\text{HCl}$ ) ishtirokidagi  $\text{PCl}_3$  ning gidrolizi 80–100°C haroratda 80% ga yetadi.

Toza fosfit kislota – rangsiz kristall (21°C dagi zichligi 1,65 g/sm<sup>3</sup>) bo‘lib, havoda tutaydi, 40,1°C da suyuqlanadi va suvda yaxshi eriydi.

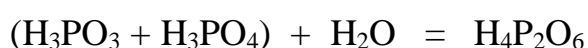
Fosfit kislota qizdirilganda fosfat kislota va uning ( $\text{PH}_3$  gacha) qaytarilgan mahsulotlari hosil bo‘lishi bilan parchalanadi. Uning oksidlanishi natijasida to‘la fosfat kislotaga aylanadi. Bunda u qaytaruvchi bo‘lib, lekin undagi qaytaruvchilik xossasi gipofosfit kislotaga nisbatan kuchsiz ifodalangan bo‘ladi. Fosfit kislotaning tuzlari – fosfitlar ham qaytaruvchi xossasini namoyon qiladi.

**Metafosfit kislota  $\text{HPO}_2$  yoki  $\text{P}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$**  fosfit angidridga stexiometrik nisbatdagi suv ta’sir ettirish yoki vakuum sharoitida fosfinni chala oksidlanishi natijasida mayda kristallar ko‘rinishida hosil qilinadi:



Havoda va ayniqsa, namlik ta’sirida, metafosfat kislota xuddi fosforning boshqa quyi oksikislotalari singari parchalanadi va fosfit hamda fosfat kislotalariga aylanadi.

**Gipofosfat kislota  $\text{H}_2\text{PO}_3$  yoki  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$**  elementar fosforning nam havoda sekinlik bilan oksidlanishi natijasida hosil bo‘ladi. Uni fosfit kislotani fosfat kislotaga oksidlanishining oraliq jarayon mahsuloti deb tasavvur etish mumkin. Shuning uchun uni fosfit va fosfat kislotalarga bir molekula suvning birikish mahsuloti sifatida qaralishi mumkin:



Suvli eritmalarda, ayniqsa, qizdirish natijasida  $H_4P_2O_6$  parchalanib,  $H_3PO_3$  va  $H_3PO_4$  ga aylanadi. Gipofosfat kislota suvsiz va digidrat holatidagi kristallar hosil qiladi. Suvsiz  $H_4P_2O_6$  – oq kristall modda bo‘lib,  $70^\circ C$  da suyuqlanadi va suvda yaxshi eriydi. Digidrat  $H_4P_2O_6 \cdot 2H_2O$  esa  $62-62,5^\circ C$  da suyuqlanadi. Qattiq holatdagi gipofosfit kislota xona haroratida sekinlik bilan parchalanib, fosfor kislotalarining aralashmasini hosil qiladi. Uning suvli eritmaları esa hattoki qizdirilganda va qaynatilganda ham ancha vaqtgacha barqaror bo‘ladi.  $H_4P_2O_6$  ning konsentrlangan eritmalarini  $30^\circ C$  dan yuqori haroratda qizdirilgandagina parchalana boshlaydi.

Gipofosfat kislota – to‘rt asosli kislota. Uning  $25^\circ C$  dagi dissotsilanish konstantalari quyidagicha bo‘ladi:  $K_1 = 6 \cdot 10^{-3}$ ;  $K_2 = 1,5 \cdot 10^{-3}$ ;  $K_3 = 5,4 \cdot 10^{-8}$ ;  $K_4 = 0,93 \cdot 10^{-10}$ .

Gipofosfit kislota tuzlari – gipofosfitlar o‘zining kimyoviy tarkibi va xossalriga ko‘ra, fosfit va fosfat kislotalarning oraliq tuzlariga mos keladi. Ular fosfit kislotasi tuzlariga nisbatan qizdirish ta‘siriga ancha bardoshli va juda oz miqdorda parchalanadi.

## 2- §. Fosfat kislota va uning xossalari

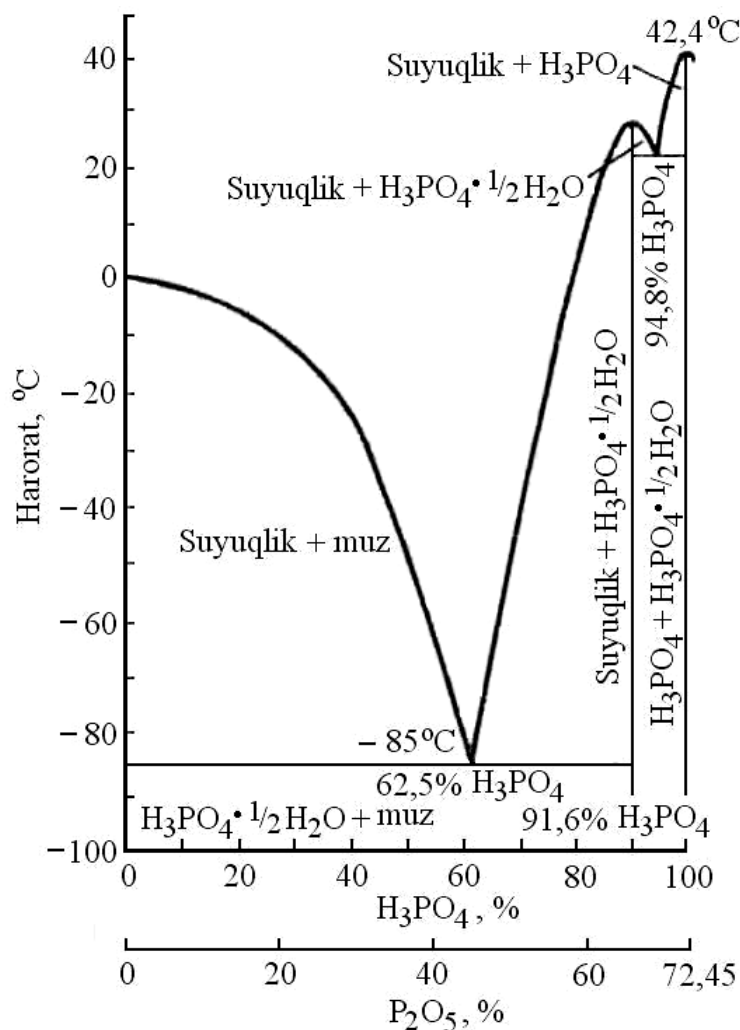
**Fizik xossalari.** Toza holatdagi ortofosfat (yoki soddaroq aytilganda fosfat) kislota rangsiz prizmatik kristall bo‘lib,  $42,35^\circ C$  da suyuqlanadi va suvda yaxshi eriydi.

Odatda uni quyuk, moysimon suyuqlik holatida olinadi, undan sovutish orqali kristall mahsulot ajratib olinadi. Ko‘p hollarda kristallanish faqatgina kristallantiruvchi qo‘shimcha (zatravka) qo‘shilgandagina amalga oshadi. Buni fosfat kislotaning  $-121^\circ C$  gacha qayta sovutish orqali suyuqlikning shishasimon holatga o‘tishga va  $13^\circ C$  gacha sovutish orqali  $1,88 \text{ g/sm}^3$  zichlikka ega bo‘lgan moysimon suyuqlikka aylanishga moyilligi orqali izohlanadi.

Ozgina miqdordagi suvning ishtiroki kislota suyuqlanish haroratining pasayishiga olib keladi va uning kristallanishi sekinlashadi. Kristallanish jarayoni

29,32°C da suyuqlanadigan yarimgidratli fosfat kislotasi  $H_3PO_4 \cdot 0,5H_2O$  hosil bo'lishida tezlashadi.

Fosfat kislotasi har qanday konsentratsiyadagi suvli eritmalarni hosil qiladi. 0,5°C haroratda suvda 78,7%  $H_3PO_4$  eriydi, 29,3°C haroratda esa tarkibida 91,6%  $H_3PO_4$  bo'lgan  $H_3PO_4 \cdot 0,5H_2O$  inkongruent suyuqlanadi (9.1-rasm).  $H_3PO_4 - H_2O$  sistemasining holat diagrammasidan ham  $H_3PO_4$  va  $H_3PO_4 \cdot 0,5H_2O$ , shuningdek, kristallogidratdan eutetikalarning hosil bo'lish sharoitini ko'rish mumkin.

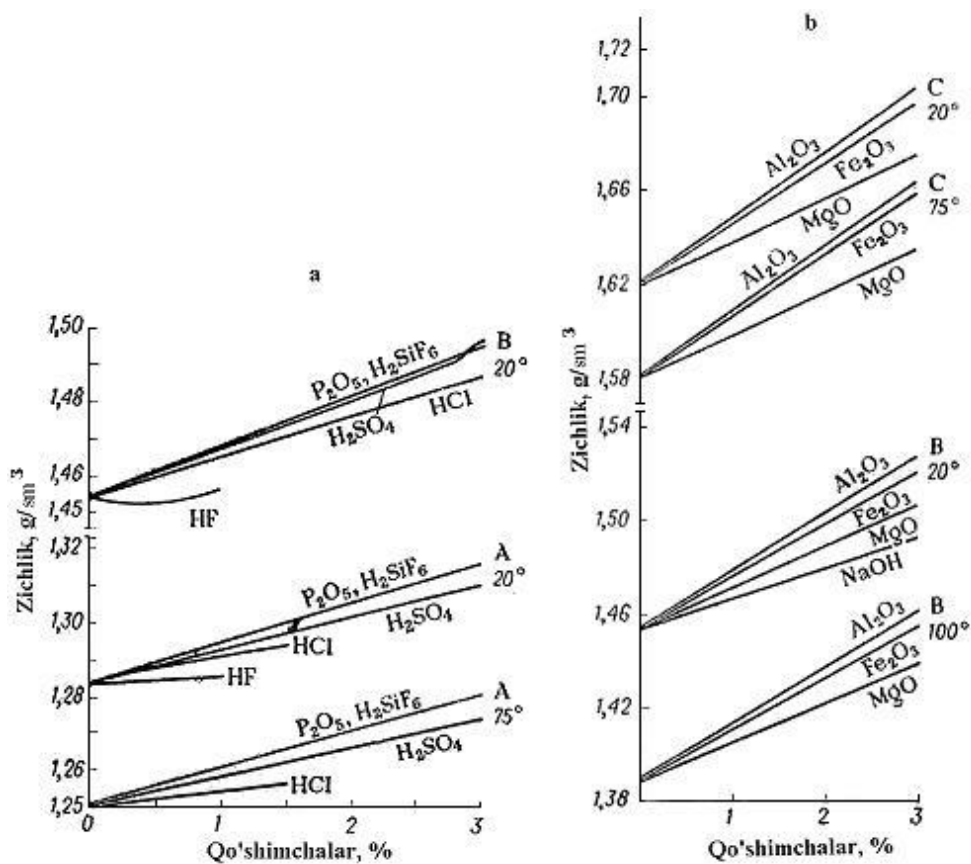


**9.1-rasm.  $H_3PO_4 - H_2O$  sistemasining holat diagrammasi.**

Suyuq holatdagi fosfat kislotaning 25°C da 1,8741 g/sm<sup>3</sup> zichlikka ega bo'lib, 261°C da qaynaydi. Haroratning ortishi bilan uning qovushqoqligi -263 spz dan (20°C da) 4,7 spz gacha (180°C da) keskin kamayadi.

Fosfat kislota eritmalarining konsentratsiyasi ortishi bilan uning xossalari keskin oʻzgaradi – ularning zichligi va qovushqoqligi ortadi va issiqlik sigʻimi pasayadi.

Qoʻshimcha anionlar ishtirokida fosfat kislota suvli eritmalarining zichligi ortadi (9.2-rasm, a), ammo kislotadagi  $P_2O_5$  miqdorining ekvivalent ortishiga nisbatan sezilarsiz darajada boʻladi. Tarkibida 30 va 43%  $P_2O_5$  boʻlgan boshlangʻich kislota qoʻshimcha 1–3%  $P_2O_5$  kiritilganda, xuddi shunday miqdordagi sulfat kislota qoʻshilgandagiga nisbatan eritma zichligining koʻproq ortishiga olib keladi. HCl yoki HF ishtirokida fosfat kislota eritmasining zichligi sezilarsiz ortadi. Kislota zichligining sezilarli darajada oʻzgarishi (xuddi qoʻshimcha  $P_2O_5$  kiritilgandagi kabi), unga  $H_2SiF_6$  kiritilganda kuzatiladi.



### 9.2-rasm. Kislotalar (a), oksidlar va ishqorlar (b) ishtirokida fosfat kislotali eritmalar zichligining oʻzgarishi.

Boshlangʻich kislota: A – 30%  $P_2O_5$  va 2%  $H_2SO_4$ ; B – 43%  $P_2O_5$  va 3%  $H_2SO_4$ ; C – 54%  $P_2O_5$  va 6%  $H_2SO_4$  boʻladi.

Tarkibida maʼlum miqdorda sulfat kislota boʻlgan fosfat kislota eritmasining zichligi undagi  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $NaOH$  va  $KOH$  kabi qoʻshimchalarning



ko'payishi bilan ortadi (9.2-rasm, b). Eritma zichligining ortishiga  $\text{Al}_2\text{O}_3$  va  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  larning ishtiroki sezilarli darajada, ishqoriy metall ionlari esa sezilsiz darajada ta'sir ko'rsatadi. Masalan, fosfat kislota eritmasi (45%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) da  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  ning miqdori 3,25% gacha ortishi bilan, eritmaning  $20^\circ\text{C}$  dagi zichligi 1,442 dan 1,556  $\text{g}/\text{sm}^3$  gacha,  $70^\circ\text{C}$  da esa – 1,410 dan 1,524  $\text{g}/\text{sm}^3$  gacha ortadi. Tarkibidagi  $\text{SO}_4^{2-}$  miqdori ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$  miqdoriga taqqoslanganda) ikki marta oshirilgan fosfat kislota eritmasining zichligi taxminan shunday kattalikka ortadi. Tarkibiga 7% gacha sulfat-ionining kirishi fosfat kislota eritmasining zichligini  $20^\circ\text{C}$  da 1,442 dan 1,532  $\text{g}/\text{sm}^3$  gacha,  $70^\circ\text{C}$  da esa – 1,410 dan 1,496  $\text{g}/\text{sm}^3$  gacha o'zgartiradi.

Tarkibida qo'shimchalari bo'lmagan fosfat kislota eritmaları uchun yetarli aniqlikdagi zichlik qiymatlari quyidagi tenglamalar asosida hisoblanishi mumkin:

- tarkibida 60–83%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  bo'lgan kislotalar uchun:

$$\rho = (0,7972 + 0,01472x) - (3,3 \cdot 10^{-4} + 8,0 \cdot 10^{-6}x)t \quad (9.1)$$

- tarkibida 85–122%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  bo'lgan kislotalar uchun:

$$\rho = (0,7102 + 0,01617x) - (11,7 \cdot 10^{-4} - 6,0 \cdot 10^{-6}x)t \quad (9.2)$$

Bu yerda,  $x$  – kislota konsentratsiyasi, %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ;  $t$  – harorat,  $^\circ\text{C}$  ( $t = 25\text{--}160^\circ\text{C}$  da).

- 11–55%  $\text{H}_3\text{PO}_4$  bo'lgan kislotalar uchun esa:

$$\rho = A - B \cdot t \quad (9.3)$$

$A$  va  $B$  kattaliklar qiymatlari quyida keltirilgan:

$\text{H}_3\text{PO}_4$ .....	11,0	13,1	22,9	27,6	55,1
$A$ .....	1,077	1,085	1,151	1,185	1,399
$B \cdot 10^6$ .....	509	493	520	578	640

Qo'shimchalar ishtirokida fosfat kislota eritmalarining qovushqoqligi ham kislotaga qo'shiladigan anion yoki kationning tabiatiga bog'liq holda ortadi (9.3-rasm). Kislotaga xlor va fluor ionlarining kiritilishi uning qovushqoqligining ortishiga amaliy ta'sir ko'rsatmaydi. Kislotaning qovushqoqligi  $\text{H}_2\text{PO}_4^{2-}$  ishtirokida birmuncha ko'proq,  $\text{HSO}_4^-$  va  $\text{SiF}_6^{2-}$  ishtirokida birmuncha kamroq ortadi. Kislotaning qovushqoqligiga  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Al}^{3+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$   $\text{Na}^+$  ionlarining ta'siri amalda bir xil bo'ladi, ammo kaliy ionlarining ishtirokida yuqoridagi keltirilgan

ionlarning ishtirokidagiga nisbatan eritma qovushqoqligining anchagina kam darajada ortishiga olib keladi. Fosfat kislota eritmasi (45% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) tarkibida 3,25% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> bo'lishi qovushqoqlikning qariyb 2,5 marta, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ishtirokida esa 1,5 marta ortishiga olib keladi.

Tarkibida qo'shimchalari bo'lmagan fosfat kislota eritmaları (25–60% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) uchun yetarli aniqlikdagi qovushqoqlik qiymatlari quyidagi tenglama asosida hisoblanishi mumkin:

$$\eta = A + 10^{B+Cx} \quad (9.4)$$

Bu yerda, x – kislota konsentratsiyasi, % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>;

$$\lg A = 0,479 - 0,107t$$

$$B = -0,832 - 0,0038t \quad (t = 20 - 47^\circ\text{C da});$$

$$B = -1,015t \quad (t = 47 - 63^\circ\text{C da});$$

$$B = -1,183t + 0,00266t \quad (t = 63 - 110^\circ\text{C da});$$

$$C = 0,0450 - 0,000185t \quad \text{ga teng.}$$

Tarkibida qo'shimchalari bo'lmagan fosfat kislota eritmaları (7–60% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ning bug' bosimi quyidagi Klauzius-Klayperon tenglamasi asosida hisoblanishi mumkin:

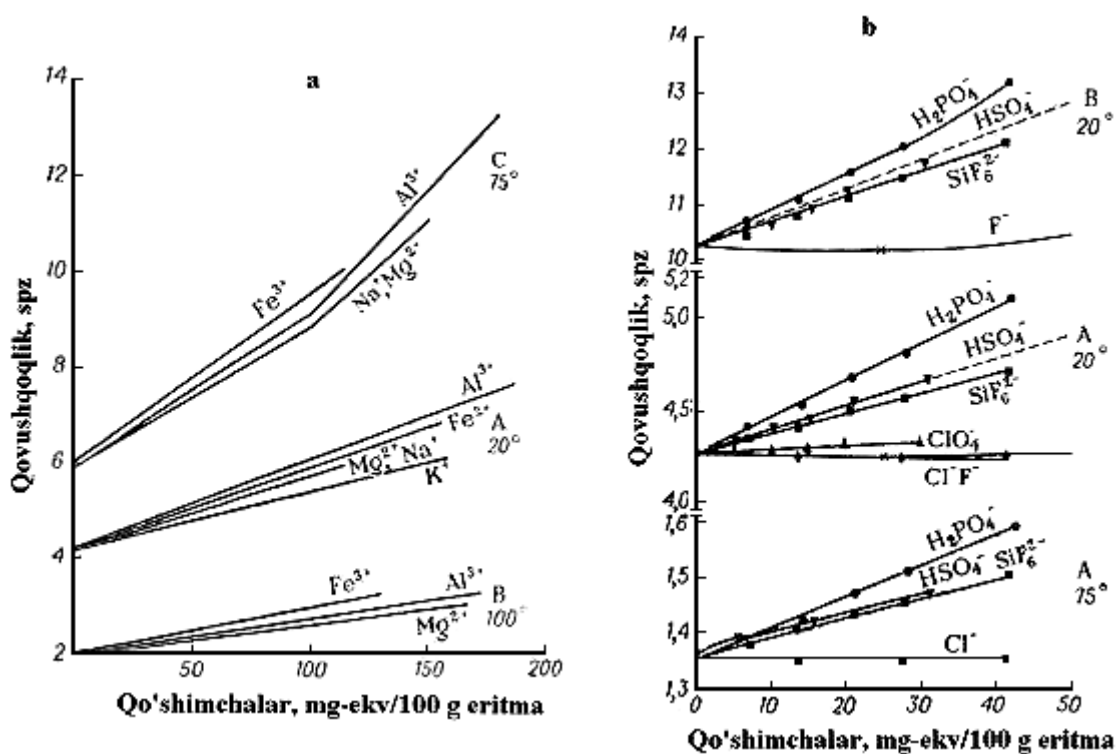
$$\lg P = -\frac{A}{T} + B \quad (9.5)$$

bu tenglamadagi A va B koeffitsientlar qiymatlari quyida keltirilgan:

P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	20	25	30	35	40	45	50
A	2343,5	1987,1	1841,1	2600	2591,4	2453,4	3210,2
B	9,0989	8,0894	7,5166	9,7610	9,6721	9,1226	11,2839

$\lg P - 1/T$  yoki  $P - f(T)$  o'rtasidagi bog'lanish grafigi bilan absissalar o'qi orasidagi burchak ( $\alpha$ ) tangensi orqali eritmaning bug'lanish issiqligi quyidagi tenglama asosida hisoblanadi:

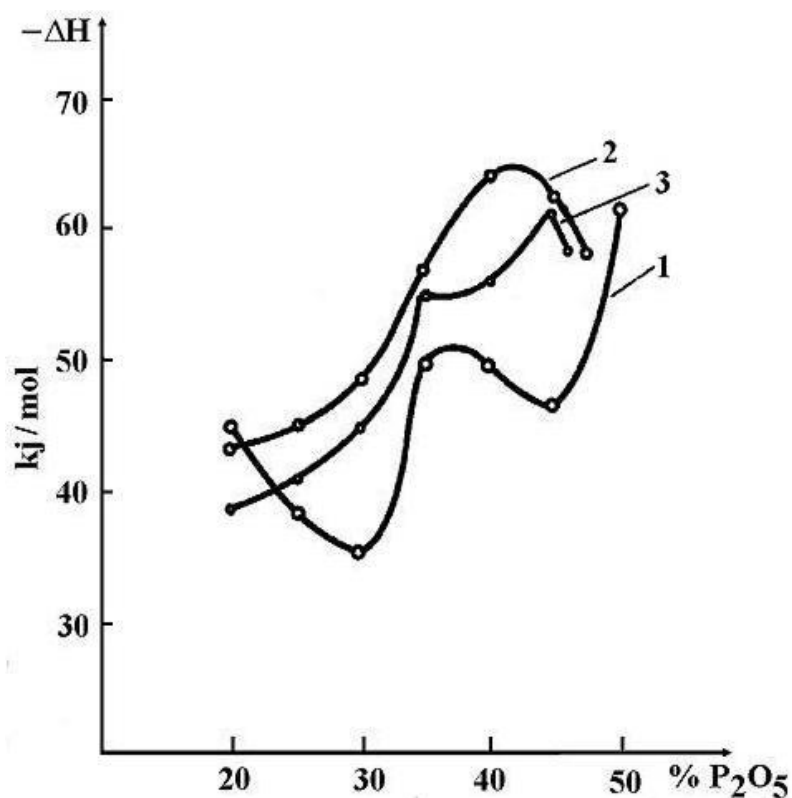
$$\Delta H = -2,3 \cdot R \cdot \text{tg}\alpha \quad (9.6)$$



**9.3-rasm. Kationlar (a) va anionlar (b) ishtirokida fosfat kislotali eritmalar qovushqoqligining o'zgarishi.**

Boshlang'ich kislotada: A – 30%  $P_2O_5$  va 2%  $H_2SO_4$ ; B – 43%  $P_2O_5$  va 3%  $H_2SO_4$ ; C – 54%  $P_2O_5$  va 4%  $H_2SO_4$  bo'ladi.

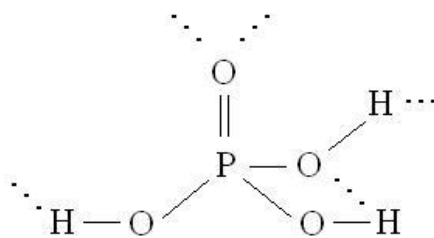
Fosfat kislotasi konsentratsiyasining ortishi bilan bug'lanish issiqligi ekstremal (maksimum va minimumli) ravishda o'zgaradi (9.4-rasm). Xuddi shunday konsentratsiyadagi fosfat kislotasi eritmasiga  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  qo'shimchasi (uning miqdori ham kislotasi konsentratsiyasi ortishi bilan ekvivalent suratlarda ortadi) ning kiritilishi natijasida bug'lanish issiqligi keskin ravishda ortadi. Bu holatni eritmaning to'yinishi bilan izohlanishi mumkin. Lekin doimo kislotadagi qo'shimchalarning tarkibi va miqdorining ortishi bug'lanish issiqligining ortishiga sabab bo'ladi deb tushunish to'g'ri bo'lavermaydi. Masalan, fosfat kislotasining  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  qo'shimchasi bilan hosil qilgan eritmaga kislotasi konsentratsiyasi ortib borishiga muvofiq holda ma'lum miqdordagi ammoniy nitrat  $NH_4NO_3$  kiritilganda, eritma bug'lanish issiqligining ammoniy nitratsiz eritma bug'lanish issiqligiga nisbatan sezilarli darajada pasayishi kuzatiladi. Buni eritmada bo'ladigan kislotasi va tuz molekullari orasidagi kimyoviy va fizik-kimyoviy ta'sirlashuv jarayonlari orqali izohlanishi mumkin.



**9.4-rasm. Fosfat kislotali eritmalan bug‘lanish issiqligining eritma konsentratsiyasiga bog‘liqligi:**

- 1 – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>O; 2 – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, H<sub>2</sub>O;  
 3 – H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>O.

**Kimyoviy xossalari.** Fosfat kislotasi va uning kristallogidratlari vodorod bog‘lanish orqali bog‘langan tetraedrik tuzilishli PO<sub>4</sub> guruhdan tarkib topgan bo‘ladi (9.5-rasm).



**9.5-rasm. Suvsiz ortofosfat kislotaning tuzilishi.**

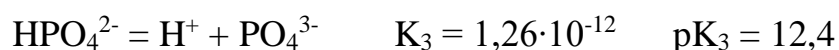
Bu struktura H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> konsentrlangan eritmasi qiyomsimon holatining tuzilishini ifodalaydi. Tarkibida 50% dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> bo‘lgan eritmalarda fosfat anionlari bir-biriga birikishiga nisbatan suv bilan osonlikcha birikadi. Fosfat kislotasi 350–450°C dan yuqori haroratda kuchsiz oksidlovchi hisoblanadi.

Suyuqlantirilgan holatda u sezilarli darajadagi elektr o'tkazuvchanligiga ega.  
Bunda:



jarayon sodir bo'lishi ehtimoldan holi emas.

Fosfat kislota suvli eritmalarda uch asosli va bosqichli dissotsilanadi:



0–60°C haroratda birinchi bosqich dissotsiatsiya konstantasi quyidagi tenglama bo'yicha hisoblanishi mumkin:

$$-\lg K_1 = 799,31/T - 0,013486T - 4,5535 \quad (9.7)$$

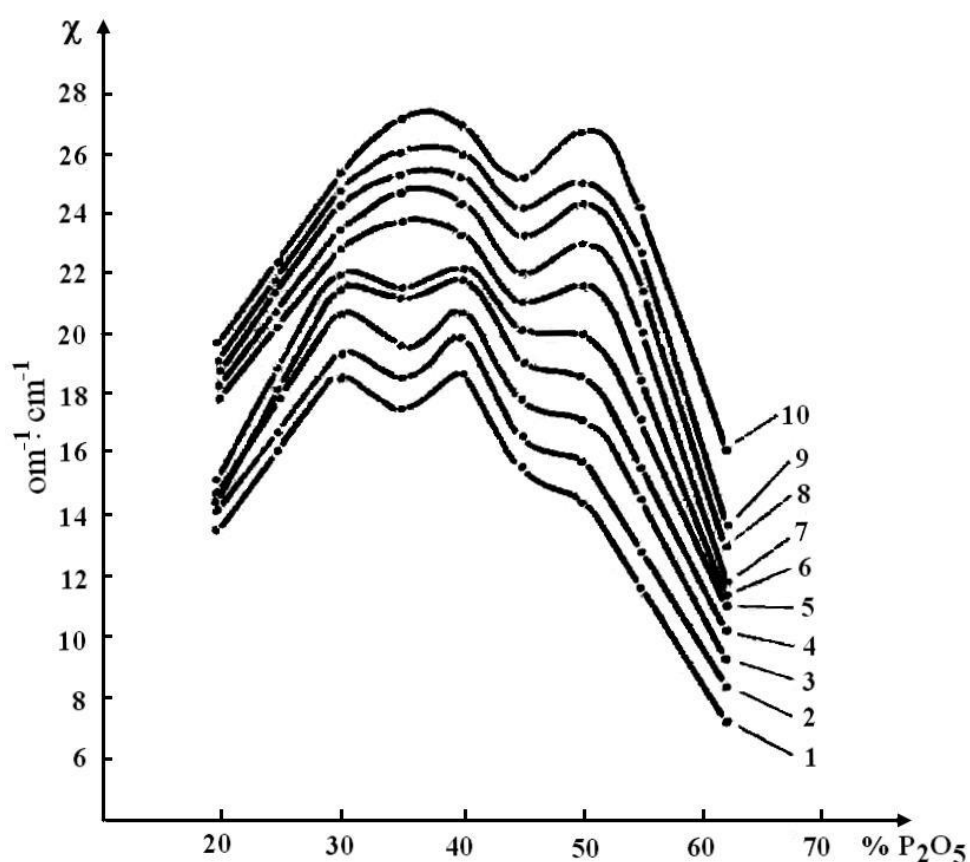
0–50°C haroratda ikkinchi bosqich dissotsiatsiya konstantasi quyidagi tenglama bo'yicha ifodalanadi:

$$-\lg K_2 = 2073,0/T - 0,020912T - 5,9884 \quad (9.8)$$

bu yerda, T – harorat, °K.

Fosfat kislotaning elektr o'tkazuvchanligini aniqlash orqali ham bu kattalikning uning konsentratsiyasiga ekstremal (maksimum va minimumli) ravishda bog'liqligini kuzatish mumkin (9.6-rasm). 25–45°C da fosfat kislotaning konsentratsiyasi 30% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ga yetganda uning elektr o'tkazuvchanligi eng yuqori qiymatga erishadi (9.6-rasmdagi 1-maksimum). Bunda fosfat kislota molekulalarining eng ko'p miqdori dissotsilanadi. Eritma konsentratsiyasining yanada (35% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gacha) ortishi natijasida elektr o'tkazuvchanlik kamayadi. Bunda ionlanishga nisbatan ko'proq suratda qarama-qarshi ionlar (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> va H<sup>+</sup>) ning o'zaro to'qnashuvi natijasida fosfat kislota molekulalarining hosil bo'lish jarayoni sodir bo'ladi. Haroratning 50–70°C ga ko'tarilishi natijasida 1-maksimumning 35–40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> konsentratsiyali eritma tomonga siljishini, haroratning ko'tarilishi natijasida moddalar eruvchanligining (yanada to'g'rirog'i dissotsilanishining) ortishi orqali izohlanishi mumkin.

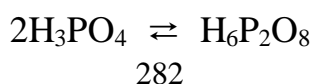
Tarkibida 6,5% dan ko‘p  $P_2O_5$  bo‘lgan fosfat kislotaning bir qismi monomer  $H_3PO_4$  ga nisbatan kuchli kislotali xossaga ega bo‘lgan dimer  $H_6P_2O_6$  ni hosil qiladi. 10 M ( $\sim 36\%$   $P_2O_5$ )  $H_3PO_4$  eritmasi tarkibida (g-ion/l hisobida): 3,755  $H^+$ , 0,0598  $H_2PO_4^-$ , 3,6955  $H_5P_2O_8^-$  va (mol/l hisobida): 0,6393  $H_3PO_4$  va 0,9549  $H_6P_2O_6$  bo‘ladi. Bundan ko‘rinadiki, monomerning dissotsilanishidan hosil bo‘lgan vodorod ionining miqdori uning umumiy miqdoriga nisbatan atigi  $\sim 1,6\%$  ini tashkil etadi (buni  $H_2PO_4^-$  va  $H^+$  miqdorlarini solishtirish orqali anglab olish qiyin emas).



**9.6-rasm. Fosfat kislota eritmasining elektr o‘tkazuvchanligining harorat bo‘yicha konsentratsiyaga bog‘liqligi:**

1 – 25°C	2 – 30°C	3 – 35°C	4 – 40°C	5 – 45°C
6 – 50°C	7 – 55°C	8 – 60°C	9 – 65°C	10 – 70°C.

Demak, eritmadagi ionlarning o‘zaro birikib,  $H_3PO_4$  molekulari hosil bo‘lishi bilan bir vaqtda monomerning dimerga aylanish jarayoni ham sodir bo‘ladi:



Dimerlanish natijasiga eritmadagi fosfat kislota molekularining kamayishi hisobiga dimerning dissotsilanishi kuchayadi. Shuning uchun 25–45°C haroratda eritma konsentratsiyasi 35% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan 40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ga ortgan sayin elektr o‘tkazuvchanlikning ortishi kuzatiladi va 2–maksimumga erishadi. Eritma haroratining (50–70°C ga) ko‘tarilishi natijasida fosfat kislotadali eritmalarda dimerning to‘la dissotsilanishi:



50–52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> li konsentratsiyada kuzatiladi (2-maksimum holati).

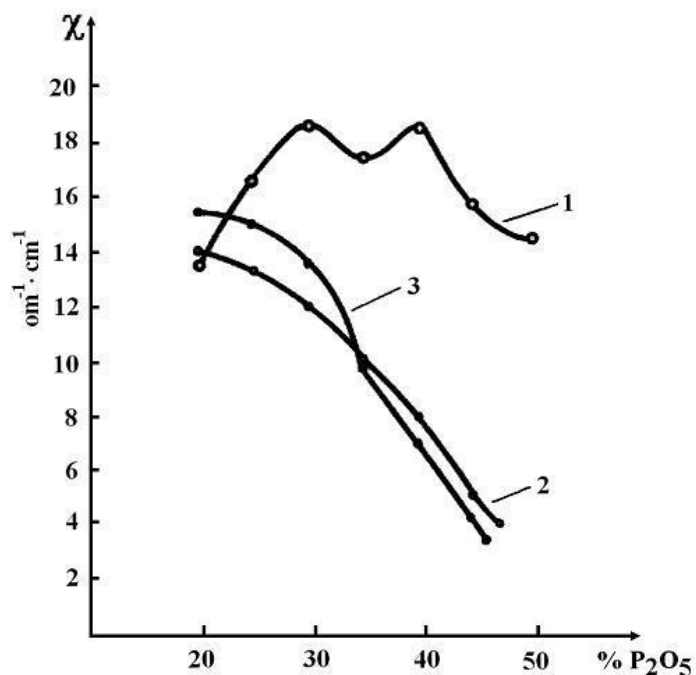
Eritma konsentratsiyasining 50–52% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dan yanada ko‘tarilishi eritmaning ionlarga to‘yinishi hisobiga elektr o‘tkazuvchanlikning pasayishiga olib keladi. 25–45°C haroratli eritmada bu jarayon bir tekisda kechmaydi, chunki fosfat kislota eritmasining to‘yinishi hisobiga nafaqat dimerlanish, balki trimerlanish, tetramerlanish va hokazo polimerlanish jarayonlari ham sodir bo‘lishi mumkin.

Fosfat kislota eritmasiga suvda eriydigan boshqa komponentlarning kiritilishi hisobiga uning elektr o‘tkazuvchanligining keskin kamayishini kuzatish mumkin (9.7-rasm). Masalan, fosfat kislota eritmasiga MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O ning kiritilishi hisobiga eritmaning to‘yinishi tezlashadi va elektr o‘tkazuvchanlik keskin kamayadi. Tarkibida MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O qo‘shimchasi bo‘lgan fosfat kislotali eritmaga NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> tuzining qo‘shilishi natijasida sodir bo‘ladigan komponentlar o‘rtasidagi kimyoviy va fizik-kimyoviy jarayonlar tufayli elektr o‘tkazuvchanlikning birmuncha ortishi kuzatiladi.

Yuqorida tanishib o‘tilgan xususiyatlar fosfat kislotaning boshqa mineral kislotalardan o‘ziga xos xossasi bilan ajralib turishini ko‘rsatadi va uning bu xossalarini fosforli o‘g‘itlar ishlab chiqarish jarayonlarining texnologik parametrlari tanlashda e‘tiborga olinadi.

Ortofosfat kislota fosfat angidrid gidratatsiyasining oxirgi mahsuloti hisoblanadi. Fosfat angidridning suv bilan bosqichli ta’sirlashuvi – gidratlanish darajasi bilan farqlanadigan bir qator fosfat kislotalari hosil bo‘lishi bilan boradi. Fosfat angidridning 5 ta asosiy gidratlari: ortofosfat kislota H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>·3H<sub>2</sub>O),

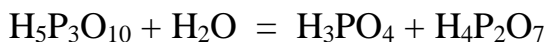
pirofosfat kislota  $H_4P_2O_7$  ( $P_2O_5 \cdot 2H_2O$ ), tripolifosfat kislota  $H_5P_3O_{10}$  ( $3P_2O_5 \cdot 5H_2O$ ), tetrapolifosfat kislota  $H_6P_4O_{13}$  ( $2P_2O_5 \cdot 3H_2O$ ), metafosfat kislota  $(HPO_3)_n$  ( $P_2O_5 \cdot H_2O$ ) mavjuddir.



**9.7-rasm. Fosfat kislotali eritmalar elektr o'tkazuvchanligining eritma konsentratsiyasiga bog'liqligi:**

- 1)  $H_3PO_4-H_2O$ ; 2)  $H_3PO_4-MgSO_4 \cdot 7H_2O-H_2O$ ;
- 3)  $H_3PO_4-MgSO_4 \cdot 7H_2O-NH_4NO_3-H_2O$ .

Fosfat angidridning gidratlanishini quyidagicha tasavvur etish mumkin: dastlab tetrametafosfat kislota  $(HPO_3)_4$  yoki  $H_4P_4O_{12}$  ga, so'ngra tetrapolifosfat kislota aylanadi; keyingi gidratlanish jarayonlarida ortofosfat va tripolifosfat kislotalar aralashmasi hosil bo'ladi. Tripolifosfat kislota gidratlanishi quyidagicha bo'ladi:



Nihoyat pirofosfat kislota suvni biriktirib olib, gidratatsiyaning oxirgi mahsuloti – ortofosfat kislota aylanadi.

Fosfat kislotalarning bir-biriga aylanishi qaytar jarayondir. Fosfat kislota 284°C haroratda qizdirilganda qisman pirofosfat kislota aylanadi:



Haroratni 400°C gacha ko'tarish orqali qizdirishni davom ettirish natijasida suvning ajralishi hisobiga shishasimon metafosfat kislota hosil bo'ladi:





Gidratatsiya jarayoni siklik metafosfat kislota hosil bo'lishi bilan tugaydi.

Tarkibida ~68,7% gacha  $\text{P}_2\text{O}_5$  bo'lgan eritmada asosan suv va ortofosfat kislota bo'ladi. Pirofosfat kislotaning dastlabki sezilarli miqdorlarini tarkibida 68,8%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , ya'ni mol nisbati  $\text{H}_2\text{O}:\text{P}_2\text{O}_5 = \sim 3,6$  ga teng bo'lgan eritmada aniqlash mumkin. 100% li suyuq ortofosfat kislota ( $\text{H}_2\text{O}:\text{P}_2\text{O}_5 = 3$ ) da  $\text{P}_2\text{O}_5$  umumiy miqdorining 12,7% i pirofosfat kislota shaklida bo'ladi. Fosfat kislota eritmasida qo'shimcha (ayniqsa kristallogidrat hosil qiluvchi tuzlar) larning bo'lishligi 68,7% ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) dan kichik konsentratsiyali fosfat kislota eritmalarida ham pirofosfat va hattoki, polifosfat kislotalarini ham bo'lishini ta'minlaydi. Shuning uchun yuqori konsentratsiyali kislotalarni ortofosfat holatida saqlash uchun:



muvozanatni chapga siljitish maqsadida ortiqcha miqdordagi suv ( $\text{H}_2\text{O}:\text{P}_2\text{O}_5 > 3$ ) talab etiladi.

72,4%  $\text{P}_2\text{O}_5$  dan katta konsentratsiyali fosfat kislotali eritmalar tarkibida polianion zarrachalar bo'ladi. Shuning uchun ularni kondensirlangan fosfat kislotalari, tuzlarini esa polimerli yoki kondensirlangan fosfatlar yoki (olinish usuliga ko'ra) degidratlangan fosfatlar deyiladi.

Hozirgi paytda fosfat kislota bilan bir qatorda orto-, piro-, tripoli-, tetrapoli- va boshqa oktapoli- va nonapolifosfat kislotalarigacha bo'lgan aralashmadan iborat superfosfat yoki polifosfat kislotalari ishlab chiqariladi. Tarkibida ~76%  $\text{P}_2\text{O}_5$  (~105%  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ) bo'lgan superfosfat kislotalarida: 49%  $\text{P}_2\text{O}_5$  – ortofosfat holatida, 42%  $\text{P}_2\text{O}_5$  – pirofosfat holatida, 8%  $\text{P}_2\text{O}_5$  – tripolifosfat holatida va 1% i esa tetrapolifosfat kislota holatida bo'ladi. Superfosfat kislotalariga begona qo'shimchalarning kirishi natijasida fosfat kislotalar kondensirlangan shakllari miqdorlarining ortishini kuzatish mumkin.

Superfosfat kislotalari suyuq suspenziyalik o'g'itlar va sintetik yuvuvchi vositalar ishlab chiqarishda muhim amaliy ahamiyatga egadir.

Fosfor – tabiatda keng tarqalgan elementdir. Uning yer qobig‘idagi miqdori og‘irlik bo‘yicha 0,08–0,12% ni yoki yer qobig‘idagi atomlarning umumiy soni bo‘yicha ~0,07% ni tashkil qiladi.

Elementar fosfor va uning oksidlari yuqori kimyoviy aktivlikka ega bo‘lganligi sababli u yer qobig‘ida kimyoviy barqaror, suvda va tuproq eritmalarida erimaydigan minerallar shaklida bo‘ladi. Bu minerallar tarqoq va ba‘zan esa yirik to‘planishlar tarzida uchraydi.

Priyanishnikov ma‘lumotlariga ko‘ra, 20 sm chuqurlikkacha 1 ga tuproqdagi fosforning zaxirasi 300 dan 6000 kg gachani tashkil etadi.

### **3-§. Elektrotermik usulda fosfat kislotasi ishlab chiqarish**

**Fosfatlarni termik qayta ishlash.** Fosfor elektrotermik usulda – uni yuqori haroratli elektropechlarda tabiiy fosfatlardan ko‘mir yordamida qaytarish orqali olinadi. Elektropechlardan chiqadigan fosfor bug‘larini kondensatsiyalash orqali suyuq fosfor va uni tashqi muhit haroratigacha sovutish natijasida qattiq mahsulot olinadi. Suyuq fosfor va uning bug‘larini oksidlash (yondirish) yo‘li bilan fosfor(V)-oksid –  $P_4O_{10}$  va hosil bo‘lgan mahsulotni gidratlash natijasida fosfat kislota olinadi. Shunday usulda hosil qilingan kislota termik fosfat kislota (TFK) deb ataladi.

Nisbatan tejamli, shu sababli keng tarqalgan fosfat kislota ishlab chiqarish, uni fosfatlardan sulfat kislotali (yoki boshqa kislotalar bilan) ekstraksiyalash hisoblanadi. Bu holatda mahsulot ekstraksion fosfat kislota (EFK) nomini oladi.

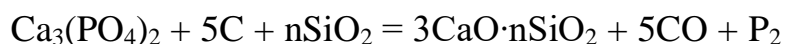
Fosfatlarni termik qayta ishlashning afzalligi – har qanday, shu bilan birgalikda past sifatli fosfatlardan ham yuqori tozalikdagi konsentrlangan (hattoki 100%  $P_2O_5$  gacha) fosfat kislotalari olish imkoniyati bor. Kislotali qayta ishlash uchun esa yuqori sifatli fosfatlar ishlatiladi, ammo shu o‘rinda ham nisbatan past konsentratsiyali va ko‘p miqdordagi qo‘shimchalar bilan ifloslangan ekstraksion fosfat kislotasi hosil qilinadi. Yetarli darajada toza bo‘lishi lozim bo‘lgan ozuqali va texnik fosfatlar, shuningdek, reaktivlarni termik fosfat kislotadan olish usullari ularni ekstraksion kislotadan olishga nisbatan soddaroq va arzonroqdir. Termik

fosfat kislotasi tannarxining qariyb 92% ini fosforning narxi tashkil etadi, chunki uni olishda elektr energiyasi sarfiga katta miqdordagi xarajat ketadi. Konsentrlangan fosforli o'g'itlar olish uchun esa arzon ekstraksiyali kislotasi ishlatiladi.

Sanoatda tarkibida 73% dan kam bo'lmagan  $H_3PO_4$  (52,9%  $P_2O_5$ ) li A (ozuqali maqsad uchun) va B (texnik) markali mahsulot sifatidagi termik fosfat kislotasi ishlab chiqariladi. Reglament bo'yicha 1- va 2-nav texnik kislotadagi qo'shimchalarning miqdori mos holda (% da) quyidagicha: xloridlar 0,01 va 0,02; sulfatlar 0,015 va 0,02; nitratlar 0,0005 va 0,001, temir 0,01 va 0,015; og'ir metallar 0,002 va 0,005; mishyak 0,006 va 0,008 dan ko'p bo'lmasligi belgilanadi. Ozuqa maqsadlari uchun ishlab chiqariladigan kislotada esa (% da): mishyak 0,0003, qo'rg'oshin 0,0005, nitrat 0,0003 dan ko'p bo'lmasligi lozim.

**Elektrotermik usulda fosfor olishning fizik-kimyoviy asoslari.** Fosfor ishlab chiqarish uchun fosforit, flus (kremnezem) va qaytaruvchi (koks) dan iborat uch komponentli shixta ishlatiladi. Bu shixta xomashyoli elektrotermik pechlarda qayta ishlanadi. Fosfatli pech kimyoviy reaktor hisoblanadi, unda suyuqlanish va kimyoviy ta'sirlashuv jarayonlari sodir bo'ladi. Pechning reaksiya qismini shartli ravishda to'rtta qismga: yuqori – shixtani qizdirish va qattiq fazali reaksiyalar qismi; quyi – minerallarni suyuqlantirish, qattiq va qiyin suyuqlanadigan komponentlarni suyuqlanmada eritish hamda fosfat-kremniyli suyuq fazani hosil qilish qismi; yanada quyi – kalsiy fosfatni  $SiO_2$  ishtirokida qaytarishning asosiy kimyoviy reaksiyasi amalga oshiriluvchi uglerodli qismi; eng quyi – shlak va ferrofosfor qismiga ajratish mumkin.

Kremnezem ishtirokida kalsiy fosfatni uglerod bilan fosforgacha qaytarishni umumiy holatda quyidagicha ifodalanadi:

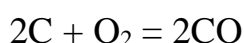
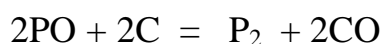
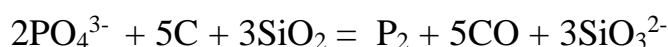
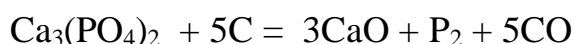


Bu 1000–1300°C haroratda katta miqdordagi (qariyb 1600 kJ/mol) issiqlikning yutilishi hisobiga boradigan endotermik reaksiyani, pechdan shlakni ajratib olishni osonlashtirish maqsadida 1400–1600°C da amalga oshiriladi.

Aslida kalsiy fosfatni qaytarilish mexanizmi murakkab bo‘lib, jarayonning o‘zi ko‘p bosqichlidir. Zamonaviy tushunchalarga muvofiq bu mexanizmni quyidagicha talqin etilishi mumkin. Fosfat-kremniyli suyuqlanmada boshlang‘ich fosfatli minerallarni eritish yoki suyuqlantirish natijasida hosil qilingan suyuqlanmaga kalsiy fosfat kiritiladi. Suyuqlanmada  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  qisman  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{P}^{5+}$ ,  $\text{O}^{2-}$  ionlariga dissotsilanadi. Bundan tashqari, kalsiy fosfat PO va  $\text{PO}_2$  hosil qilgani holda parchalanishi mumkin:



Shunday qilib, suyuqlanmada uglerodning sirtiga diffuziyalanuvchi harakatchan fosfatli zarrachalar (molekulalar, ionlar) hosil bo‘ladi. Gazlarning to‘xtovsiz ajralishi va qisman konvektiv oqimi tufayli reaksiya qismida suyuqlanma bilan uglerodning ta’sirlashuvi uchun qulay sharoit yuzaga keladi. Bu ta’sirlashuv reaksiyasini quyidagicha ifodalash mumkin:



Birinchi reaksiya dissotsilanmagan kalsiy fosfatning uglerod sirtida diffuziyalanishiga bog‘liq. Uning borishini ta’minlash uchun kontakt qismdan CaO ni yo‘qotib turilishi kerak, chunki kalsiy oksidning to‘planishi reaksiyaning to‘xtashiga olib keladi. Ikkinchi reaksiya bo‘yicha qaytarilish tezligi kontakt qismda uglerod bilan  $\text{SiO}_2$  ning o‘zaro to‘qnashishiga bog‘liqdir. Qolgan reaksiyalar kalsiy fosfatning fosfor quyi oksidlari hosil qilib termik dissotsilanishi orqali sodir bo‘luvchi jarayonlarni ifodalaydi.

Shuni ham ta’kidlash lozimki, fosforning qaytarilish jarayonida  $\text{SiO}_2$  yoki silikat ionlar hal qiluvchi vazifani o‘taydi. Uning CaO bilan bog‘lanishi hisobiga fosfatning dissotsilanishi tezlashadi va qiyin suyuqlanuvchan ( $t_s=2580^\circ\text{C}$ ) kalsiy

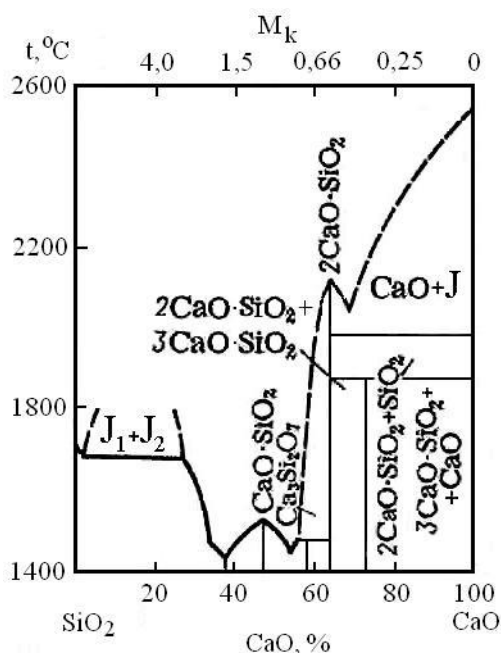
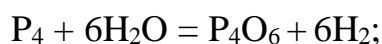
oksidning nisbatan oson suyuqlanadigan kalsiy silikat holatida yo‘qotilishini ta’minlaydi, bunda suyuq holatdagi quyqum pechdan osonlik bilan chiqariladi.

Shunday qilib, qaytarilish sxemasida quyidagi jarayonlar shakllantiriladi: 1) boshlang‘ich materiallar (shixta) ni suyuqlantirish va undan namlikni yo‘qotish; 2) suyuqlanmaga kalsiy fosfat va kremniy oksid kiritish; 3)  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  ni yanada oddiy zarracha va ionlarga parchalash; 4) ularni uglerod sirtiga diffuziyalash; 5) silikat zarrachalarini uglerod sirtiga diffuziyalash; 6) uglerod bilan  $\text{P}_2$ , CO va CaO hosil qilish orqali ta’sirlashish; 7) Reaksiya doirasidan CaO ni kalsiy silikat shaklida ( $\text{SiO}_3^{2-}$  ionlari bilan birgalikda) yo‘qotish.

Kalsiy fosfatning uglerod bilan ta’sirlashuv tezligi harorat, kislotalilik moduli  $M_k$  ( $\text{SiO}_2:\text{CaO}$  ning massa nisbati) va boshlang‘ich materiallar sifati bilan aniqlanadi. Kislotalilik moduli va  $\text{P}_2\text{O}_5$  miqdori bo‘yicha shixta, pechdagi suyuqlanma va shlakning tarkibi haqida fikr yuritish mumkin. CaO –  $\text{SiO}_2$  sistemaning holat diagrammasi ko‘rsatilgan 9.8-rasmdan ko‘rinadiki,  $M_k$  qiymatning 0 dan 2 gacha bo‘lgan sohasida kalsiy ortosilikat  $2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ( $t_s=2127^\circ\text{C}$ ), kalsiy diortosilikat  $3\text{CaO}\cdot 2\text{SiO}_2$  ( $t_s=2580^\circ\text{C}$ ) va kalsiy metasilikat  $\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$  ( $t_s = 2580^\circ\text{C}$ ) mavjud bo‘ladi. Tarkibida  $\text{SiO}_2$  51,7% va 48,3% CaO bo‘lgan kalsiy metasilikatning kislotalilik moduli 1,07 ga teng. Ko‘rilayotgan sistemada minimal suyuqlanish harorati esa  $M_k = 0,82$  ga to‘g‘ri keladi va  $1447^\circ\text{C}$  ga teng. Zamonaviy pech qurilmalari kislotalilik moduli 0,7–0,9 bo‘lgan shixta bilan katta quvvatda ishlaydi. Bunda eng toza fosfor olinadi, elektroenergiya sarfi esa nisbatan ozdir. Ko‘rsatilgan chegaradan katta  $M_k$  ( $\text{SiO}_2$  ning ortiqcha bo‘lishi) bilan ishlanganda shlakdagi  $\text{P}_2\text{O}_5$  miqdorining ortishi, ya’ni fosfor yo‘qotilishining ortishiga olib keladi.

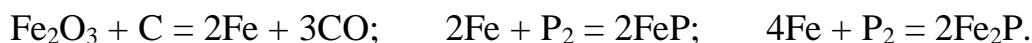
Kalsiy fosfatdan fosforning qaytarilishi shixtadagi qo‘shimchalarning ishtirok etishi sabab bo‘ladigan qo‘shimcha: karbonat va sulfatlarning parchalanishi, sulfid va sulfatlardan vodorod sulfidning hosil bo‘lishi va boshqa jarayonlarning sodir bo‘lishi bilan kechadi. Xomashyoda namlikning bo‘lishi pechning yuqori doirasida fosfor gidridlari – fosfin  $\text{PH}_3$ , difosfan  $\text{P}_2\text{H}_4$ , ya’ni ma’lum miqdordagi fosforning yo‘qotilishi hisobiga hosil bo‘lishiga olib keladi.

Yuqori haroratda  $\text{PH}_3$  ni elementlardan to‘g‘ridan-to‘g‘ri sintez qilib bo‘lmaydi. Lekin 400–1000°C harorat chegarasida suv (shuningdek,  $\text{CO}_2$ ) fosfor bug‘lari bilan to‘xtovsiz ta’sirlashadi va  $\text{P}_4\text{O}_6$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{PH}_3$  hosil qiladi:



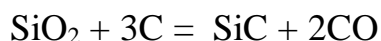
**9.8-rasm. CaO – SiO<sub>2</sub> sistemaning holat diagrammasi.**

Boshlang‘ich xomashyo tarkibidagi temir birikmalarining qaytarilishi va pechda almashinuv jarayonlari sodir bo‘lishi natijasida temir fosfidlari  $\text{Fe}_3\text{P}$ ,  $\text{Fe}_2\text{P}$ ,  $\text{FeP}$  hosil bo‘ladi:

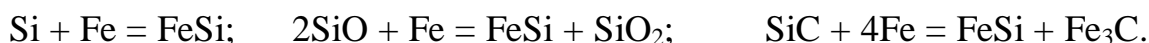


Pechdan ajratib olinadigan ferrofosfor deb ataluvchi temir fosfidlari aralashmasida 15–28% P bo‘ladi. Uni pechdan suyuqlanma holatida yo‘qotiladi.

Kremnezemning uglerod bilan ta’sirlashuvi elementar kremniy, kremniyning monooksidi va karbidi hosil bo‘lishiga olib keladi:

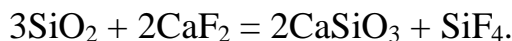


Ularning temir bilan ta’sirlashishi natijasida ferrosilisiy hosil bo‘ladi:



Qaytarilgan kremniyning qariyb 40% i ferrosilisiyga o'tadi, qolgan 60% i pechdan chang tarzida chiqib ketadi.

Shlakdagi erkin  $\text{SiO}_2$  miqdorining kamayishi, shuningdek, uning qayta ishlanadigan tabiiy fosfatlar tarkibidagi  $\text{CaF}_2$  bilan ta'sirlashishi tufayli ham sodir bo'lishi mumkin:



Bu reaksiya natijasida ma'lum miqdordagi fluor shlakdan gazli fazaga o'tadi.

Pechdagi yuqori harorat ishqoriy metall oksidlarini bug'latish (vozgonka) imkoniyatiga ega. Ularning pechdan yo'qotilishi xomashyo tarkibidagi umumiy miqdorining 15% ini tashkil etadi.

**Oq (sariq) fosforning olinishi.** Oq (sariq) fosfor ishlab chiqarish sxemasiga: boshlang'ich xomashyo (fosforit, kvarsit, koks) ni qabul qilish; uni joylashtirish bo'yicha ishlar; rudalarni termik tayyorgarligi; shixtani tayyorlash; elektropechlarda fosfatning qaytarilishi, pechdan chiquvchi gazni tozalash va undan fosfor bug'larini kondensatsiyalash, tayyorlangan mahsulotni omborga uzatish kiradi.

Fosfor olish uchun, ko'pincha, nisbatan yuqori bo'lmagan miqdorda (21–23%)  $\text{P}_2\text{O}_5$  tutgan, yuqori miqdorda (10% gacha) qumtuproq, ishqoriy metallar birikmalari, oltingugurt birikmalari va boshqa qo'shimchalari bo'lgan fosforitlar ishlatiladi. Flus sifatida esa tarkibida 92% dan ko'p  $\text{SiO}_2$ , 2% dan kam  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  bo'lgan yuqori sifatli kvarsitlar ishlatiladi. Qaytaruvchi sifatida 80–85% uglerodli koks qo'llaniladi; uning zolligi 12% atrofida, oltingugurt miqdori 0,7% gacha bo'ladi.

Ko'pchilik hollarda jarayonning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari shixtani tashkil etuvchi komponentlar sifatiga bog'liqdir. Boshlang'ich materiallar zarrachalar o'lchami bo'yicha bir jinsli bo'lishi lozim. Ularning tarkibidagi karbonatlar va zararli qo'shimchalar ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  va boshqalar) ning miqdori minimal bo'lishi lozim. Karbonatlar miqdorining ko'p bo'lishi ularning dissotsilanishi uchun energiya sarfini va ajraladigan  $\text{CO}_2$  ni CO gacha qaytarish uchun koks sarfini oshiradi.

Fosfatli xomashyo sifatini yaxshilash maqsadida dastlabki qayta ishlovdan o'tkaziladi. 10–70 mm o'lchamli bo'laklardan iborat rudani karbonatsizlantirish uchun teshikli shaxtali pechlarda kuydiriladi, mayda (bo'laklar o'lchami 10 mm dan kichik) bo'lakchalari namlangan holda bog'lovchi materiallar (masalan, tuproq) bilan qorishtirilib guvalachalarga aylantiriladi va konveyerli kuydirish mashinalarida kuydiriladi.

Flus sifatida ishlatiladigan kremniyli fosfatli jinslar va koks oldindan quritiladi.

Shixta fosforit yoki apatitning (bo'laklar o'lchami 50–60 mm li) va koks yoki antratsitning (bo'laklar o'lchami 4–6 mm li) bo'laklaridan tarkib topgan bo'ladi. Xomashyo oldindan maydalanadi va quritiladi. Maydalashdan so'ng, elangan mayda ruda va mayda fraksiya aglomerlanadi yoki briketlanadi.

Fosfor olish uchun shixta o'lchash bo'linmalarida tayyorlanadi, u yerda mayda fraksiyalardan dastlabki elangan komponentlarni elektropechga uzatish uchun konveyerga belgilangan me'yorda (kimyoviy tahlil natijalariga muvofiq holda) beriladi. Shixta tarkibini hisoblashda fosforit (F) va kvarsit (K) nisbati tanlangan kislotalilik moduli va undagi CaO, MgO, SiO<sub>2</sub> va Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> miqdori bo'yicha aniqlanadi:

$$\frac{K}{F} = \frac{M_k [CaO + MgO]_f - [SiO_2 + Al_2O_3]_f}{[SiO_2 + Al_2O_3]_k - M_k [CaO + MgO]_k}$$

Bunda MgO ni bog'lash uchun qo'shimcha miqdordagi SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ga esa shunga o'xshash flusda bo'lgan SiO<sub>2</sub> talab etilishini hisobga olish kerak. Agarda tabiiy fosfat tarkibidagi kremnezem miqdori yetarlicha bo'lmasa, shixtaga qo'shimcha miqdordagi yirik qum yoki maydalangan kvars qo'shiladi.

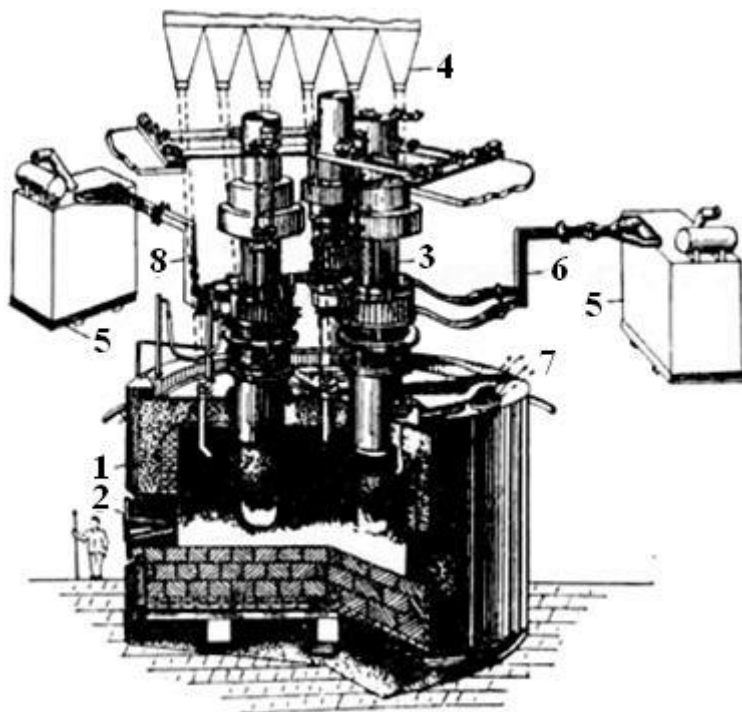
Belgilangan me'yordagi koksning berilishi fosfatning, uglerod dioksidning (CO gacha 80% ga), temir oksidining (80% ga) qaytarilish reaksiyasini va suvning CO va H<sub>2</sub> hosil qilishi orqali (80% ga) parchalanishini hisobga olgan holda amalga oshiriladi; bunda 10% gacha ortiqcha miqdordagi uglerod beriladi.

Kalsiy fosfatning fosforgacha qaytarilishi shixtaga ko'mir yoki grafit elektrodlar tushirilgan uch fazali elektrik pechlarda amalga oshiriladi (9.9-rasm).



Qizdirish shixtaning qarshiligi hisobiga elektrodlar orasida hosil bo‘ladigan elektr yoyi alangasida amalga oshiriladi. Pechning silindrik g‘ilofiga qalinligi 20–25 mm bo‘lgan uglerodli po‘lat payvandlangan bo‘ladi. Pechning ustki va reaksiyon qismlarining orasi ko‘mir bloklardan tayyorlangan.

Ko‘mir elektrodleri uglerodli materiallar – toshko‘mir, koks, elektrodli qoldiqlar va boshqalar aralashmasining toshko‘mir smolasi bilan kuydirilishi orqali tayyorlanadi. Ular bilan 3–4 a/sm<sup>2</sup> tok zichligida ishlanadi. Grafitli elektrodlarda esa tok zichligi yuqoriroq (7–12 a/sm<sup>2</sup>) bo‘ladi. Elektrodlar diametri 1,4–1,7 m bo‘ladi. Elektrodlar suv bilan sovutiladigan metall elektrod ushlagich yordamida pechga mahkamlanadi. Elektrodli materialning shixtaga botib turuvchi qismi reaksiya paytida qatnashib, o‘z-o‘zidan yo‘qolib boradi. Shuning uchun vaqti-vaqti bilan elektrodleri chiqarib olib o‘stirib turiladi (boshqasi bilan almashtirib, unisini ta‘mirlanadi). Ko‘p hollarda o‘z-o‘zidan kuyuvchi elektrodleri qo‘llaniladi. Ularning o‘stirilishi reaksiyon qismdagi harorat va shixtaga elektrod materiallarini kiritilishi hisobiga amalga oshiriladi.



**9.9-rasm. Fosforni haydash uchun elektrodleri uchburchakli joylashgan uch fazali elektropech:**

1 – pechning g‘ilofi; 2 – shlak cho‘michli quygichi; 3 – elektrod ushlagich; 4 – shixta komponentlari uchun teshikli bunkerlar; 5 – transformator; 6 – shinalar; 7 – gaz chiqarish qismi.

Fosforni elektrohaydash uchun pechlarning quvvati 25–50 ming kvt va undan katta bo‘ladi. Bunday pechlar vannasining diametri 8,5 m (g‘ilof diametri 10,5 m) gacha yetadi. Ularda sutkasiga 60 t gacha fosfor ishlab chiqariladi. Yuqori quvvatdagi pechlar ishlatilganda fosfor ishlab chiqarishga sarflanadigan energiya kamayadi. Masalan, 5 ming kvt quvvatdagi pechda 1 t fosfor ishlab chiqarish uchun 17,5–18 ming kvt·soat (63–65 ming mj), 25–50 ming kvt quvvatdagi pechda esa energiya sarfi 14–15 ming·soat (50–54 ming mj) gacha kamayadi. O‘rtacha quvvatdagi pechlarda kuchlanishi 170–260 v bo‘lgan o‘zgaruvchan tok tarmog‘idan foydalaniladi. 35–50 ming kvt quvvatli pechlar 300–500 v kuchlanishda ishlaydi.

Pech vannasidagi suyuq ferrofosfor va dashqol (shlak) ning harorati 1500°C gacha bo‘lganligi uchun uning ichki yuzasi o‘tga chidamli maxsus materillar bilan qoplanadi (niqoblanadi). Futirovkalar kimyoviy tarkibi va o‘tga chidamliligi jihatlaridan kislotali, asosli va neytral materiallarga bo‘linadi: kislotali o‘tga chidamli materiallar (kvarsli qum va dinas g‘isht) tarkibida 95% gacha SiO<sub>2</sub> bo‘ladi, kislota ta’siriga yaxshi chidamli bo‘ladi va 1800°C li haroratgacha o‘tga chidamlidir; asosli o‘tga chidamli materiallar (magnezit kukuni va undan quyilgan g‘isht) tarkibida 93–94% gacha MgO bo‘ladi, ular ishqoriy ta’sirlarga chidamli va 2200°C gacha bardoshlidir; Pech vannasining pastki qismi shunday usullarda furerovka qilinadi. Xromli g‘isht, giltuproq shamot kukuni va undan quyilgan g‘isht neytral o‘tga chidamli materiallar qatoriga kiradi, ular arzon va 1800°C haroratgacha chidamli bo‘ladi. Pech vannasining yuqori qismi shamotli g‘isht bilan niqoblanadi.

Gazlar pechning yuqori qismidan ~300°C haroratda chiqadi. Pech qopqog‘idagi teshikdan tushiriladigan shixta, shlakni undan chiqishiga mos holda kiritiladi va harorat ta’sirida dastlab kuyadi, so‘ngra suyuqlanadi hamda shlak va ma’lum miqdordagi ferrofosfor holatida pechdan chiqariladi.

Xizmat ko‘rsatishni osonlashtirish maqsadida yuqori quvvatli pechlarda – elektrodning (ya’ni, kuchlanish bo‘yicha ish va quvvat doimiyliigi), gazlar

bosimining va shixta komponentlarini kiritishning avtomatlashtirilgan boshqarish tizimlaridan foydalaniladi.

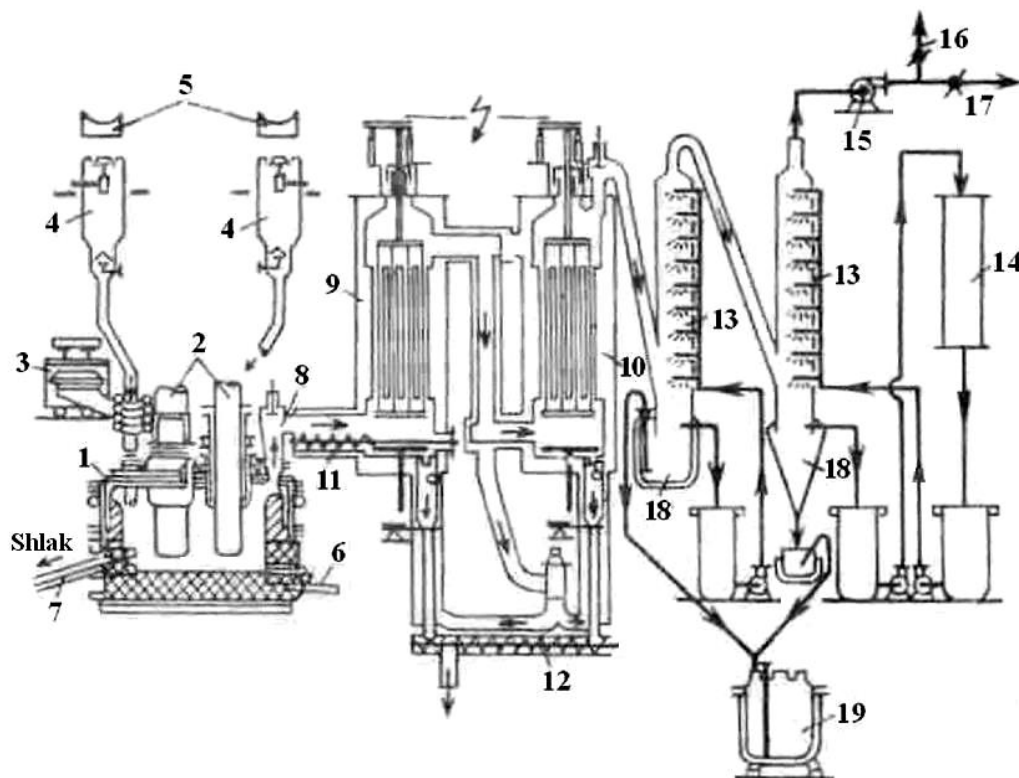
Fosfatdan fosforning to'la qaytarilishi haqida *fosforning qaytarilish koeffitsienti* – pechdan gaz bilan birgalikda va ferrofosfat ko‘rinishida chiqadigan fosfor miqdorini, uning shixtadagi miqdoriga nisbati orqali ifodalangan kattalikdan bilib olish mumkin. Odatda elektropechlardagi fosforning qaytarilish koeffitsienti 0,96–0,97 ga teng. Shixtadagi temir qanchalik kam bo‘lsa, *haydalish (vozgonka) koeffitsienti* – gaz bilan chiqadigan fosfor miqdorini, uning shixtadagi miqdoriga nisbati shunchalik ko‘p bo‘ladi. Elektropechlardagi fosforning haydalish koeffitsienti odatda 0,95 atrofida bo‘ladi.

Pechdan chiqadigan shlak quyma buyumlar (kimyoviy jihoz detallari, yo‘l qurilishi uchun plitkalar va hokazo), shlakli sement va g‘ishtlar, issiqlik himoya materiallari va boshqalar tayyorlashda ishlatiladi. Shlakning taxminiy tarkibi: 38–44%  $\text{SiO}_2$ , 2–5%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , 0,5–1%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , 44–48%  $\text{CaO}$ , 0,5–7%  $\text{MgO}$ , 0,5–3%  $\text{P}_2\text{O}_5$  bo‘ladi. Shlak ostida yig‘iladigan ferrofosfor – temir fosfidlari ( $\text{Fe}_2\text{P}$  va  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) va unga qo‘shimcha sifatida oz miqdordagi boshqa metallar (marganes, xrom va h.o.) ning fosfidlaridan iborat. Uning tarkibida: 21–27% fosfor, 67–73% temir va oz miqdordagi uglerod, kremniy qo‘shimchalari bo‘ladi. U asosan metallurgiya sanoatida ishlatiladi.

1 t fosfor olishda  $10500 \text{ kJ/m}^3$  issiqlik beruvchi  $2500\text{--}3000 \text{ m}^3$  (n.sh. da) pech gazi, 25–27 kg ferrofosfor, 10–12 t shlak hosil bo‘ladi. Pechdan chiqadigan gaz tarkibida:  $0,2\text{--}2,15 \text{ g/m}^3$  fosfor bug‘lari, 60–85%  $\text{CO}$ , 3,4–16,5%  $\text{CO}_2$ , 6–10%  $\text{N}_2$  (% lar hajm bo‘yicha), qo‘shimcha  $\text{H}_2\text{S}$  va boshqalar bo‘ladi.

Sariq fosfor ishlab chiqarish tasviri 9.10-rasmda keltirilgan. Elektropech 1 ga shixta tashlash uchun uning tepasiga yuklash bunkerlari 4 joylashtirilgan, ulardan shixta pechning kesim yuzasi bo‘yicha bir xilda taqsimlanadi. Shixta yuklash bunkerlariga transporter 5 yordamida uzatiladi. Tashqaridan havo kirishi va uning natijasida fosfor yonishini oldini olish maqsadida, pechda va pechdan chiqadigan gazlar o‘tadigan barcha jihozlarda 0,3–0,6 KPa bosim ushlab turiladi. Bunker doimo shixtaga to‘ldirilgan va qopqog‘i berkitilgan bo‘ladi. Uning pastki

qismidan esa sexning atmosferasiga zararli pech gazlarini chiqib ketishiga yo‘l qo‘ymaydigan bufer bo‘lib xizmat qiluvchi azot muntazam ravishda berib turiladi.



### 9.10-rasm. Sariq fosfor ishlab chiqarish tasviri:

1 – elektropech; 2 – elektrodlar; 3 – transformator; 4 – yuklash bunker; 5 – transporter; 6 – ferrofosfor cho‘michli quygichi; 7 – shlak juri; 8 – gazyig‘ich; 9, 10 – elektrofiltrlar; 11, 12 – chang uchun shneklar; 13 – kondensatorlar; 14 - bug‘ejeksiyasi qurilma; 15 – gaz haydagich; 16 – gazni yoqish quvuri; 17 – gaz o‘tkazish quvuri; 18 – suyuq fosforni yig‘gich; 19 – suyuq fosforni saqlagich.

Pechdan ferrofosfor cho‘michli quygichi 6 orqali quyqum ostida yig‘iladigan ferrofosfor davriy ravishda (sutkasiga 1–2 marta) temiryo‘l iziga o‘rnatilgan kovshga quyiladi. Undan yuqoriroqda joylashgan boshqa ikkita shlak juri (lotkasi) 7 orqali muntazam ravishda shlak chiqarilib turiladi.

Pechdan chiqadigan gaz gazyig‘ich 8 orqali pech changlaridan tozalash uchun elektrofiltrlar 9 va 10 ga o‘tadi. Elektrofiltrlar 40000–80000 V kuchlanish bilan ishlaydi. Fosforning kondensatsiyalanishini oldini olish uchun elektrofiltrlardagi harorat 280–300°C da ushlab turiladi. Shu maqsadda elektrofiltrlar va gaz o‘tish yo‘llarining sirti niqobli g‘ishtdan tayyorlangan g‘ilof bilan o‘raladi. G‘ilof bilan elektrofiltrlar orasida o‘txona gazlari aylanuvchi bo‘shliq bo‘ladi va shu orqali elektrofiltrdagi harorat belgilangan darajada ushlab

turiladi. Elektrofiltirlardagi harorat avtomatik boshqariladi – issiqlik yetishmaganda qo‘shimcha miqdordagi gaz yoqiladi, uning ortiqchasi esa quvurdan chiqarib yuboriladi. Gaz o‘tish yo‘llarida ushlanib qolgan chang shnek 11 orqali kameraga uzatiladi, u yerda Bundan tashqari, elektrofiltirlarda ushlab qolingan chang ham yig‘iladi. Kameradagi chang shnek 12 orqali chiqariladi. Changni suv bilan qorishtirilib suvli suspenziyaga aylantirilishi yoki to‘g‘ridan-to‘g‘ri mineral o‘g‘it ishlab chiqarishga yuborilishi mumkin.

Elektrofiltrdan chiqayotgan 250–300°C haroratdagi gaz, aylanma suv bilan tomchilatish ta’minlangan vertikal holatdagi minora – fosfor kondensatorlari 13 ga o‘tadi. Kondensatsiya qurilmasi ikki: «qaynoq» va «sovuq» bosqichdan iborat. Gaz «qaynoq» kondensatorida spiralsimon traektoriya bo‘yicha pastdan yuqoriga harakatlanadi va u yerda forsunkalardan tushayotgan suv tomchilarining bug‘lanishi natijasida va jihoz sirtidagi aylanma suv hisobiga soviydi. «Qaynoq» kondensatorida pech gazlari tarkibidagi fosforning 99% i kondensatlanadi. Gazni sovutish va fosforni yuvish uchun suv yopiq kontur: fosfor yig‘gich – nasoslar – o‘tkazuvchi quvurlar – forsunka – fosfor yig‘gich bo‘yicha aylanadi.

Pech gazi, tarkibidagi fosforni yanada ko‘proq ajratib olinishini ta’minlash maqsadida «qaynoq» kondensatordan «sovuq» kondensatorga uzatiladi. Bu kondensatorida bug‘ejeksiyali qurilma (BEQ) 14 yordamida sovutilgan aylanma suvdan foydalaniladi. «Sovuq» kondensatorida gaz harorati 27 dan 17°C gacha pasayadi va bunda fosforning ajralish darajasi 99,95% gacha yetadi.

Kondensatorlardagi aylanuvchi suv vaqti-vaqti bilan neytrallab turiladi, chunki gaz tarkibidagi kislotali oksidlarning gidrolizi va SiF<sub>4</sub> ning gidrolizi hisobiga H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> ning hosil bo‘lishi natijasida suvning kislotaliligi ortib ketadi va jihozlarning korroziyalanishi kuchayadi. Neytrallash uchun soda eritmasi yoki ammiakli suv ishlatiladi.

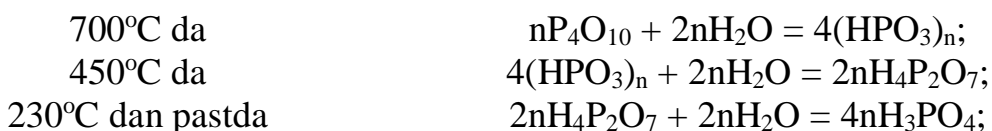
Pech gazi kondensatordan gaz haydagich 15 orqali chiqarib yuboriladi. Fosfordan tozalangan gaz yoqilg‘i sifatida foydalanilishi yoki yoqilg‘i yondirgich 16 da yoqib yuborilishi mumkin.

Belgilangan Davlat standarti talablariga muvofiq A, B va C markadagi mahsulot sifatidagi fosfor ishlab chiqariladi. Ulardagi fosfor miqdori, mos holda (kam emas): 99,9; 99,5 va 94,5%. C markali mahsulot tarkibida fosfor miqdorining kam bo'lishi uning tarkibida 5% gacha quyqum borligi bilan izohlanadi.

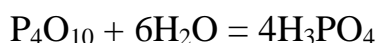
Aglomeratsiyalangan 0–10 mm sinfli mayda fraksiyadagi fosfat xomashyosini qayta ishlash natijasida 1 t fosfor olish uchun quyidagi ma'lumotlar olingan:

Sarf koeffitsientlari		Qo'shimcha mahsulot va chiqindilar	
Fosfatli xomashyo		Dashqol (shlak)	9,6 t
(21,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	13,2 t	Ferrosfosfor	0,11 t
Kvarsit (95% SiO <sub>2</sub> )	0,8 t	Pech gazi (n.sh.)	2700 m <sup>3</sup>
Koks (84% C)	2,6 t	Chang	0,2 t
Elektrod massa	70 kg	Quyqum, 30%	
Aylanuvchi suv	540 m <sup>3</sup>	namlik bilan	0,15 t
Bug'	4.44 gj		
Tabiiy gaz	216 m <sup>3</sup>		
Qisilgan havo (n.sh.)	150 m <sup>3</sup>		
Inert gaz – azot (n.sh.)	500 m <sup>3</sup>		
Pech elektroenergiyasi	14000 kvt·s		
Texnologik elektroenergiya	16500 kvt·s		

**Termik fosfat kislolaning olinishi.** Termik fosfat kislota elementar fosforning oksidlanishi (yondirilishi) va hosil qilingan mahsulotlarni gidratlanishi natijasida olinadi. P<sub>4</sub>O<sub>10</sub> ning gidratlanishi bosqichma-bosqich meta-, di- va ortofosfat kislotalar hosil bo'lish bilan boradi:



Gidratatsiyaning umumiy tenglamasi:



tenglama orqali ifodalanadi.

1 kg fosforning yonishida ajraladigan issiqlik miqdori 23614 kj ni, gidratlanishi natijasida esa 3035 kj ( yoki 1 kg H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ga 1017 kj) ni tashkil etadi.

$H_3PO_4$  ni mahsulot kislotasi konsentratsiyasigacha suv bilan suyultirilganda qo‘shimcha miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi. Texnik termik kislotada 73% dan kam bo‘lmagan  $H_3PO_4$  bo‘ladi.

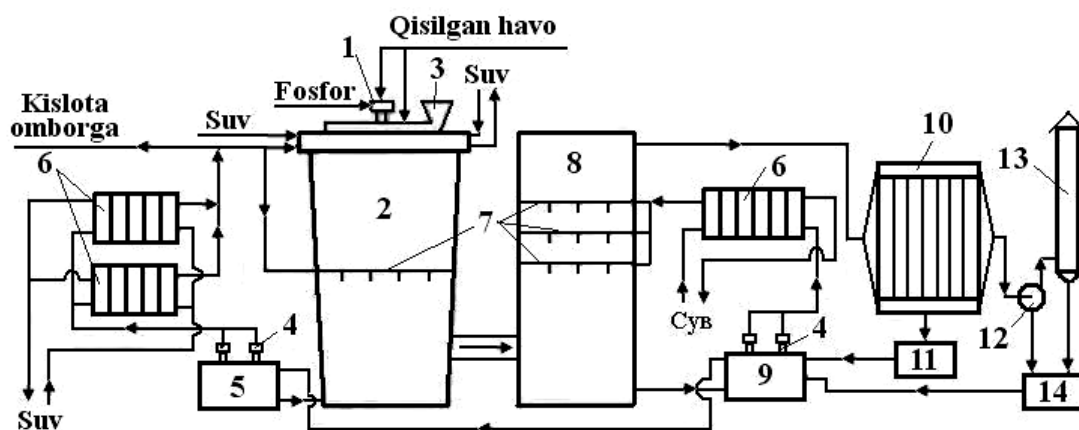
Termik fosfat kislota ikki: bir bosqichli va ikki bosqichli usullar bilan olinishi mumkin. Bir bosqichli usul pechdan chiqayotgan gazni (fosfor bug‘larini oldindan kondensatlanmasdan) yoqish va hosil bo‘lgan  $P_4O_{10}$  ni gidratlanishiga asoslangan. Bu usulning soddaligiga qaramay, kam qo‘llaniladi, chunki pech gazi tarkibidagi fosfor bug‘larining konsentratsiyasi oz bo‘lganligi sababli uni qayta ishlashda juda yirik, katta o‘lchamdagi jihozlar talab etiladi. Bundan tashqari, gaz tarkibidagi begona qo‘shimchalar (chang) hosil qilinadigan kislotani ifloslantiradi. Bu usulning asosiy kamchiligi shundaki, fosfor pechi va fosfat kislota olish tizimlari bir vaqtda ishlashi talab etiladi.

Termik fosfat kislota asosan ikki bosqichli usulda, ya’ni fosfor pechi tarkibidagi gazdan fosforni kondensatlash va so‘ngra uni fosfat kislotaga aylantirish orqali ishlab chiqariladi. Bunda toza holdagi kislota olinadi va fosforning kondensatlanishidan keyingi qolgan yuqori kaloriyali gazdan foydalanish imkoniyati yaratiladi.

Fosforning oksidlanishi va  $P_4O_{10}$  ning gidratlanishi natijasida katta miqdordagi issiqlik ajralib chiqadi va undan hozircha foydalanilmaydi. Tizim issiqlik ajratish usullari bo‘yicha sirkulatsion (sovituvchi suvning issiqligini ajratib olish bilan) va bug‘latgichli (bug‘lanuvchi suvning issiqligini ajratib olish bilan) ishlab chiqarishga bo‘linadi. Sirkulatsion tizimlar: elektrofiltr yoki skrubberli sirkulatsion bir minorali va sirkulatsion ikki minorali tizim keng tarqalgandir. Odatda, sirkulatsion ikki minorali tizim keng qo‘llaniladi. Bug‘latgichli tizim esa ishlab chiqarishning kelajakdagi istiqboliga daxldordir. Sirkulatsion tizimdan farqli o‘laroq, ularda nasos-sovutgichli jihozlarga ehtiyoj yo‘q, shu sababli energetik xarajatlar kam talab etiladi. Lekin ularning asosiy kamchiligi shundan iboratki, minoradagi gidratlanishda suvning bug‘lanishi tufayli hosil bo‘ladigan chiqib ketuvchi gaz hajmining ko‘payishi hisobiga va shuning uchun uning tarkibidagi

kislota tomchilarini ushlab qolishga katta o'lchamdagi elektrofiltr qurilmalar talab etiladi.

9.11-rasmda sirkulatsion ikki minorali tizimda fosfat kislota ishlab chiqarish tasviri keltirilgan. Suyuq fosfor ombordan nasos yordamida dozator orqali yondirish minorasi 2 ning forsunkasi 1 ga beriladi. Yondirish minorasi kesik konus (pastki qismi kichrayib boradigan) shaklida bo'ladi, hosil bo'lgan kislota tomchilari minoraning ichki devorlarida bir tekisda tarqalib, yupqa qavat hosil bo'lishini ta'minlaydi va suyuqlik pastga devor yuzasidan oqib tushadi. Bu esa minora ichki devorini qaynoq fosfor alangasining yemiruvchilik ta'siridan saqlaydi. Fosfor yonishining nazariy harorati  $3500^{\circ}\text{C}$  atrofida bo'ladi. Ammo, fosforning yonishida ikki hissa ko'p miqdordagi havo ishlatiladi va natijada alanga harorati  $2100\text{--}1800^{\circ}\text{C}$  gacha pasayadi. Gazning keyingi sovishi kislotadagi suvning bug'lanishi hisobiga ketadi. Havoning ortiqcha miqdorda olinishi fosforning quyi oksidlarini hosil bo'lishini, ularning gidratlanishi natijasida esa mahsulotni ifloslantiruvchi kislotalar ( $\text{H}_3\text{PO}_2$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_3$ ) hosil bo'lishini olidini olish uchun zarurdir.



**9.11-rasm. Sirkulatsion ikki minorali tizimda termik fosfat kislota ishlab chiqarish tasviri:**

1 – forsunka; 2 – yondirish minorasi; 3 – ikkilamchi havoni uzatish uchun chig'anoq; 4 – yuklash nasoslari; 5 – yondirish minorasi aylanuvchi kislotasining yig'gichi; 6 – plastinkali issiqlik almashtirgich; 7 – kislotali forsunka kanal (kollektor) lari; 8 – sovutish-gidratlash minorasi; 9 – sovutish-gidratlash minorasi aylanuvchi kislotasining yig'gichi; 10 – elektrofiltr; 11 – kislota yig'gichi; 12 – quyruq gaz ventilyatori; 13 – gaz chiqarish quvuri; 14 – kondensat yig'gichi.



Gaz haroratining yuqori (800–1000°C) bo‘lishligi hisobiga  $P_2O_5$  ning gidratlanishida dastlab bug‘ holatdagi metafosfat kislota, uning keyinchalik sovitilishi va gidratlanishidan tumansimon ortofosfat kislota hosil bo‘ladi. Fosforning changlanishi forsunkaga keluvchi bug‘ bilan 70–80°C gacha qizdirilgan birlamchi qisilgan havo yordamida amalga oshiriladi. Ikkilamchi havo yondirish minorasiga chig‘anoq 3 orqali yuboriladi. Fosforning oksidlanishidan ajraladigan issiqlik minora tomi qismidan uzatiladigan aylanuvchi suvga hamda yig‘gich 5 va issiqlik almashtirgich 6 orqali minoraning yuqorisiga 46–50°C haroratda yuklash nasosi 4 yordamida quyiladigan aylanuvchi fosfat kislotaga yuttiriladi va bu suyuqliklar minoraning devorlaridan yupqa qavat hosil qilgan holda oqib tushadi. Bundan tashqari, kislota minora ichida joylashtirilgan uch qavat kislotali forsunkalar 7 da sachratiladi. Issiqlik almashtirgich 6 da sovuilgan kislotaning bir qismi omborga tayyor mahsulot sifatida chiqariladi. Yondirish minorasida 60% gacha  $P_4O_{10}$  absorbsiyalanadi, qolgan qismi esa – yig‘gich 9 va issiqlik almashtirgich 6 orqali aylanuvchi kislota bilan sovutish-gidratlash minorasi 8 da ushlab qolinadi (ulara kislota harorati 25–27°C gacha pasayadi). Yig‘gich 9 dagi kislota yig‘gich 5 orqali aylanuvchi kislotaga qo‘shiladi.

Sovutish minorasiga kiruvchi gaz harorati 85–100°C, chiquvchi gaz harorati esa 45–55°C bo‘ladi. Bu minoradan chiquvchi gaz tarkibida 50 g/sm<sup>3</sup> (n.sh. da) fosfat kislota tumani holatidagi  $P_2O_5$  bo‘ladi. Uni elektrofiltr 10 da tutib qolinadi. Umumiy tutib qolish darajasi 99,9% ni tashkil etadi. Elektrofiltrdagi kislota yig‘gich 11 ga, undagi esa yig‘gich 9 ga oqib tushadi. Quyruq gaz ventilatori 12 yondirish minorasidagi ikkilamchi havoni so‘rib oladi va uni gaz chiqarish quvuri 13 ga atmosferaga chiqarib yuborish uchun purkaydi. Atmosferaga chiqariluvchi gaz tarkibida 80 mg/sm<sup>3</sup> dan kam miqdordagi (n.sh. da)  $P_2O_5$  bo‘ladi. Quyruq gaz ventilatori va gaz chiqarish quvuridagi kondensat yig‘gich 14 ga oqib tushadi.

Yondirish va sovutish minoralari polietilen, diabraziv plitka va kislotabardosh g‘ishtlar bilan himoyalangan metall qobiqqa ega bo‘ladi. Yondirish minorasining o‘rtacha diametri 5 m, balandligi esa 13 m bo‘ladi. Sovutish minorasi 3,2 m diametrga, 13 metr balandlikka ega va unda ikki qator Rashig halqali

to'ldirgich bor. Elektrofiltr 40–90 ming v kuchlanishdagi doyimiy tok manbaiga ulanadi.

Bayon etilgan sistema yiliga 60 ming t 100% li  $H_3PO_4$  ishlab chiqarish unumdorligiga egadir. Unda 2,5–3 t/soat fosfor qayta ishlanadi. 1 tonna termik fosfat kislota (100% li  $H_3PO_4$  hisobida) ishlab chiqarish uchun 0,32–0,33 t sariq fosfor sarflanadi.

Termik fosfat kislota tarkibida juda oz miqdordagi begona qo'shimchalar bo'ladi:  $SO_3$ ,  $R_2O_3$ , Pb, F,  $SiO_2$  ning miqdori foyizning yuz yoki mingdan bir ulushini, As ning miqdori esa 0,002–0,004% ni tashkil qiladi.

Superfosfat kislota (76%  $P_2O_5$  yoki 105%  $H_3PO_4$ ) ishlab chiqarish ham xuddi oddiy fosfat kislota (62%  $P_2O_5$  yoki 85%  $H_3PO_4$ ) ishlab chiqarish kabi – suyuq fosforni yondirilishidan hosil bo'lgan gazni gidratlanish minoralarida sovutishdan iborat. Lekin bu minorada suvdan tashqari qo'shimcha fosfat kislota ham purkaladi va uning aylanma harakati ta'minlanadi. Superfosfat kislota qovushqoqligining katta miqdor bo'lishligi sababli issiqlik almashinish intensivligi kam bo'ladi va shuning uchun kislota uchun ko'p miqdordagi sovutgichlar talab etiladi. Shu sababli, kislotalarni uzatishda markazdan qochma nasoslar o'rniga rotatsion nasoslardan foydalaniladi.

### **Elektrotermik usulda fosfat kislota ishlab chiqarish texnologik hisoblari**

#### **Minoraning moddiy hisobi**

Hisoblash uchun ma'lumotlar:

Qurilmaning quvvati (100% li $H_3PO_4$ bo'yicha), kg/s	1500
Texnik sariq fosfordagi fosfor miqdori, %	99,7
Yondirish jarayonidagi ortiqcha havo koeffitsienti	2,5
Yondirish minorasidan chiqayotgan gazlardagi fosfat kislotasi miqdori, $kg/m^3$	0,03
Chiqayotgan gazlar harorati, °C	140
Minoraga kiradigan havo harorati, °C	20
Havoning nisbiy namligi, %	70

Elektrotermik usulda elementar fosfordan ortofosfat kislotasi olish ikki bosqichda amalga oshadi. 1-bosqichda fosfor oksidlanadi :



2-bosqichda fosfat anhidridi gidratlanadi:



Har ikkala bosqich ham bir vaqtda va bitta jihoz – yondirish minorasida sodir bo‘ladi.

1500 kg/s mahsulot (monogidrat) ishlab chiqarish uchun texnik fosfor sarfi:

$$\frac{1500 \cdot 2 \cdot 62}{4 \cdot 98 \cdot 0,997} = 475,92 \text{ kg/s ni tashkil etadi,}$$

bunda, 62 va 98 – fosfor bug‘i va fosfat kislotalarning molekular massalari.

Texnik fosfordagi elementar fosforning miqdori:  $475,92 \cdot 0,997 = 474,5$  kg/s, qo‘shimchalar miqdori esa:  $475,92 - 474,5 = 1,42$  kg/s ga teng.

474,5 kg/s elementar fosfordan:

$$\frac{474,5 \cdot 2 \cdot 142}{2 \cdot 62} = 1086,6 \text{ kg/s fosfat anhidrid hosil bo‘ladi.}$$

(1) reaksiya bo‘yicha 1086,6 kg/s  $P_2O_5$  hosil bo‘lishida kislorodning nazariy sarfi:

$$\frac{474,5 \cdot 5 \cdot 32}{2 \cdot 62} = 612,1 \text{ kg/s bo‘ladi.}$$

Ortiqcha miqdor koeffitsienti 2,5 ni hisobga olinganda yondirish minorasiga beriladigan kislorod miqdori:  $612,1 \cdot 2,5 = 1530,3$  kg/s bo‘ladi.

Bunday miqdordagi kislorod bilan yondirish minorasiga havo tarkibidagi:

$$\frac{1530,3 \cdot 76,3}{23,2} = 5065,7 \text{ kg/s azot kiradi,}$$

bunda: 76,8 va 23,2 – havo tarkibidagi azot va kislorodning mos holdagi massa ulushlari, % hisobida.

Yondirish minorasiga kirayotgan quruq havo miqdori:  $1530,3 + 5065,7 = 6596$  kg/s bo‘lib, havodagi namlik miqdori:  $0,01042 \cdot 6596 = 68,7$  kg/s ni tashkil etadi. Bunda: 0,01042 – havoning namlik tutishi, 1 kg quruq havoga nistatan kg hisobida.

Minoradan chiqayotgan gazlardagi kislorod miqdori:

$$1530,3 - 612,1 = 918,2 \text{ kg/s bo‘ladi}$$

(2) reaksiya bo‘yicha fosfat kislotasi hosil bo‘lishiga suv sarfi:

$$\frac{1086,6 \cdot 6 \cdot 18}{2 \cdot 142} = 413,4 \text{ kg/s ni tashkil etadi.}$$

Natijada esa:  $\frac{1086,6 \cdot 4 \cdot 98}{2 \cdot 142} = 1500$  kg/s fosfat kislotasi hosil bo‘ladi.

Yondirish minorasidan chiqayotgan gazlar miqdori, kg/s hisobida:

kislorod 918,2

azot	5065,7
<b>jami</b>	<b>5983,9</b>

bo'ladi.

70% li fosfat kislotasi yuzasida 90°C haroratda suv bug'larining bosimi 223 mm.sim.ust. ni yoki  $0,297 \cdot 10^5$  n/m<sup>2</sup> ni tashkil qiladi. Suv bug'ining bunday bosimiga 140°C harorat va 99325 n/m<sup>2</sup> barometrik bosimda:

$$\varphi = \frac{29700 \cdot 100}{99325} = 30\% \text{ nisbiy namlik muvofiq keladi.}$$

140°C haroratda va  $\varphi = 30\%$  bo'lganda 1 kg quruq havoga nisbatan 0,270 kg havo namligi to'g'ri keladi.

Demak, chiqayotgan havoda:  $5983,9 \cdot 0,272 = 1616$  kg/s suv bug'lari bo'ladi.

140°C haroratdagi gazlar hajmi:  $5983,9 \cdot 1,71 = 10232,5$  m<sup>3</sup> ni tashkil etadi, bunda: 1,71 m<sup>3</sup>/kg – 1 kg quruq havodagi nam havo hajmi, m<sup>3</sup>/kg hisobida.

Shart bo'yicha 1 m<sup>3</sup> gazda 0,03 kg 100%li fosfat kislotasi bo'ladi, ya'ni reaktordan gazlar bilan:  $10232,5 \cdot 0,03 = 307$  kg/s H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> chiqadi.

Minoradan chiqayotgan mahsulot sifatidagi 100% li H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> miqdori:

$$1500 - 307 = 1193 \text{ kg/s ni tashkil etadi.}$$

Moddiy hisob natijalari asosida issiqlik balansi tuziladi va yuvuvchi kislota miqdori aniqlanadi.

### Yondirish minorasi issiqlik hisobi

Yonish jarayoniga tushadigan fosfor miqdori, kg/s	475,92
Fosfor harorati, °C	70
Yuvish jarayoniga beriladigan fosfat kislotasi konsentratsiyasi, %	70
Fosfat kislotasi harorati, °C	42
Minoradan chiqadigan fosfat kislotasi harorati, °C	90

Issiqlik hisobi bilan minoraga beriladigan va haroratni 140°C ga tushiradigan yuvuvchi fosfat kislotasi miqdori aniqlanadi.

### Issiqlik kirishi

1) Fosfor bilan:

$$Q_1 = 475,92 \cdot 0,856 \cdot 70 = 28550 \text{ kJ/s}$$

bunda, 0,856 – fosforning issiqlik sig'imi, kJ/kg·grad.

2) Yuvuvchi fosfat kislotasi bilan:

$$Q_2 = m \cdot 2,56 \cdot 42,$$

bunda, m – fosfat kislotasining miqdori, kg/s (issiqlik hisobidan aniqlanadi); 2,56 – 70% li fosfat kislotasining issiqlik sig'imi, kJ/kg·grad.

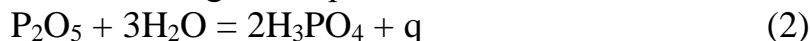
3) Reaksiyada ajralib chiqadigan issiqlikni hisoblashda:

$2P + \frac{5}{2}O_2 = P_2O_5 + 1548000 \text{ kJ/mol}$  yoki  $\frac{1548000}{142} = 10905 \text{ kJ/kg } P_2O_5$  dan foydalaniladi:

$$Q_3 = 1086,6 \cdot 10905 = 11850000 \text{ kJ/s,}$$

bunda, 1086,6 – hosil bo‘lgan  $P_2O_5$  miqdori, kg/s.

4) Reaksiyada hosil bo‘lgan issiqlik:



(2) reaksiya issiqlik effektini aniqlashda fosfat kislotasi hosil bo‘lish issiqligidan  $P_2O_5$  va  $H_2O$  hosil bo‘lish issiqliklari yig‘indisini ayriladi. Bu birikmalarning oddiy moddalardan hosil bo‘lish issiqliklari, kJ/mol hisobida:  $H_3PO_4 = 1271940$ ;  $P_2O_5 = 1548000$ ;  $H_2O = 285840$ . Gess qonuni bo‘yicha (2) reaksiya issiqlik effekti:

$$q = 2 \cdot 1271940 - (1548000 + 3 \cdot 285840) = 138350 \text{ kJ/mol } P_2O_5 \text{ ga yoki}$$

$$\frac{138350}{2 \cdot 98} = 706 \text{ kJ/kg } H_3PO_4 \text{ ga teng.}$$

$$Q_4 = 1500 \cdot 706 = 1059000 \text{ kJ/s,}$$

bunda, 1500 – yondirish minorasida hosil bo‘lgan fosfat kislotasi miqdori, kg/s.

Minoradan chiqayotgan fosfat kislotasi (100% li) va suv miqdori:

$$42747 + 1193 = 43940 \text{ kg/s } H_3PO_4,$$

$$18320 - 1616 - 413,4 + 68,7 = 16359,3 \text{ kg/s } H_2O \text{ bo‘ladi.}$$

Minoradan chiqayotgan jami kislota miqdori:

$$43940 + 16359,3 = 60299,3 \text{ kg/s,}$$

$$\text{konsentratsiyasi esa: } \frac{43940 \cdot 100}{60299,3} = 72,87\% \text{ bo‘ladi.}$$

5) Havo bilan kirayotgan issiqlik:

$$Q_5 = 6596 \cdot 46,47 = 306500 \text{ kJ/s}$$

bunda, 6596 – havo miqdori, kg/s; 46,47 –  $20^\circ\text{C}$  va  $\varphi = 70\%$  dagi havo entalpiyasi, kJ/kg (ilovadagi jadval).

Umumiy issiqlik kirishi:

$$\sum Q_k = 28550 + m \cdot 2,560 \cdot 42 + 11850000 + 1059000 + 306500 = \\ = 13244050 + 107,52 \cdot m \text{ kJ/s ni tashkil etadi.}$$

## Issiqlik sarfi

1) Nam havo bilan chiqadigan:

$$Q_1 = 5983,9 \cdot 886,8 = 5307000 \text{ kJ/s}$$

bunda, 5983,9 – minoradan chiqadigan quruq havo miqdori, kg/s; 886,8 – nam havo entalpiyasi, kJ/kg (ilovadagi jadval)

2) Tuman holatidagi kislota bilan chiqadigan issiqlik:

$$Q_2 = 307,0 \cdot 2,560 \cdot 140 = 110000 \text{ kj/s,}$$

bunda, 307,0 – tuman holatidagi fosfat kislotasi miqdori, kg/s.

3) Fosfat kislotasi bilan chiqadigan issiqlik:

$$Q_3 = (m - 1616 + 1193 + 68,7 - 413,4) \cdot 2,560 \cdot 90 = 230,4m - 176900 \text{ kj/s}$$

bunda, 1616 – minoradan chiqayotgan suv bug‘lari miqdori, kgs;

1193 – mahsulot fosfat kislotasi miqdori, kj/s;

68,7 – havo bilan minoraga kiradigan suv bug‘lari miqdori, kj/s;

413,4 – kislotaga birikkan suv miqdori, kj/s.

4) Atrof-muhitga yo‘qoladigan issiqlik miqdori taxminan 500000 kj/s ni tashkil qiladi.

Umumiy issiqlik sarfi:

$$\sum Q_{sarf} = 5307000 + 110000 + 500000 + 230,4m - 176900 = 5740100 + 230,4m,$$

Kiradigan issiqlik chiqadigan (sarflanadigan) issiqlikka teng bo‘ladi:

$$\sum Q_k = \sum Q_{sarf}$$

Demak,  $13244050 + 107,52m = 5740100 + 230,4m$  bo‘ladi.

Bundan:  $m = 61067 \text{ kg/s}$  kelib chiqadi.

Yuvuvchi fosfat kislotasi miqdori aniqlangach, moddiy hisobni bajarishni tugallaymiz.

Yondirish minorasiga berilayotgan yuvuvchi fosfat kislotasining miqdori 61067 kg/s, konsentratsiyasi 70% ga teng.

Kislotada:  $61067 \cdot 0,70 = 42747 \text{ kg/s H}_3\text{PO}_4$ ,

$61067 - 42747 = 18320 \text{ kg/s H}_2\text{O}$  bo‘ladi.

9.1-jadval

### Yondirish minorasi moddiy balansi

Kirish		Chiqish (sarf)	
komponentlar	kg/s	komponentlar	kg/s
Fosfor	474,5	Elektrofiltrga o‘tadigan gazlar:	
Qo‘shimchalar	1,42	O <sub>2</sub>	918,2
<b>Jami texnik fosfor</b>	<b>475,92</b>	N <sub>2</sub>	5065,7
Havo:		suv bug‘lari	1616,0
O <sub>2</sub>	1530,3	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	307,0
N <sub>2</sub>	4065,7	<b>Jami gazlar</b>	<b>7906,9</b>
suv bug‘lari	68,7	Fosfat kislotasi:	
<b>Jami nam havo</b>	<b>6664,7</b>	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	43940
Fosfat kislotasi:		H <sub>2</sub> O	16359,3
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	42747	<b>Jami fosfat kislotasi</b>	<b>60299,3</b>
H <sub>2</sub> O	18320	Qo‘shimchalar	1,42
<b>Jami fosfat kislotasi</b>	<b>61067</b>		
<b>Hammasi</b>	<b>68207,62</b>	<b>Hammasi</b>	<b>68207,62</b>

**Yondirish minorasi issiqlik balansi**

Kirish		Chiqish (sarf)	
komponentlar	kJ/s	komponentlar	kJ/s
Fosfor bilan	28550	Nam holdagi gaz bilan	5307000
Fosfat kislotasi bilan	6566000	Tuman holdagi fosfat kislotasi bilan	110000
(1) reaksiya issiqligi	11850000		
(2) reaksiya issiqligi	1059000	Issiqlik yo'qotilishi	500000
Havo bilan	306500	Fosfat kislotasi bilan	13893050
<b>Jami</b>	<b>19810000</b>	<b>Jami</b>	<b>19810000</b>

**Elektrofiltrning moddiy hisobi**

Elektrofiltrda gazlar tuman holatidagi fosfat kislotasidan tozalanadi. Elektrofiltrda kislotani tutib qolish darajasi 98% ni tashkil qiladi.

Elektrofiltrga yondirish minorasidan 7906,9 kg/s gaz fazasi, shu jumladan 918,2 kg/s kislorod, 5065,7 kg/s azot, 307,0 kg/s tuman holatidagi fosfat kislotasi va 1616,0 kg/s suv tushadi.

Elektrofiltrda:  $307,0 \cdot 0,98 = 300,9$  kg/s fosfat kislotasi (100% li) tutiladi.

Gazlar bilan  $307,0 - 300,9 = 6,1$  kg/s kislota chiqib ketadi.

Elektrofiltrda tutib qolinadigan fosfat kislota konsentratsiyasi 70% bo'lib, uning miqdori:

$$\frac{300,9}{0,7} = 429,8 \text{ kg/s ni tashkil etadi.}$$

Kislota bilan  $429,8 - 300,9 = 128,9$  kg/s suv chiqib ketadi.

Chiqindi gazi tarkibidagi suv miqdori:

$$1616 - 128,9 = 1487,1 \text{ kg/s ni tashkil etadi.}$$

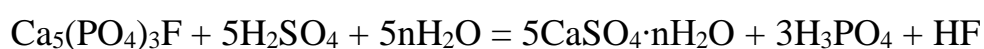
**Elektrofiltrning moddiy balansi**

Kirish		Chiqish (sarf)	
komponentlar	kg/s	komponentlar	kg/s
Gaz fazasi:		Gaz fazasi:	
O <sub>2</sub>	918,2	O <sub>2</sub>	918,2
N <sub>2</sub>	5065,7	N <sub>2</sub>	5065,7
tuman holatidagi fosfat kislotasi	307,0	tuman holatidagi fosfat kislotasi	6,1
namlik	1616,0	namlik	1487,1

<b>Jami</b>	<b>7906,7</b>	<b>Jami</b>	<b>7477,1</b>
		Fosfat kislotasi:	
		H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	300,9
		H <sub>2</sub> O	128,9
		<b>Jami fosfat kislotasi</b>	<b>428,8</b>
		<b>Hammasi</b>	<b>7906,9</b>

#### 4-§. Ekstraksiyon fosfat kislotasi ishlab chiqarish

Tabiiy fosfatlarning sulfat kislotasi parchalanishi bo'yicha boradigan reaksiyaga:



va keyingi bosqichda suyuq fazadan sulfatli cho'kmani ajratib olishga asoslangan usul – *ekstraksiyali yoki ho'l usul* deyiladi. Bunda olingan mahsulot ekstraksiyon fosfat kislotasi (EFK) deb yuritiladi. Bu keng tarqalgan fosfat kislotasi olish usuli mineral o'g'itlar, ozuqali va termik fosfatlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Sulfat kislotasi ekstraksiyalash jarayonini amalga oshirishning asosiy sharti fosfat kislotadan kalsiy sulfatning yetarli darajada yirik bo'lgan, oson ajraladigan va yaxshi yuviladigan kristallarini ajratib olishdan iboratdir. Bunga jarayonning ayrim bosqichlari uchun jihozlarni oqilona tanlash va ekstraksiyalashda belgilangan texnologik tartibni, ya'ni talab etiladigan (gips, yarimgidrat yoki angidrit) shakldagi kalsiy sulfatning cho'ktirilishini va belgilangan konsentratsiyadagi mahsulot sifatidagi fosfat kislotasi olishni ta'minlovchi konsentratsiyali, haroratli va boshqa parametrlarni ushlab turish orqali erishiladi.

Ekstraksiyalash jarayonida kalsiy sulfatning fosfat kislotadagi harakatchan suspenziyasini olish, uni aralashtirish va tashish mumkin bo'lishi lozimdir. Tabiiy fosfatni konsentrlangan sulfat kislotasi bilan to'g'ridan-to'g'ri aralashtirilganda fazalarga ajralishga amalda imkon bermaydigan quyuv suspenziya hosil bo'ladi. Uning harakatchanligini ta'minlash uchun, «*aylanma*» kislotasi deb ataluvchi – mahsulot sifatidagi fosfat kislotaning bir qismi bilan fosfat kislotadan ajratib olingan fosfatli cho'kma (fosfogips) ni suvda yuvishda hosil bo'ladigan eritmaning



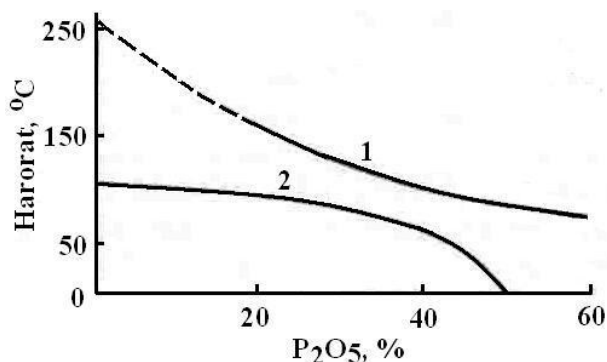
aralashmasini resirkulatsiyasi hisobiga suyuq va qattiq fazalarning massa nisbati (S:Q) 2:1 dan 3,5:1 oralig'ida ushlab turiladi.

Resirkulatsiya bilan bog'liq holda fosfatli xomashyodan o'tadigan qo'shimchalarning eritmalarda to'planishi ekstraksiya jarayoni uchun o'ziga xosdir. Qo'shimchalar konsentratsiyasi xomashyo tarkibidan ham, suyuq, gaz va qattiq fazalar orasida taqsimlanadigan tegishli komponentlar tarkibidan ham aniqlanadi. Ishlab chiqarish eritmalarida ishqoriy metall kationlari, magniy, aluminiy, temir kationlar va  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{F}^-$ ,  $\text{SiF}_6^{2-}$  anionlar qo'shimchalarining mavjud bo'lishi sulfatli cho'kma va mahsulot kislotasining xossasini yetarli darajada o'zgartiradi.

Ekstraksiyalash jarayonining haroratli va konsentratsiyali parametrlarini tanlash uchun kalsiy sulfat turli modifikatsiyalarining mavjud bo'lish chegaralari va ularning fosfat kislotali eritmalarda bir-biriga aylanish tezligi haqidagi ma'lumotlar asos bo'ladi; bu ma'lumotlar toza eritmalar uchun yuqorida ko'rsatib o'tilgan edi. Ammo ekstraksiyon fosfat kislotaning real eritmalarida gips, kalsiy sulfat yarimgidrati va angidriti kristallanish sohalarining aniq chegaralari va ayniqsa, sodir bo'ladigan fazali bir-biriga aylanish tezliklari yetarli darajada o'zgaradi. Masalan, tarkibida 10–25%  $\text{P}_2\text{O}_5$  bo'lgan fosfat kislotaning toza eritmalarida, 80°C da yarimgidratning katta qismi sistemaning birinchi kristallanuvchi fazasi hisoblanadi va 1,5–2 soat mobaynida gipsga aylanadi. Temir fosfatlari, kremnezem kabi qo'shimchalar bu jarayonni sezilarli darajada kuchaytiradi. Hosil bo'lgan gips tarkibida 10% dan kam  $\text{P}_2\text{O}_5$  bo'lgan eritmalarda bir necha oy va 25% dan kam  $\text{P}_2\text{O}_5$  bo'lgan eritmalarda bir necha kun mobaynida metastabil (stabil faza – angidrit) shaklda mavjud bo'la oladi. Ekstraksiyalash sharoitiga mos holda, suyuq faza suspenziyasi tarkibida 25–30%  $\text{P}_2\text{O}_5$ , harorat 70–80°C va massaning reaktorda turish vaqti 5–8 soat bo'lganda ajratiladigan cho'kma stabil angidrit emas, balki metastabil digidrat shaklda namoyon bo'ladi.

Shunday qilib, ekstraksiyalashda ajratiladigan kalsiy sulfatning gidratatsiya darajasi stabil shakllarga mos kelmasligi mumkin va u jarayonni o'tkazilish aniq sharoitiga bog'liqdir. 9.12-rasmda tasvirlangan diagrammada kalsiy sulfatni amaliy

gidratatsiya darajasining ekstraksiya usuli (rejimi) – fosfat kislotaning konsentratsiyasi va haroratiga bog‘liqligi ko‘rsatilgan. Egri chiziq 2 dan pastki sohada kalsiy sulfat gips shaklida, egri chiziq 1 dan yuqorida angidrit shaklida, ular orasidagi sohada esa yarimgidrat shaklida ajraladi.



### 9.12-rasm. Harorat va eritmadagi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miqdorining ajratiladigan kalsiy sulfat cho‘kmasining amaliy gidratlanishiga ta’siri.

Shunga mos holda fosfat kislotani ekstraksiyalashning uchta: *digidratli*, *yarimgidratli* va *angidritli* usullari bir-biridan farqlanadi. Digidratli usul keng tarqalgan bo‘lib, uni 65–80°C haroratda o‘tkaziladi va tarkibida 30–32% gacha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bo‘lgan kislota olinadi. 90–105°C haroratda amalga oshiriladigan yarimgidratli usulda 50% gacha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bo‘lgan kislota ishlab chiqarish imkoniyatini beradi. Ekstraksiyalashning kombinatsiyalashgan yarimgidrat-digidratli usullari yanada kengroq tarqalmoqda, unda dastlab yarimgidrat hosil qilinadi, so‘ngra, suspenziyani suyultirish va sovutish orqali uni gipsga qayta kristallantiriladi. Bunday usullar xomashyodan unumli foydalangan holda yuqori konsentratsiyali (50% gacha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) kislota olish imkoniyatini yaratadi. Angidritli rejim yuqori haroratda jihozlarning korroziyalanish xavfi katta bo‘lganligi va kalsiy sulfatning mayda kristallaridan fosfat kislota va yuvuvchi eritmaning o‘tishi qiyinligi tufayli filtrlanishning yomonlashishi sababli hozircha qo‘llanilmaydi. Bu qiyinchiliklarni bartaraf etish bo‘yicha izlanishlar o‘tkazilmoqda.

Ekstraksiyalashda hosil bo‘ladigan kalsiy sulfat kristallarining shakli va o‘lchami – cho‘kma qatlamining filtrlash xossasini belgilab beradi, shunday ekan, uning fosfat kislotadan yuvilish samaradorligi haroratga va kislota

konsentratsiyasiga, to'yinishning pasayish darajasi va sharoitiga bog'liqdir. Ular ham, shuningdek, eritmadagi  $\text{Ca}^{2+}$  va  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlarining nisbatiga va magniy, aluminiy, fluor birikmalari kabi qo'shimchalarning konsentratsiyasiga bog'liqdir.  $\text{Ca}^{2+}$  ionlari ortiqcha bo'lganda gips uzunligi 20–80 mkm bo'lgan yupqa ignasimon shaklda ajraladi;  $\text{SO}_4^{2-}$  ionlari ortiqcha bo'lganda esa, aksincha, gips kristallarining o'lchami eniga 100 mkmgacha va bo'yiga bir necha yuz mikrometrgacha yetadi.

Yirik kristalli bir jinsli gips cho'kmasini olish uchun suyuq fazadagi  $\text{SO}_3:\text{CaO}$  molyar nisbati imkoniyat darajasida 1,5–4,0 oralig'ida bo'lishi lozim. Yarimgidrat kristallantirilishida u stexiometrik nisbatga yaqin bo'lishi kerak, angidritda esa 10–15 ga teng bo'dadi. Ko'rsatib o'tilgan modifikatsiyalarga mos holda eritmadagi  $\text{SO}_3$  1,5–2,5; 0,8–1,2%; 2,5–4,5% bo'lishi optimal hisoblanadi. Gipsning kristallanishini iloji boricha kamto'yingan eritmadan kristallanishini ta'minlash lozim. Bu shart-sharoitlar suspenziyaning intensiv aralashtirilishini, uning resirkulatsiyasini (boshlang'ich komponentlarni kiritish qismiga qaytarish), sulfat va aylanma fosfat kislotalarni oldindan aralashtirishni va boshqa yo'l-yo'riqlarni amalga oshirish yo'li bilan ta'minlanadi. Ekstraksiyalashning digidratli usulida esa, aksincha, ixcham sharsimon kristallar bo'laklari hosil qilish xususiyatiga ega bo'lgan yuqori to'yinuvchanlik ushlab turiladi.

Kalsiy sulfatning kristallanishiga eritmadagi qo'shimchalar ham ta'sir etadi. Kristallanishga eritmada  $(\text{AlF}_n)^{(3-n)+}$  turidagi kompleks ionlar hosil qiluvchi aluminiy va fluor birikmalari kabi qo'shimchalar yanada ko'proq ta'sir qiladi;  $(\text{AlF}_n)^{(3-n)+}$  kompleks ionlari kristallarning ma'lum tomonlariga so'rilib, izometrik yassi gips kristallari va oltiqirrali yarimgidrat prizmalari ajralib chiqishiga sabab bo'ladi.

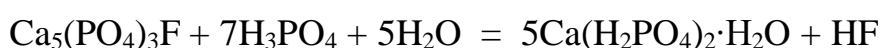
Suspenziyaning suyuq fazasida sulfatlar miqdorini optimal darajada ushlab turish mahsulot kislotasiga yuqori darajadagi  $\text{P}_2\text{O}_5$  o'tishiga erishishda muhim sharoit hisoblanadi. Sulfatlar konsentratsiyasining pasayishi natijasida fosfat minerallarining parchalanish darajasi va tezligi kamayadi, shu bilan birgalikda  $\text{SO}_4^{2-}$  va  $\text{HPO}_4^{2-}$  ionlarining radiuslari yaqin bo'lganligi sababli kalsiy sulfat kristall panjarasiga kalsiy fosfatlarning o'rinishi (« $\text{P}_2\text{O}_5$  egallash») ortadi.

Erkin sulfat kislota konsentratsiyasining ortishi  $P_2O_5$  egallashni kamaytiradi, ammo fosfat zarrachalari sirtida diffuziyalanish va parchalanishni pasaytiruvchi kalsiy sulfatning quyqali mustahkam qatlam hosil qilib, kristallanishiga olib keladi. Shuning uchun amaliyotda parchalanishga ulgurmay qoladigan xomashyo,  $P_2O_5$  egallash va cho'kmani vakuum-filtrda to'la yuvmaslik hisobidan minimal yo'qotilishga erishish uchun yo'naltirilgan optimal sulfatli tartib (rejim) tanlanadi.

Ekstraksiyalashning optimal sharoitida fosfat minerallarining parchalanish tezligi yetarlicha yuqori bo'ladi, jarayonning davomiyligi esa kristallanish tezligi va kalsiy sulfat kristallarining o'sishi orqali aniqlanadi. Amalda ekstraksiyalash davomiyligi xomashyo turi va jarayon tartibiga qarab 4–8 soat ni tashkil etadi. Bu yetarlicha yirik (albatta, cho'ktirishning optimal sharoitiga amal qilinganda), filtrda oson ajraluvchi kristallar hosil bo'lishini ta'minlaydi va reagentlarni qisqa muddatda qo'shish natijasida yuzaga keluvchi jarayon ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir etuvchi omillardan yiroq bo'lishga olib keladi. Jarayon davom etishining kerakli vaqti, tegishlicha reaksiyon hajm (ekstraktor) tanlash va u orqali reaksiyon massa (suspenziya) ning sekinlik bilan, ammo shiddatli aralashtirilgan holda o'tishi hisobiga ta'minlanadi. Reaksiyon hajm sifatida bir, ikki va undan ortiq sondagi reaktorlar ishlatiladi. Masalan, aralashtirgichlar bilan ta'minlangan va to'siqlar bilan ajratilgan bir necha bo'linmalardan iborat to'g'ri burchakli katta rezervuar shaklidagi bir bankali ekstraktor; bo'linmalarga ajratilgan yoki to'siqsiz 2–8 silindrik ekstraktorlardan iborat pog'onali qurilma (kaskad) kabilardan foydalaniladi.

Ekstraktorlar, aralashtirgichlar, o'tkazuvchi quvurlar, nasoslar va boshqa jihozlar qaynoq fosfat kislota ta'siri (korroziyasi) dan va suspenziyani aralashishi hisobiga yuzaga keladigan ishqalanish ta'sirida yemirilish (eroziya) dan himoya qilingan bo'lishi lozim.

Fosfatli xomashyo, sulfat va aylanma fosfat kislota me'yorlashtiruvchi qurilmalar va nasoslar yordamida ekstraktorning birinchi bo'linmasiga uzatiladi. Dastlabki aralashmada fosfat kislota ham bo'lganligi sababli:



tenglama bilan ifodalanuvchi reaksiya ham sodir bo'lishi mumkin. Hosil bo'ladigan monokalsiyfosfat sulfat kislota bilan qayta ishlanib, kalsiy sulfat kristallantiriladi. Ekstraktorning birinchi bo'linmasiga, shuningdek, oxirgi yoki undan oldingi bo'linmadan suspenziyaning birtalay qismi qaytariladi – bu esa to'yinishning kamayishini va kalsiy sulfatning kristallanish sharoiti yaxshilanishini ta'minlaydi. Ekstraktorning gazli bo'shlig'idan xomashyoni parchalanishi natijasida ajraladigan ftorli gazlar absorpsion sistemaga so'rib olinadi, u yerda  $H_2SiF_6$  ning suvli eritmasi bilan tutib qolinadi.

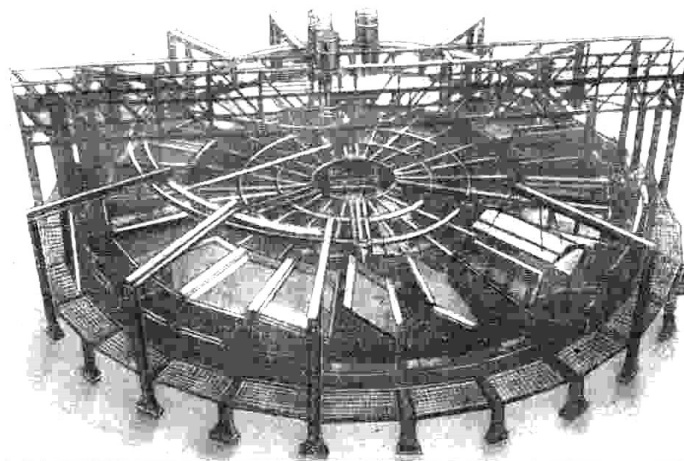
Ekstraktorning oxirgi bo'linmasidan kalsiy sulfatning fosfat kislotali suspenziyasidagi komponentlarni ajratish uchun filtrlashga yuboriladi. Fosfogipsni reaksiyon massa suyuq fazasidan ajratish natijasida – asosiy filtrat, fosfogipsni suv bilan yuvish natijasida esa – *yuvindi filtrat* hosil qilinadi. Asosiy filtratning bir qismi tayyor mahsulot sifatida chiqariladi, qolgan qismi esa yuvindi filtrat bilan aralashtiriladi va *aylanadigan eritma* tarzida ekstraktorga qaytariladi. Yuvish soniga bog'liq holda turli konsentratsiyadagi bir necha filtratlar hosil bo'ladi. Yuvish soni bo'yicha filtrlash sxemasi nomlanadi, masalan, uch-, to'rt filtratli va h.o.

Fosfogipsning ajratilishi va yuvilishi barabanli lentali, aylanuvchi konveyer-tarnovli (karuselli) va boshqa vakuum-filtrlarda amalga oshiriladi. Filtrlarga qo'yiladigan asosiy talab bu fosfat kislotadan cho'kmani yaxshi yuvib olishni ta'minlashdir.

Ko'pincha katta quvvatdagi ekstraksiyon sistemalarda tarnovli karusel vakuum-filtrlar qo'llaniladi (9.13-rasm). U alohida-alohida 24 tarnovdan iborat va ularning tag qismiga filtrlovchi to'qima yotqizilgan bo'ladi. Tarnov uzunligi 1,9 m ni, eni – ichki bo'linmasida 0,9 m ni, tashqi bo'linmasida esa 1,2 m ni va chuqurligi 0,2 m ni tashkil etadi. Tarnovlar aylanma rels bo'yicha harakatlanadigan g'ildirakli aravachalarga o'rnatilgan bo'ladi.

Ikkita – biri tarnov bilan birgalikda aylanuvchi harakatchan va ikkinchisi tegishli vakuum-yig'gichlardagi qo'zg'almas golovkalar yordamida filtratlar so'rib olinadi. Har bir tarnov filtrlash va yuvish doirasi (zonasi) dan o'tgandan so'ng,

fosfogips qatlamini to‘kish uchun avtomatik suratda ag‘dariladi. Filtrlovchi to‘qima yuviladi va havo bilan quritiladi. So‘ngra tarnov yana ishchi holatga keladi va asosiy filtrlash doirasiga ko‘chadi. Filtrlash yuzasi 40–100 m<sup>2</sup> ga teng. Bu filtrning afzalliklaridan biri – cho‘kmani minimal miqdordagi suv bilan yuvish mumkin.



**9.13-rasm. Tarnovli karusel vakuum-filtr.**

Vakuum-filtrlarda fosfogipsni ajratishda 1 m<sup>2</sup> filtrlash yuzasidan bir soat ichida 500–800 kg gips cho‘kmasi yoki 1000–1400 kg yarimgidrat ajratiladi (quruq massa hisobida). Fosfogipsning gigroskopik namligi 35–40% ni tashkil etadi. Olinadigan (quruq) fosfogipsning miqdori fosfatning navi va kalsiy sulfatning gidratlanish darajasiga bog‘liq holatda qayta ishlanadigan tabiiy fosfat massasining 120–160% ini tashkil etadi. Apatitning qayta ishlanishida kalsiy sulfat yarimgidratining unumi 140% ni, digidratining unumi esa 160% ni tashkil qiladi. Yuvilgan sulfatli cho‘kma filtrlash sexidan «quruq» holatda transportyor, avtomashina va boshqalar yordamida yo‘qotiladi yoki suv bilan qorishtirilib nasos yordamida chiqindi hovuzlariga haydaladi.

Qoratog‘, shuningdek, ayniqsa, Qizilqum fosforitlari tarkibida magniy, aluminiy va temir birikmalari singari qo‘shimchalar ko‘p bo‘lganligi uchun ekstraksiyalash jarayonida bir talay qiyinchiliklar kelib chiqadi, ishlab chiqarishning texnologik ko‘rsatkichlari birmuncha pasayadi va chiqindi fosfogipsning solishtirma hajmi ko‘payadi.

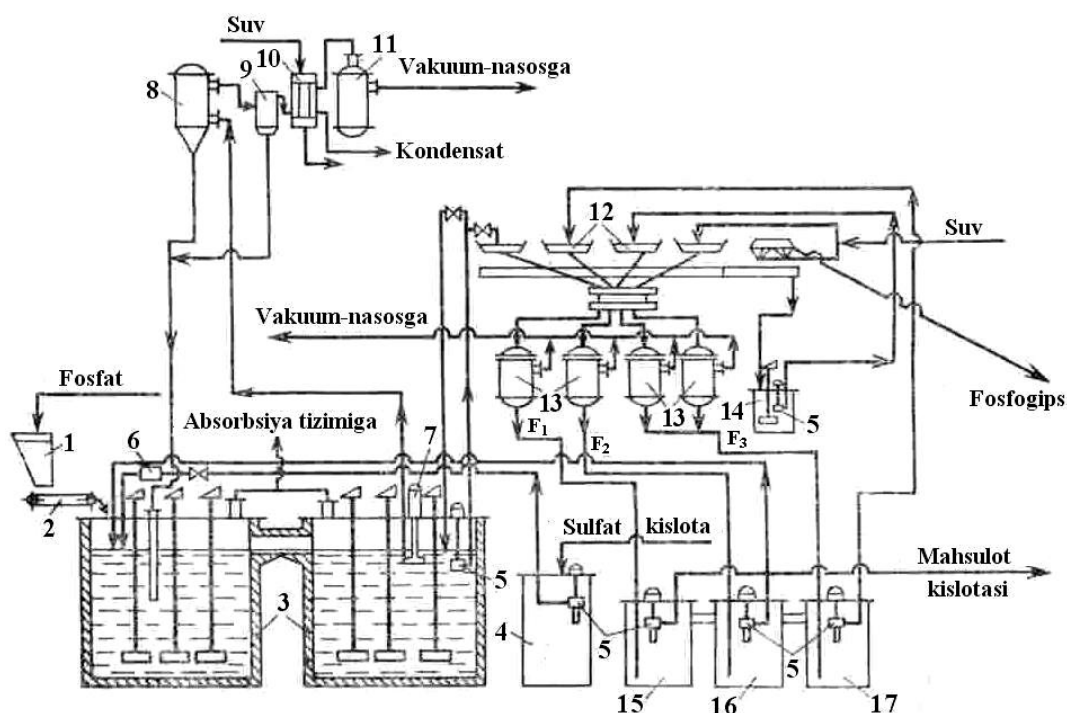
Hozirgi paytda butun dunyo sanoatlari amaliyotida sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayonining kalsiy sulfatni cho'ktirish tartibi va texnologik sxemalar alohida bo'g'inlarining uskunali jihozlanishi: boshlang'ich reagentlarni me'yoriy kiritish, reaksiyon suspenziya olish, uning haroratini boshqarish, ajralib chiqadigan ftoqli gazlarni zararsizlantirish, suspenziyani ajratish va sulfatli cho'kmani yuvish, uni chiqindixonaga yo'qotish bilan farqlanuvchi bir necha o'nlab variantlari ishlab chiqarishga tatbiq etilgan.

**Ekstraksiyon fosfat kislota olishning digidratli usuli.** Jahon amaliyotida (shu bilan birgalikda bizning mamlakatimizda ham) ekstraksiyon fosfat kislota ishlab chiqarish nisbatan sodda va ishonchli bo'lganligi sababli ko'pchilik hollarda digidratli usulga asoslangan. O'zbekistondagi «Ammofos» ishlab chiqarish birlashmasi (Olmaliq) va Samarqand kimyo zavodi texnologik sistemasi har bir navbatining loyiha quvvati 136 ming t/yil  $P_2O_5$  ga teng. Bu ishlab chiqarish korxonasida fosforitlardan ekstraksiyon fosfat kislota va undan ammmofos olinadi.

Shunday quvvat bilan EFK ishlab chiqarishda temir-betonli korpus bilan niqoblangan to'g'ri burchakli o'n seksiyali ekstraktor (ishchi hajmi  $740\text{ m}^3$ ) yoki ikki bankali (biridan ikkinchisiga suyuqlik o'z-o'zicha oqib tushuvchi va bir-biriga bog'langan ikki silindrik reaktor), aktiv filtrlash sirt yuzasi  $80\text{ m}^2$  (umumiy sirt yuzasi –  $100\text{ m}^2$ ) bo'lgan tarnovli karusel vakuum-filtr va qo'shimcha jihozlar majmuasidan iborat texnologik tizimdan foydalaniladi. Ekstraktorlarining hajmi  $1500\text{ m}^3$  dan katta va filtr sirt yuzasi  $135\text{ m}^2$  bo'lgan kuchli sistemalar ham ishlatiladi. Ekstraksiya tizimini bundanda kattalashtirish g'oyalari ham mavjuddir.

9.14-rasmda apatit konsentratidan fosfat kislota (28–32%  $P_2O_5$ ) ishlab chiqarishning prinsipial sxemasi tasvirlangan (shunga o'xshash sxema bo'yicha Qoratog' fosforitidan 20–22%  $P_2O_5$  konsentratsiyali kislota olinadi). Fosfatning parchalanishi  $\sim 900\text{ m}^3$  hajmli ekstraktorda (to'ldirilish koeffitsienti 0,8) amalga oshiriladi. Ekstraktor ZI–35 markadagi xromnikelmolibdenli po'lat (yoki kislota bardosh materiallar bilan himoyalangan St.3) dan tayyorlangan ikkita (diametri 13 m, balandligi 5,3 m bo'lgan) silindrik reaktordan tarkib topgan. Har bir reaktorga bitta markaziy propellerli (yo'naltiruvchi apparatning kuraklarini

burab quvvati o'zgartiriladigan gidravlik trubinali) va sakkizta trubinali aralashtirgichlar o'rnatilgan bo'ladi. Birinchi reaktorga bunker (1) dan og'irlik o'lchov me'yorlashtirgich (2) orqali uzluksiz suratda apatit konsentrati kiritiladi. Xuddi shu yerga muntazam ravishda barometrik yig'gich (16) dan botirma nasoslar yordamida aylanma fosfat kislotasi, vakuum-bug'latgichli qurilmadan keladigan sirkulatsiyali suspenziya [sirkulatsiyaning qaytarilishi (8÷12):1 nisbatda bo'ladi] va sulfat kislota yuboriladi (sulfat kislotaning bir qismi yoki to'la ikkinchi reaktorga ham berilishi mumkin).



**9.14-rasm. Digidratli usulda ekstraksiyon fosfat kislotasi ishlab chiqarish sxemasi:**

1 – fosfatli xomashyo uchun bunker; 2 – og'irlik o'lchov me'yorlagichi; 3 – ikki bankali ekstraktor; 4 – sulfat kislotasi saqlagich; 5 – botirma nasoslar; 6 – sulfat kislotasi saqlagich; 7 – sirkulyatsiyali botirma nasos; 8 – bug'latgich; 9 – tomchi ushlagich; 10 – kondensator; 11 – barbotajli neytrallagich; 12 – karusel vakuum-filtrining tarnovlari; 13 – separatorlar; 14 – filtrli to'qima regeneratsiyasidan hosil bo'luvchi suspenziyaning oraliq yig'gichi; 15, 16, 17 – birinchi (asosiy) filtrat uchun (15), aylanma fosfat kislotasi uchun (16), yuvindi filtrat uchun (17) barometrik yig'gichlar.

Ekstraktordagi suspenziyaning suyuq va qattiq fazalari nisbati, ya'ni  $S:Q = (1,7 \div 2,5):1$  da ushlab turiladi. Suspenziya birinchi reaktordan ikkinchisiga oqib tushadi, u yerdan uning asosiy qismi kuchli botirma nasoslar (7) (quvvati  $600 \text{ m}^3/\text{s}$  bo'lgan ikkita nasos) yordamida vakuum-bug'latgich (8) ga beriladi. Vakuum-



bug‘latgich rezervuardan iborat bo‘lib, u yerda vakuum-nasos yordamida pastaytirilgan bosim ushlab turiladi. Shu tufayli unga tushadigan suyuqlik go‘yoki qizdirilgandagi kabi qaynaydi, natijada esa undan ma‘lum miqdordagi suv bug‘lanadi. Bu esa haroratning 3–5°C ga kamayishiga olib keladi (haroratning keskin kamayishi mumkin emas). Vakuum-bug‘latgichdan chiqadigan gazlar tomchi ushlagich (9) orqali ustki kondensator (10) ga o‘tkaziladi, u yerda suv bug‘i kondensatsiyalanadi va ftor birikmalarining ma‘lum bir qismi ushlab qolinadi. Gazlarni ftordan tozalashning oxirgi bosqichi barbotaj neytrallagich (11) da amalga oshiriladi.

Mahsulot sifatidagi suspenziya tarnovli karusel filtrga kelib tushadi, u yerda uch filtratli sxema bo‘yicha gips ajratiladi va yuviladi. Aktiv sirt yuzasi 80 m<sup>2</sup> bo‘lgan filtr kattaligi: uzunasi – 3,27 m, ichki eni – 0,97 m, tashqi – 1,92 m, chuqurligi – 0,2 m bo‘lgan tarnovdan iborat. Filtrlovchi material sifatida fosfat kislotaga chidamli bo‘lgan – lavsanli va boshqa sintetik to‘qimalar ishlatiladi.

Gaz-suyuqlikli aralashma separator (13) larda ajratiladi, ularda vakuum-nasoslar yordami bilan 65–85 KPa li vakuum sharoiti ushlab turiladi. Birinchi filtrat F<sub>1</sub> tayyor mahsulot yig‘gichi (15) ga yuboriladi, uning bir qismi aylanma kislotaning barometrik yig‘gichi (16) ga quyilish orqali o‘tadi. U yerga, shuningdek, cho‘kmani uchinchi filtrat F<sub>3</sub> bilan yuvishdan hosil bo‘lgan ikkinchi filtrat F<sub>2</sub> ham tushadi. Filtrat F<sub>3</sub> – suspenziya cho‘kmasining filtrli to‘qimani regeneratsiyalash (yig‘gich 14) dan olingan eritma va qaynoq (60–70°C) toza suv bilan yuvilishi natijasida hosil bo‘ladi (yig‘gich 17). Yuvilgan gips tarnovdan chiqindixonaga, agarda suspenziya shaklida chiqarilsa yig‘gichga yoki «quruq» holda chiqarilsa transportyor lentasiga uzatiladi. Filtratlardagi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miqdori – boshlang‘ich xomashyo sifatida apatit konsentrati ishlatilganda: F<sub>1</sub> da – 28–32%, F<sub>2</sub> da – 22–25%, F<sub>3</sub> da esa – 5–10%; fosforit flotokonsentrati ishlatilganda esa: F<sub>1</sub> da – 21–22%, F<sub>2</sub> da – 14–15%, F<sub>3</sub> da esa – 5–7% bo‘ladi.

Ekstraksiya uchun 93% li sulfat kislota ishlatish afzaldir. Bunda texnologik jarayondagi suv balansi yaxshilanadi – gipsning yuvilishini ko‘p miqdordagi suv bilan amalga oshirish imkoniyati yaratiladi. Natijada chiqindixonaga chiqariluvchi

fosfogips bilan yo‘qotiladigan fosfat kislota va zararsizlantirish lozim bo‘lgan oqava suvlar miqdori kamayadi.

Kislota konsentratsiyasining oshirilishi olinadigan fosfat kislotadagi  $P_2O_5$  miqdorini o‘zgartirmaydi, uning konsentratsiyasi yuqorida ta’kidlanganidek, gips kristallanishining optimal sharoiti orqali oldindan belgilanadi. Yanada kattaroq konsentratsiyali sulfat kislota ishlatilganda issiqlik ajralishi (suyultirish issiqligini ortishi hisobiga) keskin ortadi, ammo uni esa sistemadan ajratib olish talab etiladi.

Digidratli usulda fosfat kislota olishda fosfat xomashyosi tarkibidagi barcha ftorning (asosan  $SiF_4$  tarzida) 3–5% igina gazli faza bilan ajraladi (~80 foizi mahsulot kislotasiga, 15–17 foizi esa fosfogipsga o‘tadi). Sovutish usuli va ventillatorning uzatishga bog‘liq holda ekstraktordan ajratib olinadigan gaz tarkibidagi ftoridlar konsentratsiyasi, ftor hisobida 0,2–2,5 g/m<sup>3</sup> ni tashkil etadi. Ekstraksiya sexida o‘rnatilgan absorbsiya sistemalari, asosan, chiqindi gazlarini tozalash uchun mo‘ljallangan, bunda hosil bo‘ladigan  $H_2SiF_6$  ning kuchsiz eritmaları neytrallash stansiyalariga yuboriladi yoki fosfogipsni yuvish uchun ishlatiladi.

Tabiiy fosfatlardan ekstraksion fosfat kislota ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari analitik ma’lumotlar bo‘yicha aniqlanadi:  $P_2O_5$  ning *texnologik unumi* ( $K_{unum}, \%$ ), ya’ni  $P_2O_5$  ning xomashyodan fosfat kislotaga o‘tish darajasi apatitni qayta ishlashda – 95–96% ni va turli fosforitlar uchun – 71–94% ni tashkil qiladi. U  $P_2O_5$  ning eritmaga *ajralish koeffitsienti* ( $K_{ajr.}, \%$ ) dan 2–3% ga kichikdir. Buni fosfogipsni fosfat kislotadan yuvilishining to‘la bo‘lmasligi bilan izohlanadi: *yuvilish koeffitsienti* ( $K_{yuvish}, \%$ ) odatda 97–99% ni tashkil etadi. Vaholanki:

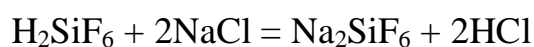
$$K_{unum} = K_{ajr.} \cdot K_{yuvish} / 100 \quad \text{ga teng.}$$

Ekstraksiyalashning digidratli usulida kislotaga  $P_2O_5$  ning *mahsulotli (xo‘jalik) unumi* 93–95% ni tashkil etadi, shunga mos ravishda 1 t  $P_2O_5$  li mahsulotga 2,73–2,65 t apatit (1075–1045 kg  $P_2O_5$ ) va 2,48–2,45 t (CaO ni bog‘lash uchun stexiometrik me’yordagi, ya’ni 1 t apatitga 0,915 t) 100% li sulfat kislota sarflanadi. Fosforitlarni qayta ishlashdagi sarf koeffitsientlari apatitlarni qayta ishlashdagiga nisbatan: fosfat bo‘yicha 1,5–2,3 marta; fosfat tarkibidagi  $P_2O_5$

bo'yicha 1,02–1,27 marta; sulfat kislota bo'yicha 1,2–1,7 marta kattaroqdir. Xomashyo xarajatlari ekstraksion fosfat kislota ishlab chiqarish umumiy xarajatlarining 70–80% ni tashkil etadi.

Apatitdan digidratli usulda olinadigan ekstraksion fosfat kislota tarkibida: 25–32% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 1,8–2,8% SO<sub>3</sub>; 0,1–0,4% CaO; 0,3–0,4% Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 0,3–0,5% Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>; 1,7–2% F bo'ladi.

Ekstraksion fosfat kislota tarkibidagi ftor asosan H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> shaklida bo'ladi. Kislotani ftordan tozalash, H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> ni natriy, kaliy, bariy tuzlari bilan cho'ktirish orqali o'tkazilishi mumkin. Odatda 1 l fosfat kilotaga 30–40 g NaCl qo'shiladi.



Reaksiya bo'yicha hosil bo'ladigan kam eruvchan natriy kremneftorid cho'kmaga tushadi va dastlab tindirilib, so'ngra sentrifugalash va filtrlash yo'li bilan ajratib olinadi. Shunday qilib 75–85% gacha ftorni ajratiladi va fosfat kislotadagi uning miqdori 0,2–0,3% gacha kamayadi. Natriy xlorid bilan ftorsizlantirilgan fosfat kislota, ayniqsa, harorat oshirilganda jihozlarning kuchli korroziyalanishiga sabab bo'ladi. Shuning uchun kislotani bug'latish yo'li bilan konsentrlashga zarurat tug'ilganda, ftorsizlantirish soda yoki natriy fosfat yordamida amalga oshiriladi.

Fosfogips tarkibida ozgina miqdorda yuvilmagan fosfat kislota bo'ladi va shuning uchun uni ishlab chiqarishga yaqin hududlardagina mineral o'g'it sifatida foydalanilishi mumkin, chunki ozuqa elementi juda kam bo'lganligi uchun bir joydan ikkinchi joyga tashish iqtisodiy samarasizdir. Fosfogips sho'rxok tuproqlarni gipslashtirishda yoki shuvoq alebastrlari va boshqa quyma qurilish buyumlari ishlab chiqarishda ishlatilishi mumkin. Uning sementli shixta tarkibida termik parchalanishi natijasida sementli klinker va sulfitli gazlarga aylantirilishi mumkin. Sulfid angidrididan sulfat kislota olinadi va shu usul bilan fosfatni parchalashga sarflanadigan sulfat kislotani regeneratsiyalanishi mumkin. Fosfogips, shuningdek, ammoniy sulfat olishda sulfat anioni manbai (sulfat kislota o'rniga) vazifasini bajarishi mumkin. Ishlatiladigan joyga fosfogipsni tashishni yaxshilash uchun (va qishki vaqtda tashish paytida muzlab qolmasligi uchun) jo'natishdan oldin uni 3% dan kam bo'lgan namlikkacha quritilishi va quritishda hosil

bo'ladigan guvalasimon materialni kukunsimon holatgacha maydalanishi lozim. Hozircha O'zbekistonda va boshqa chet mamlakatlarda ham fosfogipsdan yirik masshtabda foydalanish yo'lga qo'yilmagan – u ishlab chiqarishning to'planayotgan chiqindisi hisoblanadi. Chunki, fosfogipsga qaraganda, tabiatda keng tarqalgan kalsiy sulfatni qayta ishlash ancha soddadir. Vaqti kelib, bu sanoat chiqindisi ham – kerakli ishlab chiqarish korxonalarini uchun eng zarur va qimmatli xomashyo manbasiga aylanishi mumkin.

Fosforitlardan ekstraksion fosfat kislota olishdagi ishlab chiqarish ko'rsatkichlari apatit konsentratini qayta ishlashdagiga nisbatan pastdir: olinadigan kislota konsentratsiyasi past (21–22%  $P_2O_5$ ), uning tarkibida ko'p miqdordagi qo'shimchalar bo'lganligi uchun qisman neytrallangan bo'ladi, nisbatan ko'p miqdordagi chiqindi – fosfogips hosil bo'ladi.  $CO_2$  ajralishidan reaksiyon massaning ko'piklanishi hisobiga ekstraktor hajmidan to'la foydalanilmaydi, bu esa sistemaning unumdorligini pasaytiradi. Ko'pik hosil bo'lishini kamaytirishga xomashyodagi karbonatlarni oldindan parchalash – rudani kuydirish yoki fosforit unini ekstraktorga uzatishdan oldin ozgina miqdordagi kislota bilan namlash orqali erishiladi.

Fosforit flotokonsentratlardan digidratli usulda olinadigan ekstraksion fosfat kislota tarkibida: 20–22%  $P_2O_5$ ; 2,2–3,5%  $SO_3$ ; 0,2–0,4%  $CaO$ ; 1,8–2,0%  $MgO$ ; 0,4–1,2%  $Al_2O_3$ ; 0,4–0,8%  $Fe_2O_3$ ; 1,4–2,1% F bo'ladi.

**Ekstraksion fosfat kislota olishning yarimgidratli va yarimgidrat-digidratli usuli.** *Yarimgidratli usullar* ekstraksiyalash jaryonida to'g'ridan-to'g'ri konsentrlangan fosfat kislota olish yo'llari bo'yicha izlanishlar natijasida yaratildi. Ularni amaliyotda tatbiq etilishi shuni ko'rsatadiki, bunda ular ham afzallikka (reaktor va filtrlash qurilmalarining yuqori intensivlikka egaligi, mahsulot kislotasi konsentratsiyasining 35–48%  $P_2O_5$  gacha ortishi, sulfatli cho'kma chiqindisining kamayishi), ham yetarlicha kamchilikka egadir (reaksiyon muhit agressivligining ortishi,  $P_2O_5$  va ftor yo'qotilishining ortishi, nostabil yarimgidrat cho'kmasining qisman gidratlanishi natijasida filtr tagligiga yopishib qolgan cho'kmaning o'sishi hisobiga filtrning yirtilib ishdan chiqishi va h.o.). Bu kamchiliklar birin-

ketin bartarf etilmoqda va jahon amaliyotidagi yarimgidratli usulning o'rnini yanada kengaytmoqda.

Fosfat kislotani ekstraksiyalashning yarimgidratli jarayoni bir necha sxemalar bo'yicha amalga oshirilishi mumkin. Ulardan birida barcha reagentlarni reaktorning birinchi bo'linmasiga kiritish bilan xuddi yuqorida bayon etilgan digidratli usuldagidek jarayon amalga oshiriladi. Yarimgidratning cho'kishi suyuq faza tarkibida 35–38%  $P_2O_5$  va 1–1,5%  $SO_3$ , harorat 95–105°C bo'lganda sodir bo'ladi. Boshqa xil variantda esa apatitni oldindan 3–4 karra ko'p miqdordagi konsentrlangan (45–48%  $P_2O_5$ ) fosfat kislota (birinchi filtrat va aylanma suspenziya) bilan 95–102°C da parchalanadi; olingan monokalsiyfosfat bo'lgan suspenziya, so'ngra 92–93% li sulfat kislota bilan qayta ishlanadi. Apatitni parchalash va yarimgidratni kristallantirish bosqichlarining jihozli bo'linishi natijasida xomashyodan yuqori darajada (97–98,5%) foydalanishga erishiladi va tarkibida: 0,2–0,4% CaO; 0,5–0,8%  $SO_3$ ; 1–1,2%  $(Fe,Al)_2O_3$ ; 1–1,1% F yoki 0,2–0,3% F (suspenziya suyuq fazasini soda yordamida ftorsizlantirish orqali) bo'lgan konsentrlangan (45–48%  $P_2O_5$ ) mahsulot kislotasi olinadi.

Yarimgidratli jaryonlarda notabil kalsiy sulfat cho'kmasini suv bilan yuvish va sexdan yo'qotishni ta'minlash kerak. Ammo uni digidratga o'tkazish, hattoki suvli suspenziyaga ma'lum miqdordagi stabilizatorlar [masalan,  $Ca(OH)_2$ ] qo'shilganda ham sekin kechadi. Bu esa uning uzatilishini suvli suspenziya holatida quvvurli gidrouzatgichlarda uzatilishini talab etadi. Suyuq fazadagi  $P_2O_5$  konsentratsiyasi va reaktordagi harorat nisbatan yuqori bo'lganligi uchun, digidratli jarayonga nisbatan yarimgidratli jarayonlarda ajraladigan gazli fazadagi ftorning miqdori ko'p bo'ladi va 15–50% ni tashkil qiladi; uning tutib qolinishi va boshqa maqsadlarda foydalanilishini ta'minlash lozim bo'ladi. Umuman olganda, yarimgidratli jarayonlardagi  $P_2O_5$  ning texnologik unumi digidratliga nisbatan 1–2% ga kam bo'ladi, shunga mos holda mahsulotli unum ham kamayadi.

Keyingi paytlarda jahon amaliyotida *yarimgidrat-digidratli jarayonlar* keng tarqalmoqda. Ularda fosfat rudasi yarimgidrat hosil qilib parchalanadi, so'ngra u gidratlanadi, ya'ni digidratga qayta kristallantiriladi. Bu esa kislotaga yuqori unum

bilan  $P_2O_5$  ning (98–99%) o‘tishini va keyingi maqsadlarda ishlatish imkoniyatini oshiruvchi, tarkibida juda kam miqdordagi suvda eruvchan  $P_2O_5$  bo‘lgan gips hosil bo‘lishini ta’minlaydi. Bunday jarayonning yutug‘i shundaki, unda nisbatan yirik zarrachali xomashyolarni kislotaga o‘tadigan  $P_2O_5$  unumini pasaytirmagan holda qayta ishlash imkoniyati yaratiladi. Chunki, yarimgidratning digidratga qayta kristallanish jarayonida ham sulfatli qobiq bilan ajralib qolgan fosfat zarrachalarining parchalanishi davom etadi.

Yuqori haroratni ushlab turish yo‘li bilan yarimgidratning sekin gidratlanishiga qaratilgan yarimgidratli usuldan farqli ravishda, kombinatsiyalashgan jarayonda, tarkibida kam miqdordagi  $P_2O_5$  ushlab qoladigan yirik kristalli ( $200\div 500 \times 40\div 80$  mkm) gipsning ajralishiga erishilgan holda gidratlanish sharoiti har tomonlama boshqariladi. Kombinatsiyalashgan jarayonning birinchi variantiga:  $90\text{--}95^\circ\text{C}$  da fosforitning sulfat va aylanma fosfat kislotalar bilan aralashishidagi yarimgidratning cho‘ktirilish, suspenziyaning  $50\text{--}60^\circ\text{C}$  gacha sovutilish va gipsning kristallanishida kristall markazlari hosil qiluvchi qo‘shimchalar, sulfat kislota va  $Al^{3+}$  bilan birgalikda kristall o‘shishini so‘ndiruvchi fluorid-ionlarini bog‘lash maqsadida aktiv kremniy dioksid qo‘shish yo‘li bilan yarimgidratning gidratlantirish jarayonlari kiradi. Gidratlanish vaqti 5–16 s ga teng, yuvilgandan so‘ng cho‘kmaning tarkibida 1 mol  $CaSO_4$  ga to‘g‘ri keladigan 1,8–1,9 mol  $H_2O$ , 0,3% umumiy  $P_2O_5$  (digidratli jarayonda esa 0,5–1,5%) va hammasi 0,02–0,08% bo‘lgan suvda eruvchan  $P_2O_5$  bo‘ladi. Yarimgidratning cho‘ktirilishi va uning gidratlanishi deyarli bir xil tarkibdagi eritmalarda amalga oshiriladi va bayon etilgan usul tarkibida 32%  $P_2O_5$  dan ko‘p bo‘lmagan konsentratsiyali fosfat kilota olish imkoniyatini yaratadi. 1 t  $P_2O_5$  hisobida mahsulot ishlab chiqarish uchun 2,95 t fosforit (1,03 t  $P_2O_5$ ), 2,72 t  $H_2SO_4$ , 0,25 t bug‘, 160 kVt·s elektroenergiya sarflanadi.

Oxirgi yillarda bundanda takomillashgan – mahsulot kislotasini oraliq bosqichda ajratib olishga asoslangan yarimgidrat-digidratli usullari yaratildi. Yarimgidratning cho‘ktirilishi  $90\text{--}100^\circ\text{C}$  haroratda 45–50%  $P_2O_5$  bo‘lgan eritmalarda amalga oshiriladi, mahsulot sifatidagi konsentrlangan kislota ajratib

olgan holda suspenziya filtrlanadi, sentrifugalanadi yoki tindiriladi; cho‘kmani, tarkibida: 10–25%  $P_2O_5$  va 5–10%  $H_2SO_4$  bo‘lgan eritma bilan qayta bo‘tqa holatiga keltiriladi va 55–65°C haroratda yarimgidratning gidratlanishi amalga oshiriladi; uni jarayonga qaytariluvchi suyuq fazadan ajratiladi. Oraliq filtrlash bilan amalga oshiriladigan yarimgidrat-digidratli usulning afzalligi shundaki, bunda: yuqori konsentratsiyali kislota olinadi; yirik zarrachali xomashyolarni ham ishlatish mumkin, bu esa ruda tayyorlash kapital mablag‘lari va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi; nisbatan toza fosfogips hosil bo‘lganligi uchun undan xomashyo sifatida foydalanish imkoniyatlari kengayadi. Bularning hammasi ikkinchi filtrlash xarajatlarini to‘la qoplaydi.

Yarimgidratli va yarimgidrat-digidratli usullarda konsentrlangan (35–50%  $P_2O_5$ ) fosfat kislota ishlab chiqarishdagi ftorli gazlarning absorbsiyasi  $SiF_4$  ning nisbatan oz miqdordagi HF bilan aralashmasidan mahsulot sifatidagi geksaftorsilikat kislota olish orqali amalga oshiriladi. Bu holdagi gazlarda ftorning konsentratsiyasi 2–10 g/m<sup>2</sup> ga yetadi, uni ajratib olish mexanik absorberlarda, suzuvchi sharli absorberlarda, shar to‘ldirgichli absorberlarda yoki Venturi absorberlarida amalga oshirilishi mumkin. Venturi absorberlari tuzilishi bo‘yicha yuqori tezlikdagi gazlarni (20–30 m/s) tozalashda ishlatilishi mumkin, kam gidravlik qarshilikka ega va shuning uchun keng ko‘lamda qo‘llaniladi.

Lekin shuni ham ta’kidlash lozimki, tabiiy fosfatlarni ekstraksion fosfat kislota va boshqa mahsulotlarga qayta ishlaydigan sanoatlardagi gazlarni ftor birikmalaridan tozalashda ishlatiladigan sistemalar yer shari sirtidagi havoda CHMK (chegaralangan me’yordagi konsentratsiya) talablariga javob bermaydi va gazlarni atmosferada yoyilib ketishi hisobiga konsentratsiyasini kamaytirilishi uchun juda uzun (180 m gacha) mo‘rili quvurlar ishlatiladi. Nisbatan murakkab absorbsion tizimli qurilmalar esa ishlab chiqarishni 1,3–1,5 marta qimmatlashishiga olib keladi. Atmosferaga chiqariladigan zaharli chiqindilarni kamaytirish gaz aylanma sikllarini, ya’ni chiqadigan gazlarni asosiy ishlab chiqarish jarayoniga qaytarilishini ta’minlash orqali ham erishilishi mumkin. Masalan, ekstraksion fosfat kislotasi sexida absorbsion qurilmadan chiqadigan gaz,

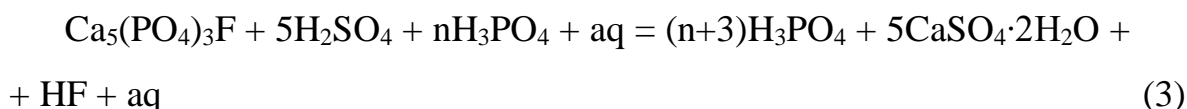
ya'ni  $60 \text{ mg/m}^3$  gacha qoldiq fluor bo'lgan nam havo ekstraktorga qaytarilishi mumkin, u yerda u qaynoq reaksiya suspenziya bilan to'qnashadi va ekstraktordagi talab etiladigan darajadagi haroratni ushlab turadi, bug'lanadigan suv hisobiga qiziydi va to'yinadi. Shu yo'l bilan ekstraktordagi ortiqcha reaksiya issiqligi ham chiqarib olinadi. So'ngra,  $1 \text{ m}^3$  quruq havo hisobiga  $\sim 3 \text{ g}$  fluor to'g'ri keladigan anchagina namlangan gaz yana absorbsion sistemaga keladi, u yerda undan fluor birikmalarining asosiy massasi va suv bug'i ajratib olinadi, sovutilgan geksaftorsilikat kislotasi bilan absorbsiyalashga uzatilishi hisobiga uning harorati yana pasayadi.

### **Fosforitni sulfat kislotali parchalash jarayonining moddiy balansi**

Jarayon quyidagicha sodir bo'ladi:



Tenglamalar yig'indisi:



Agar fosforit tarkibida komponentlar miqdori, massa % hisobida:

$\text{P}_2\text{O}_5 = 25,0$ ;  $\text{CaO} = 33,3$ ;  $\text{MgO} = 1,6$ ;  $\text{CaF}_2 = 6,0$  ( $\text{F} = 3,0$ );  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 0,8$ ;  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 1,0$ ;  $\text{K}_2\text{O} = 0,6$ ;  $\text{Na}_2\text{O} = 0,8$ ;  $\text{SiO}_{2(\text{er.})} = 2,0$ ;  $\text{CO}_2 = 8,7$ ; erimaydigan qoldiq =  $19,2$ ;  $\text{H}_2\text{O} = 1,0$  bo'lsa hamda ishlab chiqarishda parchalanish koeffitsienti =  $0,98$ ; yuvilish koeffitsienti =  $0,98$ ;  $\text{P}_2\text{O}_5$  ni  $\text{H}_3\text{PO}_4$  ga o'tishi  $0,98 \times 0,98 = 0,96$ ; gaz fazaga fluorning o'tishi  $20\%$  ni;  $\text{S:Q} = 3:1$  (suyuq va qattiq fazalar nisbati); qurilma quvvati  $5000 \text{ kg/soat}$ ;  $\text{H}_3\text{PO}_4$  dagi  $\text{P}_2\text{O}_5 = 21\%$ ; sulfat kislotasi ( $92\%$  li) boshlang'ich fosforitga (undagi  $\text{CaO}$  va  $\text{MgO}$  hisobiga) nisbatan stexiometriya bo'yicha  $100\%$  ni tashkil etishini e'tiborga olgan holda balans tenglamasini tuzamiz.

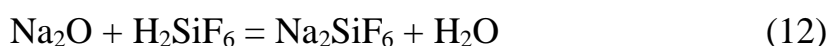
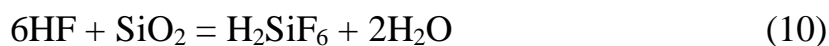
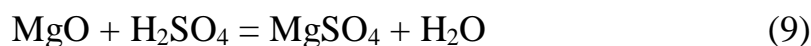
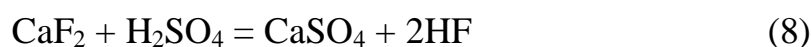
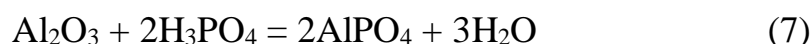
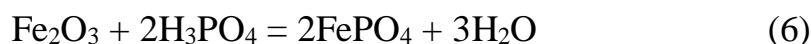
Ekstraktorga beriladigan fosforit:

$$m_f = \frac{5000}{0,25 \cdot 0,96} = 20833 \text{ kg/soat}$$



Komponentlar:  $P_2O_5 = 5208 \text{ kg/s}$ ;  $CaO = 6937 \text{ kg/s}$ ;  $CaF_2 = 1250 \text{ kg/s}$ ;  $MgO = 334 \text{ kg/s}$ ;  $Al_2O_3 = 167 \text{ kg/s}$ ;  $Fe_2O_3 = 208 \text{ kg/s}$ ;  $K_2O = 125 \text{ kg/s}$ ;  $Na_2O = 167 \text{ kg/s}$ ;  $SiO_2 = 416 \text{ kg/s}$ ;  $CO_2 = 1813 \text{ kg/s}$ ; erimaydigan qoldiq =  $4000 \text{ kg/s}$ ;  $H_2O = 208 \text{ kg/s}$ .

Bosqichlar bo'yicha balans tenglamalari:



(4) tenglama bo'yicha  $H_3PO_4$  miqdori:

$$m_{H_3PO_4}^1 = \frac{5208 \cdot 0,98 \cdot 2 \cdot 98}{142} = 7068 \text{ kg/s}$$

suv sarfi: 
$$m_{H_2O}^1 = \frac{7068 \cdot 3 \cdot 18}{2 \cdot 98} = 1950 \text{ kg/s}$$

bunda, 142, 98 va 18 –  $P_2O_5$ ,  $H_3PO_4$  va suvning molekular massalari; 0,98 – fosforitning parchalanish koeffitsienti.

(5) tenglama bo'yicha  $H_2SO_4$  sarfi:

$$m_{H_2SO_4}^1 = \frac{6937 \cdot 0,98 \cdot 98}{56} = 11892 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan  $CaSO_4$  miqdori:

$$m_{CaSO_4}^1 = \frac{11892 \cdot 136}{98} = 16500 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^2 = \frac{11892 \cdot 18}{98} = 2184 \text{ kg/s}$$

bulardagi 98; 56 va 136 –  $H_2SO_4$ ,  $CaO$  va  $CaSO_4$  molekular massalari.

(8) tenglama bo'yicha  $H_2SO_4$  sarfi:

$$m_{H_2SO_4}^2 = \frac{1250 \cdot 0,98 \cdot 98}{78} = 1538 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan  $CaSO_4$  miqdori:

$$m_{CaSO_4}^2 = \frac{1538 \cdot 136}{98} = 2132 \text{ kg/s (CaSO}_4 \cdot 2H_2O \text{ hisoblansa 2696 kg/s).}$$

Hosil bo'lgan HF miqdori:

$$m_{HF} = \frac{1538 \cdot 2 \cdot 20}{98} = 628 \text{ kg/s}$$

bulardagi 98; 78; 136 va 20 –  $H_2SO_4$ ,  $CaF_2$ ,  $CaSO_4$ , HF larning molekular massalari.

(9) tenglama bo'yicha  $H_2SO_4$  sarfi:

$$m_{H_2SO_4}^3 = \frac{334 \cdot 98}{40} = 818 \text{ kg/s. Bunda } m_{MgSO_4}^1 = 1002 \text{ kg/s hosil bo'ladi.}$$

Hosil bo'lgan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^3 = \frac{818 \cdot 18}{98} = 150 \text{ kg/s}$$

bulardagi 40; 98 va 18 –  $MgO$ ,  $H_2SO_4$  va  $H_2O$  larning molekular massalari.

(5), (8) va (9) tenglamalar bo'yicha talab qilinadigan sulfat kislotaning umumiy miqdori:

$$M_{H_2SO_4} = 11892 + 1538 + 818 = 14248 \text{ kg/s}$$

bunda  $CaSO_4$  ning umumiy miqdori:

$$M_{CaSO_4} = 18632 \text{ kg/s yoki } 23564 \text{ kg/s CaSO}_4 \cdot 2H_2O \text{ (suv miqdori esa 4932 kg/s)}$$

(6) tenglama bo'yicha  $H_3PO_4$  sarfi:

$$m_{H_3PO_4}^2 = \frac{208 \cdot 0,98 \cdot 2 \cdot 98}{160} = 250 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan  $FePO_4$  miqdori:

$$m_{FePO_4} = \frac{250 \cdot 2 \cdot 151}{2 \cdot 98} = 375 \text{ kg/s}$$

bunda hosil bo'lgan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^4 = \frac{250 \cdot 3 \cdot 18}{2 \cdot 98} = 70 \text{ kg/s}$$

bulardagi 160; 98; 151 va 18 – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, FePO<sub>4</sub> va H<sub>2</sub>O larning molekular massalari.

(7) tenglama bo'yicha H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> sarfi:

$$m_{H_3PO_4}^3 = \frac{167 \cdot 0,98 \cdot 2 \cdot 98}{102} = 255 \text{ kg/s}$$

Hosil bo'lgan AlPO<sub>4</sub> miqdori:

$$m_{AlPO_4} = \frac{255 \cdot 2 \cdot 122}{2 \cdot 98} = 317 \text{ kg/s}$$

bunda hosil bo'lgan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^5 = \frac{255 \cdot 3 \cdot 18}{2 \cdot 98} = 90 \text{ kg/s}$$

bulardagi 102; 98; 122 va 18 – Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, AlPO<sub>4</sub> va H<sub>2</sub>O larning molekular massalari.

(10) va (11) tenglamalar bo'yicha ishlab chiqarish amaliyotida 20% fluor gaz fazasiga o'tadi. Uning 15% qismi SiF<sub>4</sub> va 5% qismi esa HF holatida bo'ladi. Eritmada esa 80% H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> holatida qoladi.

Gaz fazaga o'tgan HF miqdori (SiF<sub>4</sub> tarzida):

$$m_{SiF_4}^1 = HF \cdot 0,15 = 628 \cdot 0,15 = 94 \text{ kg/s.}$$

HF holida esa:

$$m_{HF}^2 = 28 \cdot 0,05 = 30 \text{ kg/s.}$$

Gaz fazaga o'tgan fluorning umumiy miqdori:

$$M_{HF} = 94 + 30 = 124 \text{ kg/s.}$$

Suyuq fazadagi HF miqdori:

$$m_{HF}^3 = 628 - 124 = 504 \text{ kg/s.}$$

(10) tenglama bo'yicha ta'sirlashadigan HF: 504 kg/s.

SiO<sub>2</sub> sarfi esa:

$$m_{SiO_2}^1 = \frac{504 \cdot 60}{6 \cdot 20} = 252 \text{ kg/s.}$$

Hosil bo‘ladigan  $H_2SiF_6$  miqdori:

$$m_{H_2SiF_6}^1 = \frac{252 \cdot 144}{60} = 605 \text{ kg/s.}$$

Hosil bo‘ladigan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^6 = \frac{252 \cdot 2 \cdot 18}{60} = 151 \text{ kg/s.}$$

(11) tenglama bo‘yicha HF sarfi:

$$m_{HF}^1 = 94 \text{ kg/s.}$$

Eruvchan  $SiO_2$  sarfi:

$$m_{SiO_2}^2 = \frac{94 \cdot 60}{4 \cdot 20} = 70,5 \text{ kg/s.}$$

Hosil bo‘ladigan  $SiF_4$  miqdori:

$$m_{SiF_4} = \frac{70,5 \cdot 104}{60} = 122 \text{ kg/s.}$$

Hosil bo‘ladigan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^7 = \frac{70,5 \cdot 2 \cdot 18}{60} = 42 \text{ kg/s.}$$

(12) tenglama bo‘yicha  $H_2SiF_6$  sarfi:

$$m_{H_2SiF_6}^2 = \frac{167 \cdot 144}{62} = 390 \text{ kg/s.}$$

(13) tenglama bo‘yicha  $H_2SiF_6$  sarfi:

$$m_{H_2SiF_6}^3 = \frac{125 \cdot 144}{94} = 200 \text{ kg/s.}$$

bunda 62; 94 lar  $Na_2O$  va  $K_2O$  lar molekular massalari.

$H_2SiF_6$  ning umumiy sarfi:

$$M_{H_2SiF_6} = 390 + 200 = 590 \text{ kg/s}$$

eritmada miqdori esa:

$$m_{H_2SiF_6}^4 = 605 - 590 = 15 \text{ kg/s.}$$

ta’sirlashmagan  $SiO_2$  miqdori:  $m_{SiO_2}^3 = 416 - 322 = 94 \text{ kg/s.}$

Hosil bo‘lgan  $Na_2SiF_6$  miqdori:  $m_{Na_2SiF_6} = \frac{167 \cdot 188}{62} = 506 \text{ kg/s.}$

Hosil bo'lgan  $K_2SiF_6$  miqdori:  $m_{K_2SiF_6} = \frac{125 \cdot 246}{94} = 326 \text{ kg/s}$ .

(12) va (13) tenglama bo'yicha hosil bo'lgan suvning umumiy miqdori:

$$m_{H_2O}^8 = \frac{550 \cdot 18}{144} = 69 \text{ kg/s}.$$

(5)÷(13) tenglamalarda hosil bo'ladigan suvning umumiy miqdori:

$$M_{H_2O} = m^2 + m^3 + m^4 + m^5 + m^6 + m^7 + m^8 = 2184 + 150 + 70 + 90 + 151 + 42 + 69 = 2756 \text{ kg/s}.$$

(6) va (7) tenglamalar bo'yicha bog'langan fosfat kislota miqdori:

$$M_{H_3PO_4} = m_{H_3PO_4}^2 + m_{H_3PO_4}^3 = 250 + 255 = 505 \text{ kg/s}.$$

Eritmadagi erkin fosfat kislota miqdori:

$$m_{H_3PO_4}^9 = 7068 - 505 = 6563 \text{ kg/s}.$$

(5), (8) va (9) tenglamalar bo'yicha  $H_2SO_4$  ning umumiy sarfi:

$$M_{H_2SO_4}^{umum.} = m_{H_2SO_4}^1 + m_{H_2SO_4}^2 + m_{H_2SO_4}^3 = 11892 + 1538 + 818 = 14248 \text{ kg/s}.$$

Monogidrat yoki 92% li eritma hisobida esa:  $\frac{14248}{0,92} = 15490 \text{ kg/s}$  bo'ladi.

Bunda suv miqdori:  $m_{H_2O}^9 = 15487 - 14248 = 1542 \text{ kg/s}$  bo'ladi.

Ekstraktorda suyuq:qattiq sistema nisbatlarini harakatlantiruvchi bo'tqa hosil bo'lishi uchun ekstraktorga suv (sulfat kislota konsentratsiyasi 56% ga yetguncha)

qo'shiladi:  $m_{H_2SO_4}^4 = \frac{14248}{0,56} = 25443 \text{ kg/s}$ .

bunda suv miqdori:  $m_{H_2O}^{10} = 25443 - 14248 = 11195 \text{ kg/s}$  bo'ladi.

Demak, suyultirish uchun beriladigan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^{11} = m_{H_2O}^{10} - m_{H_2O}^9 = 11195 - 1242 = 9953 \text{ kg/s}.$$

Sistemaga sulfat kislota bilan 11195 kg/s va fosforit bilan 208 kg/s suv kiradi, shuningdek, (5), (6), (7), (9), (10), (11), (12) va (13) tenglamalar natijasida 2756 kg/s suv hosil bo'ladi. Suvning umumiy miqdori: 14159 kg/s ni tashkil etadi.

(4) tenglama bo'yicha  $H_3PO_4$  hosil bo'lishi uchun: 1950 kg/s suv sarflanadi. Ekstraksion bo'tqada qoladigan suv  $14159 - 1950 = 12209$  kg/s qoladi. Bu miqdordan fosfogips bilan: 4932 kg/s suv chiqib ketadi. Eritmada:  $12209 - 4932 = 7277$  kg/s suv qoladi.

Eritmaga o'tmagan fosforit miqdori:

$$P_2O_5 = 5208 \cdot 0,02 = 104;$$

$$CaO = 6937 \cdot 0,02 = 138,7;$$

$$CaF_2 = 1250 \cdot 0,02 = 25;$$

$$Al_2O_3 = 167 \cdot 0,02 = 3,3;$$

$$Fe_2O_3 = 208 \cdot 0,02 = 4,1;$$

$$SiO_{2(er.)} = 416 - (252 + 70) = 94.$$

Jami: 366 kg/s ni tashkil etadi.

Fosforit bilan 3812 kg/s erimaydigan qoldiq ekstraktorga tushadi. Demak, bo'tqadagi erimaydigan qoldiq miqdori:  $366 + 4000 = 4366$  kg/s bo'ladi.

9.4-jadval

**Fosforitni sulfat kislotali parchalash jarayonining moddiy balansi**  
(Fosfogipsni yuvuvchi suv va sirkulatsiyalanuvchi bo'tqa e'tiborga olinmagan)

Jarayonga kiradi	kg/s	Jarayondan chiqadi	kg/s
Fosforit:		Ekstraksion bo'tqa:	
$P_2O_5$	5208	Fosfogips	23564
CaO	6937	Erimaydigan qoldiq	4000
$CaF_2$	1250	Qoldiq fosforit	366
MgO	334	Aluminiy va temir fosfatlari	692
$Al_2O_3$	167	Natriy va kaliy kremneftroidlari	832
$Fe_2O_3$	208	Magniy sulfat	1002
$K_2O$	125	$H_2SiF_6$	15
$Na_2O$	167	$H_3PO_4$	6563
$SiO_{2(er.)}$	416	$H_2O$	7277
$CO_2$	1813	<b>Jami:</b>	<b>44311</b>
Erimaydigan qoldiq	4020		
$H_2O$	208	Gaz fazasi:	
<b>Jami:</b>	<b>20833</b>	$SiF_4$	122
Sulfat kislota	14248	HF	30
Kislota bilan kiradigan suv	11195	$CO_2$	1813
<b>Jami:</b>	<b>25443</b>	<b>Jami:</b>	<b>1965</b>
<b>Umumiy miqdori:</b>	<b>46276</b>	<b>Umumiy miqdori:</b>	<b>46276</b>

### Mahsulot – fosfat kislota hisobi

Eritmaga o‘tadigan fosfat kislotasi:  $5208 \cdot 0,98 = 5104$  kg/s.

Eritmaga o‘tmagan fosfat kislota:  $5208 - 5104 = 104$  kg/s.

Yuvilmay gips bilan chiqib ketadigan fosfat kislota:

$$5104 \cdot 0,02 = 102 \text{ kg/s}; P_2O_5 = 143 \text{ kg/s}$$

(6) va (7) tenglama bo‘yicha bog‘langan fosfat kislotasi:

$$m^2 + m^3 = 250 + 255 = 505 \text{ kg/s yoki } 360 \text{ kg/s } P_2O_5$$

Fosfat kislota sarfi:  $m^2 + m^3 + m^4 = 141 + 505 = 646$  kg/s yoki

$$5208 - (104 + 102 + 360) = 4642 \text{ kg/s } P_2O_5$$

Mahsulot sifatidagi fosfat kislotasida:

$$m_{H_3PO_4}^M = 4642 \cdot 1,4 = 6499 \text{ kg/s}$$

21% li  $P_2O_5$  hisobidagi kislota miqdori:

$$M_{H_3PO_4}^{21\%} = \frac{4642 \cdot 100}{21} = 22105 \text{ kg/s}$$

$$M_{H_2O} = 22105 - 6499 = 15606 \text{ kg/s}$$

9.5-jadval

#### $P_2O_5$ moddiy balansi

Jarayonga kiradi	kg/s	Jarayondan chiqadi	kg/s	%
Fosforit bilan	5208	Fosfat kislota mahsulotiga o‘tadi	4642	89,13
<b>Jami</b>	<b>5208</b>	Fosfogips tarkibida yuvilmay qoladi	102	1,96
		Erimaydigan qoldiqda	104	2,0
		Metall fosfatlariga birikkan holatda	360	6,91
		<b>Jami</b>	<b>5208</b>	<b>100,0</b>

#### Ekstraktorning moddiy hisobi

Sistemadagi suyuq:qattiq nisbatni 3:1 ga yetkazish uchun ekstraktorga suyultiruvchi eritma beriladi. U fosfogipsni yuvgan suv va bir qism fosfat kislotasidan iborat bo‘ladi. Suyultiruvchi eritmaning miqdori quyidagicha hisoblanadi.

Ekstraktordagi sistemada S:Q = 3:1, undagi qattiq fazada fosfogips, parchalanmagan fosforit, erimaydigan qoldiq va metall fosfatlarining deyarli yarmi bo‘ladi. Qattiq faza miqdori:

$$23564 + 4000 + 366 + 692:2 = 28276 \approx 28280 \text{ kg/s bo‘ladi.}$$

Filtrlashga beriladigan ekstraksion bo‘tqa miqdori:

$$m_{e.b.} = 28280 \cdot 4 = 113120 \text{ kg/s}$$

Filtrlashga beriladigan bo‘tqadagi suyuq fazaning miqdori esa:

$$m_{s.f.} = 113120 - 28280 = 84840 \text{ kg/s bo‘ladi.}$$

Filtrlash jarayonida yuvilmagan fosfogips tarkibida qattiq fazaga teng miqdordagi suyuq faza qoladi (50%), uning miqdori:

$$m_{s.f.}^{f.g.} = \frac{28280 \cdot 50}{50} = 28280 \text{ kg/s bo‘ladi.}$$

Filtrlashda bug‘langan suv miqdori 130 kg/s (issiqlik balansi hisobida aniqlanadi) deb olinsa, filtrat miqdori:

$$m_f = 113120 - (28280 + 28280 + 130) = 56430 \text{ kg/s}$$

Undagi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miqdori (21% li kislota hisobidan):

$$m_{P_2O_5}^{21\%} = \frac{56430 \cdot 21}{100} = 11850 \text{ kg/s}$$

Fosfogipsda qolgan suyuq fazadagi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miqdori:

$$m_{P_2O_5}^{f.g.} = \frac{2828 \cdot 11850}{(56430 + 130)} = 5939 \text{ kg/s}$$

Filtrlashga berilayotgan suyuq fazadagi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miqdori:

$$m_{P_2O_5}^{s.f.} = 11850 + 5939 = 17789 \text{ kg/s}$$

Yuvuvchi eritma bilan ekstraktorga boradigan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miqdori:

$$m_{P_2O_5}^{yu.e.} = 5939 - 102 = 5837 \text{ kg/s,}$$

bunda, 102 kg/s – fosfogipsdagi yuvilmay qolgan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miqdori.

Aylanma eritma bilan ekstraktorga tushadigan P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miqdori:

$$m_{P_2O_5}^{a.e.} = 17789 - 5837 - 5280 + 464 = 7136 \text{ kg/s,}$$



bunda, 464 – parchalanmagan fosforitdagi va metallarga bog‘langan  $P_2O_5$ ; 5280 – fosforit bilan kiradigan  $P_2O_5$  miqdori.

21%  $P_2O_5$  li kislota hisobidan aylanuvchi fosfat kislota miqdori:

$$m_{H_3PO_4}^{a.e.} = \frac{7136 \cdot 100}{21} = 34000 \text{ kg/s.}$$

Ekstraksiyaga kiradigan yuvuvchi eritma miqdori:

$$m_{yu.e.} = (m_{e.b.} + m_{g.f.} + m_{b.suv.}) - (m_{f-t} + m_{H_2SO_4} + m_{H_3PO_4}^{a.e.}) = \\ = (113120 + 1965 + 5500) - (20833 + 25443 - 34000) = 120585 - 80276 = 40309 \text{ kg/s,}$$

bunda  $m_{e.b.}$  – ekstraksion bo‘tqa miqdori;  $m_{g.f.}$  – gaz fazasi miqdori;  $m_{f-t}$  – fosforit miqdori;  $m_{H_2SO_4}$  – 56% li sulfat kislota miqdori;  $m_{H_3PO_4}^{a.e.}$  – aylanuvchi fosfat kislota miqdori.

Yuvuvchi eritma konsentratsiyasi:

$$m_{\%P_2O_5}^{yu.e.} = \frac{5837 \cdot 100}{40309} = 14,5\% P_2O_5$$

Sirkulatsiya takroriyiligi 1:8 bo‘lganda sirkulatsiyalanuvchi ekstraksion bo‘tqa miqdori:

$$m_{s.b.} = 113120 \cdot 8 = 904960 \text{ kg/s bo‘ladi.}$$

9.6-jadval

### Ekstraktorning moddiy balansi

Kirim	kg/s	Chiqim	kg/s
Fosforit	20833	Vakuum bug‘latgichga boradigan bo‘tqa	1023980
Sulfat kislota (56% li)	25443	Gaz fazasi	1965
Yuvuvchi eritma	40309	<b>Jami</b>	<b>1025945</b>
Aylanuvchi fosfat kislota	34000		
Sirkulatsiyadagi ekstraksion bo‘tqa	904960		
<b>Jami</b>	<b>1025945</b>		

### Vakuum bug‘latgich va filtrlash jarayonlarining moddiy hisoblari

#### Vakuum bug‘latgichning moddiy hisobi

Vakuum bug‘latgichning issiqlik hisobida (so‘nggi sahifada) ekstraksion bo‘tqani 75,6°C dan 70°C gacha pasaytirish uchun 5530 kg suvni bug‘latish kerak

bo'ladi. Vakuum bug'latgichga 1023980 kg/s bo'tqa boradi. Vakuum bug'latgichdan chiqadigan bo'tqa miqdori:

$$m_b = 1023980 - 5530 = 1018450 \text{ kg/s}$$

Bir qism bo'tqa filtrga va qolgan qismi ekstraktorga qaytadi.

Sirkulyatsiyalanuvchi bo'tqa miqdori (ekstraktor moddiy hisobida) 904960 kg/s edi.

Filtrga yuboriladigan bo'tqa miqdori:

$$m_b^f = 1018450 - 904960 = 113490 \text{ kg/s}$$

9.7-jadval

### Vakuum bug'latgich moddiy balansi

Kirim	kg/s	Chiqim	kg/s
Ekstraktorga beriladigan bo'tqa	1023980	Filtrlashga beriladigan bo'tqa	113490
<b>Jami</b>	<b>1023980</b>	Sirkulatsiya bo'tqasi	904960
		Bug'langan suv	5530
		<b>Jami</b>	<b>1023980</b>

### Filtrlash jarayonining moddiy hisobi

Berilgan:

Filtrlashga tushadigan ekstraksiya bo'tqa, kg/s	113490
Filtrlash jarayoni Karusel vakuum filtrining to'rtta bo'limida (zonasida) bajariladi va uch takroriy, qarama-qarshi oqim sxemasida fosfogips yuviladi.	
Filtrdan chiqayotgan fosfogips namligi, %	40
Fosfogipsdan P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ning yuvilish koeffitsienti	0,98
Mahsulot (21% li) fosfat kislotasi miqdori, kg/s	22105
Sirkulatsiyaga qaytuvchi 21% li fosfat kislotasi miqdori, kg/s	34000
Siklga qaytadigan (14,5% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> bo'lgan) yuvuvchi suv miqdori, kg/s	40309
Filtrlashda bug'lanadigan suv miqdori (1-zonada 130 kg/s, 2–3–4–zonalarda amalda o'rtta hisobda 100 kg/s suv bug'lanadi. Issiqlik hisobida hisoblanadi), kg/s	430
Nam fosfogips miqdori, kg/s:	
qattiq fazasi	28765
undagi suyuq faza: $\frac{28765 \cdot 40}{60}$	19176

jami fosfogips	47798
Fosfogipsdagi P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> miqdori, kg/s:	
qattiq fazada	364
suyuq fazada	102
<hr/>	
jami	496

\* Hisoblashda barcha metall fosfatlari fosfogipsda erimagan holatda deb olingan. Amalda esa uning bir qismi mahsulot – fosfat kislotasida erigan holatda bo‘ladi.

Suyuq fazadagi suv miqdori:

$$m_{H_2O}^{f.g.} = 19176 - 143 = 19033 \text{ kg/s bo‘ladi.}$$

9.8-jadval

### Fosfogips tarkibi

Komponentlar	kg/s	%
CaSO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	23564	49,30
Metall fosfatlari	692	1,45
Erimaydigan qoldiq	4000	8,41
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>	143	0,30
Suv	19023	39,80
Qoldiq fosforit	366	0,74
<b>Jami</b>	<b>47798</b>	<b>100,0</b>

Fosfogipsdagi P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ning % miqdori:

$$m_{P_2O_5}^{f.g.} = \frac{496 \cdot 100}{47798} = 1,038\%$$

1000 kg 21% li fosfat kislotasiga nisbatan nam holatdagi fosfogips miqdori:

$$m^{f.g.} = \frac{47798 \cdot 1000}{22105} = 2117 \text{ kg}$$

Fosfogipsni yuvish uchun beriladigan suv miqdori quyidagi moddiy hisob bo‘yicha hisoblanadi (kg/s):

Fosforit	20833
Sulfat kislota (56% li)	25443
<hr/>	
<b>Jami:</b>	<b>46276</b>
Sistemadan chiqib ketadi (kg/s):	
nam fosfogips	47798
mahsulot fosfat kislotasi	22105
gaz faza	1965
vakuum bug‘latgichda	5530
bug‘lanadigan suv	
filtrlashda bug‘lanadigan suv	430
<hr/>	
<b>Jami:</b>	<b>77828</b>

Fosfogipsni yuvishga beriladigan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^{yu} = 77828 - 46276 = 31552 \text{ kg/s}$$

### Ekstraktorning issiqlik hisobi

1. Ekstraktorga kiruvchi sulfat kislota (56% li) miqdori, kg/s	25443
2. Sulfat kislota harorati, °C	60
3. Fosforit miqdori, kg/s	20833
4. Fosforit harorati, °C	20
5. Aylanuvchi fosfat kislotasi miqdori, kg/s	34000
6. Aylanuvchi fosfat kislotasi harorati, °C	65
7. Yuvuvchi eritma miqdori, kg/s	39309
8. Yuvuvchi eritma harorati, °C	60
9. Sirkulatsiyadagi ekstraksiyon bo‘tqa miqdori, kg/s	904960
10. Bo‘tqa harorati, °C	70
11. Gaz fazasi miqdori, kg/s	1965
12. Gaz fazasi harorati, °C	70

### Kiradigan issiqlik:

1) Sulfat kislotasi bilan:

$$Q_1 = 25443 \cdot 132,2 = 3364000 \text{ kj/s}$$

bundagi 132,2 – sulfat kislota entalpiyasi, kj/kg.

2) Fosforit bilan:

$$Q_2 = 20833 \cdot 1,045 \cdot 20 = 435000 \text{ kj/s}$$

bundagi 1,045 – fosforitning issiqlik sig‘imi, kj/kg·grad

3) Aylanma fosfat kislotasi bilan:

$$Q_3 = 34000 \cdot 2,750 \cdot 65 = 6078000 \text{ kj/s}$$

bundagi 2,750 – fosfat kislotaning issiqlik sig‘imi, kj/kg·grad

4) Yuvuvchi eritma bilan:

$$Q_4 = 40309 \cdot 3,440 \cdot 60 = 8320000 \text{ kj/s}$$

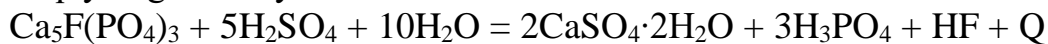
bundagi 3,440 – yuvuvchi eritmaning issiqlik sig‘imi, kj/kg·grad

5) Sirkulatsiyalanuvchi ekstraksiyon bo‘tqa bilan:

$$Q_5 = 904960 \cdot 2,481 \cdot 70 = 156464000 \text{ kj/s}$$

bundagi 2,481 – bo‘tqaning issiqlik sig‘imi, kj/kg·grad

6) Fosforit (ftorapatit) parchalanganda kalsiy sulfat digidrati kristallanganda quyidagi reaksiya sodir bo‘ladi:



Komponentlar va mahsulot hosil bo‘lish issiqligi (kj/mol):

$\text{Ca}_5\text{F}(\text{PO}_4)_3 = 6825$ ;  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 1999,6$ ;  $\text{H}_2\text{SO}_4 = 794,1$ ;  $\text{H}_3\text{PO}_4 = 1258,6$ ;

$\text{H}_2\text{O} = 286,2$ ;  $\text{HF} = 267,8$ .

Bundan:  $6825 + 5 \cdot 794,1 + 10 \cdot 286,2 = 5 \cdot 1999,6 + 3 \cdot 1258,6 + 267,8 + Q$ ;

$Q = 384,1$  kJ/mol kelib chiqadi.

Fosforitning 1 kg miqdori parchalanganda:

$$\frac{384,1 \cdot 1000}{504} = 762,1 \text{ kJ/kg}$$

yoki  $Q_6 = 20833 \cdot 762,1 = 15877000$  kJ/s (reaksiya issiqligi) ajraladi.

7) Fosfat kislotasini 100% dan 21% gacha suyultirish issiqligi (kJ/mol):

21% li $\text{H}_3\text{PO}_4$ hosil bo'lish issiqligi	1281,1
100% li $\text{H}_3\text{PO}_4$ hosil bo'lish issiqligi	1258,6
Suyultirish issiqligi	1282,1 – 1258,6 q
	22,5

Suyultirishda ajraladigan issiqlik:

$$Q_7 = \frac{7068 \cdot 1000 \cdot 22,5}{98} = 1624000 \text{ kJ/s}$$

bunda: 7068 – hosil bo'lgan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  miqdori, 98 – molekular massasi.

Sistemaga kiradigan umumiy issiqlik miqdori:

$$Q_k = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 = 3364000 + 435000 + 6078000 + 8320000 + 156464000 + 15877000 + 1624000 = 192162000 \text{ kJ/s}$$

### Issiqlik sarfi:

1) Gaz fazasi bilan chiqib ketadigan issiqlik:

$\text{SiF}_4$  bilan:  $122 \cdot 70 \cdot 1,072 = 8155$  kJ/s

HF bilan:  $30 \cdot 70 \cdot 0,915 = 1920$  kJ/s

$\text{CO}_2$  bilan:  $1813 \cdot 70 \cdot 0,856 = 108525$  kJ/s

$$Q_1^s = 8155 + 1920 + 108525 = 118600 \text{ kJ/s}$$

2) Atrof-muhitga issiqlik sarfi (taxminan):

$$Q_2^s = 150000 \text{ kJ/s}$$

3) Ekstraksiyon bo'tqa bilan ekstraktordan vakuum-bug'latgichga chiqib ketadigan issiqlik:

$$Q_3^b = Q_k - Q_1^s - Q_2^s = 192162000 - 118600 - 150000 = 191893400 \text{ kJ/s}$$

Ekstraktordagi bo'tqa harorati:

$$t = \frac{Q_3^b}{m \cdot c} = \frac{191893400}{1022980 \cdot 2,481} = 75,6^\circ \text{C}$$

9.9-jadval

### Ekstraktorning issiqlik balansi

Kirish	kJ/s	Sarf	kJ/s
Sulfat kislota bilan	3364000	Ekstraksiyon bo'tqa	

		bilan	191893000
Fosforit bilan	435000	Gaz fazasi bilan	118600
Aylanma kislotasi bilan	6078000	Atrof-muhitga yo'qolishi	150000
Yuvuvchi eritma bilan	8320000	<b>Jami</b>	<b>192162000</b>
Sirkulatsiyalanuvchi bo'tqa bilan	156464000		
Reaksiya issiqligi	15877000		
Suyulish issiqligi	1624000		
<b>Jami</b>	<b>192162000</b>		

### Vakuum bug'latgich issiqlik hisobi

Hisoblashdan maqsad bo'tqa haroratini pasaytirish uchun qancha suvni bug'latish kerakligini aniqlashdir.

Berilgan:

Vakuum bug'latgichga boradigan bo'tqa, kg/s	1023980
Bo'tqa harorati, °C	75,6
Bug'latgichdan qaytuvchi bo'tqa harorati, °C	70
Vakuum bug'latgichdagi bosim, n/m <sup>2</sup>	0,240·10 <sup>5</sup>

Kiruvchi issiqlik:

$$\text{Bo'tqa bilan: } Q_1^b = 191893400 \text{ kJ/s}$$

Issiqlik sarfi:

1) Vakuum-bug'latgichdan chiqayotgan issiqlik:

$$Q_2^b = (1023980 - 5500) \cdot 2,481 = 177215500 \text{ kJ/s}$$

2) Atrof-muhitga yo'qotiladigan issiqlik:

$$Q_y = 200000 \text{ kJ/s}$$

3) Bug'langan suv bilan chiqib ketadigan issiqlik:

$$Q_{H_2O}^{bug'} = Q_1^b - (Q_2^b + Q_y) = 191883400 - (177215500 + 200000) = 14477900 \text{ kJ/s}$$

4) Bug'langan suv miqdori:

$$m_{H_2O}^{bug'} = \frac{14477900}{2617,6} = 5530 \text{ kJ/s}$$

9.10-jadval

### Vakuum buglatgich issiqlik balansi

Kirim	kJ/s	Sarf	kJ/s
Bo'tqa bilan	191893400	Chiqayotgan bo'tqada	177215500
<b>Jami</b>	<b>191893400</b>	Suv bug'i bilan	14477900
		Atrof-muhitga yo'qotish	200000
		<b>Jami</b>	<b>191893400</b>

## **5-§. Markaziy Qizilqum fosforitlaridan ftorsizlangan ekstraksion fosfat kislota olish**

Tabiiy fosfatlarni ekstraksion fosfat kislotaga qayta ishlash jarayonida, fosfat tarkibidagi ftor gaz, suyuq (EFK) va qattiq (fosfogips) fazalar orasida taqsimlanadi. Digidratli sxema bo'yicha fosfat kislota olishda xomashyodagi (apatit yoki fosforitdagi) 80-85% ftor kislotaga hamda uni keyingi o'g'itlarga qayta ishlashda esa mahsulot tarkibiga o'tadi.

Qishloq xo'jaligidagi o'g'itlarga bo'lgan talabni to'la qondirishda fosforli, ayniqsa kompleks o'g'itlar ishlab chiqarishning o'sishi tuproq, o'simliklar va suv havzalarining ftor bilan to'yinish xavfi yuzaga keladi. Atmosfera va ochiq suv havzalariga tushadigan hamda tirik organizmlar va o'simlik dunyosida to'planadigan ftor birikmalarining salbiy ta'siri ilmiy izlanishlar natijasida yetarlicha to'la o'rganilgan va ilmiy manbalarda keltirib o'tilgan.

Ftor birikmalari tevarak atrof-muhitga katta zararli ta'sir ko'rsatadi. Tadqiqotlar ko'rsatadiki, ftor nafaqat o'simliklarga salbiy ta'sir ko'rsatib qolmasdan, balki insonlar va boshqa tirik organizmlarda turli xil jiddiy kasalliklar keltirib chiqaradi. Ko'pgina o'simliklar katta miqdordagi ftorni o'zlashtirib olish xususiyatiga ega. Masalan, 1 kg miqdoridagi choyda 57 dan 1370 mg gacha, paxtada 4500 mg gacha ftor o'zlashtiriladi. Bunda ftor paxta chigitida to'planadi va uning ko'p qismi paxta moyi tarkibiga o'tadi. Tadqiqotlar ko'rsatadiki, tuproqqa, jumladan mineral o'g'itlar bilan ftor tushganda hosildagi ftor miqdori ham ortib boradi.

Ilmiy adabiyotlarda tuproqqa tushadigan ftorning asosiy manbai fosforli o'g'itlar hisoblanishi ko'rsatib o'tilgan. Masalan, apatit yoki fosforitlar tarkibida, mos holda, o'rtacha 3,0 va 2,7% ftor bo'ladi. Markaziy Qizilqum fosforitlari asosida ishlab chiqariladigan ekstraksion fosfat kislota (EFK) tarkibida 1,2% atrofida ftor bo'ladi. Kislotadan ishqoriy metallar yordamida kremneftoridlar tarzida cho'ktirish usuli katta samara bermaydi, chunki EFK tarkibida kislotada eriydigan kremniy birikmalari amalda juda ham kam miqdorda bo'ladi.

Markaziy Qizilqum fosforitlari asosidagi EFKni natriy sulfat yoki digidrofosfat yohud metasilikat bilan ftorsizlantirish jarayoni ayrim tadqiqotchilar tomonidan atroflicha o'rganilgan va ftorsizlanish darajasini 38-40% dan 80-85% gacha oshirish mumkinligi ko'rsatib o'tilgan hamda EFKni ftorsizlantirish texnologiyasi yaratilgan.

Ilmiy manbalarda ftorsizlangan EFKni Markaziy Qizilqumning boyitilmagan xomashyosi, kalsiy karbonati va oksidi, yuvib boyitilgan fosforitlari bilan sulfatsizlantirish bo'yicha materiallar ham mavjuddir. Toshkent kimyo-texnologiya instituti olimlari tomonidan EFKni ftor birikmalari va sulfatlardan tozalash yo'li bilan ozuqali presipitat olish usuli bo'yicha ixtiroga patent olingan. Ekstraksion fosfat kislotani tozalashning aytib o'tilgan bunday usullari bilan yuqori samaradorlikka erishib bo'lmaydi. Birinchidan, mahsulot sifatida olingan EFKni tozalash qo'shimcha harajatlar talab etadi, ikkinchidan esa, EFKdan ajraladigan cho'kma juda mayda kristallardan iborat bo'lganligi sababli, uni filtrlash yoki cho'ktirish jarayoni anchagina qiyinchilik bilan amalga oshiriladi.

EFK tarkibidagi qo'shimchalarni kamaytirishning anchagina samarali usuli bu uni olish jarayonining o'zidayoq tozalash jarayonini amalga oshirish hisoblanadi. Bunda fosfat kislotani sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayonini yakunlash arafasida mahalliy karbonatli xomashyolar (shu jumladan past navli fosfatli xomashyolar) yordamida ekstraksion bo'tqa tarkibidagi ftor va sulfat qo'shimchalaridan tozalanadi. Fosfat kislotani ekstaksiyalash jarayonining o'zida kislotani bir paytning o'zida ftor va sulfatlardan tozalash natijasida, birinchidan ekologik tozalangan mahsulot olinadi, ikkinchidan mahsulot tarkibidagi ozuqa elementlari ulushi katta bo'ladi, uchinchidan past navlardagi xomashyolar ishlab chiqarishga ma'lum darajada qamrab olinadi, to'rtinchidan esa qimmatbaho xomashyo hisoblangan ftor birikmalarini texnologik jarayonning o'zida ajratib olinishiga imkoniyat yaratiladi. Shuning uchun EFKni bir paytning o'zida ftor va sulfatlardan tozalash jarayoniga qaratilgan tadqiqotlar dolzarb hisoblanadi.

Mazkur tadqiqot ishida ekstraksion bo'tqadan ftor va sulfatlarni cho'ktirish kalsiy oksiddan kalsiy ftorid hosil bo'lish me'yoriga nisbatan 60-150% va  $SO_3$  ni

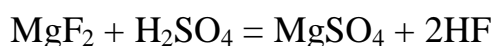


kalsiy sulfat tarzida bog‘lash me‘yoriga nisbatan 80-100% hisobida kalsiy karbonat (bo‘r, ohaktosh va boshqa) yoki yuqori karbonatli fosfatli xomashyolar bilan amalga oshirilgan. Fosfat kislotani sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayoni digidratli rejimda o‘tkazilgan, hosil qilingan ekstraksiyon bo‘tqani filtrlashdan oldin undagi ftor va erkin sulfat kislota kalsiy karbonat yoki yuqori karbonatli fosfat xomashyosi bilan cho‘ktirilgan. Fosfat kislotani sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayonida ekstraksiyon bo‘tqani ftorsizlantirish va sulfatsizlantirishda mahalliy karbonatli xomashyolardan foydalanish katta samara berishi aniqlangan.

Ekstraksiyon bo‘tqaga kalsiy karbonat qo‘shilganda quyidagi reaksiyalar sodir bo‘lishi mumkin:



Magniy ftorid kalsiy ftoridga qaraganda kislotalarda nisbatan yaxshi eriydi, kuchli kislotalar, jumladan sulfat kislota bilan ta‘sirlashib:



reaksiyasi bo‘yicha magniy sulfat va vodorod ftorid hosil qiladi.

Bu jarayon murakkab hisoblanadi, EFKda yaxshi eriydigan magniy monofosfat va sulfatlari kalsiy karbonat bilan ta‘sirlashib, kalsiy sulfati monofosfati hosil qilishi mumkin. Lekin, magniy karbonat ham fosfat kislota bilan ta‘sirlashib magniy monofosfatga aylanadi. Bu EFKdagi magniy miqdorining o‘zgarishsiz qolishi va 0,80-0,82% darajasida qolishi bilan tasdiqlanadi (9.11-jadval).

**Kalsiy karbonat me'yorining EFK kimyoviy tarkibiga, gaz fazasi va fosfogipsga ftorning o'tish darajasiga ta'siri, shuningdek ftorsiz-langan va sulfatsizlantirilgan EFK ishlab chiqarish texnologik ko'rsatkichlari**

Ko'rsatkichlarning nomlanishi	Stexiometriyaga nisbatan erkin ftorni bog'lash uchun kalsiy karbonat me'yor, %						
	-	60	80	100	120	140	150
Stexiometriyaga nisbatan erkin H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ni bog'lash uchun kalsiy karbonat me'yor, %	-	80	100	100	100	100	100
EFK kimyoviy tarkibi, og'irlik %							
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	20,15	20,08	19,97	19,85	20,24	19,94	20,02
CaO	0,41	0,39	0,58	0,94	1,46	2,14	2,61
MgO	0,82	0,81	0,81	0,80	0,82	0,81	0,81
SO <sub>3</sub>	2,22	0,86	0,51	0,48	0,52	0,47	0,44
R <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,61	0,61	0,60	0,60	0,59	0,60	0,59
F	1,32	0,69	0,51	0,32	0,27	0,25	0,25
muallaq zarracha	0,25	0,32	0,28	0,19	0,24	0,17	0,16
Ftorning o'tish darajasi, %							
Fosfogipsga	40,5	68,4	74,1	82,5	85,7	86,6	86,8
Gaz fazasiga	5,4	5,3	5,1	4,1	4,2	4,0	4,1
Hammasi	45,9	73,7	79,2	86,6	89,9	90,6	90,9
Ftorsizlangan va sulfatsizlantirilgan EFK ishlab chiqarish texnologik ko'rsatkichlari							
K <sub>p.</sub> , %	98,7	98,7	98,7	98,6	98,5	98,5	98,4
K <sub>ajr.</sub> , %	95,8	95,7	95,5	95,5	95,6	95,5	95,5
K <sub>yuvil.</sub> , %	99,2	99,3	99,3	99,4	99,4	99,4	99,3
K <sub>unum.</sub> , %	95,0	95,0	94,8	94,9	95,0	94,9	94,8
Bo'tqa zichligi (ρ), g/sm <sup>3</sup> , 25°C da	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26	1,27	1,27
Bo'tqa qovushqoqligi (η), spz, 25°C da	3,31	3,48	3,58	3,61	3,66	3,70	3,72
Ekstraksion bo'tqa filtrlanish tezligi, kg/m <sup>2</sup> ·s	810,11	809,07	808,20	807,41	806,85	806,60	806,46
Fosfogips kristallari o'lchami, mkm	100x24, 120x20, 220x20, ko'pgina 560x80, 400x80, 360x28 va qisman 100x16, 80x60, 60x20						

Kalsiy karbonat qo‘shilganda va kalsiy ftorid hosil bo‘lganda gaz fazasiga ajralib chiqadigan ftor miqdori 5,45 dan 4,11% gacha kamayadi, bu uning asosiy miqdorini jarayonning boshidayoq ajralib chiqishini ko‘rsatadi. Parchalash jarayoniga 100-150% me’yorda  $\text{SaSO}_3$  kiritilganda gaz fazasiga va fosfogipsga ftorning umumiy o‘tish darajasi 86,6-90,9% ni tashkil etadi. Bunda EFKdagi ftor miqdori 0,25-0,32% ni tashkil etadi, bu esa kalsiy karbonat qo‘shilmagandagiga nisbatan 4,1-5,3 marta kamdir.  $\text{CaCO}_3$  tarzidagi  $\text{CaO}$  me’yori 100-120% bo‘lganda EFK ftorsizlanish darajasi 75,4-80,5%, sulfatsizlanish darajasi esa 78,7-79,6% ni tashkil etadi. Kislotadagi mavjud ftor va sulfatlar miqdori hisobiga nisbatan 120% dan ortiq me’yordagi kalsiy karbonat qo‘shilganda ftorsizlanish va sulfatsizlanish juda kam darajada o‘zgaradi. EFK tarkibida qoladigan ftor miqdori fosforitdagi umumiy miqdoriga nisbatan 9,1-13,4% ni tashkil etadi. Fosforitdagi mavjud ftorga nisbatan kalsiy karbonat me’yori 60 dan 100% gacha o‘zgarganda fosfogipsga ftorning qo‘shimcha o‘tishi 27,9-42,0% ni tashkil etishi kuzatiladi. Kalsiy karbonat me’yori 120-150% ga oshirilganda qattiq fazaga ftorning o‘tishini atigi 3,2-4,3% ga oshiradi. EFKdan ftorni cho‘ktirishdagi ortiqcha kalsiy karbonat mavjud ortiqcha sulfat kislota hisobiga kalsiy sulfat, fosfat kislota bilan ta’sirlashishi hisobiga esa monokalsiyfosfat hosil bo‘lishiga sarflanadi. 9.11-jadvaldagi ma’lumotlardan ko‘rinadiki,  $\text{SO}_3$  miqdori 2,22% dan 0,44-0,52% gacha kamayadi, kalsiya oksid miqdori esa 0,41 dan 2,61% gacha ortadi. Bunda parchalanish, ajralish, yuvilish va unum koeffitsientlari, ftorni bog‘lashga 60 dan 150% gacha, ortiqcha sulfat kislota neytrallashtirishga

80 dan 100% gacha me'yordagi kalsiy karbonat uchun muvofiq holda 98,4-98,7%, 95,5-95,8%, 99,2-99,4% va 94,8-95,0% ni tashkil etadi.

Fosfogipsning filtrlanish tezligi nisbatan yuqori bo'ladi va quruq qoldiq hisobida 806,46-809,07 kg/m<sup>2</sup>·s ni tashkil etadi.

Ftor va sulfatlardan tozalangan EFK olish texnologiyasi sanoat ishlab chiqarishga moslashtirilgan qurilmada sinovdan o'tkazilgan va bu kislotadan yuqori navdagi ammos fos hamda tarkibida kalsiy va magniy fosfatlari bo'lgan yuqori navli ekologik samarador konsentrlangan fosforli o'g'itlarning tajriba namunalari ishlab chiqarilgan.

#### **6-§. Fosfat kislotani konsentrlash**

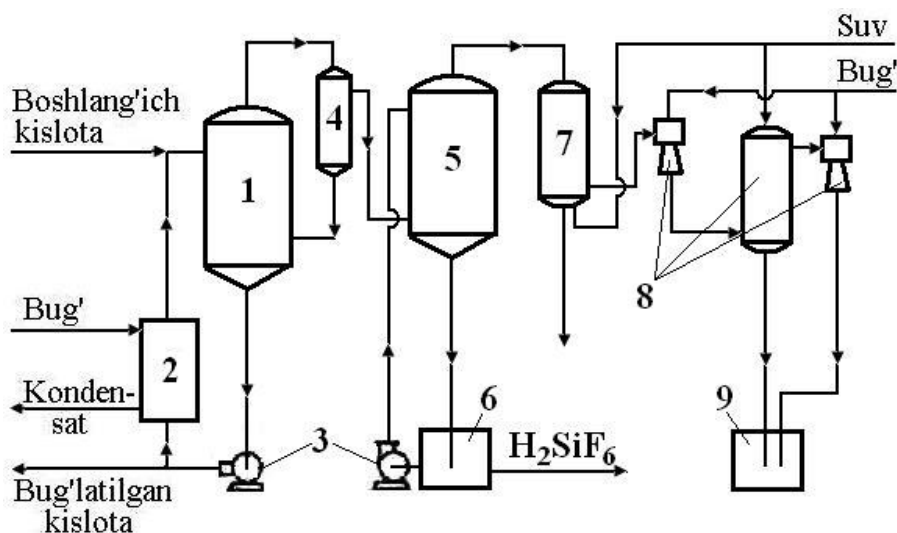
Qo'shaloq superfosfat, ammos fos, nitroammofoska ishlab chiqarish uchun 45-55% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bo'lgan fosfat kislotasi, ammoniy polifosfatlari va suyuq o'g'itlar olish uchun esa – 72-83% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> li fosfat kislotalari talab etiladi. Bunday hollarda ekstraksiyon fosfat kislotasi bug'latiladi. Ma'lumki, har qanday (98% li H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> gacha) konsentratsiyadagi toza fosfat kislotaning bug'i faqat suvdan iborat, nazariy olganda uni bug'latish orqali yuqori konsentratsiyali eritmalarini olish mumkin. Amalda esa jihozlar materiallarining korroziyalanishi hisobiga bug'latish qiyinchilik tug'diradi. Harorat va kislotasi konsentratsiyasining ortishi bilan korroziyalanish tezlashadi. Bundan tashqari, konsentratsiya ortishi bilan kislotasi tarkibidagi qo'shimchalar, eruvchanlikning keskin kamayishi hisobiga cho'kmaga tushadi (quyqa hosil qiladi). Cho'kmali qoldiq (quyqa) lar qizdiriluvchi yuzaning ichki sirtiga o'tirib qolib, issiqlik almashinuvini yomonlashtiradi.

Loyiha quvvati yiliga 110 ming t P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> bo'lgan ekstraksiyali sistemalarda kislotani 28-30 dan 52–55% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gacha konsentrlash uchun odatda bir korpusli bug' bilan isitiladigan (130°C) qizdiruvchi kamerali 3-4 ta vakuum-bug'latgichli apparatlar o'rnatilgan (9.15-rasm). Vakuum-nasos yordamida apparat ichida ~0,09

MPa li vakuum hosil qilinadi. Bu esa bug‘latishni nisbatan past (80-90°C) haroratda amalga oshirish imkoniyatini beradi. Apparat korpusi gummirlangan, qizdiruvchi kamera grafitli (kislota va bug‘ harakatlanadigan yo‘llari bo‘lgan grafitli bloklardan iborat, issiqlik almashinuv yuza maydoni ~158 m<sup>2</sup> ga teng) bo‘ladi. Qizdiriluvchining cho‘kmali quyqa hosil qilib qolishini oldini olish maqsadida, uzluksiz ravishda kuchsiz kislota qo‘shish orqali konsentrlangan kislota ning majburiy intensiv sirkulatsiyasi (sirkulatsiyaning qaytarilishi 100-150 marta) amalga oshiriladi. Shu tufayli sirkulatsiyali eritma konsentratsiyasi aralashishdan so‘ng kam o‘zgaradi. Bunday kislota dagi qo‘shimchalarning eruvchanligi boshlang‘ich kislota dagiga qaraganda anchagina kam bo‘ladi. Shuning uchun aralashtirilgan vaqtda kuchsiz kislota dagi qo‘shimchalar kristallanadi. Ularni tindirgichdayoq ajratib olish va so‘ngra bug‘latuvchi apparatga yo‘llash maqsadga muvofiqdir. Bug‘latilgan kislota ni sirkulatsiyali konturdan muntazam chiqarib turiladi.

Qizdiruvchi kameraning ichki yuzasiga kalsiy sulfat va ftorsilikatlardan iborat qo‘shimchalar o‘tirib qoladi. Bu har uch kunda toza suv bilan yuvib turishni talab etadi. Nisbatan ko‘proq vaqt ishlatilganda qo‘yqa bu yuzani yanada to‘laroq egallab oladi, uni mexanik usullar bilan tozalanadi va so‘ngra H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> ning 4-5% li eritmasi bilan yuviladi.

Ekstraksion fosfat kislota ning konsentratsiyasi ortishi bilan unda erigan geksaftorsilikat kislota ning bug‘ bosimi ham ortadi. Shu tufayli fosfat kislota ni 52-57% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gacha bug‘latishda boshlang‘ich kislota dagi ftorning 80-90% i (2HF+SiF<sub>4</sub> ning taxminan ekvivalent aralashmasi tarzida) gazli fazaga ajralib chiqadi; mahsulot kislota sidagi ftorning miqdori 0,5-0,8% gacha kamayadi. Shuningdek, bug‘latgichdan chiqadigan gazlar tarkibida ko‘p miqdordagi suv bug‘i bo‘ladi, uni ftoridlar absorbsiyasida kondensatsiyalanishini kamaytirish uchun, absorbsiyalash jarayoni qaynoq (60-70°C) H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> eritmalari bilan amalga oshiriladi; ftordan tozalangan suv bug‘i barometrik kondensator o‘rnatilgan ikki bosqichli bug‘ejektorli (bug‘ so‘ruvchi) qurilmalar yordamida so‘rib olinadi.



**9.15-rasm. Fosfat kislotani konsentrlash uchun vakuom-bug‘latgichli qurilma sxemasi:**

1 – bug‘latuvchi apparat (bug‘latgich) korpusi; 2 – qizdiruvchi kamera; 3 – sirkulatsiya nasosi; 4 – tomchi ushlagich; 5 – ftorli gazlar absorberi (yuvishtiruvchi minorasi); 6 –  $H_2SiF_6$  eritmasining barometrik yig‘gichi; 7 – yuza kondensatori; 8 – ikki bosqichli ejektorli (so‘rg‘ich) qurilma; 9 – barometrik bak.

Apatitdan olingan bug‘latilgan kislota  $1650-1750 \text{ kg/m}^3$  zichlikka ega, uning tarkibida: 52-54%  $P_2O_5$ ; 3,4-4,2%  $SO_3$ ; 1,2-1,3%  $(Fe,Al)_2O_3$ ; 0,1-0,4%  $SiO_2$ ; 0,5-0,8% F bo‘ladi.

Ekstraksion fosfat kislotani bug‘latish uchun barbotajli konsentratörler – kislotabardosh materialli kameralar ham ishlatiladi, ularda bug‘latish kislotaning yuza qatlami orqali yoqilgan qaynoq gaz berish orqali amalga oshiriladi. Bu yerda issiqlik uzatuvchi yuza bo‘lmaydi, issiqlik almashinish qaynoq gaz bilan kislotaning to‘g‘ridan-to‘g‘ri to‘qnashishidan amalga oshadi; bunda hosil bo‘ladigan cho‘kma muallaq holatda qoladi va apparatdan kislota bilan birgalikda chiqadi, so‘ngra uni tindirish orqali tozalanadi. Kameraga o‘txona gazlari  $650-900^\circ\text{C}$  haroratda beriladi. Ayniqsa, tabiiy gaz yondiriladigan grafitli botirma yondirgichli konsentratörler intensiv ishlaydi. Barbotajli konsentratör va botirma yondirgichli apparatlarda gaz o‘zi bilan birga anchagina miqdordagi fosfat kislota bug‘ini olib chiqadi, uni esa elektrofiltrlarda tutib qolish lozim bo‘ladi. Tarkibida  $8,5-9 \text{ g/m}^3$  ftor (elektrofiltrga kirishdan oldin havo bilan aralashishi hisobiga –  $3 \text{ g/m}^3$ ) bo‘lgan chiqindi gazlarini tozalashdan ko‘p miqdordagi  $P_2O_5$  bo‘lgan  $H_2SiF_6$

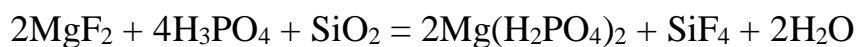
eritmasi olinadi; ularni ishlatish qiyinchilik tug‘diradi. Tuman hosil bo‘lishi –  $P_2O_5$  yo‘qotilishini oshiradi, bundan tashqari, tevarak atrof-muhit ifloslanishiga sabab bo‘ladi.

Bunday jihozlar ko‘proq superfosfat kislotalar olish uchun qo‘llaniladi. Bu holda bug‘latishga tarkibida 54-55%  $P_2O_5$  bo‘lgan eritmalar (vakuumbug‘latgichdan so‘ng) beriladi. Bunday maqsadlar uchun qizdiruvchi kameraga yuqori bosimdagi bug‘ (~3 MPa) uzatiladigan vakuum-bug‘latgichli apparatlar ham ishlatilishi mumkin.

Hozirgi paytda barbotajli konsentratorlar o‘rnida yanada takomillashgan, yuqori darajada issiqlikdan foydalanuvchi, aeroliftli apparatlar qo‘llanilmoqda. Ular ichki qismi grafitli quvur bilan muhofazalangan vertikal po‘lat quvurdan iborat. Uning bug‘latiladigan kislota kiritiladigan pastki qismidan qaynoq gaz oqimi yuboriladi, hosil bo‘ladigan gaz-suyuqlikli aralashma yuqori qismidan chiqariladi. Suyuqlikni ajratilgandan keyin va issiqligidan bug‘latiladigan kislota isitishda foydalanilgandan so‘ng, chiqindi gazi, absorbsiya qurilmalarida kislota tumani,  $SiF_4$  va HF dan tozalanadi. Suyuq kompleks o‘g‘itlar ishlab chiqarish uchun mo‘ljallangan, tarkibida 68–70%  $P_2O_5$  bo‘lgan kislota olish uchun konsentrlashni ikkita ketma-ket bosqichda: 1-chisida 52-54 dan 64% gacha, 2-chisida esa 68-70%  $P_2O_5$  gacha o‘tkaziladi.

Tarkibida magniy birikmalari (dolomit) bo‘lgan boyitilmagan (24-25%  $P_2O_5$ ) Qoratog‘ fosforitlaridan ekstraksiyalash jarayonida 20-22%  $P_2O_5$  li fosfat kislota olinadi. Odatdagi usullarda 37-38%  $P_2O_5$  gacha bug‘latilishi va 30-40°C dan past haroratgacha sovutilishi natijasida u quyilib boradi va oquvchanligini yo‘qotadi. Bu esa undan ftorsizlantirilgan o‘g‘itlar, qo‘shaloq superfosfat, suyuq kompleks o‘g‘itlar olish imkoniyatlarini yo‘qotadi. O‘tgan asrning 80-yillariga qadar buning sababini kislota-dagi  $MgSiF_6$  ning parchalanishi natijasida gaz holatdagi  $SiF_4$  va  $MgF_2$  ning kolloid eritmasi hosil bo‘lishi orqali izohlashga urinilgan. Go‘yoki eritma sovutilganda  $MgF_2$  ning to‘yinishi hisobiga sistema qovushqoq, kam harakatchan massa (gel) ga aylanadi. Yana shu ko‘rsatib o‘tiladiki, ko‘p komponentli tuz sistemalari eruvchanliklarini o‘rganish orqali,

bugʻlatiladigan kislotaga kam aktiv kremniy dioksid (masalan, kremnegel) qoʻshilganda fosfat kislotasi bilan  $MgF_2$  ning kimyoviy taʼsirlashuvi yengillashadi, yuqori haroratda reaksiya:



tenglama bilan sodir boʻlib, kislotadagi ftor  $SiF_4$  tarzida yoʻqotiladi va yaxshi eriydigan monomagniyfosfat hosil boʻladi, deb nazariy jihatdan asoslashga urinishlar. Lekin bu urinishlar ishlab chiqarishda oʻz yechimini topmadi.

Oʻzbekiston kimyogarlarining qator yillar davomida Qoratogʻ fosforitidan sulfat kislotali ekstraksiyalash yoʻli bilan olingan fosfat kislotasini konsentrlash, uning fizik-kimyoviy xossalari oʻrganish yuzasidan oʻtkazgan tadqiqotlari natijasida tarkibida magniy birikmalari tutgan fosfat kislotalarning konsentrlanishida quyilib qolish sabablari ham nazariy, ham amaliy jihatdan asoslandi va bu borada ijobiy natijalarga erishildi.

Namangan muhandislik-pedagogika instituti professori, texnika fanlari doktori Q.Gʻafurovning olib borgan izlanishlari natijasida tarkibida magniy boʻlgan EFK ning konsentrlash jarayonida quyilib qolish sabablari ham ilmiy, ham amaliy jihatdan asoslab berildi. Nafaqat quyilish sabablari, balki bunday kislotalarni konsentrlashda quyilib qolishini oldini olish yoʻllari ham ochilib, amaliy jihatdan sinovdan muvaffaqiyatli oʻtkazildi.

20°C haroratdagi suvda va  $NH_4NO_3$  (kimyoviy toza – k.t.) ning 1% li suvli eritmasida  $MgHPO_4$  (k.t.) va  $MgF_2$  (k.t.) larning izotermik eruvchanligini oʻrganish –  $MgHPO_4$  (k.t.) va  $MgF_2$  larning suvdagi eruvchanligi muvofiq ravishda 1,392 va 0,117% ( $MgO$  boʻyicha 0,464 va 0,0755%), ammoniy nitrat eritmasidagi eruvchanligi esa muvofiq ravishda 9,99% va 0,248% ( $MgO$  boʻyicha 3,330 va 0,160%) boʻlishini aniqlash imkoniyatini yaratdi. Shunday ekan, 1,0% li ammiakli selitra eritmasida magniy tuzlarining eruvchanligi  $MgHPO_4$  uchun yetti marta,  $MgF_2$  uchun ikki marta ortadi.

20°C haroratda 0,1, 0,5 va 1,0 molyarli ammiakli selitra eritmalarida  $MgF_2$  ning eruvchanligini oʻrganish natijasida  $MgF_2$  ning eruvchanligi konsentratsiyaning ortishi bilan deyarli oʻzgarmasligi aniqlandi. Masalan, 0,1



molyarli ammiakli selitra eritmasida  $MgF_2$  ning eruvchanligi 0,2478% (0,1598%  $MgO$ , ya'ni 0,040 mol  $MgF_2$ ) ni, 0,5 molyarli eritmada 0,2694% (0,17388%  $MgO$ , ya'ni 0,0435 mol  $MgF_2$ ) ni va 1,0 molyar eritmada esa 0,2695% (0,1753%  $MgO$ , ya'ni 0,0435 mol  $MgF_2$ ) ni tashkil etadi.

$MgSO_4-H_3PO_4-NH_4NO_3-H_2O$  sistemasini o'rganish natijasida 0–60%  $P_2O_5$  konsentratsiyali intervalda  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  ning eruvchanligi  $MgSO_4-H_3PO_4-H_2O$  sistemasidagiga nisbatan 2-1,5% ga ortishi aniqlandi.

Tarkibida magniy bo'lgan fosforitlarni fosfat kislotaga sulfat kislotali ekstraksiyalash jarayonida magniy birikmalarining to'la ekstraksion fosfat kislota tarkibiga o'tishi kuzatiladi. Bunday EFK ni bug'latish jarayonida eritmadagi barcha tuzlarning to'yinishi bilan bir qatorda dastlab magniy ionlarining sulfat ionlari bilan birikib  $MgSO_4$ , so'ngra shu bilan bir vaqtda uning gidratlanishi hisobiga  $MgSO_4 \cdot H_2O$  dan toki  $MgSO_4 \cdot 7H_2O$  gacha bo'lgan gidratlanish jarayoni sodir bo'ladi. Bu esa EFK ning quyilib qolishi va oquvchanligini yo'qotishiga sabab bo'luvchi omillardan biridir. Bundan tashqari, eritmaning quyilishiga EFK tarkibidagi boshqa kation va anionlardan iborat qo'shimchalar ham o'z ta'sirini ma'lum darajada ko'rsatadi.

Shuning uchun ekstraksion fosfat kislotani bug'latishda kislotani quyilib qolishiga olib keladigan undagi qiyin eruvchan qo'shimchalarni eritish maqsadida va ekstraksion fosfat kislotani konsentrlashda uning qovushqoqligini kamaytiruvchi qo'shimcha sifatida ammoniy nitrat ishlatilgan.

Tarkibida magniy bo'lgan ekstraksion fosfat kislotani bug'latishdan oldin uning tarkibidagi magniyning miqdoriga muvofiq holda:

$$m_{NH_4NO_3} = 0,5 + 0,25 \cdot n_{MgO},$$

bu yerda,  $m$  – EFK ga qo'shiladigan ammoniy nitratning og'irlik miqdori;

$n$  – EFK dagi  $MgO$  ning og'irlik miqdori; 0,5 – doimiy son

formula bo'yicha ammoniy nitrat qo'shiladi va eritmani 50–55%  $P_2O_5$  gacha bug'latiladi.

Eritmadagi  $MgSO_4 \cdot (1 \div 7)H_2O$  ammoniy nitrat bilan ta'sirlashadi:



EFK ni bug‘latish jarayonida suvning kamayishi hisobiga, Le-Shatele prinsipiga muvofiq, reaksiyon muvozanat o‘ng tomonga siljiydi. Natijada yaxshi fizik-kimyoviy va reologik xossaga ega bo‘lgan, hattoki uzoq vaqt minusli haroratlarda turib qolganda ham quyilib qolmaydigan oquvchan kislota olinadi. Olingan kislota tarkibidagi ftorning miqdorini 0,3% gacha pasaytirish mumkin, natijada bunday kislotalardan ftorsizlangan yuqori konsentratsiyali o‘g‘itlar olinish usullari yuzaga chiqdi. Magniyli ekstraksiyon fosfat kislotalarni bug‘latish yo‘li bilan (30-35% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gacha) konsentrlash orqali esa qo‘shaloq superfosfatlar turidagi o‘g‘itlar olish imkoniyatini yaratdi. Bunday usullarda (50-55% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> gacha) konsentrlangan kislota tarkibida turli tuzlarning to‘yingan eritma holatida bo‘lishi, hattoki 50-55% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> li eritmalarida (apatitli kislotalardan farqli ravishda) polifosfat kislotalarning mavjud bo‘lishini ta‘minlaydi, bu esa ulardan polifosfatli va suyuq suspenziyalik kompleks o‘g‘itlar olish imkoniyatini ochib berdi.

Tarkibida magniy bo‘lgan ekstraksiyon fosfat kislotani bug‘latishdan oldin kationitli magniysizlantirish usuli ham ishlab chiqilgan. Bu usulda tarkibida ≈20% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 2-3% MgO va boshqa qo‘shimchalar bo‘lgan ekstraksiyon fosfat kislota ion almashinish yo‘li bilan tozalanadi, hosil qilingan kislotani talab etilgan (60-70% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) konsentratsiyagacha bug‘latiladi, ular asosida ammoniy polifosfatlari va boshqa suyuq hamda qattiq shakldagi o‘g‘itlar olinadi.

Ekstraksiyon fosfat kislotani odatdagi kationitli tozalashda kislota eritmasi kationitdan o‘tkaziladi, so‘ngra ifloslangan kationitni suv bilan yuviladi va kuchli mineral – sulfat, nitrat, xlorid kislotalar bilan regeneratsiyalanadi; regeneratsiyalangan kationit suv bilan yana yuviladi va unda yana ekstraksiyon fosfat kislotani tozalash mumkin bo‘ladi. Bu usul kationitni tozalash bilan bog‘liq ko‘p bosqichli jarayon bo‘lganligi sababli jarayon davomiyligining uzunligi, ishlab chiqarish samaradorligining pastligi, yo‘qotiladigan fosfat kislotaning (tozalanadigan kislotaning 5% gacha) siklga qaytarilmasligi kabi yetarlicha kamchilikka egadir. Bundan tashqari, regeneratsiyalashdan hosil bo‘ladigan

eritmani neytrallash va ularni chiqindixonalarda saqlash kabi muammolarni keltirib chiqaradi.

Shuning uchun kationitni yopiq sikldagi regeneratsiyalash yo‘li bilan ekstraksion fosfat kislotani kationitli tozalash orqali samarador usulga erishilgan. Buning uchun ammiakli shakldagi ionitlar ishlatiladi. Bunda kationitni regeneratsiyalash uchun  $\text{NH}_3:\text{P}_2\text{O}_5$  massa nisbati 0,3-0,42, ko‘pincha 0,36 ga teng bo‘lgan ammoniy fosfatlarining 5% li suvli eritmaları ishlatiladi. Bu usulda regeneratsiyalashdan oldingi va keyingi kationitni yuvish jarayonlari o‘tkazilmaydi, bu esa ishlab chiqarish intensivligini oshiradi va fosfat kislota yo‘qotilishini kamaytiradi.

Shunday qilib, tarkibida magniy bo‘lgan ekstraksion fosfat kislotalarning konsentrlashdan tortib, toki murakkab o‘g‘itlar olishgacha bo‘lgan muammolar amaliy jihatdan o‘z yechimini topdi.

### *Nazorat uchun savollar*

1. Fosforning qanday kislorodli kislotalarini bilasiz?
2. Fosfat kislotaning fizik xossalarini tushuntiring.
3. Fosfat kislotaning kimyoviy xossalarini tushuntiring.
4. Fosfatli minerallar turlarini ayting
5. Fosfatli xomashyolarni boyitish usullarini ayting.
6. Yuqori magniyli fosfatlar va fosforli o‘g‘itlar ishlab chiqarishda ulardan samarali foydalanish yo‘llarini tushuntiring.
7. Termik fosfat kislota deganda nimani tushunasiz?
8. Elektrotermik usulda fosfor olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
9. Sanoatda oq (sariq) fosfor ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
10. Fosfor olish elektropetchining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
11. Termik fosfat kislota ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
12. Tabiiy fosfatlarni sulfat kislotali parchalashning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
13. Superfosfat olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
14. Qoratog‘ (yoki Qizilqum) fosforiti asosida superfosfat ishlab chiqarish jarayonini tushuntiring.
15. Superfosfatni ammoniylashtirishda qanday jarayonlar sodir bo‘ladi?
16. Apatitdan superfosfat ishlab chiqarish jarayonini tushuntiring.
17. Uzluksiz ishlaydigan superfosfat kamerasining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.

18. Donadorlangan va ammoniylangan superfosfat ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
19. Qishloq xo'jaligida qanday ftorli tuzlar ishlatiladi?
20. Vodorod ftoridning xossalarini ayting.
21. Ammoniy ftoridning xossalarini ayting.
22. Kremniy tetraftorid, kremneftorid kislota va uning tuzlari xossalarini ayting.
23. Ftorid kislota ishlab chiqarish usulini tushuntiring.
24. Ammoniy ftorid olish usulini tushuntiring.
25. Natriy geksaftorosilikat olish usulini tushuntiring.
26. Natriy ftorid olish usulini tushuntiring.
27. Ekstraksion fosfat kislota deganda nimani tushunasiz?
28. Ekstraksion fosfat kislota olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
29. Ekstraksion fosfat kislota ishlab chiqarishning qanday usullarini bilasiz?
30. Tarnovli karusel vakuum-filtrning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
31. Ekstraksion fosfat kislota olishning digidratli usulini tushuntiring.
32. EFK ishlab chiqarishning texnologik ko'rsatkichlari nimaga asoslanib aniqlanadi?
33. EFK olishning yarimgidratli va yarimgidrat-digidratli usullarini tushuntiring.
34. Ekstraksion fosfat kislota deganda nimani tushunasiz?
35. Ekstraksion fosfat kislota olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
36. Ekstraksion fosfat kislota ishlab chiqarishning qanday usullarini bilasiz?
37. Tarnovli karusel vakuum-filtrning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
38. Ekstraksion fosfat kislota olishning digidratli usulini tushuntiring.
39. EFK ishlab chiqarishning texnologik ko'rsatkichlari nimaga asoslanib aniqlanadi?
40. EFK olishning yarimgidratli va yarimgidrat-digidratli usullarini tushuntiring.
41. EFKni qo'shimchalardan tozalash jarayonini tushuntiring.
42. Ftorsizlantirilgan EFK qanday usullarda olinadi?
43. Fosfat kislotani konsentrlash jarayonlarini tushuntiring.
44. Magniy bo'lgan EFK ni konsentrlash jarayonini tushuntiring.

## **XLORID KISLOTA ISHLAB CHIQRISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI**

### **1-§. O'yuvchi natriy, xlor va vodorod ishlab chiqarish**

Doimiy elektr toki ta'siri ostida boradigan kimyoviy jarayonlar elektrokimyoviy jarayon deb ataladi. Elektrokimyoviy jarayonlarda doimiy elektr toki tuzlar yoki oksidlar eritmasi yoki suyuqlanmasi orqali o'tadi va elektroliz natijasida yangi moddalar olinadi.

Elektrokimyoviy jarayonlar elektrolizyor yoki elektrolitik vanna deb ataladigan jihozlarda amalga oshiriladi.

Elektrokimyoviy usul kimyoviy usulga nisbatan bir qator afzalliklarga egadir: unda bitta jihozda bir paytning o'zida bir necha qimmatbaho mahsulotlar olinishini ta'minlanadi; ishlab chiqarishning kimyoviy usullarida qiyinchilik bilan erishiladigan yuqori tozalikka ega bo'lgan mahsulotlar olinadi; xomashyo va energiyadan deyarli to'la foydalaniladi. Shu sababli xalq xo'jaligida elektrokimyoviy usuldan keng miqyosda foydalaniladi. Kimyo sanoatida xlor, vodorod va kislorod, ishqorlar, oksidlovchilar, ayrim organik mahsulotlar va boshqalar faqat elektrokimyoviy usulda olinadi. Metallurgiyada elektroliz katta ahamiyat kasb etadi. Mis, rux, aluminiy, natriy va boshqa metallar elektrokimyoviy yo'l bilan olinadi. Metallarni korroziyadan saqlash ham elektrokimyoviy yo'lda o'tkaziladi: himoyalanuvchi metall sirtiga rangli metallar, masalan nikel, xromning yupqa qatlami yotqiziladi. Bu qoplama galvanik qoplama deb yuritiladi.

Elektrokimyoviy jarayonlarni amalga oshirish katta miqdordagi elektr energiyasi xarajatlari bilan bog'liqdir. Elektr energiyasining narxi ko'p hollarda olinadigan mahsulotlar narxini belgilaydi va shuning uchun arzon elektr energiyasi bo'lgandagina elektrokimyoviy qurilmalar maqsadga muvofiq bo'ladi. Respublikamizda energetikaning keskin rivojlanishi elektrokimyoviy ishlab chiqarishning rivojlanishiga mustahkam asos yaratadi.

Binobarin elektrokimyoviy jarayonlarni amalga oshirish elektroenergiya bilan bog'liq ekan, bu holda undan samarali foydalanish masalasi katta ahamiyat kasb etadi.

Elektrolizda elektroenergiyadan samarali foydalanish mezoni sifatida tok bo'yicha unum va energiyadan foydalanish koeffitsienti xizmat qiladi.

*Tok bo'yicha unum.* Tok bo'yicha unum  $\eta$  – ma'lum miqdordagi elektr energiyasi sarflanishi natijasida elektrolizda olingan moddaning miqdori  $G_a$  ni Faradey qonuniga muvofiq olinishi mumkin bo'lgan moddaning miqdori  $G_n$  ga nisbatidir. Tok bo'yicha unum odatda foizlarda ifodalanadi:

$$\eta = \frac{G_a}{G_n} \cdot 100 \%$$

Olingan moddaning nazariy miqdori  $G_n$  quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$G_n = \frac{I\tau E}{1000}$$

bu yerda:  $I$  – tok kuchi, a;  $\tau$  – elektroliz davomiyligi, soat;  $E$  – elektrokimyoviy ekvivalent – elektrodan 1 a·s tok o'tganda ajraladigan moddaning miqdori (xlor uchun 1,323, o'yuvchi natriy uchun 1,492, vodorod uchun 0,0376).

**Misol.** 15500 a tok kuchida osh tuzi eritmasini 24 soat elektroliz qilish uchun vannada tarkibida 125 g/l NaOH bo'lgan 4200 l elektrolitik eritma olindi.

Quyidagi miqdordagi natriy xlorid nazariy jihatdan olinishi mumkin:

$$G_n = \frac{15500 \cdot 24 \cdot 1,492}{1000} = 555 \text{ kg}$$

Amalda esa quyidagi miqdorda o'yuvchi natriy olinadi:

$$G_a = \frac{125 \cdot 4200}{1000} = 525 \text{ kg}$$

Demak, tok bo'yicha unum:

$$\eta = \frac{525}{555} \cdot 100 = 94,6 \% \text{ ni tashkil etadi.}$$

Sanoat elektrolizida unum doimo 100% dan kam bo'ladi, bu esa qo'shimcha kimyoviy va elektrokimyoviy jarayonlar sodir bo'lishini ko'rsatadi. Tok bo'yicha

unumni oshirish uchun bu jarayonlarni bartaraf etish choralarini ko‘rishni taqazo etadi.

*Energiyadan foydalanish koeffitsienti.* Energiyadan foydalanish koeffitsienti  $\mu$  – mahsulot birligi ajrab olish uchun kerak bo‘ladigan energiya miqdori  $\omega_n$  ni haqiqatda sarflangan energiya miqdori  $\omega_a$  ga nisbatini ifodalaydi. U foizlarda ifodalanadi:

$$\mu = \frac{\omega_n}{\omega_a} \cdot 100 \%$$

Mahsulot birligi ajrab olish uchun kerak bo‘ladigan energiya miqdori quyidagi formula bo‘yicha topiladi:

$$\omega_n = \frac{v_\tau I \tau}{G_\tau} \text{ kvt} \cdot \text{s/t}$$

bu yerda:  $v_\tau$  – parchalanishning nazariy kuchlanishi.

Olinadigan mahsulot birligiga energiyaning amaldagi sarfi elektrolizga berilgan kuchlanish  $v_a$  ga bog‘liqdir:

$$\omega_a = \frac{v_a I \tau}{G_a} \text{ kvt} \cdot \text{s/t}$$

Shunday qilib, energiyadan foydalanish koeffitsienti quyidagi tenglama bilan ifoda etiladi:

$$\mu = \frac{v_n}{v_a} \cdot \eta \%$$

Tenglamadan ko‘rinadiki, tok bo‘yicha unum qanchalik katta va vannadagi kuchlanish qanchalik kichik bo‘lsa, energiyadan foydalanish koeffitsienti shunchalik katta bo‘ladi.

Osh tuzi eritmasini temir katodli va grafit anodli vannada elektroliz qilinganda kuchlanish nazariy jihatdan ( $v_n$ ) 2,14 v ga, amalda esa ( $v_a$ ) 3,6 v ga teng bo‘ladi. Agar tok bo‘yicha unum 94,6% deb qabul qilinsa (misolga qarang), energiyadan foydalanish koeffitsienti:

$$\mu = \frac{2,14}{3,6} 94,6 = 56,2 \%$$
 ga teng bo‘ladi.

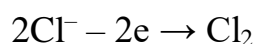
Osh tuzi suvli eritmasining elektrolizi boshqa elektrokimyoviy jarayonlar orasida keng o‘rin egallagan. Unda bir vaqtning o‘zida xlor, vodorod va o‘yuvchi natriy olinadi.

Xomashyolar. Xlor ishlab chiqarish uchun osh tuzi xomashyo vazifasini bajaradi.

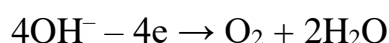
Xlor olish uchun osh tuzining to‘yingan eritmasi elektroliz qilinadi. Osh tuzining to‘yingan eritmasi tabiiy (toshtuz yoki cho‘kindili) osh tuzini suvda namakob tarzida eritiladi, mexanik qo‘shimchalardan ajratiladi, kalsiy va magniy ionlaridan tozalanadi va elektrolizga yuboriladi.

Osh tuzi eritmasining elektrolizi qattiq, temir (po‘lat) katodli va diafragma bilan ajratilgan vannalarda yoki suyuq simob katodli vannalarda amalga oshiriladi. Yirik zamonaviy xlor olish sexlari jihozlari uchun qo‘llaniladigan sanoat elektrolizyorlari yuqori unumdorlikka va sodda konstruksiyaga ega bo‘lishi, ixcham bo‘lishi, ishonchli va barqaror ishlashi lozim.

Po‘lat katodli va grafit anodli vannada osh tuzi eritmasining elektrolizi osh tuzi eritmasidan doimiy tok o‘tkazishga asoslangandir. Bu holatda anodda xlor ajralib chiqishi:



yoki kislorod ajralib chiqishi:



yoki vodorod ajralib chiqishi:



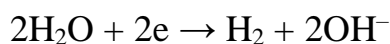
Natriy xlorid neytral to‘yingan eritmasida  $\text{OH}^-$  ionining muvozanatdagi potensial razryadi +0,82 v ni, xlor ionlarining normal elektrod potentsiali esa +1,33 v ni tashkil etadi. Demak, anodda kichik qayta kuchlanish bilan birinchi navbatda kislorod zaryadsizlanadi.

Grafit anodda kislorodning zaryadsizlanish potentsiali xlornikidan anchagina katta, shuning uchun anodda asosan xlorning zaryadsizlanishi sodir bo‘ladi va gaz holatdagi xlor ajralib chiqadi.



NaCl konsentratsiyasining ortishi anodda xlor ajrashini ta'minlaydi, shu sababli elektroliz uchun tarkibida 310-315 g/l natriy xlorid bo'lgan konsentrlangan eritmadan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

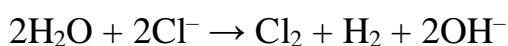
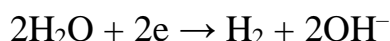
Katodda ishqoriy eritmada suv molekulalarining zaryadsizlanishi sodir bo'ladi:



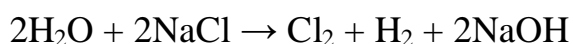
Qattiq katodda suvli eritmadan natriy ionlarining zaryadsizlanishi mumkin emas, chunki natriy ionining zaryadsizlanish potentsiali vodorodga nisbatan anchagina kattadir. Eritmadagi gidroksid ionlari natriy ionlari bilan ishqor eritmasini hosil qiladi:



Eritmada NaCl ning umumiy parchalanish jarayonini quyidagi reaksiyalar orqali ifodalanishi mumkin:

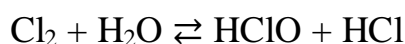


yoki

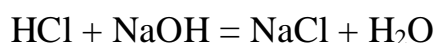
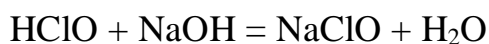


Shunday qilib, anodda xlor, katodda esa vodorod va o'yuvchi natriy hosil bo'ladi.

Elektrolizda asosiy jarayonlar bilan bir qatorda qo'shimcha jarayonlarning ham sodir bo'lishi kuzatiladi. Shunday qo'shimcha jarayonlardan biri anodda kislorodning hosil bo'lishidir. Bundan tashqari, xlor elektrolitda erishi va quyidagi reaksiya tenglamasi bo'yicha gidrolizlanishi mumkin:



Ishqorning anodga diffuziyasi yoki katod va anod mahsulotlarining aralashishi natijasida gipoxlorid va xlorid kislotalarning tuzlari hosil bo'ladi:



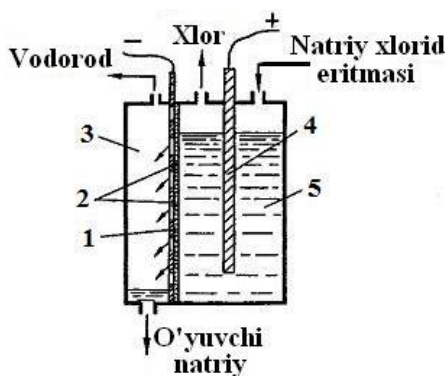
$\text{ClO}^-$  ionlari anodda  $\text{ClO}_3^-$  gacha oson oksidlanadi. Binobarin, elektrolizdagi qo'shimcha jarayonlar natijasida xlor, vodorod va o'yuvchi natriydan tashqari kislorod, natriy gipoxlorid, xlorit va xloratlari hosil bo'lishi mumkin, bu esa tok bo'yicha unum hamda energiyadan foydalanish koeffitsientini pasaytiradi.

Qo'shimcha reaksiyalarni kamaytirish uchun katod va anod mahsulotlari aralashishini oldini oladigan sharoitlarni yuzaga keltirilishi lozim. Bunga katod va anod maydonlarini diafragma bilan ajratilishi hamda  $\text{OH}^-$  ionlarini anod tomon harakatlanishiga qarama-qarshi yo'nalishida diafragma orqali elektrolitning filtrlanishi kiradi. Bunday diafragmalar «filtrlovchi diafragma» deb ataladi va asbestdan tayyorlanadi.

Elektroliz haroratining va elektrolitdagi NaCl konsentratsiyasining ortishi natijasida xlorning eruvchanligi kamayadi, shuningdek katod eritmasida NaOH konsentratsiyasining kamayishi qo'shimcha jarayonlar sodir bo'lishini kamaytiradi.

Elektroliz haroratining ortishi nafaqat tok bo'yicha unumni oshiradi, balki elektrolit elektr o'tkazuvchanligini ham oshiradi, bu esa vanna kuchlanishini pasaytiradi. Shunday qilib, haroratning ortishi elektroenergiya sarfini kamaytiradi, shuning uchun odatda natriy xlorid eritmasining elektrolizi  $70-80^\circ\text{C}$  haroratda amalga oshiriladi.

*Sanoat elektrolizyorlari.* Filtrlovchi diafragmali sanoat elektrolizyorlari ishlab chiqarishda keng qo'llaniladi. Bunday vannalarning ishlash prinsipi 10.1-rasmda tasvirlangan. Vannada teshikli po'lat katod (1) va grafit anod (4) bo'ladi. Katodga asbest kartondan iborat filtrlovchi diafragma (2) zich yopishtirilgan bo'ladi.



**10.1-rasm. Filtrlovchi diafragmali elektrolitik vanna sxemasi.**

Natriy xlorid eritmasi anod maydoni (5) ga beriladi, diafragmadan o'tishda filtrlanadi va katodga boradi.

O'zgarmas elektr toki o'tkazilganda anodda xlor, katodda esa vodorod va o'yuvchi natriy hosil bo'ladi, vodorod va o'yuvchi natriy katod teshiklaridan o'tib, katod maydoni (3) orqali vannadan chiqariladi.

Vannada osh tuzi to'la parchalanmaydi hamda ishqor va parchalanmagan osh tuzining doimiy konsentratsiyasi hosil qilinadi. Vannadan chiqariladigan elektrolitik eritma tarkibida 110-120 g/l NaOH va 180-170 g/l NaCl bo'ladi.

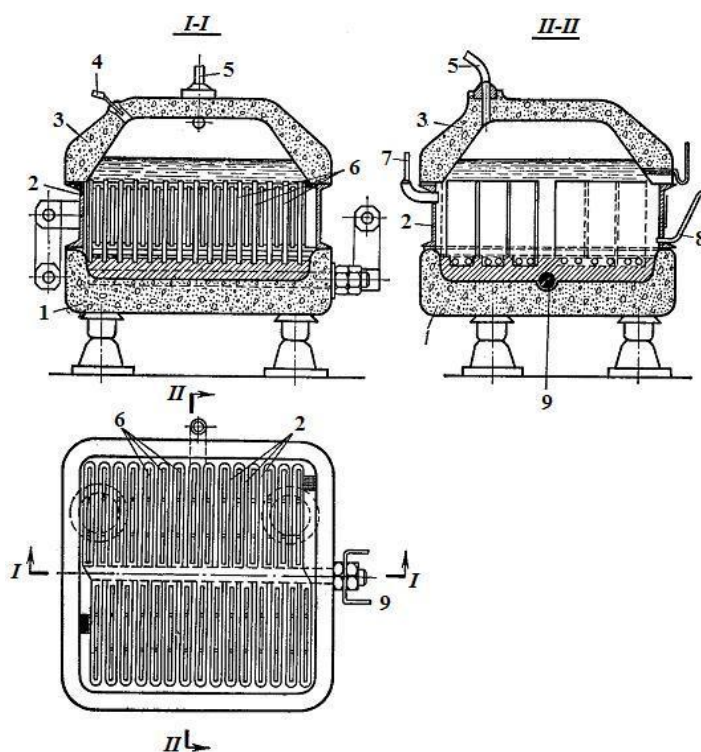
Sanoat elektrolizyorlari katta unumdorlikka ega bo'lishi lozim, bunga amper yuklamani oshirish orqali erishiladi. 50000 a amper kuchlanishli quvvatli vannalar katta sirt yuzaga ega vertikal katod va vertikal anod bilan tayyorlanadi. Bunday holatda diafragma asbest tolaning tuz-ishqorli eritmadagi suspenziyasidan katod yuzasiga «cho'ktirish» yoki vakuum yordamida so'rib olish orqali tayyorlanadi.

*Cho'ktirilgan diafragmali vanna.* Cho'ktirilgan diafragmali vannaga Xuker vannasi misol bo'lishi mumkin (10.2-rasm). U uch asosiy qismdan iborat: beton taglik (1), po'lat katod (2) va beton qopqoq (3). Taglik to'g'ri burchakli tegana shaklida bo'lib, unga quyi qismiga qo'rg'oshin quyish bilan grafit anodlar (6) hamda tok o'tishi uchun xizmat qiladigan misli sterjen (9) mahkamlangan. Anodlar grafit plastinkalar ko'rinishida bo'ladi. Katod – po'lat rama bo'lib, uning ichiga tekis yuzali po'lat to'r mahkamlangan.

Vanna yuqori qismiga qopqoq o'rnatilgan, unda namakob berish uchun tirqish (4) va xlor chiqarish uchun tirqish (5) mavjud. Vodorod katod maydonidagi shtutser (7) orqali chiqariladi. Elektrolitik eritmani quyib olish uchun quvur (8) xizmat qiladi.

Elektrolizyorda tevarak atrof-muhitga energiyaning issiqlik hisobida yo'qotilishini kamaytirish uchun issiqlik izolyatsiyasiga ega.

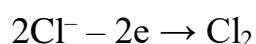
Cho'ktirilgan diafragmali vanna 94-97°C haroratda ishlaydi. Vannaga 10000 a yuklama beriladi, kuchlanish 3,75 v ni, tok bo'yicha unum 96% ni, energiyadan foydalanish koeffitsienti esa 60% ni tashkil etadi.



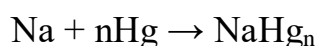
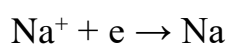
**10.2-rasm. Cho‘ktirilgan diafragmali elektrolitik vanna sxemasi.**

Elektroliz jarayonida BGK-17-25 va BGK-17-50 turidagi vannalar ko‘p ishlatiladi. Tuzilishi va energiyadan foydalanish bo‘yicha bu vannalar boshqa turlaridan ustun turadi.

*Simob katodli vanna.* Simob katodli va grafit anodli vannalarda natriy xlorid eritmasining elektrolizi anodda xlor tnlarning zaryadsizlanishi hisobiga gaz holatdagi xlor ajralishi bilan amalga oshadi:



Simob katodda vodorodning ajralishi katta kuchlanish bilan sodir bo‘ladi. Agar neytral eritmadan vodorodning ajralish potentsiali temir katodda  $-0,415$  v ni tashkil qilsa, simob katodda  $-1,7 \div -1,85$  v ni tashkil etadi. Simobda natriy katta depolyarizatsiya effekti bilan ajraladi, ortiqcha simobda erib,  $\text{NaHg}_n$  amalgamasini hosil qiladi. Shuning uchun simob katodda natriyning zaryadsizlanish potentsiali muvozanatli potentsalidan kichik bo‘ladi. Uning muvozanatli potentsiali  $-2,71$  v bo‘lgani holda simob anodda  $-1,2$  v ga teng. Shunday qilib, simob anodda quyidagi jarayonlar sodir bo‘ladi:



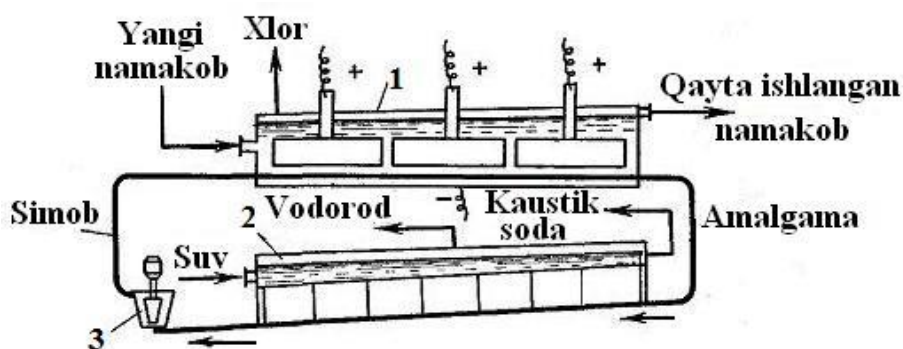
va vodorod ajralishi amalda kuzatilmaydi.

Natriy amalgamasi maxsus parchalash jihozida suv bilan quyidagi reaksiya bo'yicha parchalanadi:



Simob katodli vannada elektroliz jarayoni o'rtacha 4,3-4,4 v kuchlanishda sodir bo'ladi.

Simob katodli vannaning prinsipial sxemasi 10.3-rasmda tasvirlangan. U ikki qismdan iborat: elektrolizyor va gorizontaal parchalagich.



10.3-rasm. Simob katodli elektrolitik vanna sxemasi.

Elektroliz va parchalagich tuzilish jihatdan ajratigan bo'lishi mumkin hamda ular bir-biri bilan o'tkazgich quvurlari bilan tutashtirilgan yoki bitta niqobga birlashtirilgan bo'ladi.

Elektrolizyor (1) – to'g'ri burchak kesimli uzun vanna bo'lib, ustki qismi qopqoq bilan berkitilgan, qopqoqqa grafit anod biriktirilgan bo'ladi. Vannaning qisman qiya tagligiga katod shina joylangan va u orqali muntazam yupqa qatlamli simob harakatlanadi. Shunday qilib, vanna tagligi katod hisoblanadi. Elektrolizyor natriy xloridning to'yingan eritmasi (310-315 g/l) bilan ta'minlanadi, unga elektroliz jarayonida osh tuzi 260-270 g/l konsentratsiyagacha bo'lgan eritmasi qo'shiladi. Elektrolit vannadan unda erigan xlor bilan chiqadi, xlorni vakuum ostida ajratiladi, qisilgan havo purkash orqali tuz bilan to'yintiriladi, qo'shimchalardan tozalanadi va qayta elektrolizga beriladi. Hosil bo'lgan xlor vanna qopqog'i orqali chiqariladi.

Elektroliz jarayonida elektrolizyor tagligi bo'yicha simobning harakatlanishi natijasida natriy amalgamasi olinadi, u simobda eriydi va elektrolizyordan parchalagich (2) ga o'tkaziladi. Gorizontal parchalagich – qopqoqli to'g'ri burchak tarnovdir. Parchalagichga suv beriladi va unda vodorod va ishqor mahsulotlari hosil bo'ladi. Parchalagich tagligi qisman qiya bo'lib, shu tufayli simob taglik bo'yicha harakatlanadi, parchalagichdan ko'targich (3) orqali elektrolizyorga uzatiladi.

Turli turdagi vannalar ish ko'rsatkichlari 10.1-jadvalda keltirilgan.

10.1-jadval

### Elektrolizyorlarning ish ko'rsatkichlari

Ko'rsatkichlar	Elektrolizyor turlari			
	Cho'ktirilgan diafragmali		Simob katodli	
	BGK-17-25	BGK-17-50	Solve-200	R-50
Yuklama, a .....	25000	50000	190000	30000
Kuchlanish, v .....	3,6	3,7	4,56	4,6
Tok bo'yicha unum, % .....	96	96	96	96
1 t xlorga energiya sarfi, kvт·s ..	2840	2920	3600	3240
Ishqor konsentratsiyasi, g/l .....	130-140	130-140	620-700	620-700

Ikki turdagi vannalar ishning ko'rsatkichlarini taqqoslash ko'rsatadiki, yuqori kuchlanish bo'lganligi sababli simob katodli vannalarda diafragmali vannalarga nisbatan energiya sarfi katta bo'ladi. Bundan tashqari, simob katodli vannalarni ishlatish birmuncha murakkab, ular qurilmalarining kapital xarajatlari katta bo'ladi. Simob vannalari jihozlangan vannalarda mehnat sharoiti og'ir, simobli vannalar katta hajmni egallaydi.

Simobli vannalarda osh tuzidan ajratilgan konsentrlangan eritmalar olish mumkinligi bunday vannalarning yagona ustunligi hisoblanadi. Shundan kelib chiqqan holda, toza ishqor olish talab etilsa (masalan, viskoza tolasi ishlab chiqarishda), barcha holatlarda simob katodli vannalar ishlatiladi.

Elektroliz sexlarida vannalar doimiy tok bilan ta'minlanadi hamda seriyalar deb ataluvchi vannalar birin-ketin joylashtiriladi. Seriyalardagi vannalar soni tok

to'g'rilagichga beriladigan kuchlanishga bog'liq bo'ladi. Ko'p hollarda o'zgarmas tok manbaining kuchlanishi 240-280 v bo'lganda seriya 60-70 vannadan iborat bo'ladi.

Ishqor, vodorod va xlor. Elektroliz natijasida eritma tarzidagi ishqor olinadi, u bug'latgich jihozlarida konsentrlanadi. Diafragmali vannalarda olingan ishqor tarkibida 130-140 g/l gacha NaOH va 180-170 g/l gacha NaCl bo'ladi. Past konsentratsiyali o'yuvchi natriy eritmasini saqlash va tashish iqtisodiy jihatdan maqbul emas. Diafragmali vannalarda olinadigan ishqor tarkibida ko'p miqdorda osh tuzi bo'ladi va undan ayrim ishlab chiqarishlarda foydalanib bo'lmaydi. Shunday qilib, elektrolizdan olingan eritmalarni konsentrlash, diafragmali vannalarda olingan ishqor eritmasini esa natriy xloriddan tozalash va osh tuzini elektrolizga qaytarish kerak bo'ladi.

Eritmalarni konsentrlash vakuum-bug'latgichli jihozlarda 40-50% NaOH konsentratsiyagacha bug'latish orqali amalga oshiriladi. Kaustik sodaning keyingi suvsizlantirilishi suyuqlantiruvchi qozonlarda o'tkaziladi, natijada qattiq kaustik soda olinadi.

Diafragmali vannalar elektrolitik eritmalarini bug'latish natijasida qattiq osh tuzi ajralib chiqadi. Bu eritmada NaOH konsentratsiyasi ortishi osh tuzi eruvchanligining keskin kamayishiga olib kelishi orqali izohlanadi.

Ajralib chiqqan osh tuzi filtrlash orqali eritmadan ajratiladi, yuviladi, suvda eritiladi va elektroliz jarayoniga qaytariladi.

Amalda bug'latish va suyuqlantirishdan so'ng tarkibida 1-3% NaCl bo'lgan ishqor olinadi.

Vodorod sovutiladi va iste'molchiga yuboriladi.

Elektrolizda olinadigan xlor suv bug'i bilan to'yingan bo'ladi. Xlorni quritish ikki bochqichda amalga oshiriladi. Xlordan namlikni ajralishi uchun u sovutgichda 20-30°C haroratgacha sovutiladi, so'ngra to'la quritish uchun kuporos moyi taqsimlanadigan to'ldirgichli minoraga beriladi. Quruq xlor ventiryator yoki kompressor yordamida po'lat quvur orqali (quruq xlor metallni yemirmaydi) iste'molchi sexiga o'tkaziladi.

Ko'pgina korxonalarda xlori qisish orqali suyuqlantirish amalga oshiriladi. Xlor uchta usul bilan suyuqlantiriladi: 1) 10-12 atm bosim va xona haroratida; 2) atmosfera bosimi va qariyb  $-50^{\circ}\text{C}$  bo'lgan quyi haroratda; 3) 3-6 atm bosim va  $-5$  dan  $-25^{\circ}\text{C}$  gacha haroratda. Suyuq xlor 50 t gacha sig'imli po'lat ballonlar, bochkalar yoki sisternalarga quyiladi va shunday tarzda iste'molchiga yuboriladi.

## **2§. Xlorid kislota ishlab chiqarish**

*Vodorod xlorid va xlorid kislota xossalari.* Xlorid kislota vodorod xloridning suvdagi eritmasidir.

Vodorod xlorid – rangsiz gaz bo'lib,  $-114,2^{\circ}\text{C}$  haroratda suyuqlanadi va  $-85^{\circ}\text{C}$  haroratda qaynaydi. Vodorod xlorid suvda juda yaxshi eriydi va bunda anchagina miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Vodorod xloridning suvda eruvchanligi haroratga bog'liqdir. 760 mm sim.ust. bosimida  $0^{\circ}\text{C}$  haroratda 1 l suvda 525,5 l HCl (eritmadagi massa ulushi 46,15% HCl) eriydi.

Vodorod xlorid suv bilan 760 mm sim.ust bosimida 20,24% HCl bo'lgan azeotrop aralashma hosil qiladi va u  $110^{\circ}\text{C}$  haroratda qaynaydi.

Sanoatda vodorod xlorid ham, xlorid kislota ham ko'p ishlatiladi. Vodorod xlorid organik birikmalar: etilen (etil xlorid olish uchun), asetilen (vinil xlorid olishda), etilen oksid (etilen xloridrin) kabilarni gidroxlrlashda va boshqa organik xlorli birikmalar sintezida ko'p miqdorda ishlatiladi.

Xlorid kislota rux, bariy va boshqa noorganik tuzlar ishlab chiqarishda, rangli metallurgiyada, galvanotexnikada, monovinilasetilen (xlorpren olishda), asetilen (vinilxlorid olishda) kabilarni gidroxlrlashda, anilin bo'yoqlari ishlab chiqarishda, kraxmal gidrolizida (spirt olishda) va boshqa ishlab chiqarish tarmoqlarida ishlatiladi.

Quyidagi turlardagi texnik xlorid kislota ishlab chiqariladi: texnik xlorid kislota (1- va 2-nav), sintetik (texnik) xlorid kislota. Texnik xlorid kislota sifati tegishli DAST talablarida belgilab berilgan. DAST talabiga muvofiq, texnik xlorid kislota 1- va 2-navlari tarkibida 27,5% dan kam bo'lmagan HCl, sintetik kislota esa 31% dan kam bo'lmagan HCl bo'lishi belgilangan.



Xlorid kislota 50 m<sup>3</sup> gacha hajmli ichki qismi niqoblangan po‘lat sisternalarda va 100 m<sup>3</sup> sig‘imli baklarda saqlanadi va tashiladi.

*Xlorid kislota ishlab chiqarish.* Xlorid kislota ishlab chiqarish ikki bosqichda amalga oshiriladi: vodorod xlorid olish va vodorod xloridni suvga yuttirish (absorbsiyalash). Xlorid kislota olishning turli usullari bir-biridan vodorod xlorid olish usullari bilan farq qiladi.

Vodorod xlorid olishning sulfatli usuli. Vodorod xlorid ishlab chiqarishning sulfatli usuli kimyoviy ishlab chiqarishning eski usullaridan biridir. Unda osh tuzi kuporos moyi bilan ta’sirlashib, quyidagi reaksiya bo‘yicha vodorod xlorid hosil qilinadi:



Jarayon kuydirish pechlarida 500-550°C haroratda o‘tkaziladi, bunda qattiq natriy sulfat va tarkibida 30-40% vodorod xlorid bo‘lgan gaz olinadi. Olinadigan gaz sulfat kislota va boshqa qo‘shimchalar bilan ifloslangan bo‘ladi. Undan vodorod xloridni absorbsiyalashda texnik xlorid kislota hosil bo‘ladi va uning konsentratsiyasi 27-31% dan oshmaydi.

Bu jarayon asosan natriy sulfat olish maqsadida amalga oshirilgan. Tabiiy natriy sulfat konlari topilgandan so‘ng bu usul o‘z ahamiyatini yo‘qotdi.

Vodorod xlorid sintezi. Osh tuzi suvli eritmasining elektrolizida olinadigan xlor va vodoroddan vodorod xlorid sintezi amalga oshiriladi. Vodorod xlorda ekzotermik reaksiya bo‘yicha yonadi:

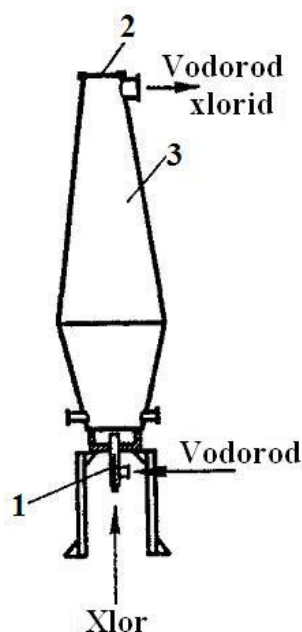


Odatdagi haroratda va qorong‘i sharoitida reaksiya sodir bo‘lmaydi. Yorug‘lik nuri ta’sirida va qizdirilganda reaksiya katta tezlikda sodir bo‘ladi va portlash bilan o‘tishi mumkin.

Amalda vodorodning xlorda portlashsiz yonishi 2300-2400°C haroratda amalga oshiriladi. Xlordan to‘la foydalanish uchun reaksiya aralashmasida 5-10% ortiqcha vodorod bo‘ladi. Xlorning vodorod bilan ta’sirlashuvi pechlarda o‘tkaziladi (10.4-rasm). Pech niqobi (3) po‘latdan tayyorlangan va ichki qismi o‘tga chidamli g‘isht bilan niqoblangan bo‘lib, ta’sirlashuvchi xlor va vodorod

alangasining shu'lasiga yaqin shakldagi forsunka ko'rinishida bo'ladi. Pechning yuqori qismi asbestli qopqoq (2) bilan berkitilgan bo'ladi, u portlash bo'lganda ochilib ketadi. Pech ostki qismi o'tga chidamli g'isht bilan niqoblangan va uni ustiga konsentrik joylashgan ikkita po'lat quvurdan iborat yondirgich (1) joylashtirilgan. Ichki quvurdan xlor, tashqi quvurdan esa vodorod beriladi. Yondirgichdan chiqishda gazlar aralashadi va bir-biri bilan ta'sirlashadi. Pech unumdorligi 100% li HCl hisobida sutkasiga 15-16 t ni tashkil etadi.

Elementar xlor va vodoroddan vodorod xlorid sintezi ko'pgina afzalliklarga egadir: tarkibida 80-90% HCl tutgan vodorod xlorid gazi hosil bo'ladi, bu esa 31% va undan yuqori konsentratsiyali xlorid kislota olish mumkin bo'ladi; yuqori tozalikka ega bo'lgan xlorid kislota olinadi; sulfat kislota olinmaydi; jarayon yoqilg'i sarflanmasdan o'tkaziladi.



**10.4-rasm. Vodorod xlorid sintez pechining sxemasi.**

Elementar xlor va vodoroddan vodorod xlorid sintezi keng-ko'lamda ishlatiladi. Hozirgi paytda vodorod xlorid organik sintez sanotining qo'shimcha mahsulotlaridan ham ko'p miqdorda ishlab chiqarilmoqda.

Vodorod xloridning suv bilan absorbsiyasi gidratlar hosil bo'lishi va issiqlik ajralib chiqishi bilan sodir bo'ladi. Agar absorbsiya jarayonida ajralib chiqadigan issiqlik atrof-muhitga chiqarilmasa, kislota harorati keskin ortib ketadi, natijada

tarkibida 20,24% HCl tutgan azeotrop aralashmadan yuqori konsentratsiyali kislota olib bo'lmaydi. Shu tufayli yuqori konsentrlangan kislota olish uchun erish issiqligini atrof-muhitga jadal chiqarish choralarini ko'rish lozim bo'ladi, bu esa ulkan absorbsiya qurilmalarida amalga oshirilishi bilan bog'liqdir.

A.M.Gasparyan tomonidan HCl erish issiqligini atrof-muhitga chiqarilmasdan, ya'ni adiabatik sharoitda vodorod xloridni suvga yutdirish usuli taklif etilgan. Bunda hosil bo'ladigan kislota harorati ortadi, bu esa kislota bug' bosimining ortishiga va suvning intensiv bug'lanishiga olib keladi. Suvning bug'lanishiga HCl erish issiqligi sarflanadi va bu adiabatik sharoitda harorat pasayishiga olib keladi.

Vodorod xloridning suv bilan absorbsiyasi sopol, kvarts, plastmassa (faolit, viniplast) kabi xlorid kislota chidamli materiallardan tayyorlangan to'ldirgichli minoralarda amalga oshiriladi. Vodorod xlorid minora quyi qismidan kiradi, suv esa yuqoridan pastga qarama-qarshi harakatlanadi. Diametri 0,45 m va balandligi 6,4 m bo'lgan minorada sintetik vodorod xloriddan sutkasiga 30 t gacha 31% li xlorid kislota olinishi mumkin.

### *Nazorat uchun savollar*

1. Xlorning fizik-kimyoviy xossalarini ayting.
2. Elektrokimyoviy usulda o'yuvchi natriy, xlor va vodorod olishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
3. Filtrlovchi diafragmalı elektrolitik vannaning tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.
4. Vodorod xlorid va xlorid kislota xossalarini ayting.
5. Xlorid kislota ishlab chiqarishning fizik-kimyoviy asoslarini tushuntiring.
6. Vodorod xlorid sintez pechining tuzilishi va ishlash prinsipini tushuntiring.

## *XI-bob*

### **FTORID KISLOTA ISHLAB CHIQRISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI**

Hozirgi zamon kimyoviy texnologiyasi va texnikasida ftorli birikmalar muhim rol o'ynaydi. Suyuq vodorod ftorid spirtlar, aldegidlar va efirlar, polimerlash, izomerlash va alkillash jarayonlari uchun katalizatorlar sifatida, masalan yuqori faol motor yoqilg'ilari olish jarayonida qo'llaniladi. Suvsiz va suyuq vodorod ftoriddan organik birikmalarning ftorli hosilalari – issiqlik tashuvchilar, dielektriklar, yong'in o'chirish vositalari sifatida ishlatiladigan uglerod ftoridlar, shuningdek termo- va kimyoviy barqaror platmassalar (ftoroplastlar), xlorli uglerod ftoridlari (freonlar) tayyorlash uchun qo'llaniladi. Kislotadan titan, sirkoniy, niobiy, tantal, vanadiy va boshqa metallar ftoridlari ishlab chiqarishda foydalaniladi.  $\text{CoF}_3$ ,  $\text{MnF}_3$ ,  $\text{CeF}_4$ ,  $\text{PbF}_4$  va  $\text{AgF}_2$  lar uglevodorodlarni ftorlash jarayonida katalizator hisoblanadi. Kauchuklar, farmatsevtika preparatlari olish va boshqa jarayonlarda katalizator sifatida bor ftorid ishlatiladi. Surma, simob va rux ftoridlari ham katalizator vazifasini o'taydi. Vodrod ftorid tabiiy fosfatlardan uranni ajratib olish va uran ftorid olish uchun ishlatiladi.

Ftor tuzlarining ko'p miqdori metallurgiyada ishlatiladi. Qazib olinadigan kalsiy diftorid (flyuorit) ning taxminan 70% miqdori marten va elektr pechlarida flyus sifatida ishlatiladi. Kalsiy ftoridning toza navlari optik jihozlar va boshqalarda qo'llaniladi.

Flyuorit (plavik shpat) va fosfatli rudalar ftorning tabiiy manbalari hisoblanadi. Fosfatli rudalarda ftorning miqdori nisbatan oz bo'lishiga qaramay, butun dunyodagi ftorning bunday turdagi xomashyo zaxirasi 90% dan ortiqni, uning tarkibida 48,7% gacha ftor bo'lgan flyuoritli zaxirasi esa 10% ni tashkil qiladi. AQSH geologik boshqarmasi ma'lumotlariga ko'ra, fosfat rudalaridagi ftorning butun dunyo manbaalari 360 mln t, shu bilan bir qatorda flyuorit shaklidagi ftorning zahirasi esa ~90 mln t ga teng deb baholanmoqda. Har yili

o'g'itlar ishlab chiqarishda fosfatli rudalar bilan bir qatorda tarkibida 4 mln t fluor bo'lgan uning birikmalari ishlab chiqarilmoqda.

Fosfatli xomashyodan fluorning ajratib olishnishi va ishlatilishida ikkita: fluorli birikmalar ishlab chiqarishni kengaytirish va atrof-muhitga fluorli moddalar chiqishi hisobiga biosferaga zarar yetkazilishini oldini olish masalalari echiladi.

Kimyo sanoatida fluor va uning organik va noorganik birikmalari ishlab chiqariladi. Suyuq vodorod fluorid, fluorid kislota, fluoridlar va fluorosilikatlar (kremnefluoridlar) fluorning muhim noorganik birikmalari hisoblanadi.

Suvda eruvchan fluoridlar va fluorosilikatlar zaharlidir – bu esa ulardan insektofungisidlar va antiseptiklar sifatida foydalanish uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Natriy fluorid, natriy va bariy fluorosilikatlar shakar lavlagi, zig'ir, sabzavot va boshqa o'simliklar zararkunandalariga qarishi kurashda, shuningdek bariy fluoratsetatga o'xshash zoosidlar ishlatiladi.

Fluor birikmalari metallurgiyada [masalan, natriy fluoralyuminatlar (kriolit) va alyuminiy fluoridlar alyuminiy ishlab chiqarishda], atom energetikasida, qurilish materiallari ishlab chiqarishda, to'qimachilik sanoatida va boshqa sohalarda ishlatiladi. Vodorod fluorid issiqlik tashuvchi materiallar, xladonlar, dielektriklar, yong'in o'chirish vositalari, issiqlikka chidamli surkov vositalari sifatida ishlatiladigan fluororganik birikmalar olish, shuningdek termo- va kimyoviy bardosh plastmassalar – fluoroplastlar tayyorlash uchun ishlatiladi.

### **1-§. Fluorid va geksaforsilikat kislotalarning fizik-kimyoviy xossalari**

Vodorod fluorid HF rangsiz, 19,9°C da (101,3 kPa da) qaynaydi, -83,1°C da suyuqlanadi. Gazsimon, suyuq va qattiq holatida bo'ladi. HF molekularining o'ziga xos xususiyati – bu uning assotsiyalanishga moyilligidir (11.1-rasm). 0 dan 105°C gacha harorat (t) uchun HF bug'larining to'yingan bug' bosimi (P) quyidagi:

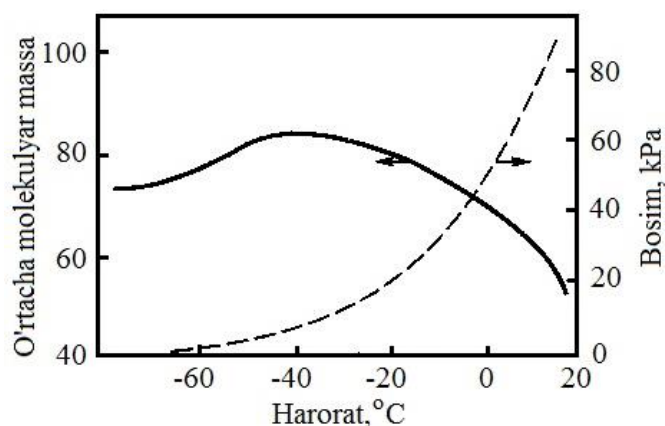
$$\lg P = 7,5 - 1952,6 / (355,5 + t)$$

formula bilan hisoblanadi.

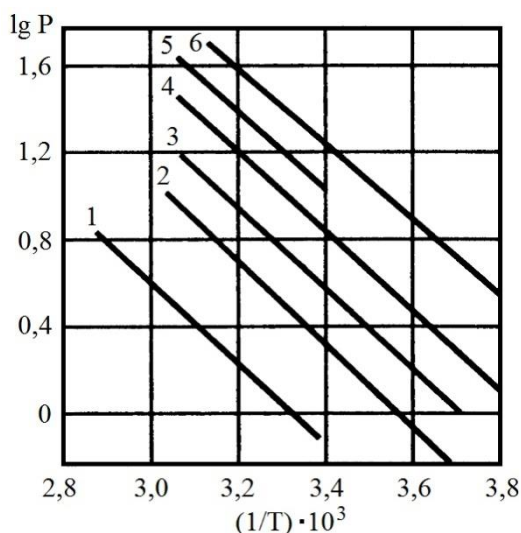
Vodorod ftorid suvda yaxshi eriydi, uning suvli eritmasi HF(aq) ftorid (plavik) kislota deyiladi. Ftorid kislota suvli eritmalarda gidroftorid (diftorogidrogenat)  $\text{HF}_2^-$  ionlari hosil qilgan holda dissotsilanadi:



HF ishqoriy metallarning ftoridlari bilan  $\text{MeF} \cdot n\text{HF}$  turidagi kristall birikmalar hosil qiladi, bunda masalan, KF uchun  $n = 2, 3$  va  $4$  ga teng. Ftorid kislota ustidagi gazli fazadagi HF ning bosimi 11.2-rasmda ko'rsatilgan.



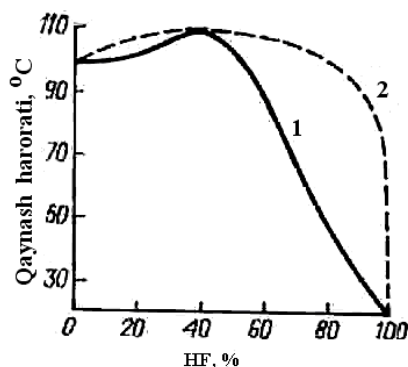
**11.1-rasm. Vodorod ftorid bug'ining o'rtacha molekulyar massasi va to'yingan bug' bosimi**



**11.2-rasm. Ftorid kislota suvli eritmasi ustidagi HF ning bug' bosimi (P, kPa):**  
 HF miqdori, %: 1 – 41,2; 2 – 50,9; 3 – 55,1; 4 – 60,52;  
 5 – 65,45; 6 – 70,23

HF –  $\text{H}_2\text{O}$  sistemasida qaynash harorati va atmosfera bosimidagi bug'ning muvozanat tarkibi 11.3-rasmda keltirilgan. Bu ma'lumotlar tarkibida 0,1-1,8%  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  bo'lgan HF ning suvli eritmalariga taalluqlidir. Diagrammadan ko'rinadiki,

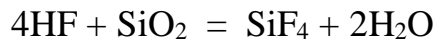
HF – H<sub>2</sub>O sistemasida tarkibida ~38% HF bo‘lgan va 109°C (101,3 kPa) da qaynaydigan azeotrop aralashma mavjud.



**11.3-rasm. 101,3 kPa bosimda HF – H<sub>2</sub>O sistemasidagi qaynash harorati va bug‘ning tarkibi:**

1 – suyuqlikning tarkibi; 2 – bug‘ning tarkibi

Vodorod fluorid quruq holatda ko‘pchilik element va ularning oksidlari bilan ta’sirlashmaydi, ammo namlik ishtirokida shiddatli reaksiyaga kirishadi. Fluorid kislota shisha va silikatlarni yemiradi, chunki kremniy dioksid bilan oson ta’sirlashadi:



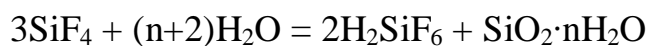
Ayrim metallar, masalan qo‘rg‘oshin va mis fluorid kislota ta’siriga nisbatan chidamlidir, chunki ularning sirtki qavatida reaksiya mahsulotidan hosil bo‘lgan plyonka bilan o‘ralib qoladi. HF ta’siriga rezina, ebonit va bir qancha plastmassalar yanada chidamlidir.

Fluorid kislota kletchatkani eritadi va shuning uchun terini yemirib, yara hosil qiladi. Shuning uchun fluorid kislota va vodorod fluorid bilan ishlanganda nihoyatda ehtiyot bo‘lish lozimdir.

MeHF<sub>2</sub> turidagi ishqoriy metall gidrofluoridlari HF ga nisbatan kuchsiz kislota, boshqa metallar birikmalari, masalan AlF<sub>3</sub>•3HF (yoki H<sub>3</sub>AlF<sub>6</sub>) esa HF ga nisbatan kuchli kislota hisoblanadi.

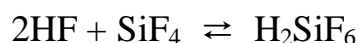
Kremniy tetrafluorid SiF<sub>4</sub> – rangsiz gaz, sovutilganda to‘g‘ridan-to‘g‘ri qattiq fazaga o‘tadi. Qattiq holatdagi SiF<sub>4</sub> -94,8°C da haydaladi. Qattiq holatdagi SiF<sub>4</sub> ning sublimasiyalanish bosimi:  $\lg P = 9,5 - 6100/(4,57T)$  formula bilan

hisoblanadi. Kremniy tetraftorid suvga yaxshi (1 hajm suvga 265 hajm) yutiladi, bunda gidrolizlanib, geksaftorsilikat va silikat kislotalarni hosil qiladi:

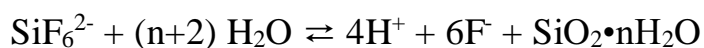


600-800°C gacha haroratda SiF<sub>4</sub> ning suv bug'i bilan gidrolizi juda oz darajada sodir bo'ladi.

Kompleks geksaftorsilikat (kremneftorid, ftorosilikat) kislota H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> ham ftorid kislotada SiF<sub>4</sub> ning erishi natijasida hosil bo'ladi:



H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> eritmalarida vodorod ionlarining yuqori konsentratsiyali bo'lishini HF ning dissotsilanish ( $\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$ ) muvozanatini F<sup>-</sup> ionini erigan SiF<sub>4</sub> ga birikishi natijasida SiF<sub>6</sub><sup>2-</sup> kompleks ioniga aylanishi ( $2\text{F}^- + \text{SiF}_4 \rightleftharpoons \text{SiF}_6^{2-}$ ) hisobiga o'ng tomonga siljishi orqali izohlanadi.



gidrolizning muvozanat konstantasi 20°C da:

$$K = [\text{H}^+]^4[\text{F}^-]^6/[\text{SiF}_6^{2-}] = 4 \cdot 10^{-28} \div 1 \cdot 10^{-27}$$

oralig'ida bo'ladi.

Geksaftorsilikat kislota – konsentrlangan suvli eritmalardan 19°C da suyuqlanadigan rangsiz H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub>·2H<sub>2</sub>O kristallari shaklida ajraladi. Bug'lari HF va SiF<sub>4</sub> ga kuchli dissotsilanadi.

480°C da natriy kremneftorid Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> ning NaF va SiF<sub>4</sub> ga dissotsilanish bosimi 1,07 kPa ga teng, 522°C da 6,16 kPa ga teng, yanada yuqori haroratda u keskin ortadi. Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> ning suvda eruvchanligi 20°C da 0,66% ga, 100°C da esa 2,45% ga teng. Uning ftorid kislotadagi eruvchanligi esa birmuncha yuqori bo'ladi. Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> suvli eritmalarida, ayniqsa kuchsiz eritmalarida ko'proq gidrolizlanadi. Gidrolizlangan eritmalar uchun pH = 3,5÷4 bo'ladi.

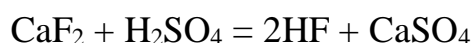


## 2-§. Ftorid kislota ishlab chiqarish

Texnik ftorid kislota A va B markalarda ishlab chiqariladi va Davlat standarti talablariga muvofiq, ularning tarkibida mos holda: 70 va 40% dan ortiq HF; 0,5 va 0,02% dan kam  $H_2SiF_6$ ; 0,1 va 0,02% dan kam  $H_2SO_4$  bo'ladi. Ftorid kislota gummirlangan po'lat temir yo'l sisternalarida va polietilen idishlarda tashiladi. Tarkibida HF ning miqdori 99,9% dan kam bo'lmagan (oliy nav) yoki 99,87% bo'lgan (1-nav) suyuq vodorod ftorid uchun idish sifatida yuqori bosim sharoitida ishlatishga mo'ljallangan po'lat ballonlar, konteynerlar va maxsus temiryo'l sisternalari ishlatiladi.

Suvsiz vodorod ftorid va ftorid kislota olish uchun ko'pincha plavik shpat (flyuorit) ishlatiladi.

Maydalangan plavik shpat pechda  $220-280^{\circ}C$  haroratda 90-92% li sulfat kislota bilan quyidagi reaksiya bo'yicha parchalanadi:

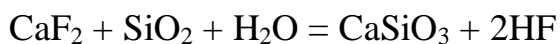


Pechdan tashqi qizdirish orqali HF bilan to'yingan gaz chiqadi va uni sovutish natijasida suyuq fodorod ftorid kondensatsiyalanadi. Pechdan ichki qizdirish orqali HF bilan to'yinmagan gaz chiqadi va uni suv bilan yuvish natijasida plavik kislota olinadi. Plavik kislota – vodorod ftorid va xomashyodagi kremnezem qo'shimchasidan hosil bo'ladigan geksaftorsilikat kislota bilan ifloslangan bo'ladi. Plavik kislotani geksaftorsilikat kislotadan tozalash uchun u soda bilan qayta ishlanadi, bunda yomon eriydigan natriy kremneftorid cho'ktiriladi:



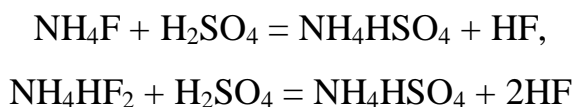
Tozalangan kislota – cho'ktirish orqali kriolit, alyuminiy ftorid va natriy ftorid kabi suvda yomon eriydigan mahsulotlarga qayta ishlanadi.

Flyuoritdan ftorid kislota olishning boshqa bir usulida u  $1200^{\circ}C$  dan yuqori haroratda pirogidrolizlanadi. Oson suyuqlanuvchi shlak hosil bo'lishi uchun pirogidroliz jarayoni kvarsit yoki boshqa  $SiO_2$  tutgan materiallar ishtirokida o'tkaziladi. Natijada kalsiy silikat va HF hosil bo'ladi:



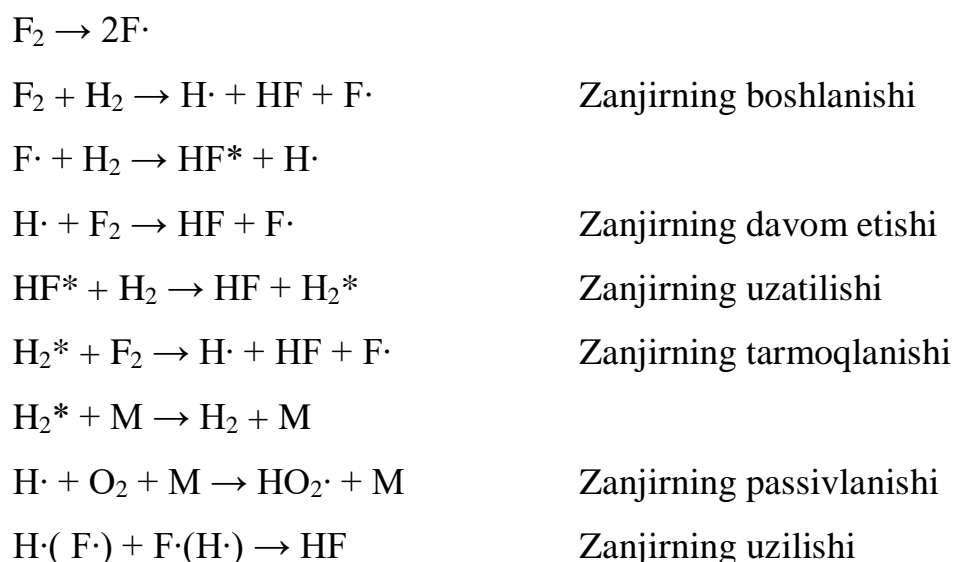
Vodorod fluorid fosforli o'g'itlar ishlab chiqarishning chiqindi gazlaridan ham olinishi mumkin. Masalan, sulfat va kremneftorid kislotalar aralashmasidan HF va SiF<sub>4</sub> ni haydash va so'ngra gazlar aralashmasidagi komponentlarni ajratish orqali ham olinishi mumkin. Lekin bu ancha qiyinchilik bilan amalga oshiriladi. Undan ko'ra, dastlab SiO<sub>2</sub> ni ajratish hamda fluorli (NaF, CaF<sub>2</sub>) yoki gidrofluoridli (NaHF<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>HF<sub>2</sub>) tuzlarga aylantirish va so'ngra ulardan kislotali yoki termik parchalash orqali HF olish afzalroqdir. Masalan, SiF<sub>4</sub> ni ammiakli absorbsiyalash natijasida dastlab ammoniy ftorsilikati hosil qilinadi; uning keyingi ammoniylanishi va SiO<sub>2</sub> cho'kmasining ajratilishidan olingan NH<sub>4</sub>F eritmasi qattiq natriy fluorid bilan aralashtiriladi. Bunday eritma bug'latilganda ftorsilikatning parchalanishi uchun qaytariladigan ammiak ajraladi; hosil bo'ladigan natriy gidrofluoriddan gaz holatdagi HF ajratib olinishi uchun qizdiriladi va qattiq qoldiq ishlab chiqarish sikliga qaytariladi. Bu usulda fluorli gazlarning va shunga muvofiq holda ammoniy ftorsilikat eritmasining tozaligi muhim ahamiyatga egadir, chunki fosfatli va sulfatli qo'shimchalar aylanuvchi eritmalar va natriy fluorid tarkibida to'planadi; ularni sikldan chiqarishga to'g'ri keladi.

Boshqa usul ammiakning qisman uchirilishi hisobiga ammoniy fluorid suyuqlanmasini bug'latishga asoslangan; bunda ammoniy fluorid va gidrofluorid aralashmasi olinadi, uni 200-330°C da sulfat kislota bilan parchalanadi:

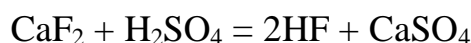


Ikkinchi reaksiyada ammiak va sulfat kislota sarfi, shuningdek oraliq mahsulot – NH<sub>4</sub>HSO<sub>4</sub> sarfi birinchi reaksiyadagiga nisbatan 2 marta kamdir.

**Vodorod fluorid va fluorid kislota ishlab chiqarish.** F<sub>2</sub> molekulasidagi bog'lanish kuchsiz (160 kJ/mol), H-F bog'lanish esa mustahakam bo'ladi. Bu H<sub>2</sub>+F<sub>2</sub> o'rtasidagi tarmoqlanuvchi zanjir reaksiyasi tarzidagi fluorlash reaksiyasi sodir bo'lishining energetik asosi sifatida xizmat qilishi mumkin. Bu esa bir necha bosqichlardan tashkil topgan quyidagi sxema bo'yicha elementlardan vodorod fluorid olish mumkinligini ko'rsatadi:

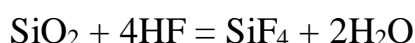
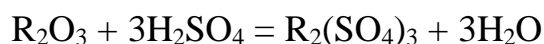


Tabiiy flyoritni 90-92% li sulfat kislota bilan parchalash jarayoni sanoat ishlab chiqarishida vodorod ftorid olishning keng tarqalgan usuli hisoblanadi:



Jarayonni to'xtovsiz ishlaydigan aylanuvchi pechda 120-180°C haroratda amalga oshiriladi.

Boshlang'ich xomashyoda qo'shimchalar bo'lganligi sababli asosiy jarayon bilan parallel qo'shimcha reaksiyalar ham sodir bo'ladi:

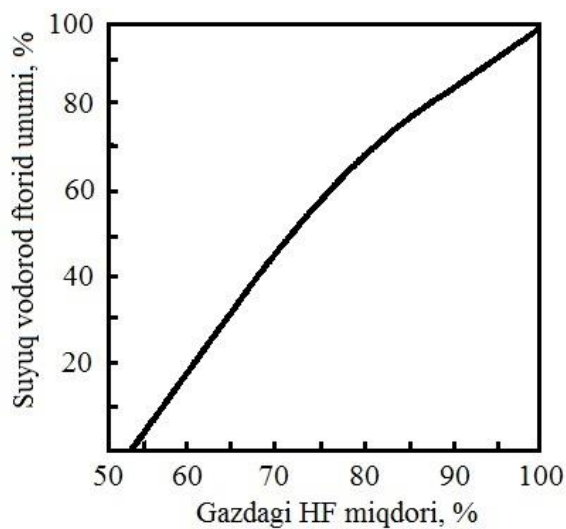


Sanoatda vodorod ftorid olishning uchta usuli mavjud:

- 1) HF suvli eritmasini olish;
- 2) 100% li suyuq HF olish;
- 3) flyoritni qayta ishlash jarayonidagi chiqindi gazlaridan HF ning suvli kuchsiz eritmalarini olish.

**Suyuq (100% li) vodorod ftorid va ftorid kislota olish.** Suyuq vodorod ftorid olish uchun yuqori konsentratsiyali va tarkibida oz miqdorda kremniy tetraftorid bo'lgan gaz kerak bo'ladi. Shuning uchun ishlab chiqarishda xomashyo sifatida tarkibida 96-97%  $CaF_2$  va minimal miqdorda kremniy dioksid bo'lgan dala shpati (flyorit) yoki uning konsentrati qo'llaniladi.

11.4-rasmda boshlang'ich gazni 80 dan  $-15^{\circ}\text{C}$  gacha sovutilganda undagi HF konsentratsiyasiga bog'liq holda suyuq vodorod ftoridning unumi keltirilgan. Rasmdan ko'rinadiki, gazdagi HF konsentratsiyasi pasayganda suyuq vodorod ftorid unumi keskin kamayadi va 54% ga yetganda unum nolga yetadi. Tarkibida 54% dan kam HF bo'lgan gazdan suyuq vodorod ftoridni faqatgina  $-15^{\circ}\text{C}$  haroratdagina kondensatlanishi mumkin, bu esa ishlab chiqarishda samarali hisoblanmaydi.

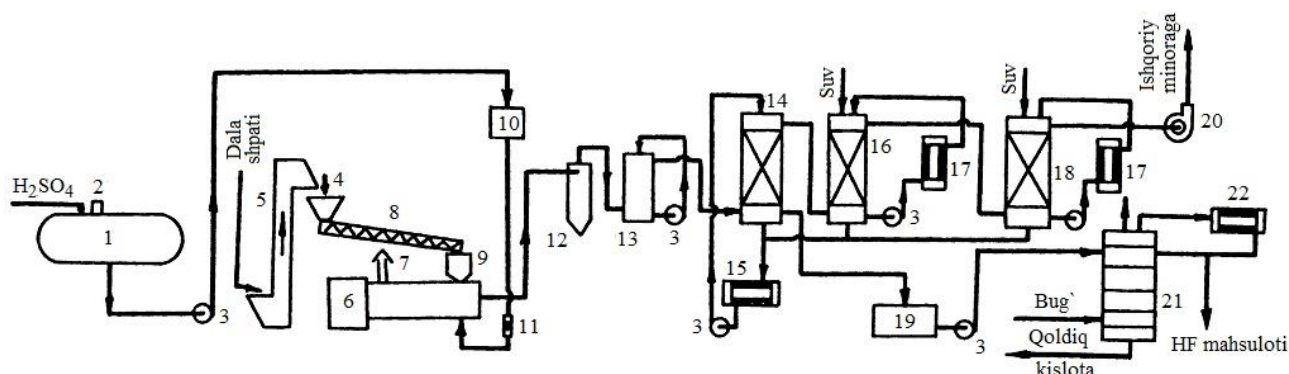


**11.4-rasm. Suyuq vodorod ftorid unumining boshlang'ich gazdagi HF konsentratsiyasiga bog'liqligi.**

Boshlang'ich gaz tarkibida oz miqdorda suv bo'lsa ham suyuq vodorod ftorid unumi keskin kamayadi. Gazdagi suv miqdori reaksiya tenglamasi yuqorida keltirilgan suv ajralib chiqishi bilan parchalanadigan boshlang'ich xomashyodagi qo'shimchalar bo'lishiga bog'liqdir. Shuning uchun ishlab chiqarishda suvni ajratib olishning eng yaxshi usuli gazdan vodorod ftoridni bir necha bosqichda kondensatsiyalash hisoblanadi.

Vodorod ftorid suv bilan har qanday nisbatda aralashadi, tarkibida 80% va undan ko'p HF bo'lgan yuqori konsentratsiyali ftorid kislota hosil qiladi. Suyuq vodorod ftorid olish usullaridan birida shunday kislotani rektifikatsiyalash hisoblanadi. Bunday holatda rektifikatsiya kolonnasi ichida muntazam qaynab turadigan aralashma qoladi, kolonnadan chiqadigan konsentrlangan vodorod ftorid suyuq mahsulotga kondensatlab olinishi mumkin.

Suvsiz vodorod ftorid olishning 11.5-rasmda keltirilgan sxemasiga muvofiq, tarkibida 97% dan ko‘p  $\text{CaF}_2$ , 1% dan kam  $\text{SiO}_2$  va 1% dan kam  $\text{CaCO}_3$  bo‘lgan boshlang‘ich dala shpati barabanli quritgichda quritiladi, maydalanadi va elanadi.



### 11.5-rasm. Suvsiz suyuq vodorod ftorid olish sxemasi:

1-kislota yig‘gichi; 2-havo klapani; 3-markazdan qochma nasos; 4-bunker; 5-elevator; 6-dala shpatini parchalash pechi; 7-mo‘rili quvur; 8-shnekli transportyor; 9-bunker ta‘minlagich; 10-ta‘minlovchi yig‘gich; 11-rotamer; 12-siklonli changtutgich; 13-skrubber; 14, 16, 18-absorberlar; 15-sovutgich; 17-sovutgichlar; 19-yig‘gich; 20-ventilyator; 21-rektifikatsiya minorasi; 22-deflegmator.

Boshlang‘ich kukunsimon flyuorit qabul qiluvchi bunkerdan elevator (5) bilan yuqoridagi (4) bunkerga uzatiladi, u yerdan shnekli transportyor (8) yordamida (9) ta‘minlagich-bunkerga yuklanadi. Boshlang‘ich sulfat kislota (1) yig‘gichdan markazdan qochma nasos yordamida (10) ta‘minlovchi idishga uzatiladi, u yerdan rotamer (11) yordamida aralashtirgichli ta‘minlagichga uzatiladi. Shu bilan bir paytda ta‘minlagichga muntazam tarzda boshlang‘ich flyuorit kelib tushadi. Boshlang‘ich xomashyolar aralashmasi – shixta (flyuoritning sulfat kislota bilan aralashmasi) 5-6 minut davomida shnek tarzidagi aralashtirgichli ta‘minlagichdan o‘tib, (6) pechga tushadi.

HF olish uchun to‘xtovsiz ishlaydigan aylanuvchi barabanli pech ishlatiladi. Baraban 12-16 mm qalinlikdagi po‘lat-3 dan tayyorlangan bo‘lib, tabiiy gaz bilan qizdiriladi.

Pech harorati unga kirishda 160-180°C ni, undan chiqishda esa 120-140°C tashkil qilgan holda reaksiya aralashmasining pechda bo‘lish davri 55-60 minutni tashkil etadi. Pechdan chiqadigan gaz harorati 120-140°C bo‘lib, uning tarkibida 80% gacha HF bo‘ladi. Pechdan chiqadigan ishlab chiqarish chiqindisi tarkibida

~80% CaSO<sub>4</sub>, 2-6% CaF<sub>2</sub> va 10-12% sulfat kislota bo‘ladi. Chiqindi kalsiy karbonat bilan neytrallanadi.

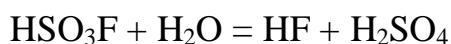
Pechdan chiqadigan gaz holatidagi HF chang tutgich (12) orqali gaz o‘tkazgichdan o‘tib, (13) skrubberda sulfat kislota bilan yuviladi, unga markazdan qochma nasos (3) yordamida sovutgich (15) orqali sulfat kislota aylatirib turiladi va gaz 80% li HF ishlab chiqaradigan (14) absorbsiya kolonnasiga yuboriladi. Undan chiqadigan qoldiq gaz 60% li ftorid kislota ishlab chiqaradigan (16) absorbsiya minorasiga yo‘naltiriladi. Sovutgich (17) – absorber (16) tizimida nasos (3) bilan sirkulyatsiyalangandan so‘ng 60% li ftorid kislota ishlab chiqariladi. Shundan so‘ng gaz (16) absorberdan xuddi (14) va (16) absorbsiya qurilmalaridagi kabi texnologiya bo‘yicha 30% li ftorid kislota hosil bo‘ladigan (18) absorbsiya qurilmasiga yuboriladi.

Chiqindi gazlarini atmosferaga chiqarishdan oldin koks to‘ldirgichli minorada natriy gidroksidning suvli eritmasi bilan yuviladi. 80% li ftorid kislota mis qalpoqli (21) kolonnada rektifikatsiyalanadi va deflegmator (22) orqali tayyor mahsulot sifatida chiqarib olinadi. 60% li vodorod ftorid absorbsiya minorasiga qaytariladi, u yerda HF 80% gacha konsentrlanadi.

Suyuq vodorod ftorid tarkibidagi oz miqdorda qolgan suvni tozalash uchun uni 90-100% li sulfat kislota bilan ekstraksiya-distillyatsiya minorasida qayta ishlanadi. Minoraning yuqori qismidan sulfat kislota, o‘rta qismidan esa suyuq vodorod ftorid uzatiladi. Minoradagi bosim 0,35-0,7 atm, harorat esa 150-180°C chegarasida ushlab turiladi. Minoraning yuqori qismidan suvsiz HF, quyi qismidan esa 80% li sulfat kislota chiqadi.

Minora ostki qismida haroratning ortishi va sulfat kislotani suyulishi natijasida hosil bo‘ladigan oz miqdordagi ftorsulfon kislotaning gidrolizi sodir bo‘ladi.

Suvsiz vodorod ftoridni suyuq ftorsulfon kislotani bosqichli gidrolizlash orqali ham olish mumkin:

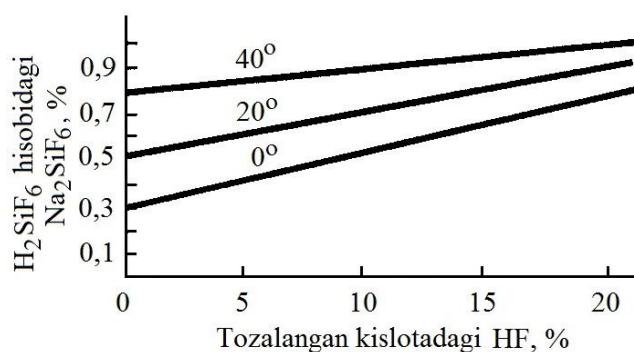


Bunda har bir bosqichda qo'shiladigan suv miqdori  $\text{HSO}_3\text{F}$  ni to'la parchalash uchun kerak bo'ladigan miqdordan kam bo'lishi kerak.

Ftorid kislota olish suyuq vodorod ftorid olish usulidan asosan vodorod ftorid absorbsiya tizimi bilan farq qiladi. Bu holda vodorod ftorid absorbsiya jarayoni halqasimon koks to'ldirilgan bir necha (7-8 ta) absorberlardan iborat tizimda amalga oshiriladi. Absorberlar korpusi himoyalangan bo'ladi. Hozirgi paytda absorberlar ftoroplastdan tayyorlanmoqda.  $80^\circ\text{C}$  dan past haroratda ishlaydigan absorberlar esa organik shisha yoki polietilendan tayyorlanadi. Shuningdek ularni grafitdan ham tayyorlash mumkin.

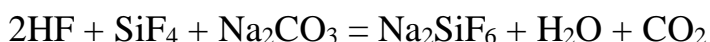
Absorbsiya jarayoni quyidagi tartibda amalga oshiriladi. Oxirgi absorberga suv beriladi va undan olinadigan konsentrlanmagan kislota oldingi absorberlarga gaz harakatiga qarama-qarshi yo'nalishda beriladi. Gaz harakati bo'yicha birinchi absorberdan mahsulot kislotasi chiqarib olinadi. Tizim orqali gaz harakatini ta'minlash uchun oxirgi absorberdan keyin kimyoviy himoyalangan ventilyator o'rnatiladi.

Tizimda kimyoviy himoyalangan markazdan qochma nasoslar yordamida kislota harakatlantiriladi. 11.6-rasmdan ko'rinadiki, tarkibida 40% HF bo'lgan belgilangan me'yordagi ftorid kislota olish uchun absorbsiyaga keladigan gazdagi HF konsentratsiyasi  $25^\circ\text{C}$  haroratda 7 mg/l dan,  $50^\circ\text{C}$  haroratda esa 30 mg/l dan ko'p bo'lishi talab etiladi. Absorberlarga beriladigan suv miqdori shunday boshqariladiki, bunda mahsulot kislotasida 12-18% HF bo'lishi ta'minlanadi.



**11.6-rasm. Turli xil haroratda natriy geksaftorsilikatning ftorid kislotada eruvchanligi.**

Absorberlarda HF yutilish jarayoni bilan parallel holda SiF<sub>4</sub> ning kondensatsiyasi sodir bo‘ladi. Absorberlardan chiqadigan texnik ftorid kislotadagi SiF<sub>4</sub> konsentratsiyasi boshlang‘ich dala shpatidagi kremniy dioksid miqdoriga bog‘liq bo‘lib, 2 dan 20% gacha chegarada o‘zgaradi. Ftorid kislotani natriy geksaftorsilikat hosil qiladigan SiF<sub>4</sub> dan tozalash uni kimyoviy himoyalangan reaktorlarda natriy karbonat bilan qayta ishlash yo‘li bilan amalga oshiriladi. Quyidagi reaksiya bo‘yicha:



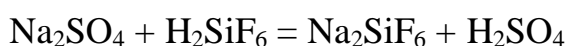
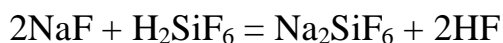
hosil bo‘ladigan qiyin eriydigan natriy geksaftorsilikat cho‘kmaga tushadi, uni tindirish yoki vakuum-filtrda filtrlash yo‘li bilan ajratiladi va suv bilan yuviladi.

Yuvindi suv ftorid kislota bilan aralashtiriladi va ftoridlar olishga yuboriladi.

Natriy geksaftorsilikatni cho‘ktirish uchun ortiqcha miqdorda natriy karbonat qo‘llab bo‘lmaydi, chunki bunda HF ning bir qismi neytrallanadi:



Eritmani reaksiyada keltirilgan geksaftorsilikat kislotadan tozalash uchun kerak bo‘ladigan natriy karbonatning stexiometrik miqdori sarflanishi muhim ahamiyat kasb etmaydi, chunki natriy geksaftorsilikatning eruvchanligi natriy ftorid va sulfatlar eruvchanligidan kamdir. Shuning uchun eritmadagi geksaftorsilikat kislota bu tuzlardan Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> tarzida quyidagi sxema bo‘yicha cho‘ktiriladi:



Tozalangan kislota tarkibida oz miqdorda H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, NaF hamda HF konsentratsiyasi va haroratga bog‘liq holda juda oz miqdorda Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> bo‘ladi (7.6-rasm). Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> miqdori uning eruvchanligidan biroz ko‘proq miqdorda bo‘ladi.

Ftorid kislota (H<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> va Na<sub>2</sub>SiF<sub>6</sub> bo‘lmagan) olish maqsadida pech gazi HF ni absorbsiyalash jarayoniga qadar SiF<sub>4</sub> ni K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> eritmasiga yutdirish yo‘li bilan tozalanadi.



1 t 100% li HF olish uchun: 2,55 t flyuorit (100%  $\text{CaF}_2$ ), 3,75 t sulfat kislota (100%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) sarflanadi.

*Nazorat uchun savollar*

1. Vodorod ftorid va ftorid kislota qanday maqsadlarda ishlatiladi?
2. Ftorid va geksaftorsilikat kislotalarning fizik-kimyoviy xossalari
3. Ftorid kislota ishlab chiqarish usullarini ayting.
4. Vodorod ftorid va ftorid kislota ishlab chiqarish jarayonini tushuntiring.
5. Suyuq (100% li) vodorod ftorid va ftorid kislota olish texnologiyasini tushuntiring.

## ADABIYOTLAR

1. Shamshidinov I.T., Mirzakulov X.Ch. Sulfat kislota ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari. – Toshkent: Iqtisod-Moliya, 2017. – 248 b. (Darslik)
2. Shamshidinov I. Noorganik moddalar va mineral o‘g‘itlar texnologiyasi. – T.: Iqtisod-moliya, 2014. – 324 b. (Darslik)
3. A Textbook of Inorganic Chemistry – Volume 1/ Mandeep Dalal (First Edition) Copyright © 2017 by Mandeep Dalal. All Rights Reserved First published: 2017.
4. Химическая технология неорганических веществ: В 2 кн. Кн. 1. Учебное пособие / Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфирьева, Л.Г. Гайсин и др.; Под ред. Т.Г. Ахметова. – М.: Высшая школа, 2002. – 688 с.
5. Химическая технология неорганических веществ: В 2 кн. Кн. 2. Учебное пособие / Т.Г. Ахметов, Р.Т. Порфирьева, Л.Г. Гайсин и др.; Под ред. Т.Г. Ахметова. – М.: Высшая школа, 2002. – 533 с.
6. Васильев Б.Т., Отвагина М.И. Технология серной кислоты. – М.: Химия, 1985. – 472 с.
7. Амелин А.Г. Технология серной кислоты. – М.: Химия, 1983.
8. Sulfuric Acid Manufacture: analysis, control and optimization – Matt King, Michael Moats, William G., USA, 2013.
9. Otaqo‘ziev T.A., Axmerov Q.A., Turobjonov S.M. Umumiy kimyoviy texnologiya. – T.: NISO POLIGRAF, 2013. – 599 b. (Darslik)
10. Соколов Р.С. Химическая технология. Учебное пособие для ВУЗов. Т.1. – М.: Гум. изд. центр. «Владос», 2000. – 300 с.
11. Кондауров, Б. П. Общая химическая технология: учебное пособие / Б.П. Кондауров, В. И. Александров, А. В. Артемов. – Москва : Издательский центр «Академия», 2005. – 336 с.
12. Общая химическая технология: учебник: в 2 т. Т. 1: Теоретические основы химической технологии / И.П. Мухленов и [др.]; под ред. И.П. Мухленова. – 5-е изд., стер. – Москва: ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 256 с.
13. Общая химическая технология: учебник: в 2 т. Т. 2: Важнейшие химические производства / И.П. Мухленов и [др.]; под ред. И.П. Мухленова. – 5-е изд., стер. – Москва: ООО «Издательский дом Альянс», 2009. – 263 с.
14. Кутепов А.М., Бондарева Т.И., Беренгартен М.Г. Общая химическая технология. – М.: Высшая школа, 1990.
15. Касаткин, А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник / А. Г. Касаткин. – 15-е изд., стер. – Москва : ООО «ИД Альянс», 2009. – 753 с.
16. Процессы и аппараты химической технологии: учебное пособие / [А.А. Захарова и др.]; под ред. А.А. Захаровой. – Москва: Издательский центр «Академия», 2006. – 528 с.

17. Кафаров В.В., Ветохин В.Н. Основы автоматизированного проектирования химических производств. – М.: Наука, 1987.
18. Справочник азотчика. Производство разбавленной и концентрированной азотной кислоты; Производство азотных удобрений... – М.: Химия, 1987. – 464 с.
19. Kattayev N. Kimyoviy texnologiya. – T.: «Yangiyul polygraph service» MCHJ, 2008. – 432 b.
20. Shamshidinov I. Noorganik moddalar va mineral o'g'itlar texnologiyasi. – T.: Ilm-ziyo, 2015. – 400 b. (O'quv qo'llanma)
21. Исмаатов А.А., Отақўзиев Т.А., Исмоилов Н.П., Мирзаев Ф.М. Ноорганик материаллар кимёвий технологияси. – Т.: «Ўзбекистон», 2002.
22. World Fertilizer trends and Outlook to 2018. Food and Agriculture Organization of the Unated Nations. Rome, FAO, 2015. – P. 55.
23. Бейтс Р. Определение рН: Теория и практика. – Л.: «Химия», 1968. – 400 с.
24. Brahma Mishra. Fertilizer Technology and Management. – Pantnagar, Uttranchal: I K International Publishing House Pvt. Ltd, 2012. First Edition edition. – 196 pages.
25. Позин М.Е. Технология минеральных удобрений: Учебник для вузов. – Л., Химия, 1989. – 352 с.
26. G'afurov Q., Shamshidinov I. Mineral o'g'it ishlab chiqarish nazariyasi va texnologik hisoblari. – T.: Fan va texnologiya, 2010. – 360 b.
27. G'afurov Q., Shamshidinov I. Mineral o'g'itlar va tuzlar texnologiyasi. – T.: Fan va texnologiya, 2007. – 352 b.
28. Халитов А.Х., Розин В.И. О необходимости исключения фтора из состава минеральных удобрений / В кн. Интенсификация сельскохозяйственного производства и проблемы защиты окружающей среды. – М.: Наука, 1980. – 296 с.
29. Кочетков С.П. Смирнов Н.Н., Ильин А.П. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты. – Иваново: ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – 304 с.
30. Исроилов Ж. Саноатнинг энг муҳим тармоқлари технологияси асослари. – Т.: Ўқитувчи, 1978.
31. Нифталиев С.И. Расчеты материальных и тепловых балансов в технологии неорганических веществ: учебное пособие / С.И. Нифталиев, А.В. Астапов, С.Е. Плотникова. – Воронеж: Воронежский гос. ун-т инженерных технологий, 2014. – 52 с.
32. Расчеты по технологии неорганических веществ / Под ред. М.Е.Позина / Учебное пособие. – Л.: Химия, 1977.

## GLOSSARIY

**1. Sulfat kislota yoki kuporos moyi** ( $H_2SO_4$ ) – kimyo sanoatining asosiy mahsulotlaridan biri hisoblanadi hamda undan mineral o‘g‘itlar, turli xildagi mineral tuzlar va kislotalar, organik mahsulotlar va bo‘yoqlar ishlab chiqarishda, neftni qayta ishlash, metallurgiya, metallarni qayta ishlash, to‘qimachilik, charm va boshqa sanoatlarda, neytrallash jarayonida, metallarni tozalashda va boshqa bir qancha maqsadlarda, foydalaniladi.

**2. Oleum yoki tutovchi sulfat kislota** ( $H_2SO_4 \cdot nH_2O$ ) – sulfat angidridning sulfat kislotadagi eritmasi bo‘lib, uni tarkibidagi erkin sulfat angidridning (100%  $H_2SO_4$  dan yuqori) yoki  $SO_3$  ning umumiy foiz miqdori bilan tavsiflanadi.

**3. Minorali kislota** – sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfat angidridni oksidlash jarayoni gaz yoki suyuq holatdagi katalizator ishtirokida amalga oshiriladi.

**4. Kontaktli kislota** – sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfat angidridni oksidlash jarayoni qattiq holatdagi katalizator ishtirokida amalga oshiriladi.

**5. Sulfat angidrid yoki oltingugurt qo‘shoksidi** ( $SO_2$ ) – odatdagi haroratda ko‘zning shilliq pardalari va nafas olish organlarini zararlaydigan o‘tkir xidli rangsiz gaz bo‘lib, ishlab chiqarishda oltingugurt yoki metall sulfidlarini oksidlanishi natijasida hosil qilinadi.

**6. Sulfat angidrid yoki oltingugurt trioksid** ( $SO_3$ ) – odatdagi sharoitda rangsiz gazdir, u havodagi namlikni tortib olib tutaydi va havoda muallaq holatdagi sulfat kislota tomchilarini hosil qiladi. Sulfat angidridni katalitik oksidlash natijasida sulfat angidrid hosil qilinadi.

**7. Pirit yoki temir kolchedani** – tarkibida temir disulfid ( $FeS_2$ ) tutgan xomashyo bo‘lib, sulfat kislota ishlab chiqarish uchun keng ko‘lamda ishlatiladi. Tabiiy temir kolchedani tarkibida  $FeS_2$  dan tashqari mis, rux, qo‘rg‘oshin, mishyak, nikel, kobalt, selen, vismut, tellur, kadmiy birikmalari, kalsiy va magniy karbonatlari va sulfatlari, oz miqdorda oltin va kumush kabi qo‘shimchalar bo‘ladi.

**8. Ko‘mirli kolchedan** – ko‘mir qazib olishda ko‘mir qatlamlari orasida bo‘ladigan va uni boyitishda ajratib olinadigan temir kolchedanidan iborat ko‘mirli kolchedan ham olinadi, u ham sulfat kislota ishlab chiqarish uchun xomashyo vazifasini o‘tashi mumkin.

**9. Elementar oltingugurt yoki oltingugurt bug‘i** ( $S_8$ ,  $S_6$ ,  $S_2$  va  $S$ ) – tabiiy rudalardan, shuningdek sulfat angidrid yoki vodorod sulfid tutgan gazlardan olinadi, u sulfat kislota ishlab chiqarish uchun eng yaxshi turdagi xomashyolardan biri hisoblanadi. Elementar oltingugurtdan sulfat kislota ishlab chiqarishda, sellyuloza-qog‘oz sanoatida, qishloq xo‘jaligida (qishloq xo‘jaligi ekinlari zararkunandalariga qarshi kurashda) foydalaniladi. Bundan tashqari, elementar oltingugurt gugurt sanoatida, kauchukni vulkanlashda, sulfidli bo‘yoklar va kimyo-farmatsevtika preparatlari olishda hamda pirotexnikada ishlatiladi.

**10. Frash usuli** – konlardagi tabiiy oltingugurt qaynoq suv bilan suyuqlantiriladi va qisilgan havo bilan yuzaga siqib chiqariladi.

**11. Mis kolchedani** – tarkibida temir va mis sulfidlari ( $\text{CuFeS}_2$ ) bo‘lgan xomashyo bo‘lib, sulfat kislota ishlab chiqarish uchun keng ko‘lamda ishlatiladi.

**12. Rangli metallurgiya gazlari** – Misli, ruxli, qo‘rg‘oshinli sulfidlaridan iborat rudalar va konsentratlar hamda boshqa rangli metallar tutgan rudalarni kuydirish jarayonida rangli metallar ajratib olish uchun qayta ishlashga keladigan qattiq qoldiq – kuyundidan ajraladigan chiqindi gazlar bo‘lib, bu gazlar tarkibida sulfit angidrid bo‘ladi va u sulfat kislota ishlab chiqarish uchun qimmatbaho xomashyo hisoblanadi.

**13. Aglomeratsiya gazlari** – qora metallurgiyaning yirik korxonalarida temir rudasi domna pechiga berilishdan oldin maxsus fabrikalarda aglomeratsiyalash (ruda shixtalarini metallurgik xossalarini yaxshilash uchun havo purkash orqali ularni yiriklashtirishning termik usuli amalga oshirish) paytida ruda tarkibidagi oltingugurt oksidlanib sulfit angidridga aylanishidan hosil qilinadigan gazlar aralashmasidir.

**14. O‘txona gazlari** – o‘choqlarda ko‘mir yoqilganda ko‘mirdagi oltingugurt ham yonadi va atmosferaga chiqarib yuboriladigan o‘txona gazlari tarkibida anchagina  $\text{SO}_2$  ham bo‘ladi, uni tozalash natijasida ko‘p miqdordagi sulfit angidrid ushlab qolinadi va undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

**15. Yonilg‘i gazlari** – Ko‘pgina yoqilg‘i gazlari (koks gazi, generator gazi, yo‘ldosh gazlar, tabiiy gaz, neftni qayta ishlash gazlari) tarkibida anchagina miqdorda vodorod sulfid bo‘ladi, u doimo gaz tarkibidagi zararli keraksiz qo‘shimcha hisoblanadi. Tarkibida vodorod sulfid miqdori me‘yoridan ko‘p bo‘lgan yoqilg‘i gazlari, tarkibida yutuvchi moddalar (monoetanolami, soda va boshqalar) bo‘lgan eritmalar bilan qayta ishlanadi (yuviladi). Yutuvchi eritmadan vodorod sulfidni qizdirish orqali ajratiladi va bunda yuqori konsentratsiyali (90% gacha  $\text{H}_2\text{S}$  bo‘lgan) vodorod sulfid olinadi. Vodorod sulfidli gazdan sulfat kislota yoki elementar oltingugurt ishlab chiqarishda foydalaniladi.

**16. Gips** – kalsiy sulfat kristallogidрати  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  bo‘lib, uni ko‘mir va gil bilan aralashmasi kuydiriladi va bunda kalsiy sulfatning qaytarilishi natijasida sulfit angidrid hosil bo‘ladi.

**17. Chiqindi kislotalar** – neft mahsulotlarini tozalashda, organik moddalarni sulfolashda, suv tortib oluvchi modda sifatida va boshqa bir qancha maqsadlarda keng qo‘llaniladigan sulfat kislota ishlatib bo‘lingandan so‘ng tarkibida ko‘p miqdordagi  $\text{H}_2\text{SO}_4$  bo‘lgan chiqindi bo‘lib, undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

**18. Yuvindi eritmaları** – metallar sirtini tozalashda kislota eritmalaridan foydalaniladi va bunda hosil bo‘ladigan chiqindi eritmalar yuvindi eritmaları deyiladi. Undan sulfat kislota ishlab chiqarishda foydalaniladi.

**19. Alunitlar** – sulfat kislota ishlab chiqarishning kelajakdagi xomashyolaridan biri alunitlar hisoblanib, toza alunit mineralining kimyoviy tarkibi  $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  formula bilan ifodalanadi. Alunitning gaz holatdagi qaytaruvchilar bilan ta‘sirlashishi natijasida ajraladigan gaz tarkibidagi  $\text{SO}_2$  miqdori hajm bo‘yicha 75% ni (quruq gaz hisobida) tashkil qiladi, bu gaz havo bilan suyultiriladi va kontaktli usulda sulfat kislota ishlab chiqarish uchun

ishlatiladi. Qattiq chiqindilar – glinezyom ( $Al_2O_3$ ) alyuminiy ishlab chiqarishga yuboriladi, kaliy sulfatdan esa o‘g‘it sifatida foydalaniladi.

**20. Kuyundi** – kolchedan va boshqa oltingugurtli rudalar kuydirilganda kuyundi hosil bo‘ladi, uning miqdori xomashyoning kimyoviy tarkibi va undagi oltingugurtning to‘la yonishiga bog‘liqdir.

**21. Mexanik (taxmonli) pech** – pechda maydalangan kolchedan bir necha taxmonlarda joylashtiriladi va uni eshkakchalari bilan bir taxmondan ikkinchisiga surish orqali aralashtirilgan holda yondiriladi.

**22. Chang holatida kuydirish pechi** – pechlarda kolchedan zarralari kamera taxmonlaridan tushish vaqtida yonadi.

**23. Qaynovchi qatlamda kuydirish pechi** – pechlarda pastki tomondan kiradigan havo bilan kolchedanning muallaq holatda ushlab turilishi ta‘minlanadi va jadal aralashtirish orqali yondiriladi.

**24. Siklonli pech** – pechlarda kolchedan qaynoq havo bilan birgalikda katta tezlik bilan aylanma harakati orqali kuydiriladi va kuyundi maxsus tirqish orqali chiqarib olinadi.

**25. To‘zg‘itilgan holatida oltingugurtni yoqish uchun pech** – o‘tga chidamli g‘ishtlar bilan niqoblangan gorizontal po‘lat silindr ko‘rinishida bo‘ladi. Suyuqlantirilgan oltingugurt pechda joylashtirilgan ikkita forsunkalar orqali beriladi. Oltingugurtning yonishi uchun kerakli havoning asosiy qismi chig‘anoq orqali beriladi, qo‘shimcha (ikkilamchi) havo esa pech silindrining devoridagi tirqish orqali kiritiladi. Yonish mahsulotlarining ikkilamchi havo bilan yaxshi aralashishi uchun pechning ichki qismida ikkita to‘siqlar bo‘ladi. Pechni toblash oltingugurt uchun forsunkalar ostidagi neftli yoki gazli forsunka yordamida amalga oshiriladi.

**26. Vertikal pech** – pechga suyuqlantirilgan oltingugurt yuqoridan to‘ldirgichga beriladi, u orqali suyuq oltingugurt oqib tushadi, bug‘lanadi va xuddi shunday pechning yuqori qismidan beriladigan havo oqimida yonadi.

**27. Vodorod sulfidni yoqish pechlari** – bunday pech po‘latdan tayyorlangan silindrik qozon ko‘rinishida bo‘ladi, uning ichki qismi o‘tga chidamli g‘ishtlar bilan niqoblangan (futerovka qilingan) bo‘ladi. Pech ichidan bug‘ qozonlarining issiqlik almashtirgich quvurlari o‘tkazilgan bo‘ladi. Bu esa vodorod sulfidni yondirish jarayonining haroratini pasaytirib turishni, kuyundi gazida ko‘p miqdorda  $SO_2$  tutgan gaz olinishiga erishish uni oz miqdorda ortiqcha bo‘lgan kislorod bilan o‘tkazishni va ajraladigan reaksiya issiqligidan samarali foydalanishni ta‘minlaydi.

**28. Vodorod sulfid yonishining jadalligi** – o‘txona bo‘shlig‘ining quvvati bilan tavsiflanadi va  $1\text{ m}^3$  hajmdagi o‘txonadan vaqt birligi ichida ajraladigan issiqlik miqdori bilan ifodalanadi.

**29. Mexanik tozalash** – gazni changdan mexanik tozalash uchun ishlatiladigan jihozlarning ishlash prinsipi og‘irlik kuchining ta‘siriga yoki markazdan qochma kuchga asoslangandir.

**30. Markazdan qochma chang tutgich yoki siklon** – markazdan qochma kuch ta'sirida gazlarni changdan va suyuqlik tomchilaridan tozalash uchun ishlatiladigan jihozlardir.

**31. Tozalash koeffitsienti** – tozalangan va iflos gazdagi chang miqdorlarining nisbati bo'lib, uning qiymati changdagi zarrachalar o'lchamiga bog'liqdir.

**32. Elektrofiltirlar** – gazlarni changdan elektrik tozalash jihozlari bo'lib, cho'ktiruvchi elektrodlari quvur shaklida bo'lgan quvurli elektrofiltirlar va plastinkali elektrofiltirlar ishlatiladi.

**33. Cho'ktiruvchi elektrod** – yerga ulangan va sim to'r bilan qoplangan quvur.

**34. Tojsimon elektrod** – 70000-100000 v kuchlanishli doimiy tok mashinasining manfiy qismiga ulangan elektrod bo'lib, sim atrofidagi gaz qatlamlari ionlashadi va yorituvchi qavat (toj) hosil bo'ladi.

**35. Kontaktli usul** – sulfat kislota ishlab chiqarishda sulfit angidridni oksidlash jarayoni qattiq holatdagi katalizator ishtirokida amalga oshiriladi, bu geterogen katalitik jarayon hisoblanadi.

**36. Vanadiyli kontakt massa** – sulfat kislota ishlab chiqarishda ishlatiladigan katalizatorlar bo'lib, BAV va SDV markali kontakt massalari ishlatiladi: BAV so'zining ma'nosi – kontakt massa tarkibiga kiradigan elementlar (bariy, alyuminiy va vanadiylar) ning bosh harflaridan iborat; SDV so'zi esa – sulfo-vanadat-diatomli ma'nosini anglatadi.

**37. Oleumli (birinchi) absorber** – kontakt jihozidan chiqadigan gazlar suyuqlik sifatida oleum taqsimlanadigan absorberga keladi, u vertikal po'lat silindr shaklida tayyorlangan to'ldirgichli skrubber ko'rinishida bo'lib, ostki qismida halqali panjara bo'ladi, unga to'ldirgichlar (po'lat yoki sopol halqachalar) joylashtirilgan bo'ladi.

**38. Monogidratli (ikkinchi) absorber** – bu absorber ham xuddi quritish minorasi kabi o'rnatilgan bo'lib, unga 98,3% li sulfat kislota suyuqligi taqsimlanadi. Monogidratli absorberning o'lchami va taqsimlash uchun beriladigan monogidrat miqdori odatda oleumli absorberdagi kabidir.

**39. Oleumli va monogidratli yig'gichlar** – po'latdan tayyorlangan va ularning ichki qismi kislotaga chidamli plitkalar bilan himoyalangan jihozlardir.

**40. Kislota sovutgichlari** – absorberlarda sulfat angidridni yutilishida ko'p miqdorda issiqlik ajraladi, u esa taqsimlanadigan kislotani qizib ketishiga olib keladi, uni sovutish uchun ishlatiladigan jihoz – kislota sovutgichi deyiladi.

**41. Filtrlar** – ko'pgina ishlab chiqarish korxonalarida gazni gaz purkash qurilmasidan qattiq zarrachalar va sulfat kislota bug'laridan tozalash uchun jihozlar bo'lib, ularni ko'pincha moy ajratgichlar deb ham ataladi.

**42. Nam kataliz** – sulfit gazi tarkibidagi SO<sub>2</sub> tarkibida anchagina miqdorda suv bug'lari bo'ladi, u vanadiyli katalizatorida sulfat angidridga oksidlanadi. Gazli aralashma keyinchalik kondensatorida sovutiladi, u yerda hosil bo'ladigan sulfat kislota bug'lari kondensatsiyalanadi. Bu usul bo'yicha sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash suv bug'i ishtirokida amalga oshiriladi, shu sababli bu usul ho'l kataliz usuli deyiladi.

**43. Nitrozali usul** – culfit angidrid olish, sulfid angidridning nitrozaga yutilishi, sulfid angidridni nitroza bilan oksidlash, nitrozaning azot oksidlaridan ajratish (denitratsiya), nitrozanidan ajraladigan azot oksidlarini gaz fazasida oksidlash, azot oksidlarini sulfat kislotaga yuttirish bosqichlaridan iborat bo‘ladi (hozir paytda nitrozali usul bo‘yicha ishlaydigan korxonalarda kameralar o‘rnida minoralar o‘rnatilgan, shuning uchun minorali usul ham deb ataladi).

**44. Sulfat kislotani konsentrlash** – bu jarayon qizdirilganda sulfat kislotasi eritmasidan namlikni yo‘qotishdan iboratdir; ko‘pchilik hollarda kislotasi qaynoq gazlar bilan qizdiriladi. Gazdan kislotaga issiqlik uzatish usuliga bog‘liq holda konsentrlash uchun jihozlarni ikkita guruhga bo‘lish mumkin: qaynoq gazlar va kislotasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri to‘qnashuvi bilan amalga oshiriladigan jihozlar hamda tashqi qizdirgichli jihozlar, ularda issiqlik to‘siq orqali uzatiladi. To‘siq orqali issiqlik uzatishda konsentrlash jarayoni atmosfera bosimida yoki vakuumda amalga oshiriladi.

**45. Ishlab chiqarish nazorati** – ishlab chiqarish nazoratining vazifasi o‘rnatilgan rejim buzilishini o‘z vaqtida aniqlash, ularni tezda to‘g‘rilash va jarayonning boshqa bosqichidagi me‘yorlar buzilishini oldini olishdan iboratdir.

**46. Davriy (qo‘lda amalga oshiriladigan) nazorat** – kimyoviy tahlil yo‘llari orqali amalga oshiriladigan nazorat bo‘lib, dastlab xomashyo, yarim mahsulotlar, mahsulotlardan namunalari olinadi, so‘ngra namunalarni kimyoviy qayta ishlanadi, tegishli hisoblashlar bajariladi va hokazo. Shuning uchun ko‘pchilik holatlarda kimyoviy analiz natijalari namuna olingan vaqtdan bir necha soat keyin tayyor bo‘ladi. Bu paytda barcha uzluksiz jarayonlarda o‘rnatilgan maqbul (optimal) rejimga nisbatan texnologik rejim parametrlarining o‘zgarishini o‘z vaqtida aniqlash sulfat kislotasi olishda ham va uni konsentrlashda ham muhim ahamiyatga ega bo‘ladi.

**47. Avtomatik nazorat** – bunday nazorat usulida o‘lchashlar to‘xtovsiz amalga oshiriladi. Avtomatik nazorat uskunalari nafaqat ko‘rsatadi, balki ko‘rsatkichni qayd etib boradi, shuningdek o‘lchanadigan parametrning belgilangan qiymatidan og‘ishi (chetlanishi) haqida signal uchun belgilangan impuls beradi. Bunda ko‘rsatkich qayd etilishi uni o‘lchanadigan joydan bir qadar uzoq masofada – distansiyali ham amalga oshirilishi mumkin. Bu esa nazorat maskanidan turib jarayonni boshqarish imkonini beradi.

**48. Qarshilik termometrlari** – ularning ishlash prinsipi metallar harorati o‘zgarishi bilan ular elektr o‘tkazuvchanligining o‘zgarishiga asoslangandir. Qarshilik termometrining asosiy qismi ingichka (misdan, platinadan, mahsus qotishmadan tayyorlangan) sim hisoblanadi, ulaning bir uchi qarshilikni o‘lchash uchun uskuna (logomer yoki qarshilik mosti) bilan ulangan bo‘ladi; uskunaning o‘lchash darajasi yuz gradusli darajaga tegishli bo‘limlarga ajratilgan bo‘ladi.

**49. Ammiak**  $\text{NH}_3$  – normal bosim va haroratda rangsiz va o‘tkir hidli gaz. Suyuq ammiak – rangsiz suyuqlik bo‘lib,  $-33,4^\circ\text{C}$  da qaynaydi. Ammiak qaytaruvchi xossani namoyon qiladi, suvda yaxshi eriydi va ammoniy gidroksid ( $\text{NH}_4\text{OH}$ ) hosil qiladi. Ammiakning suvdagi 25% li eritmasi ammiakli suv yoki novshadil spirt nomi bilan yuritiladi. Ammiak o‘g‘it sifatida ishlatiladi, u tuproqqa



suyuq holatda beriladi, shuningdek ammiakdan sovutgichlarda, metallurgiya sanoatida, plastmassalar, fotografiya materiallari preparatlari va boshqalar ishlab chiqarishda qo'llaniladi. Ammiakning ko'p qismi turli xil azot tutgan o'g'itlar va nitrat kislota ishlab chiqarishda qayta ishlanadi, ulardan kimyo sanoatida ham, xalq xo'jaligining boshqa tarmoqlarida ham keng miqyosda foydalaniladi.

**50. Nitrat kislota** – muhim mineral kislotalardan biri hisoblanadi. Suvsiz nitrat kislota  $\text{HNO}_3$  zichligi  $1,52 \text{ g/sm}^3$  ( $15^\circ\text{C}$  da) bo'lgan og'ir suyuqlik bo'lib, havoda tutaydi. U  $-47^\circ\text{C}$  haroratda muzlaydi va  $86^\circ\text{C}$  da qaynaydi. Kislotaning qaynaganda qisman u azot(IV)-oksid hosil qilish bilan parchalanadi. Ajralib chiqadigan azot(IV)-oksid kaslotada eriydi va kislotani sarg'ish yoki qizg'ish rangga ( $\text{NO}_2$  miqdoriga muvofiq) bo'yaydi. Nitrat kislota suv bilan har qanday nisbatda aralashadi va gidratlar ( $\text{HNO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{HNO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  va x.k.) hosil qiladi.

**51. Atmosfera azotini bog'lash usullari** – sanoatda atmosfera azotini bog'lashning bir necha usullari mavjud: atmosfera azotini elektr yoyida oksidlash (yoy usuli); kalsiy karbiddan kalsiy sianamid olish (sianamid usuli); elementlardan ammiak sintez qilish (ammiakli usul). Ular orasida eng iqtisodiy samarador usul ammiak sintezidir va hozirgi paytda bog'langan azotning 95% miqdori shu usul bilan olinadi.

**52. Gipofosfit kislota  $\text{H}_3\text{PO}_2$  yoki  $\text{H}(\text{H}_2\text{PO}_2)$**  – bir negzli kuchli kislota hisoblanadi, gigroskopik oq kristallardan iborat bo'ladi va suvda yaxshi eriydi. Parchalanish mahsulotlarining tarkibida, shuningdek, fosfit kislota, elementar fosfor va boshqalar bo'lishi mumkin. Gipofosfit kislota – kuchli qaytaruvchi va hattoki xona haroratida ham parchalanib vodorod va fosfit kislotaga aylanadi.

Gipofosfit kislota uning tuzlari – gipofosfitlar (konsentrlangan ishqor eritmalarini fosfor bilan qo'shib qizdirish orqali olingan mahsulot) ga mineral kislotalarni ta'sir ettirib hosil qilinadi.

**53. Fosfit kislota  $\text{H}_3\text{PO}_3$  yoki  $\text{H}_2(\text{HPO}_3)$**  –  $\text{P}_2\text{O}_3$  ni suv bilan ta'sirlashishi natijasida yoki fosforning nam havoda juda sekin oksidlanishi natijasida, shuningdek, gipofosfit kislotani havo kislorodi ta'sirida oksidlash natijasida hosil qilinadi. Toza fosfit kislota – rangsiz kristall bo'lib, havoda tutaydi va suvda yaxshi eriydi.

**54. Metafosfit kislota  $\text{HPO}_2$  yoki  $\text{P}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$**  fosfit anhidridga stexiometrik nisbatdagi suv ta'sir ettirish yoki vakuum sharoitida fosfinni chala oksidlanishi natijasida mayda kristallar ko'rinishida hosil qilinadi. Havoda va ayniqsa, namlik ta'sirida, metafosfat kislota xuddi fosforning boshqa quyi oksikislotalari singari parchalanadi va fosfit hamda fosfat kislotalariga aylanadi.

**55. Gipofosfat kislota  $\text{H}_2\text{PO}_3$  yoki  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$**  elementar fosforning nam havoda sekinlik bilan oksidlanishi natijasida hosil bo'ladi. Uni fosfit kislotani fosfat kislotaga oksidlanishining oraliq jarayon mahsuloti deb tasavvur etish mumkin. Gipofosfat kislota suvsiz va digidrat holatidagi kristallar hosil qiladi. Suvsiz  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_6$  – oq kristall modda bo'lib, suvda yaxshi eriydi.

**56. Fosfat yoki ortofosfat kislota yohud termik fosfat kislota (TFK)  $\text{H}_3\text{PO}_4$**  – toza holatdagi ortofosfat (yoki soddaroq aytilganda fosfat) kislota rangsiz prizmatik kristall bo'lib, suvda yaxshi eiydi. Odatda uni quyuuq, moysimon

suyuqlik holatida olinadi, undan sovutish orqali kristall mahsulot ajratib olinadi. Ko‘p hollarda kristallanish faqatgina kristallantiruvchi qo‘shimcha qo‘shilgandagina amalga oshadi.

**57. Polifosfat kislotalar** – fosfat anhidridning suv bilan bosqichli ta’sirlashuvi – gidratlanish darajasi bilan farqlanadigan bir qator fosfat kislotalari hosil bo‘lishi bilan boradi. Fosfat anhidridning 5 ta asosiy gidratlari: ortofosfat kislota  $H_3PO_4$  ( $P_2O_5 \cdot 3H_2O$ ), pirofosfat kislota  $H_4P_2O_7$  ( $P_2O_5 \cdot 2H_2O$ ), tripolifosfat kislota  $H_5P_3O_{10}$  ( $3P_2O_5 \cdot 5H_2O$ ), tetrapolifosfat kislota  $H_6P_4O_{13}$  ( $2P_2O_5 \cdot 3H_2O$ ), metafosfat kislota  $(HPO_3)_n$  ( $P_2O_5 \cdot H_2O$ ) mavjuddir.

**58. Ekstraksiyon fosfat kislota (EFK)** – tabiiy fosfatlarning sulfat kislotali parchalanishi bo‘yicha boradigan reaksiyaga va keyingi bosqichda suyuq fazadan sulfatli cho‘kmani ajratib olishga asoslangan usul – ekstraksiyali yoki ho‘l usul deyiladi. Bunda olingan mahsulot ekstraksiyon fosfat kislota deb yuritiladi. Bu keng tarqalgan fosfat kislota olish usuli mineral o‘g‘itlar, ozuqali va termik fosfatlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

**59. Tok bo‘yicha unum  $\eta$**  – ma’lum miqdordagi elektr energiyasi sarflanishi natijasida elektrolizda olingan moddaning miqdori  $G_a$  ni Faradey qonuniga muvofiq olinishi mumkin bo‘lgan moddaning miqdori  $G_n$  ga nisbatidir.

**60. Energiyadan foydalanish koeffitsienti  $\mu$**  – mahsulot birligi ajrab olish uchun kerak bo‘ladigan energiya miqdori  $\omega_n$  ni haqiqatda sarflangan energiya miqdori  $\omega_a$  ga nisbatini ifodalaydi.

**61. Vodorod xlorid** – rangsiz gaz bo‘lib,  $-114,2^\circ C$  haroratda suyuqlanadi va  $-85^\circ C$  haroratda qaynaydi. Vodorod xlorid suvda juda yaxshi eriydi va bunda anchagina miqdorda issiqlik ajralib chiqadi. Sanoatda vodorod xlorid ham, xlorid kislota ham ko‘p ishlatiladi. Vodorod xlorid organik birikmalar: etilen (etil xlorid olish uchun), asetilen (vinil xlorid olishda), etilen oksid (etilen xloridrin) kabilarni gidroxlorlashda va boshqa organik xlorli birikmalar sintezida ko‘p miqdorda ishlatiladi. Xlorid kislota rux, bariy va boshqa noorganik tuzlar ishlab chiqarishda, rangli metallurgiyada, galvanotexnikada, monovinilasetilen (xlorpren olishda), asetilen (vinilxlorid olishda) kabilarni gidroxlorlashda, anilin bo‘yoqlari ishlab chiqarishda, kraxmal gidrolizida (spirt olishda) va boshqa ishlab chiqarish tarmoqlarida ishlatiladi.

**62. Vodorod ftorid HF** rangsiz,  $19,9^\circ C$  da (101,3 kPa da) qaynaydi,  $-83,1^\circ C$  da suyuqlanadi. Gazsimon, suyuq va qattiq holatida bo‘ladi. HF molekularining o‘ziga xos xususiyati – bu uning assotsiyalanishga moyilligidadir.

**63. Ftorid (plavik) kislota** – vodorod ftorid suvda yaxshi eriydi, uning suvli eritmasi HF(aq) ftorid (plavik) kislota deyiladi. Ftorid kislota suvli eritmalarda gidroftorid (diflorogidrogenat)  $HF_2^-$  ionlari hosil qilgan holda dissotsilanadi. HF ishqoriy metallarning ftoridlari bilan  $MeF \cdot nHF$  turidagi kristall birikmalar hosil qiladi, bunda masalan, KF uchun  $n = 2, 3$  va  $4$  ga teng.

**64. Kremniy tetraftorid  $SiF_4$**  – rangsiz gaz, sovutilganda to‘g‘ridan-to‘g‘ri qattiq fazaga o‘tadi. Qattiq holatdagi  $SiF_4$   $-94,8^\circ C$  da haydaladi. Kremniy tetraftorid suvga yaxshi (1 hajm suvga 265 hajm) yutiladi, bunda gidrolizlanib, geksaftorsilikat va silikat kislotalarni hosil qiladi.

**65. Geksaftorsilikat (kremneftorid, ftorosilikat) kislota**  $\text{H}_2\text{SiF}_6$  ftorid kislota  $\text{SiF}_4$  ning erishi natijasida hosil bo‘ladi. Geksaftorsilikat kislota – konsentrlangan suvli eritmalardan  $19^\circ\text{C}$  da suyuqlanadigan rangsiz  $\text{H}_2\text{SiF}_6 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  kristallari shaklida ajraladi. Bug‘lari HF va  $\text{SiF}_4$  ga kuchli dissotsilanadi.

# MUNDARIJA

	bet
<b>SO‘ZBOSHI</b> .....	3
<b>KIRISH</b> .....	5
<b>I-bob. SULFAT KISLOTA, OLEUM VA SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHDAGI ORALIQ MAHSULOTLARNING XOSSALARI</b> .....	6
1- §. Sulfat kislota va uni ishlab chiqarish tarixi haqida .....	6
2- §. Sulfat kislota va oleumning xossalari .....	9
3- §. Sulfat kislota ishlab chiqarishdagi oraliq mahsulotlar xossalari .....	15
4- §. Sulfat kislota navlari, uni saqlash va tashish .....	18
<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	21
<b>II-bob. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISH XOMASHYOLARI</b> .....	22
1- §. Xomashyolar. Oltinugurt kolchedanlarining tarkibi va turlari .....	22
2- §. Oltinugurt va uning xossalari. Tabiiy rudalardan oltinugurtning olinishi ...	25
3- §. Rangli metallurgiya va aglomeratsiya gazlari. O‘txona va yonilg‘i gazlari. Sulfatli xomashyolar .....	34
<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	39
<b>III-bob. OLTINGUGURTLI XOMASHYOLARNI KUYDIRISH</b> .....	40
1- §. Oltinugurtli xomashyolarni kuydirishning fizik-kimyoviy asoslari .....	40
2- §. Kolchedanni kuydirish pechlari .....	54
3- §. Kolchedanni kuydirishdagi pech bo‘linmasining moddiy va issiqlik balansi ..	66
4- §. Oltinugurt va gazsimon xomashyolarni yoqish pechlari .....	71
5- §. Kuyundi gazlarini changdan tozalash .....	76
6- §. Konsentrlangan sulfit angidrid olish .....	98
<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	109
<b>IV-bob. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHNING KONTAKT USULI</b> .....	111
1- §. Sulfit angidridni sulfat angidridga oksidlash .....	111
2- §. Sulfat angidridni absorbsiyalash .....	136
3- §. Oltinugurt va boshqa xomashyolardan kontakt usulida sulfat kislota ishlab chiqarish .....	151
<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	163
<b>V-bob. SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQARISHNING NITROZALI USULI</b> .....	165
1- §. Sulfit angidridni nitrozali katalitik oksidlash .....	165
2- §. Minorali tizimning texnologik tartibi (rejimi) .....	183
<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	193

<b>VI-bob.</b>	<b>SULFAT KISLOTANI KONSENTRLASH</b> .....	194
1- §.	Sulfat kislota konsentrlashning fizik-kimyoviy asoslari .....	194
2- §.	Sulfat kislota konsentrlash .....	198
	<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	209
<b>VII-bob.</b>	<b>SULFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISHDAGI JARAYONLAR NAZORATI, AVTOMATIK BOSHQRISH TIZIMI VA HAYOTIY FAOLIYAT XAVFSIZLIGI</b> .....	211
1- §.	Ishlab chiqarish nazorati .....	211
2- §.	Sulfat kislota ishlab chiqarishda jarayonni avtomatik boshqarish .....	216
3- §.	Sulfat kislota ishlab chiqarishda hayotiy faoliyat xavfsizligi .....	232
4- §.	Sulfat kislota ishlab chiqarishda kimyoviy energiyadan foydalanish .....	237
	<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	242
<b>VIII-bob.</b>	<b>NITRAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI</b> .....	244
1- §.	Havodan azot va kislorod olish .....	244
2- §.	Atmosfera azotini bog'lash usullari .....	248
3- §.	Nitrat kislota ishlab chiqarish .....	250
	<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	270
<b>IX-bob.</b>	<b>FOSFAT KISLOTA ISHLAB CHIQRISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI</b> .....	272
1- §.	Fosforning kislorodli birikmalari .....	272
2- §.	Fosfat kislota va uning xossalari .....	274
3- §.	Elektrotermik usulda fosfat kislotasi ishlab chiqarish .....	286
4- §.	Ekstraksiya fosfat kislota ishlab chiqarish .....	308
5- §.	Markaziy Qizilqum fosforitlaridan ftoresizlangan ekstraksiya fosfat kislota olish .....	339
6- §.	Fosfat kislota konsentrlash .....	344
	<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	351
<b>X-bob.</b>	<b>XLORID KISLOTA ISHLAB CHIQRISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI</b> .....	353
1- §.	O'yuvchi natriy, xlor va vodorod ishlab chiqarish .....	353
2- §.	Xlorid kislota ishlab chiqarish .....	364
	<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	367
<b>XI-bob.</b>	<b>FTORID KISLOTA ISHLAB CHIQRISH NAZARIYASI VA TEXNOLOGIK HISOBLARI</b> .....	368
1- §.	Ftorid va geksaftorsilikat kislotalarning fizik-kimyoviy xossalari .....	369
2- §.	Ftorid kislota ishlab chiqarish .....	373
	<i>Nazorat uchun savollar</i> .....	381
	<b>ADABIYOTLAR</b> .....	382
	<b>GLOSSARIY</b> .....	384





