

**Ўзбекистон Республикаси Олий ва ўрта махсус
таълим вазирлиги**

Умарова Иноят Каримовна

Ф Л О Т А Ц И Я

Дарслик

**70721503 - Фойдали қазилмаларни бойитиш
мутахассислиги магистр талабалари учун**

Тошкент 2021 й.

Флотация. Дарслик. И.К. Умарова. Тошкент Давлат Техника Университети, 2022 й.

Дарсликда флотация усулида бойитиш хақида умумий маълумотлар берилиб, унинг физик ва кимёвий асослари баён қилинган. Флотация асосан сувли муҳитда олиб борилиши учун сувнинг флотация жараёнидаги аҳамияти, газ ва минералларнинг эриши, минерал заррачалар юзаси билан таъсирлашганда жуфт электр қатламининг ҳосил қилиши ва ҳаказолар келтирилган.

Ундан ташқари флотацион реагентларнинг таснифи, уларнинг флотация жараёнида қўлланилиш мақсадлари, саноат миқёсида ишлатиладиган реагентларнинг таркиби, таъсир қилиш механизми ёритиб берилган. Флотация жараёни амалга ошириладиган машиналарнинг тузилиши, ишлаш принципи ҳамда техник характеристикалари берилган. Шунингдек флотация жараёнига таъсир қилувчи омиллар, флотация схемалари, нодир металллар рудаларини, рангли металллар сульфидли ва оксидли рудаларни бойитиш технологиялари келтирилган.

Дарсликдан “Кончилик иши” йўналиши бўйича таҳсил олаётган бакалавр талабалари ҳам фойдаланишлари мумкин.

Жадваллар-9, расмлар-23, адабиётлар-6.

Кириш

Курилиш материаллари ёқилғи, кимёвий моддалар ва металлларни олиш манбаи фойдали қазилмалар ҳисобланади.

Фойдали қазилма деб, фан ва техникаларнинг ҳозирги замон тараққиёти даражасида табиий ёки бирламчи ишлов берилгандан сўнг халқ хўжалигида фойдаланиш мумкин бўлиб, анорганик ёки органик келиб чиқишига эга бўлган табиий минерал ҳам ашиёга айтилади.

Фойдали қазилмалар қатти, суюқ ва газсимон бўлади. Қаттиқ фойдали қазилмалар хилма-хил бўлиб, уларни қуйидаги гуруҳларга бўлиш мумкин:

- метал рудалар: қора, рангли, ноёб, нодир ва бошқа металллар олиш учун фойдаланиладиган фойдали қазилмалар;
- металсизлар: Кимё саноати учун ҳар хил бирикмалар, сопол, чинни, қурилиш материаллари, шиша ва бошқа материаллар олиш учун манба бўлган фойдали қазилмалар;
- ёнувчи фойдали қазилмалар: кўмир, ёнувчи сланецлар, торф.

Булар ёқилғи ва кимё саноати учун ҳам ашиё манбаидир. Қаттиқ фойдали қазилмалар таркибида фойдали ва фойдасиз (кераксиз) минераллар (тоғ жинслари) мавжуд.

Фойдали (қийматли) минераллар деб, шундай табиий минералларга айтиладики, уни олиш мақсадида фойдали қазилма қазилиб олинади. (Масалан, мис рудасидан мис, олтин рудасидан олтин, рух рудасидан рух минераллари). Асосий фойдали

минераллардан ташқари рудалардан йўлдош (примес) минераллар бўлиши мумкин.

Масалан, мис рудасидан олтин, кўмиш, рух, кўрғошин (фойдали) ва симоб, сурма, маргимуш минераллари (зарарли) учрайди.

Рангли металл рудаларида фойдасиз минералларга SiO_2 , CaCO_3 , MgCO_3 темир ва алюминий минераллари киради ва улар кераксиз жинслар (пустая порода) деб аталади.

Рудаларда фойдали минераллар миқдори фойдасиз минераллар (жинслар) миқдоридан жуда кам. Шунинг учун фойдали қазилмалардан фойдасиз жинсларнинг талай қисмини ажратиб ташлашга тўғри келади. Чунки фойдали моддаси кам бўлган хом ашиёдан тайёр махсулот (масалан, металл) олиш иқтисодий самара бермайди. Масалан, мис рудасида миснинг миқдори 0,2-1,5 % гача бўлади. Ваҳоланки, пирометаллургия усули билан тоза мис олиш учун миснинг хом ашиёдаги миқдори 16 % дан кам бўлмаслиги керак. Шунингдек, қуйидаги 1-жадвалда металлларнинг рудалардаги ва металлургия жараёни учун ишлатиладиган бойитмалардаги талаб қилинган миқдори келтирилган.

1-жадвал.

Металл	Pb	Zn	Mo	W	Fe	Mn
Рудада	1-3	1-4	0,05- 0,05	0,06-1	29-40	15-20

Бойитмада	30-73	45-56	46-50	50-65	62-68	25-50
-----------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Демак, фойдали қазилмаларни бойитиш зарур тадбирдир.

Фойдали қазилмаларни бойитиш деб, фойдали минералларни фойдасиз жинслардан ажратиб олиш учун кондан қазиб олинган минерал хом ашёга берилган бирламчи ишловлар мажмуига айтилади. Бойитиш технологияси бир нечта кетма-кет бажариладиган жараён (операция) лардан иборат.

Бойитишга тайёрлаш ишлари - майдалаш, элаш ва таснифлаш. Яъни минералларни бир - биридан ажратиш учун қулай ўлчамга эга бўлган заррачаларга айлантириш.

Бойитиш жараёни - минералларни бир-биридан ажратиш. Натижада фойдали минералларга бой бўлган махсулот - бойитма ва фойдасиз жинслар тўпланган махсулот - чиқинди олинади. Баъзида оралиқ махсулот ҳам олиниб, уни қайта бойитиш жараёнига юборилади.

Ёрдамчи жараёнлар-бойитиш натижасида олинган махсулотларни қуритиш (сувсизлантириш), чиқинди сувларини тозалаш ва ҳавони чанглардан фориғ этиш ишлари киради.

Фойдали қазилмаларни бойитиш усуллари хилма-хил. Шулардан: оддий саралаш-заррачаларнинг ташки кўринишига, гравитация усули - заррачаларнинг зичлигидаги фарққа, флотация - заррачалар юзаларининг кимёвий хусусиятига, магнитли саралаш-заррачаларнинг магнит майдонида таъсирланишига, электр саралаш-заррачаларнинг электр

майдонида таъсирланишига, радиометрик саралаш-заррачаларнинг радиоактивлигидаги фарққа асосланган.

Бойитиш технологиясини қабул қилишда руда таркибидаги ажратилиши керак бўлган минералларнинг қайси бир хоссалари бир-биридан катта фарқ қилса, шу хоссага асосланган бойитиш усули қабул қилинади.

Юқорида кўриб ўтилган бойитиш усулларининг орасида энг кўп ҳўлланиладигани флотация усулидир. Қазиб олинган фойдали қазилмаларнинг 90% дан ортиғи флотация усулида бойитилади.

I боб. Фойдали қазилмаларни флотация усулида бойитиш жараёнлари хақида Умумий маълумотлар

Умумий тушунчалар

Флотация—минерал заррачалар юзасининг физик–кимёвий хоссаларидаги фарққа қараб бойитиш усули бўлиб, минерал заррачалар юзасининг сув билан ҳар хил ҳўлланиш қобилиятига асосланади.

Сувли муҳитда майин туюлган ҳолда мавжуд бўлган айрим минералларнинг заррачалари сув билан ҳўлланади, бир хиллари эса сув билан ҳўлланмайди, балки сувдаги ҳаво пуфакчаларига илашиб, юзага қалқиб чиқади.

Шу билан бир вақтда бошқа минералларнинг заррачалари сув билан ҳўлланиб унда чўқади ёки муаллақ ҳолда жойлашади.

Флотация турли хилдаги фойдали қазилмаларни бойитишда кенг кўламда ишлатилади. Қазиб олинган рангли металллар рудаларининг 90 % дан кўпроғи—камёб, қора, нодир металллар рудалари ва нометал рудалар шу усулда бойитилади. Флотация усулини ҳўллаш камбағал рудаларни ҳамда бошқа усуллар билан бойитилиши қийин бўлган рудаларни қайта ишлаш имкониятини яратади. Масалан, флотация усулини ҳўллаб полиметал рудалардан кўрғошинли, руқли ва мисли бойитмаларни олиш мумкин.

§1. Ҳозирги замон флотация жараёнининг шаклланиши

Флотация жараёни фойдали қазилмаларни бойитиш усули сифатида амалиётда ўз ўрнини топгунча узоқ ва мураккаб йўлни босиб ўтади. Флотация жараёни шаклланиш даврида ёғли (масляная), пардали (пленочная) ва кўпикли (пенная) – флотация деб номланиб келинди.

1860 йилда Вильям Хайнс (Англия) минералларни ажратиб олиш масаласида биринчи патент олади. Бу ихтирони мазмуни шундан иборат эди: ўта майдаланган руда сув зичлигидан кам зичликка эга бўлган ёғ билан аралаштирилади, сўнгра бу аралашма сув билан тўлдирилган идишга (тиндиргичга) берилади. Ёғ билан намланган сувюқмас заррачалар (сульфидлар) ёғ заррачалари билан юқорида, сув юқувчан заррачалар (масалан, кварц) тиндиргични тубида тўпланган. Бу усулни ёғли флотация деб аталган. Ёғли флотация усулида ёғнинг сарфи катта (2 %) бўлган. Ёғ сарфини камайтириш мақсадида иш олиб борган немис олимлари Германияда 1877 йилда иккинчи патентни оладилар. Бунда юқоридаги жараён айнан ҳолади, фақат тиндиргичдаги бўтана қайнатилади. Қайнатилаётган бўтанадан сувда эриган газлар ажралиб чиқади ва флотация жараёни самаралироқ ўтади, аммо, бу даврда пуфакчаларни аҳамияти нимадан иборат эканлигини тушуниб етмаган эдилар.

1898 йилда Ф. Эльмор (Англия) жараённи суюлтирилган бўтанада олиб боришни таклиф қилди. 1902 йилда Австралияда флотацияни газ иштирокида олиб боришни таклиф этилди, бунда бўтанага 2,5 % ли хлорид кислотани қўшилди. Рудада мавжуд бўлган CaCO_3 кислота билан реакцияга киришиб, CO_2 газни ҳосил қилади. Жараёнда ёғ сарфи анча камайган, баъзи бир ҳолларда умуман ёғ ишлатилмаган. 1904 йилда Ф. Эльмор газ ҳосил қилиш учун бўтана юзасида вакуум ҳосил қилишни, кейинроқ эса электролиз ёрдамида сувни парчаланишдан ҳосил бўлган газлар иштирокида флотацияни олиб боришни таклиф қилган.

Кейинги йилларда ҳам флотация масаласида жуда кўплаб таклифлар берилган. Шулардан эътиборга маликларидан баъзи бирлари ҳақида тўхталиб ўтамиз:

- ўта майдаланган руда (кукун) секин аста сув юзасига берилган. Бунда сувюқмас (гидрофоб) заррачалар сув юзасида ҳолган, сувюқар (гидрофил) заррачалар эса чўкиб идиш тубида тўпланган. Бу усулни пардали флотация деб аталган. Жараённи самаралироқ ўтиши учун баъзида рудага ёғ билан ишлов берилган;

- худди шундай, майдаланган руда кукуни, шиддатли аэрация ёрдамида ҳосил қилинган кўпик юзасига берилган. Бу усулни кўпикли саралаш (пенная сепарация) деб номланган. Тинимсиз илмий тадқиқотлар натижасида ҳозирда саноатда кенг

хўлланилаётган кўпикли флотация (оддий қилиб, флотация) деб аталувчи фойдали қазилмаларни бойитиш усули шаклланди;

Замонавий флотация куйидагича олиб борилади: ўта майдаланган руда бўтана ҳолда флотореагентлар деб номланувчи, органик ёки ноорганик моддалар билан ишлов берилади (қаттиқ зарраларнинг юза хоссаларини кучайтириш мақсадида), сўнг флотомашина деб аталувчи дастгоҳларда шиддатли аралаштирилади ва флотомашинага ҳар хил усуллар билан ҳаво пуфакчалари юборилади. Гидрофоб заррачалар ҳаво пуфакчаларига ёпишиб бўтана юзасида кўпик ҳолда тўпланади. Гидрофил заррачалар эса бўтана ҳолда дастгоҳдан чиқариб ташланади.

Ҳозирги вақтда қазиб олинаётган рудаларнинг 95 фоизи флотация усулида бойитилади.

§2. Флотация жараёнининг физик-кимёвий асослари.

Кўпикли флотация жараёнида 3 та фаза иштирок этади: қаттиқ (минерал), суюқ (сув) ва газсимон (ҳаво)

Флотация жараёнининг механизмини тушуниш учун бу фазалар юзаларининг хоссаларини ва бу фазалар чегараларида содир бўладиган қодисаларни кўриб чиқамиз.

Суюқ ва қаттиқ жисмларнинг юза қатламлари бу жисмларнинг ичида бўлмайдиган бир қатор физик–кимёвий хоссаларга эга.

Қаттиқ заррачаларнинг юзаси эркин энергиянинг мавжудлиги билан характерланади. Қаттиқ жисмлар юза қатламларининг атомлари (ионлари) суюқлик молекулалариникига нисбатан кўпроқ тортишиш кучини сезади.

Эркин юза энергиясининг катталиги минераллар юзасининг табиатини ва унинг сув ҳамда сувда эриган моддалар билан таъсирлашув қобилиятини характерлайди. Бундай ўзаро таъсирлашувлардан бири—минераллар юзасининг сув билан ҳўлланишидир.

Минерал заррачалар юзасининг сув билан ҳўлланиш қодисаси флотация жараёнининг физик—кимёвий омилларидан бири қисобланади.

Ҳўлланиш даражасига фақат минерал эркин юза энергиясининг катталиги эмас, балки сув ион ва молекулаларининг ўзаро таъсирлашув энергияси ҳам таъсир қилади.

Бир хил моддалар молекулаларининг ўзаро тортишиши (масалан, суюқликнинг) когезия дейилади ва суюқлик устунини иккита шундай кесимдаги устунга бўлиш учун сарфланадиган иш билан характерланади.

Иккита фазанинг (масалан, сув ва минерал) ўзаро тортишиши адгезия дейилади ҳамда у ҳам шу фазаларни бўлиш учун сарфланган ишни фазалар ажралиш юзасининг бирлигига нисбати билан характерланади. Адгезия иши иккала фаза юза

энергияларнинг йиғиндиси минус фазалар чегарасидаги юза энергиясига тенг:

$$W = \sigma_{c-ч} + \sigma_{к-ч} - \sigma_{c-к}$$

бу ерда: $\sigma_{c-ч}$, $\sigma_{к-ч}$, $\sigma_{c-к}$ —тегишли равишда суюқлик–газ, қаттиқ заррача–газ, суюқлик–қаттиқ заррача фазалари ажралиш чегарасидаги юза энергияси.

Минерал заррачанинг юзаси сув билан хўлланиши учун минерал ва сув молекулалари орасидаги тортишиш кучи сув молекулалари орасидаги тортишиш кучидан катта бўлиши керак. Бошқача қилиб айтганда, минерал заррача юзасининг хўлланиши учун сув ва минерал орасидаги адгезия иши сувнинг ўзи учун когезия ишидан ортиқ бўлиши керак.

Табиий минераллар сув билан хўлланиш қобилиятига қараб бир–биридан фарқ қилади. Юзаси сув билан осон хўлланадиган минераллар (масалан, кварц, кальций) гидрофил минераллар, сув билан ёмон хўлланадиган минераллар эса (масалан, графит, тальк, молибден, халькопирит) гидрофоб минераллар дейилади. Кўп минераллар эса оралиқ ҳолатни эгаллайдилар. Бир қатор минераллар (масалан, сульфидли минераллар) гидрофиллигининг ортиши улар юзасининг оксидланиши билан боғлиқ. 1–расмда минерал заррача юзасини ҳаволи муҳитда сув билан хўлланишидаги сирт таранглик кучларининг таъсири схемаси келтирилган.



1–расм. Минерал заррача юзасининг ҳаволи муҳитда сув билан ҳўлланишидаги сирт таранглик кучларининг таъсири схемаси

Уч фазали ҳўлланиш периметрига қ–г ва с–қ фазалари ажралиш юзасида ҳосил бўлувчи сирт таранглик кучлари таъсир этади. С–г ажралиш чегарасидаги сирт таранглик кучлари ҳўлланиш периметрига ҳаво пуфакчаси (ёки сув томчиси) юзасида уринма бўйлаб таъсир этади.

Уч фазали периметрнинг исталган нуқтасида ҳаво пуфакчаси ёки сув томчиси юзасига ўтказилган уринма ва минералнинг юзаси орасидаги бурчак чегаравий ҳўлланиш бурчаги дейилади.

Қаттиқ жисм юзасининг ҳўлланиш даражаси миқдор жиқатдан чегаравий ҳўлланиш бурчагининг катталиги билан баҳоланади. Назарий жиқатдан чегаравий бурчак 0 дан 180^0 гача ўзгариши мумкин. Биринчи ҳолда минерал юзаси сув билан тўлиқ ҳўлланади (минерал абсолют гидрофил), иккинчи ҳолда эса сув томчиси ёйилиб кетмайди ва томчи ҳолда ушланиб туради (минерал абсолют гидрофоб).

Охирги ҳол амалда учрамайди, чунки табиатда абсолют гидрофоб минераллар деярли йўқ. Абсолют гидрофоб моддаларга симоб ва молибденит яқин.

Минералларнинг флотацияланиши улар юзасининг сув билан хўлланиш даражасига боғлиқ. Минерал сув билан қанчалик ёмон хўлланса, ҳаво пуфаги унинг юзасидан сувни шунча осон сиқиб чиқаради, минералга шунча кучли ёпишади ва минерални юзага олиб чиқади.

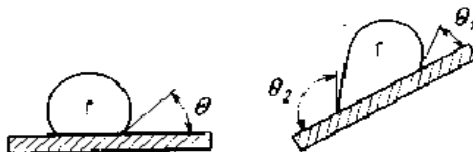
Минерал заррачани ҳаво пуфакчасига янада мустақкамрок ёпишиши каттароқ чегаравий хўлланиш бурчаги билан характерланади.

Чегаравий хўлланиш бурчаги турли минераллар учун кенг чегарада ўзгариши мумкин ва табиий гидрофил кварцда 0° атрофида, тошкўмирда $60-90^{\circ}$, талькда $70-90^{\circ}$, олтингугуртда $85-90^{\circ}$, сульфидларда $75-85^{\circ}$ ни ташкил қилади.

Минерал заррача юзасининг сув билан хўлланиши хўлланиш гистерезиси қодисаси билан боғлиқ. Агар ҳаво пуфакчаси минералнинг горизонтал юзасида жойлашган бўлса, мувозанатдаги чегаравий хўлланиш бурчаги ҳосил бўлади. Минерал заррача юзаси эгилганда пуфакчанинг бирикиш периметри бир қанча вақтга қўзғалмас ва қиймат жикатдан ўзгаришсиз ҳолиши мумкин, чегаравий хўлланиш бурчагининг қиймати эса ўзгаради.

Бунда оқиб тушувчи бурчак мувозанатдагидан катта йиғилган (ҳалқоб бўлган) бурчак эса мувозанатдагидан кичик.

Хўлланиш периметрии силжишидаги кечикиш хўлланиш гистерезиси дейилади (2-расм).



2-расм. Қўлланиш гистерезиси қодисаси

Хўлланиш гистерезиси қаттиқ юзанинг силлиқмаслиги ва ҳосил бўладиган ишқаланиш кучлари туфайли юзага келади деб қисобланади. Минерал заррача юзаси қанчалик ғадир-будир бўлса, хўлланиш гистерезиси шунча катта ва заррачанинг флотацияланиши шунча яхши бўлади.

Минерал заррача юзасининг сув билан хўлланиши, шунингдек, гидратация қодисаси билан ҳам боғлиқ.

Сув молекуласи умуман олганда нейтрал бўлишига қарамай, унда мусбат ва манфий қутблар мавжуд ва у дипол моментига эга. Бу сув молекуласида электр майдони бор деган маънони билдиради. Шунинг учун, агар поляр сув молекуласининг яқинида бошқа молекула жойлашса, у шу электр майдонининг таъсирини сезади. Сув юқори дипол моментига эга бўлгани сабабли, кўп моддалар сув диполларининг таъсири остида ионларга диссоцияланади, эрийди ва гидратланади. Ионлар атрофида сув диполларининг зичлашган қатлами ҳосил бўлади.

Бу қодисалар натижасида минерал заррачанинг юзасида сув молекулаларининг ориентирланган юпқа қатлами ҳосил бўлади ва у гидрат қатлам дейилади. Сув молекуласи минералга диполнинг минерал заррача юзаси зарядига тескари заряднинг учи билан ориентирланади. Ориентирланган сув молекуласининг биринчи қатлами бошқа қатламлар молекулаларининг ориентациясини белгилайди. Ориентирланган гидрат қатламининг қалинлиги 10^{-9} – 10^{-8} м дан ошмаслиги керак. Гидрат қатламда сув молекулалари минерал заррача юзаси билан мустақкам боғланган.

Флотация жараёнида минераллашган ҳаво пуфакчалари ҳосил бўлади, яъни уларга кўп сонли минерал заррачалар ёпишади.

Ҳаво пуфакчаларининг минераллашиши уч босқичда амалга оширилади: ҳаво пуфакчаси ва минерал заррачанинг яқинлашиши; улар орасидаги юпқа қатламнинг узилиши; заррачанинг ҳаво пуфакчасига мақкамланиши.

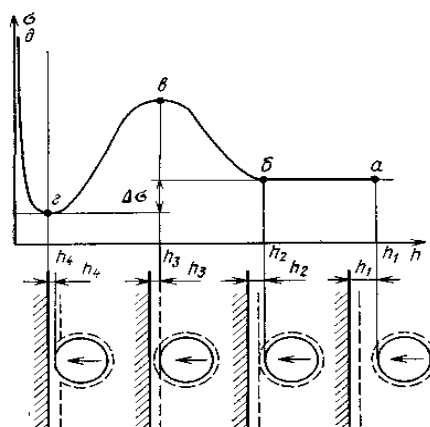
Минерал заррачанинг ҳаво пуфакчасига яқинлашиши кўпинча пуфакчанинг пастдан юқорига қаракатланишида ва заррачанинг пастга тушишида ёки пуфакча катта тезликда кўтарилаётганда пуфакча ва заррачанинг юқорига қаракатланаётганида содир бўлади.

Минерал заррача ҳаво пуфакчаси билан яқинлашганда улар орасидаги сув қатлами аста–секин юпқалашиб боради. Сув қатламининг мустақкамлиги минерал юзасининг ҳўлланишига

боғлиқ. Агар минерал юзаси ёмон хўлланса, чегаравий сув қатлами мустақкам эмас ва заррача ҳамда пуфакча яқинлашганда у қалинлиги бир неча молекулага тенг юпқа сув пардаси ҳолдириб узилади. Бундай парда минерал заррачанинг ҳаво пуфакчасига ёпишишига тўсқинлик қилмайди.

Сув чегаравий қатламининг узилиши жуда тез содир бўлади ва минерал заррача ҳаво пуфакчаси билан тўқнашиб, унда мақкамланади, ҳамда уч фазали хўлланиш периметри ва чегаравий хўлланиш бурчаги ҳосил бўлади. Чегаравий хўлланиш бурчаги аста–секин катталашиб боради ва мувозанат қийматига эришади.

Минерал заррача ва ҳаво пуфакчаси яқинлашганда сув қатлами σ нинг эркин энергияси ўзгаради (3–расм). Улар тўқнашгунча яқинлашганларида (сув қатламининг қалинлиги h_1 дан h_2 гача камаяди) сувни узоқлаштириш система эркин энергиясини ўзгартирмасдан минерал заррача ва пуфакча кинетик энергиясининг запаси таъсирида осон содир бўлади. (аб оралик) Заррача ва пуфакчанинг ундан кейинги яқинлашишида сув пардаси юпқалашади, улар гидрат қатламларининг тўқнашиши содир бўлади, муҳитнинг яқинлашишга қаршилиги ортади. бв майдонда гидрат қатлам қалинлигининг h_2 дан h_3 га камайиши қалин гидрат қатлами молекулаларини суришга сарфланадиган иш билан кузатилади. Бу иш системанинг қўшимча эркин энергияси запасига айланади (3–расм).



3–расм. Минерал заррача юзаси ва ҳаво пуфакчасининг яқинлашишида сув катлами эркин энергиясининг ўзгариши

Бу вақтда минерал заррача юзаси ва ҳаво пуфакчаси орасидаги ўзаро тортишиш кучи ҳосил бўлади, эркин энергия захиранинг камайиши билан кузатиладиган гидрат қатламнинг узилиши содир бўлади (вг майдон).

Кейинги, заррачанинг ҳаво пуфагига ёпишиши катта тезликда ўз–ўзидан амалга ошади. Пуфакча сакраб ўтишга ўхшаб заррачага ёпишади ва уч фазали хўлланиш периметри ҳосил бўлади.

Ҳолдиқ гидрат қатлами молекуляр ўлчам h_4 га эга ва термодинамик жикатдан барқарор қисобланади. Уни йўқотиш учун ташқаридан катта миқдорда энергия сарфлаш керак. (г д майдон)

Минерал заррачанинг пуфакчага ёпишиши натижасида эркин юза энергиясининг камайиши минерал заррача юзасидан сув гидрат қатламини сиқиб чиқаришга сарфланадиган ишга тенг.

Шундай қилиб, минерал юзаси қанчалик гидрофоб (хўлланиш бурчаги қанча катта) бўлса, минералнинг ҳаво пуфагига ёпишиши шунча мустақкам бўлади.

Флотацияни унинг тезлиги, яъни жараённинг минерал заррача маълум бир миқдорда ажралишга эришадиган вақти билан баҳоланади.

Флотациянинг маълум вақт оралиғидаги ўртача тезлиги қуйидаги формуладан аниқланади.

$$(1) \quad V_{yp} = \frac{\varepsilon}{t}$$

бу ерда: ε -қимматбако минералнинг t - вақт мобайнида бойитмага ажралиши, %.

Шу вақтгача биз юзаси сув билан табиий равишда хўлланмайдиган минералларнинг флотацияланиши қақида сўз юритдик. Бироқ, флотация усулида бойитишнинг кенг тарқалгани шу билан тушунтириладики, минерал заррача юзасининг хоссалари сунъий равишда ўзгартирилиши, яъни гидрофил ёки гидрофоб қилиниши мумкин.

Икки фаза ажралиш чегарасида мувозанатлашмасдан ҳолган кучлар сувда эриган моддаларнинг ион ёки молекулаларини тортиш хусусиятига эга.

Адсорбция модданинг икки фаза ажралиш чегарасидаги концентрациясини шу модданинг қажмдаги концентрациясига нисбатан ортишига олиб келади. Флотация учун бўтананинг

сувли қисмида эриган моддаларнинг минерал юзасида адсорбцияланиши кўпроқ аҳамиятга эга.

Минерал юзасини сув билан ҳўлланиш даражасини камайтириш учун унинг юзасида сув молекулаларининг тортишиш кучига қаршилик кўрсатувчи кимёвий моддаларни адсорбциялаш керак.

Бундай моддалар поляр, аполяр ва гетерополяр моддаларга бўлинади.

Поляр моддалар юқори кимёвий фаолликка эга. Улар сувда яхши эрийди, ионларга диссоцияланади, электр токини ўтказди, катта юза энергиясига эга.

Поляр моддаларга мисол тариқасида ноорганик кислоталарни, тузларни келтириш мумкин.

Аполяр моддалар бунинг аксича, кам кимёвий фаолликка эга, унча катта бўлмаган юза энергиясини сақлайди, сувда ёмон эрийди ва ҳўлланмайди. Уларга минерал ёғлар, мойлар ва бошқа органик бирикмалар киради.

Гетерополяр бирикмалар бир вақтнинг ўзида ҳам поляр, ҳам аполяр хоссаларга эга. Гетерополяр моддаларнинг молекулалари икки қисмдан ташкил топган. Молекуланинг поляр қисми кимёвий фаол бирикма қисобланиб, сувда яхши эрийди ва сув билан ҳўлланади. Молекуланинг аполяр қисми эса бошқа моддалар билан кучсиз таъсирлашади, сувда кам эрийди ва сув билан ҳўлланмайди. Масалан, этил спирти C_2H_5OH

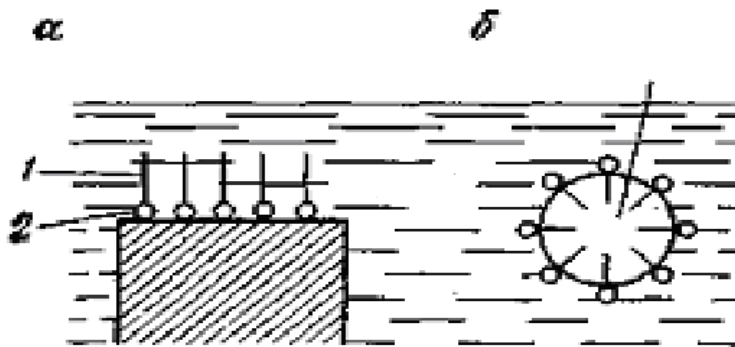
молекуласининг поляр қисми C_2H_5 бўлса, ОН–группа аполяр қисми қисобланади.

Агар гетерополяр моддани сув–ҳаво ажралиш чегарасида жойлаштирилса, унинг молекулалари қуйидагича жойлашади: молекуланинг фаол поляр қисми сув томонга, аполяр қисми эса–ҳаво томонга йўналган бўлади. Шундай қилиб, ҳаво сув юзаси билан эмас, балки молекуланинг аполяр учи қатлами билан чегарадош бўлади (юқоридаги мисолда этил спиртининг аполяр ОН–группаси билан).

Икки фаза чегарасида эркин юза энергияси (сирт таранглиги) ни камайтирувчи кимёвий моддалар сирт–актив моддалар (САМ) дейилади.

Сув юзасида адсорбцияланган модда пардасининг ҳосил бўлиши эркин юза энергиясининг камайишига олиб келади, чунки аполяр модда–ҳаво чегарасидаги мувозанатлашмаган кучлар сув–ҳаво чегарасидагига нисбатан кичик.

Шунга ўхшаш жараёнлар минерал заррача юзасида ҳам кетади. (4–расм). Агар минерал юзасида гетерополяр модда молекулалари адсорбцияланса, молекулалар поляр қисми 2 билан минерал томонга, аполяр қисми 1 билан ташқарига йўналса, минерал юзасининг ҳўлланиши кескин камаяди ва у ҳаво пуфакчасига ёпишиш ва қалқиб чиқиш қобилиятига эга бўлади.



4-рasm. Сув-минерал заррача (а) ва сув-ҳаво (б) чегарасида гетерополяр молекулаларнинг адсорбцияланиши

Флотация кўп сонли ҳаво пуфакчалари билан тўйинган бўтанада амалга оширилади. Бундай бўтана аэрацияланган бўтана дейилади, ҳаво пуфакларининг ҳосил бўлиш жараёни эса бўтанани аэрациялаш дейилади. Аэрацияланган бўтана ҳосил қилиш учун ҳаво майда заррачаларга бўлинади, бўтанага сув-ҳаво чегарасида адсорбциялана олувчи гетерополяр модда киритилади (67-рasm), бу билан ҳаво пуфакчаларининг юзага қалқиб чиққанидан кейин ҳам ёпишишининг олди олинади.

Шундай қилиб, гетерополяр моддалар молекулаларининг сув-ҳаво чегараси юзасида адсорбцияланиши сувда майда ҳаво пуфакларининг ва бўтана юзасида барқарор кўпикнинг ҳосил бўлишига ёрдам беради.

Флотацияда бўтана орқали ўтувчи ҳаво пуфакчалари минералларнинг маълум массасини кўтара олади. Масалан, 1 м^3 ҳавони майдалашда ҳосил бўладиган 0,8 мм ли ҳаво пуфакчаси

заррачаларининг ўлчами 30 мкм бўлган 840 кг атрофидаги галенитни флотациялай олишга қодир.

Шундай қилиб, флотация қуйидаги кетма–кетликда боради:

– флотацион реагентлар ёрдамида бир хил реагентларнинг ҳаво пуфакчасига ёпишиши, бошқа минералларнинг эса бунинг аксича, уларга ёпишишининг олдини олиш учун шароит яратилади;

– бўтанага тушадиган ҳавони майдалаш натижасида кўп сонли майда пуфакчалар ҳосил бўлди;

– минерал заррачалар ҳаво пуфакчалари билан тўқнашиб сув–ҳаво ажралиш чегарасида минераллашган пуфакчалар ҳосил қилиб бирикади;

– минераллашган пуфаклар кўпик қатлами ҳосил қилиб, бўтананинг юзига қалқиб чиқади;

– минераллашган кўпик бўтана юзасидан тушириб олинади.

Одатда фойдали минераллар кўпикка ўтади, пуч тоғ жинсларининг минераллари эса бўтанада ҳолади.

II боб. Минералларнинг сув ва унда эриган моддалар билан таъсирлашиши.

§3. Сувнинг флотация жараёнидаги аҳамияти

Сув ва унинг хоссалари

Сув табиатда кенг тарқалган бўлиб, қаттиқ, суюқ ва газ ҳолатда бўлади. Саёрамизнинг 71 фоиз майдони сув билан

қопланган. Ердаги умумий сувнинг миқдори 1454300000 км^3 бўлиб, 94 фоизи океан ва денгиз сувларига, 2 фоизи чучук сувга тўғри келади. Умумий сувнинг 0,025 фоизидангина инсон ичиши, экинларни суғориши ва саноатда фойдаланиши мумкин.

Сув оддий, аммо ноёб суюқликдир. Унинг сирини ўрганиш эразмиздан олдин яшаб ўтган Платон ва унинг шогирди Аристотелдан бошланган бўлса, 2000 йилдан кўпроқ вақт ўтибдики, сувнинг очилмаган сирлари жуда кўп.

Сув водород билан кислороднинг бирикмаси бўлиб, H_2O шаклда белгиланади. Унинг ўртача молекуляр массаси 18 га тенг. У водороднинг ^1H ва кислороднинг ^{16}O изотопларидан ташкил топган.

Ҳозирги вақтда водороднинг учта изотопи: ^1H , $^2\text{H}(\text{D})$, $^3\text{H}(\text{T})$ ва кислороднинг учта табиий ^{16}O , ^{17}O , ^{18}O , бешта сунъий ^{13}O , ^{14}O , ^{15}O , ^{19}O , ^{20}O изотоплари маълум.

Агар кислороднинг ҳар бир изотопи оддий сувга ўхшаб, 1:2 нисбатда водород изотоплари билан ҳар хил комбинацияларда бирикмалар ҳосил қилса, 48 хил сув бўлиши мумкин. Улардан 39 таси сунъий, 9 таси табиий сувдир. Албатта, бу сувларнинг хусусиятлари турлича бўлиши мумкин. Бу ҳали фанга номаълум.

Оддий музнинг эриш ҳарорати 0°C деб қабул қилинган. Қайнаш ҳарорати 100°C тенг. Сув $0,0075^\circ\text{C}$ ҳароратда, босим 4,6 мм симоб устинини ташкил қилганда қаттиқ, суюқ ва газ ҳолатида мувозанатда бўлади (учли нуқтаси). 374°C ҳароратда суюқ ҳолатдан тўлиғича газ ҳолатига ўтиб, $57 \text{ см}^3/\text{моль}$ ҳажмга

эга бўлади (критик доимийлик). Сувнинг солиштирма иссиқлик сиғими 1 кал/град·моль, эриш иссиқлиги 80 кал/г, буғланиш иссиқлиги 538,9 кал/г, эбулиоскопик доимийлиги 0,52, криоскопик доимийлиги 1,86, солиштирма электр ўтказувчанлиги $4 \cdot 10^{-8}$ см/см, электр дипол моменти 1,84 д, диэлектрик ўтказувчанлиги 0⁰С да 87,8, 25⁰С да 78,8 га тенг.

Сув буғининг босими ҳарорат ўзгаришига қараб ўзгаради (2-жадвал).

2-жадвал.

Сув буғининг босими

°С	Босим мм.с.уст	°С	Босим, атм.
0	4,6	100	1,00
10	9,2	120	1,96
20	17,5	150	4,70
30	31,1	200	15,30
40	55,1	250	39,3
60	149,2	300	84,4
80	355,1	350	176,3
100	760,0	374	218,5

Сувнинг зичлиги бошқа моддаларга ўхшаб ҳароратнинг ортиши билан камайиб бормасдан, 4⁰С да энг юқори қийматга эга бўлади, кейин пасая бошлайди:

$^{\circ}\text{C}$:	0	4	10	15	20
г/см^3 :	0,9998	1,000	0,9997	0,9991	0,9982

Сувнинг бу хусусияти куррамизнинг иклими, дарё ва денгиз хайвонларнинг хаётида муҳим роль ўйнайди. Музнинг 0°C даги зичлиги $0,91 \text{ г/см}^3$:

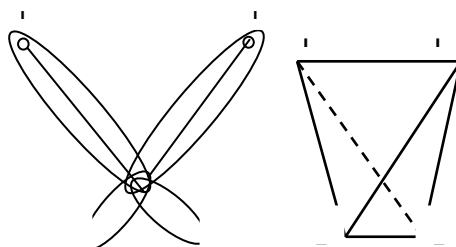
Сув молекуласининг тузилиши ҳам ўзига хос. Спектроскопик кузатишлар шуни кўрсатадики, сувнинг газ ҳолатдаги молекуласи бир чизикда ётмасдан, балки тетраэдрик турдаги учбурчакли пирамидага ўхшайди.

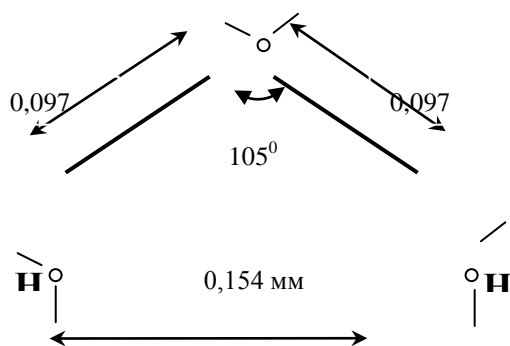
Кислород атоми билан водород атоми орасидаги масофа $0,97 \text{ \AA}$ ($0,097 \text{ нм}$), водород атомлари эса бир-биридан $1,54 \text{ \AA}$ масофада жойлашган. Кислород ядроси билан водород ядросини бирлаштирувчи тўғри чизиклар орасидаги бурчак 105° тенг (5-расм).

Сув молекуласидаги кислород атомининг валентлик қобиғида 4 та тетраэдрик орбитал жойлашган, булардан 2 таси О-Н боғ учун, 2 та эса бўлинмас жуфт электронлар билан банд бўлади (6-расм).

Бўлинмас жуфт электронлар жойлашган томонда, электрон зичлиги кўп бўлганлиги учун манфий қутб (кислород томонда), протонлар жойлашган (водород) томонда эса мусбат қутб ҳосил бўлади. Тетраэдрнинг учларида зарядлар, марказида эса кислород атоми жойлашган.

а





5- расм. Сув молекуласининг
тузилиши

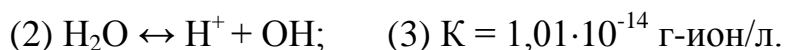
6-расм. Сув молекуласида
электр кутбларнинг
жойлашиши

Сувнинг хусусиятларидан яна бири шундан иборатки, сув молекулалари бир-бири билан ассоциацияланган (водород боғ билан боғланган) бўлади, яъни сувнинг ҳар бир молекуласи 4 та бошқа сув молекуласи билан ўралган бўлиб, тетраэдрнинг учлари қарама-қарши кутблари билан учрашади. Ҳар бир сув молекуласидаги кислород атомлари тетраэдрнинг марказида, қўшни молекулаларнинг атомлари эса тетраэдрнинг учларида жойлашган. Марказидаги кислород атоми билан учлардаги кислород атомлари орасида водород атомлари жойлашган бўлиб, улардан 2 таси марказий кислород атоми билан ковалент боғ, 2 таси эса водород боғ ҳосил қилади. Иккита кислород орасидаги масофа $2,76 \text{ \AA}$ тенг. Иккита кислород орасида фақат битта водород жойлашган бўлиб, марказий кислород атоми билан водород боғ ҳосил қилган водород атоми тетраэдр учларидаги

кислород атоми билан ковалент боғ ҳосил қилади ёки бунинг тескараси бўлади. Ковалент боғ ҳосил қилган водород атоми билан кислород атоми оралиғи $0,97 \text{ \AA}^0$ га, водород боғ оралиғи эса $1,77 \text{ \AA}^0$ тенг. Сув молекулаларининг юқорида баён этилган тартибда жойланиши музни тўрсимон тузилишига эга бўлишини таъминлайди, тўрнинг бўш жойлари (катаклари) сув молекуласининг катталигига тўғри келади. Муз ҳолдаги сув молекуласининг радиуси $0,138 \text{ нм}$ ($1,38 \text{ \AA}^0$) га тенг.

Муз эриганда бу бўшлиқлар сув молекулалари билан тўлади. Шунинг учун сувнинг зичлиги, муз зичлигидан $8,3$ фоиз катта бўлади.

Сувнинг оз бўлса ҳам электр ўтказиш қобилияти, сув молекулаларининг қисман диссоциацияланганини кўрсатади. Диссоциация реакциясини куйидаги тенглама билан ёзиш мумкин:



Аммо, сувда эркин водород ионларининг $[\text{H}^+]$ бўлиш эҳтимоли жуда кичик ($1 \cdot 10^{-90}$), чунки H^+ сув молекулаларининг куршовида бўлади ва гидроксиния ионларини ҳосил қилиши мумкин.

Сув табиатда энг яхши эритувчи ҳисобланади. Бунинг сирини сув молекуласининг тузилишидадир. Сув молекулалари поляр молекулалар бўлиб (манфий ва мусбат зарядлар марказлари бири-бирдан маълум масофада туради) электр диполь моментига ($\mu = ed$; e – электрон заряди; d – зарядлар орасидаги масофа) эга.

Шу сабабли, сувнинг диэлектрик доимийси катта қийматга ($\epsilon = 87,8$) эга.

Каблуков-Томсон қоидасидан маълумки, эритувчининг диссоциациялантириш кучи, диэлектрик доимийси қийматига тўғри мутаносибдир.

Сувнинг диполь молекулалари эрувчи модда ионларини қуршаб олиб, уларнинг ўзаро тортишув кучларини ϵ марта камайтиради, чунки Кулон қонунига биноан, ϵ диэлектрик доимийлигига эга бўлган муҳитда бир-биридан r масофада турувчи иккита $-e$ ва $+e$ электр зарядлари ўзаро тортишув ёки итариш кучига (зарядлар бир хил ишорали бўлса) эга:

$$(4) F = \frac{e_1 \cdot e_2}{\epsilon \cdot r^2}$$

Шунинг учун эриш жараёни диссоциацияланиш билан боради.

§4. Минералларни сув билан таъсирланиши

Флотация жараёнида сувни минералларга таъсири кўп қиррали ва ўта аҳамиятга моликдир. Сув билан таъсирланган минерал юзаси гидратланади, яъни юза, сув пардаси билан қопланади. Парда қалинлиги ва унинг структураси минерал юзасининг физик ва кимёвий хоссаларига – намланувчанлигига боғлиқ бўлади. Булардан асосийси сирт энергияси ҳисобланади. Сирт энергияси юза қатламининг майдони бирлигига нисбатан олиниб эрг/см² бирликда ўлчанади.

Суюқликларда эса «сирт энергияси» атамаси ўрнига унга мутаносиб бўлган «сирт таранглиги» деган атама ишлатилади ва $\text{дин}/\text{см}^2$ ёки $\text{эрг}/\text{см}^2$ бирлик билан ўлчанади.

Бир хил модда молекулаларини (масалан, суюўликни) ўзаро тортилишига «когезия иши» деб аталади ва у «когезия иши» миқдори билан тавсифланади. Қирқим юзаси 1 см^2 бўлган суюқлик устунини тенг иккига бўлиш учун кетган кучга «когезия иши» бирлиги қилиб олинган.

Иккита фазани чегара сиртларидаги молекулаларни (масалан, минерал сув) ўзаро тортилишига «адгезия» деб аталади. Чегара сиртларида ўзаро тортишиб турган икки фаза молекулаларни бир-биридан ажратиш учун маълум иш бажарилиши керак. Масалан, минерал юзасидан сувни ажратиш учун аргезия иши қуйидагича бўлади:

$$(5) W = \sigma_{\text{с-г}} + \sigma_{\text{к-г}} - \sigma_{\text{с-к}}$$

Бу ерда $\sigma_{\text{с-г}}$, $\sigma_{\text{к-г}}$, $\sigma_{\text{с-к}}$ - суюқлик-газ, қаттиқ-газ ва суюқлик-каттиқ чегара сиртларидаги сирт энергиялари деб аталади.

Минерал юзасида сувни тарқалиши учун сувнинг когезия ишидан, минерал билан сувнинг адгезия иши юқори бўлиши шарт.

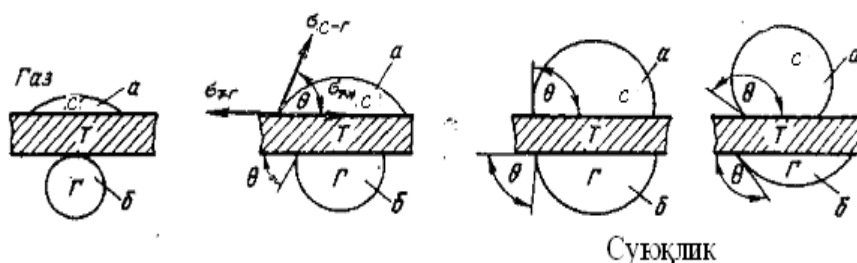
Минерал билан сувнинг молекуляр таъсирланишининг биринчи босқичи минерал юзасини сув билан намланишидир.

Намланиш учта фаза (қаттиқ жисм, суюқлик, газ) бир-бирига тегиб турган чегара сиртларида кузатилади.

Қаттиқ жисм юзасини суюқлик билан намланиш даражаси микдорий жиҳатдан намланиш чегара бурчаги билан ифодаланади. Намланиш чегара бурчагининг қиймати суюқ фаза томонга қараб ўлчанади (7-расм).

Агар $\theta=0$ бўлса, қаттиқ фаза юзаси сув билан тўлик намланади (тўлик сув юқувчан минерал).

Агар $\theta=180^0$ бўлса, қаттиқ фаза юзаси сув билан намланмайди (тўлик суюқмас минерал).



7-расм. Намланишни ҳар-хил ҳолатлари:

а) сув томчиси; б) ҳаво пуфакчаси.

Минерал қанчалик суюқмас бўлса, унга ҳаво пуфакчалари шунчалик яхши ёпишади ва флотация жараёни содир бўлади.

Чегара бурчакнинг мувозанатдаги қиймати Давидов-Нейман тенгламаси билан аниқланади:

$$(6) \cos \theta = \frac{\sigma_{к-г} - \sigma_{к-с}}{\sigma_{с-г}}$$

Кўпинча, 2.2-тенглама билан аниқланган, чегара бурчакнинг мувозанатдаги қиймати, амалда ҳақиқий қийматига тўғри келмай, фарқ қилади. Буни намланиш гистерезиси деб

аталади. Бунга сабаб, намланиш периметри бўйлаб таъсир қилаётган ишқаланиш кучидир. Соддароқ қилиб айтганда, қаттиқ фаза юзасига томизилган сувнинг юзасидаги ҳавони сиқиб чиқариши секинроқ ўтади, мувозанат қийматига етиб бормайди, юзада сув секинроқ ёйилади.

Намланиш гистерезиси қаттиқ фаза юзасини ғадир-будирлиги (силлиқмаслиги) ошган сари ошиб боради, айниқса қаттиқ фаза юзасига гетрополяр бирикмалар кимёвий шимилган бўлса, намланиш гистерезиси юқори бўлади. Намланиш гистерезиси катта бўлган заррачаларнинг сув юқмаслик даражаси юқори бўлади ва яхши флотацияланади.

Сув билан минераллар юзасини таъсирланиши, асосан, минераллар юзасидаги мавжуд бўлган тўйинмаган алоқа боғларнинг хусусиятига боғлиқ.

Ҳар қандай адсорбция жараёнинга ўхшаб гидрат қатлам бўлиши иссиқлик ажралиб чиқиши билан боради. Унинг миқдори намланиш иши билан баҳоланади ва минерал юза билан сувнинг бирикиши мустаҳкамлигини белгилайди. Бир хил анион бўлсада, катионнинг радиуси қанча кичик бўлса, намланиш иши шунча юқори бўлади.

Поляр боғ билан боғланган дурларнинг юзаси билан сув фаол таъсирланади. Шунинг учун бундай минералларда флотацияланиш қобилияти суст. Аммо, минералларнинг намланиш даражаси нисбий хосса бўлиб, флотацияланиши

тўғрисида хулоса чиқариш учун намланиш даражасини иккинчи бир минералники билан таққослаб кўриш керак.

Маълумки, ион боғ фазада маълум йўналишга эга эмас, бошқа томонда тўлиқ боғ ҳосил қилмайди (масалан, NaCl дурида ҳар бир натрий ионини олтига хлор иони қўраб туради).

Сулфидларга қараганда (масалан, PbS) кислородли анионларда (масалан, PbCO₃) ион боғ кучлироқ кўринишда бўлади. Шу сабабли, сув диполлари сульфидлар юзасига кучсизроқ ёпишади ва осонроқ сувсизлантириши (дегидратациялаш) мумкин.

Минералнинг намланишига таъсир қилувчи гидрат қатламининг структураси ва турғунлиги, нафақат минерал юза табиатига, балки сувнинг ҳолатига ҳам боғлиқ бўлади. Масалан, кварц оддий шароитда сув билан жуда яхши намланади (намланиш чегара бурчаги 0 га тенг, $\theta=0^0$), янги ёмғир суви билан эса (4-10⁰С ҳароратда) ёмон намланади ($\theta=60^0$). Буни оддий сувга қараганда ёмғир сув молекулаларининг максимал тартибли жойлашганлиги билан изоҳласа бўлади. Янги ёмғир (кўлмак) сувига қисқа вақтда ультра товуш таъсир эттирса, унинг структуравий тартибли жойланиши камаяди ва оддий сувга ўхшаб қолади.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, агарда оддий сувни магнит майдонидан ўтказилса, структураси ўзгариб, анамал хоссага эга бўлади. Бу эса флотация жараёнини тезлаштиради ва танловчанликни оширади.

§5. Газ ва минералларни сувда эритиш

Минераллар билан сув таъсирланганда, қаттиқ фаза юзасида гидрат қатлам ҳосил бўлишидан ташқари, озми-кўпми минерални сувда эриши юз бериши мумкин. Бу вақтда минерални дурлик панжараси парчаланиб, гидратланган ионлар сувга ўтади ва ионли ёки молекуляр – дисперс эритма ҳосил қилади. Сувга ўтган минерал ионлари флотация жараёнига маълум даражада таъсир қилади, жумладан, бошқа минералар юзаси флотореагентлар билан реакцияга киришиши мумкин.

Минералларни сувда эриши учун гидратланиш энергияси (H_0) дурлик панжараси энергиясидан (U_0) юқори бўлиши керак ($H_0 > U_0$). Маълумки, ионнинг гидратланиш энергияси (дурлик панжараси энергияси ҳам) унинг валентлигини ошиши ва ион радиусини камайиши билан ошиб боради.

Бирикмада катион (масалан, Ag^+) радиусидан, анионнинг радиуси катта бўлса, ўша бирикманинг эрувчанлиги камроқ бўлади. Масалан: $AgF > AgCl > AgBr > AgJ$.

Флотация жараёнида сульфид минералларини сувда эриган кслород билан реакцияга киришиши ўта аҳамиятга моликдир. Сувда эриган кслород, ҳаводаги кслородга қараганда анча фаолдир. Кислород сульфид юзаси билан реакцияга киришиб, сульфат, тиосульфат, сульфат кислотасини ҳосил қилади. Шундай қилиб, флотация жараёнинг қатнашаётган сув таркиби вақт ўтиши билан ҳар хил (Me^{+n} , SO_4^{-2} , CO_3^{-2} , Cl^- ва бошқалар) ионлар билан бойиб боради. Бундан ташқари, маълумки оддий

сув таркибида ҳар хил ионлар (масалан, Ca^{+2} , Mg^{+2} , CO_3^{+2} , Na^+ , K^+ , Cl^- , Fe^{+n} ва бошқалар), эриган газлар (масалан, O_2 , N_2 , CO_2 ва бошқалар) ҳамда органик бирикмаларнинг ионлари бўлади. Кислородни сувда эрувчанлиги 10,4 мг/л, CO_2 газиники эса 0,8 мг/л ни ташкил қилади.

Бундан ташқари, сульфидлар сувда эриганда H_2SO_4 ҳосил қилиши ва эритмани нордонлигини, корбонатлар эриганда эса CO_3^{-2} ҳосил қилиб эритмани ишқорлигини ошириш мумкин. Бу эса ўз навбатида флотация жараёнига маълум даражада ўз таъсирини ўтказди.

Эритмадаги ионлар эса флотареагентлар ва қаттиқ фаза юзаси билан реакцияга киришиб, флотация жараёнига катта таъсир қилади.

§6. Сувни минерал юзага таъсирланишида жуфт электр қатламини ҳосил бўлиши

Сувни ва унинг таркибида мавжуд бўлган ионларни минерал билан таъсирланиши минерал юзасининг таркибини ўзгартирибгина ҳолмасдан, юза электр ҳолатини ҳам ўзгартириб юборади. Бу таъсирланишнинг энг муҳим натижаси, минерал-сувоқ фаза чегара сиртида жуфт электр қатламини ҳосил бўлишидир.

Сувнинг минерал юзасидаги ҳар хил ионлар билан таъсирланиш энергияси ҳар хил бўлади. Шу муносабат билан эритмага бир ишорали ионлар кўпроқ, иккинчи ишоралилар

озроқ ўтади ва минерал юзасидаги электр бетарафлиги йўқолади. Натижада минерал юзаси эритмага кўпроқ ўтган ион ишорасига қарама-қарши ишорали зарядга эга бўлади.

Бу ҳодиса минерал юзасига бир ишорали ионларни кўпроқ, иккинчи ишораларини эса камроқ танлаб ютилиши ҳисобига ҳам юз бериши мумкин.

Юзада электр зарядларини кўпайиши, минералнинг дурлик панжарасидан қарама-қарши ишорали ионларни эритмага ўтишини қийинлаштиради. Натижада қаттиқ фаза билан эритма ўртасида мувозанат қарор топади ва у жуфт электр қавати билан ўралган бўлади.

Масалан: минерал юзасидан эритмага нисбатан кўпроқ катион ўтган бўлсин. У ҳолда минерал юзаси манфий зарядли бўлиб ҳолади (2.5-расм, А, I қатлам). Иккинчи қатлам (К) мусбат ишорали ионлардан ташкил топади. К қатламда эритмага ўтган ионларни бир қисминигина бўлади. Ҳолганлари эса 3-3 чизиқдан ташқарида тартибсиз жойлашган бўлиб, K^1 – диффузион қатламни ҳосил қилади. Демак, бу ерда А-ички қатлам, К–ташқи қатлам, K^1 –катионларни диффузион қатлами дейилади. «А» ва «К» қатламлар заррача билан мустаҳкам алоқада бўлганлиги сабабли, боғланган қатлам дейилади. K^1 –қатлам эса эркин қатлам дейилади. 4-4 чизиқ эса диффузион қатлам билан суюқлик ўртасидаги чегара дейилади ва бу чизиқ ташқарисида катионлар бўлмайди.

2-2 ва 4-4 чизиклар орасида жойлашган ионлар зарядларининг ишорали А-ички қатламдаги ионлар - зарядлар ишораларига қарама-қарши бўлиб, қарши ионлар деб аталади.

Флотация жараёнида дастгоҳдаги бўтана кучли аралаштирилади. Бунда қаттиқ фаза (заррача) билан «А» ва «К» қатламлар бирга айланади. «К» қатлам эса секинроқ ҳаракат қилади. Натижада умумий электр бетарафлик бузилади. У ҳолда, заррачани ўраб турган А, К қатлам билан эритма ўртасида потенциаллар айирмаси ҳосил бўлади. Бу потенциални электрокинетик потенциал ёки дзетта-потенциал (ϕ) деб аталади.

Бу ерда: К – қатламнинг қарши ионлари боғланган;

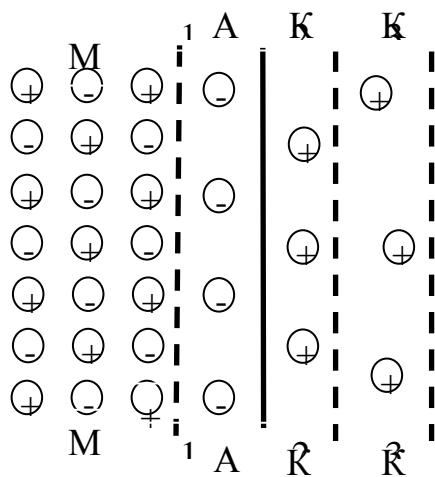
K_1 – қатлам ионлари эркин ионлар деб аталади.

3-3 юза ишқаланиш юзаси деб аталади, чунки 3-3 чизикдан чап томонда турган ионлар заррача билан бирга айланади, ундан ўнг томондагилари эса секинроқ ҳаракат қилади.

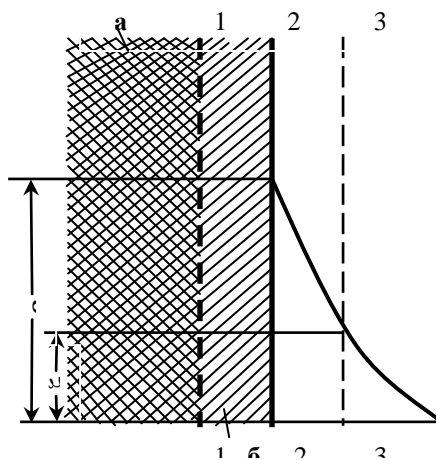
Қарши ионларни умумий заряди жуфт электрон қаватни ички қатламдаги қарама-қарши ишорали ионлар зарядига тенг. Шунинг учун дзетта-потенциалнинг қиймати 3-3 чизикнинг ўнг томонида турган ионларнинг (диффузион қатламнинг) потенциалари билан чап томонда турган ионлар потенциаллари фарқи билан ифодаланади.

Дзетта-потенциалдан ташқари, термодинамик ёки тўлиқ-потенциал каби тушунча бор. Термодинамик потенциал - ташқий ва диффузион қатламлардаги ионлар потенциаллари (2-2

чизикдан ўнг томонда) билан ички (2-2 чизикдан чап томонда) қатламдаги ионлар потенциаллари фарқига тенг (8-расм).



8-расм. Жуфт электр қатлами
структураси.



9-расм. Жуфт электр қатламда
электр потенциални ўзгариши.

Дзета-потенциал қиймати ҳар доим термодинамик потенциал қийматидан кичик бўлиб, унинг бир қисмидир. Бу потенциалларнинг асосий фарқи - улар ҳар хил жойда пайдо бўлишидир. Термодинамик потенциал қаттиқ фаза юзаси билан суюқлик чегарасида (2-2 чизик), дзета-потенциал эса ишқаланиш юзасида (3-3 чизик) ҳосил бўлади. Дзета-потенциалнинг қиймати эритмадаги электролитларни концентрацияси боғлиқ бўлса, термодинамик потенциал концентрацияга унчалик боғлиқ эмас.

9-расмда жуфт электр қават потенциални ўзгариб бориши – қаттиқ фаза юзасидан узоқлашган сари унинг қиймати озайиб

бориши кўрсатилган. Умуман олганда ички қатламнинг электр ҳолати, ташқ қатлам ҳолатини белгилайди.

§7. Минераллар юзаларининг ҳар хиллиги

Минералларни сув ва флотореагентлар билан таъсирланиш даражасини белгиловчи омиллардан бири, уларнинг юзаларини ҳар хиллигидир. Юза ҳар хиллигига қуйидагилар киради:

1. Бир бутун кристал (дур) бўлса ҳам, ҳар бир қирраларида сирт энергияси миқдорларини ҳар хиллиги. Шу сабабли, қирраларининг адсорбцион қобилияти ҳар хил. Баъзи қирраларида битта, бошқасида иккита ёки учта боғ бўш бўлиши мумкин. Қайси қиррасида бўш боғ кўп бўлса, ўша ерда эркин энергия кўп бўлади ва мутаносиб равишда реакцияга киришиш қобилияти кучлироқ бўлади.

2. Табиатда идеал минерал йўқ. Табиатдаги ҳамма минераллар ҳам қандайдир нуқсон билан пайдо бўлган. Нуқсон минералнинг бирор қисмида озроқ, бошқа қисмида кўпроқ бўлиши мумкин. Нуқсонлар қуйидаги ҳолатларда юзага келади:

а) дурлик панжарасида атом билан эгалланмаган жойларни бўлиши;

б) атомлар дурлик панжараси тугунлари орасида жойлашиб ҳолиши;

в) дурлик панжараси тугунлари орасида ёт атомларни жойлашиб ҳолиши;

г) дурлик панжараси тугунларида, дурнинг ўз атомини ўрнига бошқа (ёт) атомни ўрнашиб ҳолиши (масалан, Na ўрнига K).

Ҳар бир модда ўзининг кимёвий белгисига эга (масалан, NaCl, Na₂SO₄, AgCl ва бошқалар). Дурлик панжарасида металл ва металлоид стехиометрик нисбатда бўлиш керак, яъни NaCl дурида 100 та Na бўлса, 100 та Cl бўлиши керак. Табиий минераллардан эса кўпинча бу нисбат бузилиб ёки метал ёки металлоид кўпроқ бўлиши кузатилади.

Агарда дурлик панжарасида метал кўпроқ бўлса, бу минерал юзаси мусбат зарядланган зарра бўлиб, манфий зарядланган анионни ўзига тортади, аксинча металлоид кўпроқ бўлса, юза манфий зарядга эга ва мусбат зарядланган катионни ўзига тортади.

Минералда йўлдош элементлар бўлса, улар минералнинг электрон ҳолатини, у ёки бу томонга ўзгартиради ва бу ўз навбатида суяқ фазадаги компонентлар билан реакцияга киришиш қобилиятини ҳам ўзгартириши мумкин.

Кўпгина минераллар ярим ўтказгич қобилиятига эгадирлар. Уларда ҳар хил турдаги электрон ўтишлар осороқ юз беради.

Минерални флотореагентлар билан таъсирланиши, реакцияга киришишини назарий жиҳатдан олдиндан билиш учун бойитувчилар юқорида келтирилган қаттиқ жисм юзаси хоссалари, яъни қаттиқ жисм физикаси билан чуқур таниш бўлиши керак.

§8. Минерал дурлик панжарасида изоморф ўрин алмашилишнинг флотацияга таъсири

Дурлик панжарасида ўзларининг атом ёки ионларини ўзаро алмашилиб каттик эритма ҳосил қилиш қобилиятига эга бўлган моддалар изоморфлар дейилади. Изоморф моддаларнинг атом ёки ионларининг ўлчамлари бир-бирига яқин бўлади.

Изоморфизм ҳодисаси, минерал ҳосил бўлиш жараёнида кенг тарқалиб, жуда кўп минералларда учратиш мумкин, масалан, сфаллеритда (ZnS) Cd ва Fe ни, оҳактошда ($CaCO_3$) эса Fe ёки Mg ни доимо учратиш мумкин.

Ионларни изоморф алмашилишида дурлик панжараси ўзгаришсиз қолади, аммо дурлик панжарасининг энергияси ўзгаради, минералларнинг каттикчилиги ошади, сувда эрувчанлиги камаяди. Булар ҳаммаси минералнинг флотацияланувчанлик қобилиятига маълум даражада таъсир этади.

§9. Турли минералларни бирга учраши, уларни кислород ва сув билан реакцияга киришиш натижасига таъсири

Сув ва кислородни таъсири натижасида, сульфидларни таркиби ва қурилиши (структураси) ўзгариши мумкин. Агар икки ёки ундан кўп ҳар хил минераллар бирга контактда турган бўлса, бу ўзгаришларни чуқурлиги яна ҳам тезроқ ва юқориноқ бўлади. Бунга сабаб, икки минералнинг бир-бирига тегиб турган жойида

(контактда) потенциаллар фарқи натижасида ҳосил бўлган электр токидир.

Контактда турган минералларнинг кислород билан оксидланиши ва сувда эриши тезлашиши ёки секинлашиши мумкин (қайси минерал билан контактда бўлишига боғлиқ). Юқори потенциалли минерал билан контактда турган минералнинг оксидланиши ва сувда эриши тезлашади (3-жадвал).

3-жадвал

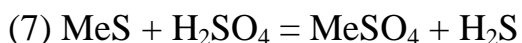
Минералларнинг потенциалларининг «Бючлер – Готтшальк» қатори (потенциаллар тоза сувда мис электроди билан ўлчанган)

1	Марказит	FeS_2	+0,37
2	Аргентит	Ag_2S	+0,27
3	Халькопирит	CuFeS_2	+0,18 дан +0,20 гача
4	Ковелин	CuS	+0,20
5	Пирит	FeS_2	+0,18
6	Борнит	Cu_3FeS_3	+0,17
7	Галенит	PbS	+0,15
8	Халькозин	Cu_2S	+0,14
9	Антимонит	Sb_2S_3	+0,17 дан 0,00гача
10	Тоza мис сим	Cu	0,00
11	Сфалерит	ZnS	-0,20 дан -0,40 гача

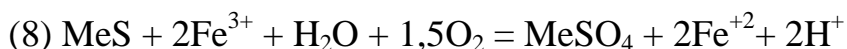
3-жадвалдан кўриниб турибдики, марказит билан контактда турган ҳар қандай минерални оксидланиши ва эриши тезлашади.

Шу сабабли, ҳар хил конларни рудалари, ҳар хил флотацияланиш қобилиятига эга. Бундан ташқари, сульфид минералига кислород ва сув таъсир қилганда сульфат кислота, $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ва CuSO_4 ҳосил бўлади. Булар эса сульфидларга кучли таъсир этувчи реагентлар ҳисобланади.

Масалан, сульфидга сульфат кислотанинг таъсири:

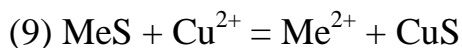


Сульфидга уч валентли темир ионининг таъсири:



$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ хольказин ва борнитга кучли, маркезит ва пиритга ўртача, ковеллин, сфалерит ва халкопиритга кучсиз таъсир қилади.

Сульфидларга CuSO_4 нинг таъсири:



Юқорида келтирилган реакцияларни натижалари, флотация даврида сульфидларни флотореагентлар билан реакцияга киришиш қобилиятини ўзгартиради, яъни минералларни флотацияланиши у ёки бу томонга ўзгартириши мумкин.

§10. Газ ва минералларни сувда эритиш

Минераллар билан сув таъсирланганда, қаттиқ фаза юзасида гидрат қатлам ҳосил бўлишидан ташқари, озми-кўпми минерални сувда эриши юз бериши мумкин. Бу вақтда минерални дурлик панжараси парчаланиб, гидратланган ионлар сувга ўтади ва ионли ёки молекуляр – дисперс эритма ҳосил

қилади. Сувга ўтган минерал ионлари флотация жараёнига маълум даражада таъсир қилади, жумладан, бошқа минералар юзаси флотореагентлар билан реакцияга киришиши мумкин.

Минералларни сувда эриши учун гидратланиш энергияси (H_0) дурлик панжараси энергиясидан (U_0) юқори бўлиши керак ($H_0 > U_0$). Маълумки, ионнинг гидратланиш энергияси (дурлик панжараси энергияси ҳам) унинг валентлигини ошиши ва ион радиусини камайиши билан ошиб боради.

Бирикмада катион (масалан, Ag^+) радиусидан, анионнинг радиуси катта бўлса, ўша бирикманинг эрувчанлиги камроқ бўлади. Масалан: $AgF > AgCl > AgBr > AgJ$.

Флотация жараёнида сульфид минералларини сувда эриган кислород билан реакцияга киришиши ўта аҳамиятга моликдир. Сувда эриган кислород, ҳаводаги кислородга қараганда анча фаолдир. Кислород сульфид юзаси билан реакцияга киришиб, сульфат, тиосульфат, сульфат кислотасини ҳосил қилади. Шундай қилиб, флотация жараёнинг қатнашаётган сув таркиби вақт ўтиши билан ҳар хил (Me^{+n} , SO_4^{-2} , CO_3^{-2} , Cl^- ва бошқалар) ионлар билан бойиб боради. Бундан ташқари, маълумки оддий сув таркибида ҳар хил ионлар (масалан, Ca^{+2} , Mg^{+2} , CO_3^{+2} , Na^+ , K^+ , Cl^- , Fe^{+n} ва бошқалар), эриган газлар (масалан, O_2 , N_2 , CO_2 ва бошқалар) ҳамда органик бирикмаларнинг ионлари бўлади. Кислородни сувда эрувчанлиги 10,4 мг/л, CO_2 газиники эса 0,8 мг/л ни ташкил қилади.

Бундан ташқари, сульфидлар сувда эриганда H_2SO_4 ҳосил қилиши ва эритмани нордонлигини, корбонатлар эриганда эса CO_3^{-2} ҳосил қилиб эритмани ишқорлигини ошириш мумкин. Бу эса ўз навбатида флотация жараёнига маълум даражада ўз таъсирини ўтказди.

Эритмадаги ионлар эса флотареагентлар ва қаттиқ фаза юзаси билан реакцияга киришиб, флотация жараёнига катта таъсир қилади.

III боб. Флотореагентлар

§11. Флотореагентларнинг таснифланиши ва уларнинг вазифалари

Флотореагентлар – флотация усули билан минерал заррачаларни саралашда юқори танловчанликни, барқарорликни, самарадорликни ва флотация жараёнини тезлаштиришни таъминловчи моддалардир.

Флотореагентларнинг таркиби хилма-хил бўлиб, уларнинг вазифаси ҳам турличадир. Флотореагентлар вазифаларига қараб уч тоифага бўлинади:

1. Тўпловчилар (собиратели, коллекторы) – маълум минерал заррачалар юзалари билан танлаб реакцияга киришиб (таъсир этиб), уларни сув юқмаслигини оширувчи органик моддалардир. Сув юқмаслиги (гидрофобности) ошган минерал заррача ҳаво пуфакчага ёпишиб, дастгоҳнинг юқори қисмига кўтарилиб чиқади ва кўпик ҳолда тўпланади.

2. Кўпик ҳосил қилувчилар (пенообразователи) - сув-ҳаво чегара сиртларида тўпланиб, ҳаво пуфакчаларини майда (дисперс) ҳолда ушлаб турувчи ва бу майда пуфакчаларни бири-бирига қўшилиб йириклашига тўсқинлик қилувчи, сирт фаол моддалардир. Кўпик ҳосил қилувчилар ўзларига минералларни ёпиштириб олиб бўтана юзасига кўтарилаётган пуфакчаларни мустаҳкамлигини, барқарорлигини оширишга хизмат қилади.

3. Мословчилар (регуляторы). Бу тоифадаги реагентлар фақат кўпикка ўтиши керак бўлган минерал юзаларини йиғувчи реагентлар билан реакцияга киришига тайёрлаб берувчи ва жараёни танловчанлигини оширишга хизмат қилувчи моддалардир. Мословчи реагентлар ўз навбатида фаоллаштирувчи, (активаторы) тазикловчи (депрессоры) ва муҳитни соловчи гуруҳларга бўлинадилар.

§12. Минерал юза ва ҳаво пуфакчаларига реагентларни шимилиб олиш шакллари

Минерал юза ва ҳаво пуфакчаларига реагентларни ёпишиб олиши сўрилиш (сорбция) ҳодисаси негизида юз беради. Сўрилиш жараёни физикавий ёки кимёвий бўлиши мумкин. Физикавий ва кимёвий сорбцияларни ўзаро умумийлиги ва бири-биридан фарқи бўлиб, сувда эриган реагентларни қаттиқ фаза юзасига сўрилиши (адсорбция) физикавий сўрилишдан кимёвий сўрилишга ёки кимёвий сўрилишдан физикавий сўрилишга ўтиб туриши мумкин.

Физикавий ва кимёвий сўрилишнинг умумийлиги шундан иборатки, жараёнлар ўз-ўзидан амалга ошади ва системанинг эркин энергиясини камайиши, яъни жараён маълум миқдорда иссиқлик ажралиб чиқиши билан боради.

Физикавий ва кимёвий сўрилишнинг бир-биридан фарқи шундан иборатки, физикавий сўрилишда ютилувчи модда билан ютувчи моддани (қаттиқ жисм дурлик панжарасини) иккита алоҳида система деб қаралади, чунки бунда электрон алмашув жараёни бўлмайди. Ютилувчи моддани қаттиқ жисм дурлик панжарасига ўрнашиб олиши молекулалараро тортишиш кучи ҳисобига юз беради.

Кимёвий сўрилишда эса, энергияга нисбатан ютилувчи ва ютувчи моддаларни бутун бир система деб қараш мумкин, чунки бунда электрон алмашув ҳодисаси юз беради.

Кўшимча қилиб, қуйидагиларни айтиш мумкин:

1) Физикавий сўрилишда ажралиб чиққан иссиқлик миқдори озроқ, мутаносиб равишда кучсиз боғланиш бўлади (қаттиқ фаза юзасига сўрилган реагентни сув билан осонгина ювиб ташлаш мумкин). Қаттиқ фаза юзасида реагент тенг тарқалган.

2) Кимёвий сўрилишда эса, иссиқлик кўпроқ ажралиб чиқади, кучли кимёвий боғ ҳосил қилади, юқори танловчанликка эга. Реагент олдин қаттиқ заррачанинг фаол жойларга ўрнашади. Фаол жойлар тўлгандан кейингина, бошқа жойларга ўрнашиши мумкин.

3) Физикавий сўрилиш жуда тез ўтади ва ҳароратга унчалик боғлиқ бўлмайди. Кимёвий сўрилишнинг тезлиги эса ҳароратга боғлиқ бўлади.

Реагентларнинг сувли эритмалари минераллар билан қуйидагича кимёвий реакцияга киришади:

1. Кимёвий сўрилиш (хемосорбция). Кимёвий сўрилишда алоҳида фазага эга бўлмаган кимёвий бирикма ҳосил бўлади, бунда реагент, минерал дурлик панжарасининг тўйинмаган боғларига сўрилади ва қаттиқ фаза юзасида мономолекуляр характерга эга бўлган бирикма ҳосил қилади. У қаттиқ фаза билан бир бутун комплекс ҳолда мавжуд бўлади.

2. Гетроген кимёвий реакция. Бу хемосорбция жараёнининг ҳажмий кўриниши бўлиб, олдин реагент қаттиқ фазага ютилади, сўнгра кимёвий реакция содир бўлади. Реакция натижасида минерал юзасида янги ҳосил бўлган бирикмадан иборат ва алоҳида фаза ҳисобланувчи кўп қаватли қоплама ҳосил бўлади, бу эса минерал заррачани сув юқмаслигини оширади.

3. Кимёвий ютилиш (адсорбция) – хемосорбция сўзи билан бир хил маънони билдиради.

Электролитларнинг сувли эритмаларини минералга таъсир қилиши кимёвий ютилишга киради. Кимёвий ютилишни молекуляр, ионли, алмашувчи ва хос каби турлари бор.

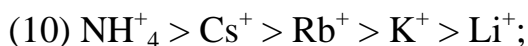
Молекуляр ютилишда қаттиқ жисм эритмадан эквивалент миқдорда анион ва катионларни ютади. Шунинг учун уни электр бетарафлиги ҳолиб, потенциаллар фарқи ҳосил бўлмайди.

Ютилишнинг бу тури кучсиз электролитларга (кам диссоциацияланувчи моддаларга) хосдир.

Агар эритма кучли электролитдан иборат бўлса, (масалан, NaCl) қаттиқ фаза юзасига айтайлик имтиёзли катион сўрилган бўлса, электр бетарафликни сақлаб ҳолиш учун албатта анион ҳам сўрилиши керак. Бу ионли ютилиш турига киради. Ионларни қаттиқ фаза юзасига имтиёзли ютилиши ион зарядига, гидратланишига ва ютилиш натижасида ҳосил бўлган бирикманинг эрувчанлигига боғлиқ.

Ионларни қаттиқ фаза юзасига ютилиш тартиби куйидагича:

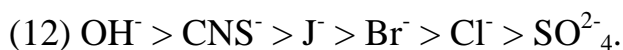
Бир валентли ионлар учун:



Юқори валентли ионлар учун:



Анионлар учун:



Алмашувчи ютилишда, эритмадан қаттиқ фаза юзасига қандай ишорали ион ютилса, худди шундай ишорали ион эквивалент миқдорда қаттиқ фазадан эритмага ўтади.

Хос ютилиш эритмадан қаттиқ фаза юзасига имтиёзли равишда фақат катион ёки анион ютилса, у ҳолда қаттиқ фазани электронейтраллиги бузилади ва потенциаллар фарқи пайдо бўлади. Бу эса ўз навбатида кўш электр қавати ҳосил бўлишига олиб келади.

§13. Реагентларнинг ҳаво пуфакчаларига сўрилиши

Сув-ҳаво фазалари чегара сиртида (пуфакчада) эркин сирт энергиясини ҳосил қилувчи сув молекулаларининг мономолекуляр катламидир.

Сувга сирт фаол модда (СФМ) қўшилса, у физикавий адсорбция натижасида сув-ҳаво фазалари чегарасида тўпланади ва пуфакчадаги эркин сирт энергиясини камайтиришга олиб келади.

СФМ молекулалари фазалар чегара сиртида маълум йўналишга эга молекулалардан ташкил топган, тўйинган адсорбцион катлам ҳосил қилади. Маълумки, сирт фаол моддалар молекулалари қутбланган (поляр) ва қутбланмаган (аполяр) гуруҳлар иборат. Сув диполлари СФМнинг қутбланган гуруҳлари билан бирикади, қутбланмаган углеводород гуруҳи билан бирикмасдан, уларни ҳаво фазасига йўналтиришга ҳаракат қилади.

Қутбланган гуруҳлар сув билан таъсирланиб, гидратланади. Қутбланган гуруҳларни сув диполлари қуршаб олиб, улар атрофида ўзига хос синч ҳосил қилади ва чегара сиртидаги адсорбцион катламга қаттиқлик ва мусиаҳкамлик беради.

Таркибида СФМ бўлган пуфакчалар олдин йиғувчилар ёрдамида сув юқмаслиги оширилган минерал заррачаларни ўзларига ёпиштириб олиш қобилиятига эга, шунингдек заррачаларни ёпишиш тезлигини ва мустаҳкамлигини оширади.

§14. Тўпловчи реагентларлар

Тўпловчилар минерал заррача юзасида адсорбцияланиб, уни сув билан ҳўлланиш хусусиятини камайтирувчи ва ҳаво пуфакчаларига ёпишишни осонлаштирувчи органик бирикмалар қисобланади.

Молекуласининг тузилишига қараб тўпловчилар гетерополяр ва аполяр тўпловчиларга бўлинади. Кўпгина тўпловчилар сирт–актив гетерополяр бирикмаларидан иборат.

Аполяр тўпловчилар углеводородлардан ташкил топган бўлиб, улар сувда деярли эримайдилар, ионларга диссоцияланмайдилар ва минерал заррача юзаси билан кимёвий таъсирлашмайдилар. Аполяр тўпловчиларнинг таъсир қилиш механизми уларни минерал заррача юзасида Ван–дер–Ваальс кучлари қисобига молекулалар шаклида ўрнашишидан иборат. (молекуляр адсорбция). Молекуляр адсорбция физик адсорбция қисобланиб, адсорбцияланувчи, модда (реагент) билан минерал орасида молекуляр (электростатик) боғланиш кучлари таъсир этади.

Физик адсорбцияда реагент минералнинг кристал панжарасига кирмасдан, уларнинг юзасида текис тақсимланади. Шундай қилиб, аполяр тўпловчилар танлаш хусусиятига эга эмас. Уларнинг танлаши шундан иборатки, улар фақат табиий гидрофоб минераллар юзасида ёки аввалдан гидрофобланган минераллар юзасида ўрнашиб, сув билан ҳўлланмаслик хусусиятини оширади. Шунинг учун аполяр тўпловчилар кўмир,

тальк, графит каби табиий гидрофоб фойдали қазилмаларни флотациясида ҳўлланилади.

Аполяр тўпловчилар сифатида кўпинча керосин, трансформатор ва машина ёғлари, смолалар, кўмир, сланец, торфни қайдаш мақсулотлари ишлатилади.

Флотацияда ишлатиладиган кўпчилик тўпловчилар поляр ва аполяр группалардан ташкил топган гетерополяр молекула тузилишига эга. Бундай тузилишга эга тўпловчиларнинг типик вакили–натрий олеати $C_{17}H_{33}COONa$ дир. Унинг аполяр группаси углеводород радикали R ($C_{17}H_{33}$) дан иборат бўлиб, у гидрофоб, поляр қисми эса атомларнинг $COONa$ группасидир.

Гетерополяр тўпловчиларнинг минерал юзаси билан таъсирлашув механизми юқорида кўриб ўтилган аполяр тўпловчиларникидан тубдан фарқ қилади. Гетерополяр тўпловчиларнинг минерал юзасида адсорбцияланишида поляр группа минерал юзасига томон йўналиб, у мустақкам кимёвий бирикма ҳосил қилиб ўзаро таъсирлашади. Аполяр группаси эса сув фазаси томонга йўналиб, гидрофоб бўлгани сабабли минерал юзасини гидрофоблаб, уни ҳаво пуфакчасига ёпишишини таъминлайди.

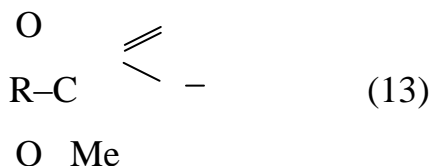
Шундай қилиб, бу ҳолда тўпловчининг минерал юзасида мақкамланиши кимёвий адсорбция туфайли содир бўлади. Кимёвий адсорбциянинг моқияти шундан иборатки, тўпловчи–реагент сувда ионларга диссоцияланади ва минерал юзасида реагентнинг аниони ёки катиони мақкамланади, яъни минерал

билан реагент орасида мустақкам кимёвий боғ ҳосил бўлиб, унинг қисобига янги кимёвий бирикма ҳосил бўлади. Бу бирикма минерал атомлари билан мустақкам боғга эга ва уни минералларнинг кристал панжараси билан бир бутун деб қисоблаш мумкин.

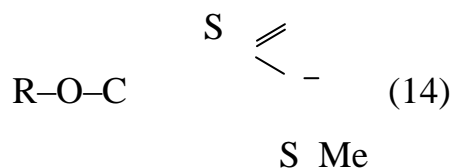
Сувли муҳитда диссоцияланиш қобилиятига қараб гетероген тўпловчилар икки гуруҳга бўлинади: сувда анион ва катионга диссоцияланувчи ионоген ҳамда сувда эримайдиган ноионоген.

Минерал юзасида адсорбцияланувчи молекула фаол қисми зарядининг ишорасига қараб, гетерополяр тўпловчилар анионли ва катионли тўпловчиларга бўлинади. Агар гидрофобловчи ион анион бўлса, бу тўпловчи анионли тўпловчи, агар катион бўлса, катионли тўпловчи дейилади.

Анионли тўпловчилар сульфгидрил ва оксигидрил тўпловчиларга бўлинади. Оксигидрил тўпловчиларда молекула поляр қисмининг катиони кислород билан



Сульфгидрил тўпловчиларда эса олтингугурт билан боғланган.



Оксигидрил тўпловчиларга ёғ кислоталари ва уларнинг совунлари, алкилсульфатлар, алкил ва арилсульфонатлар киради. Сульфгидрилларга эса ксантогенатлар, меркаптанлар, дитиофосфатлар ва қ. к. лар киради.

Ёғ кислоталари ва уларнинг совунлари. Тўпловчиларнинг бу гурукига техник олеин кислотаси, натрийли совун (натрий олеати), сульфатли совун, таллий ёғи, оксидланган керосин ва қ. к. лар киради.

Олеин кислотаси 14⁰С да яхловчи суяқлик. Шунинг учун уни музлатганда органик эритувчи (керосин) кўшилади ёки бўтана қиздирилади. Олеин кислотаси танқис ва қиммат реагент қисобланади, амалда унинг ўрнини босувчи таллийли ёки сульфатли ёғ, нафтен кислотаси ва қ. к. лар ишлатилади.

Ёғ кислоталари жараёнга сувли эмульсия ҳолида берилади ва кальцит CaCO₃, флюорит CaF₂, шеелит CaWO₄, барит BaSO₄ ва қ. к. ларни яхши флотациялайди.

Ёғ кислоталарининг совунлари ёғ кислоталарни ишқорлар, метал карбонатлари ёки уларнинг оксидлари билан нейтраллаб олинади. Металларнинг совунлари сувда ёғ кислоталарга

нисбатан яхши эрийди ва шу сабабли жараёнга сувли эритма холида берилади.

Алкилсульфат, алкил ва арилсульфонатлар. Сульфат кислотанинг спиртлар билан ўзаро таъсирлашувидан сульфат кислотанинг мураккаб эфири–алкилсульфат кислота ҳосил бўлади. Ишқорий металлларнинг алкильсульфат кислота тузлари алкильсулфонатлар дейилади.

Сульфат кислота углеводородлар билан таъсирлашганда сув ва сульфо кислота ҳосил бўлади ва уларнинг тузлари алкил– ва арилсульфонатлар дейилади. Алкилсульфатларнинг молекуласида кислота ҳолдигининг олтингугурт атоми углерод атоми билан тўғридан–тўғри боғланган ($R-SO_3Me$), сулфонатларда эса кислород орқали боғланган ($R-O-SO_3Me$).

Тўпловчиларнинг бу гуруқи физик–кимёвий хоссалари бўйича бир–бирига яқин, сувда яхши эрийди, сувли эритмаларида ионларга тўлиқ диссоцияланади. Улар баритли, бериллийли, хромли ва бошқа минералларнинг, ҳамда шеелит–баритли бойитмаларнинг флотациясида ишлатилади. Бу реагентлар бир вақтнинг ўзида кўпик ҳосил қилувчилар вазифасини ҳам бажаради.

Алкилсульфатлар алкил– ва арилсульфонатларга нисбатан анча кучли тўпловчилар қисобланади.

Оғир рангли металллар ва нодир металллар рудаларини бойитишда сульфгидрил тўпловчилар (ксантогенатлар, дитиофосфат, меркаптанлар ва бошқалар) кенг ҳўлланилади.

Ксантогенатлар- ксантоген кислотанинг тузларидан иборат бўлиб, умумий $R-O-C-S_2Me$ формулага эга.

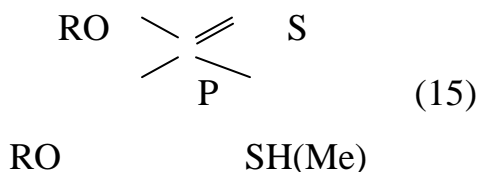
Ксантогенатнинг номи ксантогенат олинган спирт билан металнинг номидан ҳосил қилинади. Масалан $C_4H_9 \cdot O \cdot CS_2K$ ксантогенати калийнинг бутил ксантогенати дейилади.

Бутил ксантогенатидан ташқари калийнинг этил ксантогенати $C_2H_5OCS_2K$, пропил ксантогенати $C_3H_7OCS_2K$ ҳам кенг ишлатилади. Улардан ташқари натрий ксантогенатлари ҳам ҳўлланилади.

Ксантогенатлар кристалл тузилишга эга бўлиб, зичлиги $1300-1700 \text{ кг/м}^3$ га тенг оқ ёки сарғиш-оқ ранга эга қаттик моддалар қисобланади.

Ксантогенатлар одатда кучсиз ишқорий муҳитда 2–5 %ли сувли эритма кўринишида ишлатилади.

Дитиофосфатлар. Баъзи рангли металллар сульфидли рудаларнинг флотациясида ксантогенатлар билан бир қаторда диарил ва диалкилдитиофосфор кислота ва уларнинг тузлари ҳам ишлатилиб, улар жақон амалиётида аэрофлотлар номи билан юритилади. Бу бирикмаларнинг тузилиши қуйидаги умумий формула билан ифодаланиши мумкин.



бу ерда: R–углеводород радикали;

H(Me)–водород ёки ишқорий метал атоми.

Дитиофосфатлар зичлиги 600 кг/м^3 , кучли водород сульфид қидига эга тўқ яшил рангли суюқлик, флотация амалиётида уларнинг орасида энг кўп ишлатиладиганлари крезил, ксиленолли, содали ва этил дитиофосфатлардир.

Меркаптанлар. Кимёвий жиқатдан меркаптанлар молекуласидаги OH–гидроксил группаси SH–сульфгидрил группага алмаштирилган спиртлар ёки феноллар қисобланади. Уларнинг умумий формуласи R–SH(Me). Радикалнинг номланишига боғлиқ ҳолда меркаптанлар этилмеркаптан, фенилмеркаптан ва қ.к. деб номланади. Меркаптанлар унча кўп ишлатилмайди, сувда кам эрийди, кучли ҳўланса қидга эга.

Катионли тўпловчилар водород атоми қисман ёки тўлиқ углеводород радикалига алмашган аммиакнинг ҳосилалари қисобланади. Катионли тўпловчилар аминлар холида намоён этилади. Аминлар бирламчи RNH_2 , иккиламчи R_2NH ва учламчи R_3N аминларга бўлинади.

Аминлар нометал фойдали қазилмаларни, оксидланган сульфидли ва камёб металл рудаларнинг флотациясида хўлланилади.

§15. Кўпик ҳосил қилувчи реагентлар

Кўпик ҳосил қилувчилар сув–ҳаво фазаси ажралиш чегарасида адсорбцияланиш қобилятига эга гетерополяр органик моддалардир. Улар ҳаво пуфакчасига барқарорлик,

механик мустақкамлик, дисперслик беради ва бўтанадаги пуфакчаларнинг кўтарилиш тезлигини камайтиради. Кўпик ҳосил қилувчининг молекуласи сув-ҳаво чегарасида поляр қисми билан сувга аполяр қисми билан эса ҳаво фазасига йўналган бўлади. Бундай адсорбцияланиш ҳаво пуфакларининг ёпишиб холишига қаршилик қилади ва уларни дисперс ҳолатда ушлаб туришга имкон беради.

Кўпик ҳосил қилувчи фақат минерал заррачасини бўтана юзасига кўтариб берувчи кўп сонли майда ва мустақкам ҳаво пуфакчаларини ҳосил қилибгина ҳолмай, флотация машинасидан чиққан вақтда осон ўчиб, флотацияланган минералдан озод бўлиши керак. Кўпинча кўпик тарновчаларда сув босими остида ўчирилади.

Флотация жараёнида кўпик ҳосил қилувчилар қуйидаги функцияларни бажаради:

1. Ҳаво пуфакчаларининг каолесценция-ланишига, яъни улар ўлчами катталашувига қаршилик қилади. Ҳаво пуфакчаларининг юзаси кўпик ҳосил қилувчининг адсорбцияланган молекулалари билан қопланган пуфаклар атрофида унинг каолесценцияланишига тўсиқ бўлувчи ҳамда қобиғини мустақкамлайдиган гидрат қатлам ҳосил бўлади. Кўпик ҳосил қилувчи ҳаво пуфакчаларининг умумий юзасини сақлаб туради ва флотацион машинада сув-ҳаво ажралиш чегараси кўпик ҳосил қилувчи қўшилмагандагига нисбатан каттароқ бўлади.

2. Бўтанада ҳаво пуфакчаларининг қаракатланиш тезлигини сусайтиради. Кўпик ҳосил қилувчининг адсорбцияланган молекулалари ва гидрат қобик иштирокида ҳаво пуфакчалари қаттиқроқ қобикқа эга бўлади, қийин деформацияланади ва оқувчи шаклга эга бўлмайди. Кўпик ҳосил қилувчи иштирокида ҳаво пуфакчалари кўтарилиш тезлигининг пасайиши уларни бўтанада бўлиш вақтини узайтиради ва ҳаво пуфакчаларининг минераллашиш эктимолини оширади.

3. Бўтана юзасига қалқиб чиққан ҳаво пуфакчаларининг ўчиб қолишига тўсқинлик қилади. Қалқиб чиқувчи пуфакча ва бўтананинг юзаси орасидан сув капилляр куч ва оғирлик кучлари таъсирида чиқиб кетади. Қобик юпқалашгани сари суюқликнинг буғланиши кўпроқ рол ўйнайди. Қобик тез юпқалашади ва пуфакча ёрилади. Кўпик ҳосил қилувчининг ҳаво пуфакчаси юзасида адсорбцияланган молекулалари ҳамда молекуланинг поляр группалари атрофидаги гидрат қатлам сув молекуласини ушлаб ҳолиб қобик юпқалашини қийинлаштиради. Ҳаво пуфакчаси юзасидаги кўпик ҳосил қилувчи молекуласининг қобиғи уларни юзасини бузилиши (ўчиб ҳолиш) хавфи бўлган жойларда мақкамланишга қодир қилади. Кўпик ҳосил қилувчи иштирокида бўтана юзасида етарли даражада мустақкам кўпик ҳосил бўлади.

Уч фазали флотация кўпиғи минераллашган пуфакчалардан ҳосил бўлиб, уч фаза ҳаво сув ва қаттиқ заррачалардан иборат. Ҳаво пуфакчаларига ёпишган қаттиқ заррачалар, кўпикнинг

мустақкамлигини ошириб, ҳаво пуфакчаларининг бир–бирига яқинлашишига тўсқинлик қилади. Флотацияланган заррачалар қанчалик майда ва гидрофоб бўлса, уч фазали кўпикнинг мустақкамлиги шунча юқори бўлади.

Кўпик ҳосил қилиш хоссасига таркибида турли поляр группаларни сақловчи кўп сонли моддалар эга. Яхши таъсир этувчи кўпик ҳосил қилувчилар ўз таркибида қуйидаги поляр группаларнинг бирини сақлайди: -ОН(гидроксил), -СООН(карбоксил), =C=O (карбонил), NH₂-амин ва SO₂ОН- (сульфогруппа).

Поляр группанинг таркибига қараб кўпик ҳосил қилувчилар нордон (спиртли ва крезилли дитиофосфатлар, феноллар, алкиларилсульфонатлар), нейтрал (терпинеол, қайрағоч ёғи, ОПСБ–пропилен оксиди бутил спирти, ОПСМ–пропилен оксиди метил спирти), ва асосли (оғир пиридин)ларга бўлинади.

Флотацияда қуйидаги кўпик ҳосил қилувчи реагентлар ишлатилади: қайрағоч ёғи, оғир пиридин, ОПСБ, ОПСМ ва қ.к.

Қайрағоч ёғи скипидар қидли, оч сарикдан тўқ сарикқача рангли тиниқ суюқлик. Уни қайрағоч дарахтлари тўнкаларини янчиб, ўткир буғ билан қайта ишлаб олинади ва олинган скипидар фракциялаб қайдалади.

Қайрағоч ёғи флотацияда майда дисперсли барқарор кўпик олинисини таъминлайди. Ёғнинг сарфи 25–100 г/т атрофида.

Оғир пиридин кокс кимё саноатининг техник мақсулоти қисобланади ва рангли металл рудаларини бойитишда қайрағоч ёғидагидек 25–100 г/т миқдорда сарфланади.

ОПСБ (пропилен оксиди бутил спирти)—жуда кучли кўпик ҳосил қилувчи қисобланади. Унинг сарфи 10–30 г/т. Дағал туюлган руданинг флотациясида яхши таъсир қилади. Мисли, кўрғошинли ва рўкли рудаларнинг флотациясида юқори кўрсаткичларга эришилади.

ОПСМ (пропилен оксиди метил спирти)—оч жигаррангдаги суюқлик бўлиб, кучсиз эфир қидига эга. Полиметалл рудаларнинг флотациясида (кресол ўрнига) ишлатилади.

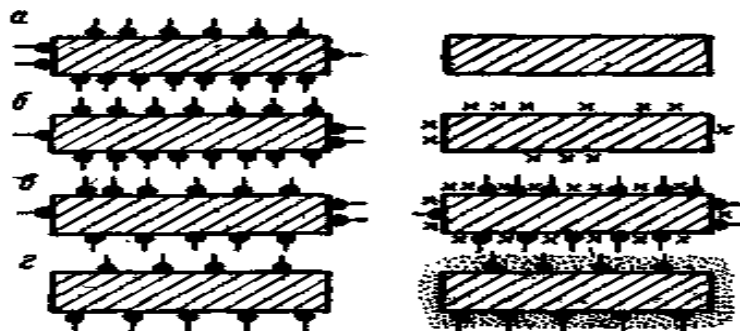
§16. Сўндирувчи реагентларлар

Сўндирувчилар минерал заррача–суюқлик ажралиш чегарасида таъсир этиб, минерал юзасини сув билан ҳўлланишини оширувчи ва унда тўпловчининг мақкамланишига қаршилиқ кўрсатувчи моддалардир.

Сўндирувчиларнинг минерал юзасида таъсирлашув механизми турлича бўлиши мумкин.

Сўндирувчилар бўтанадан кўпикка ўтиши керак бўлмаган минералларнинг флотацион қобилиятини сусайтириш мақсадида ҳўлланади. Сўндирувчилар селектив равишда таъсир қилиши керак. Сўндириш бошқа реагентлар ёрдамида йўқ қилиниши мумкин. Сўндирувчининг таъсир қилиш механизми унинг

кимёвий ва физик–кимёвий хоссасига қараб қуйидаги тўрт схеманинг бири бўйича ифодаланиши мумкин. (10–расм)



10–расм. Сўндирувчининг таъсир қилиш схемаси:

а) минералнинг табиий юзаси очилди; б) минерал заррача юзасида тўпловчи қатлами сўндирувчининг пардаси билан алмашди; в) тўпловчи билан банд бўлмаган юзаларда сўндирувчининг пардаси ҳосил бўлди; г) тўпловчи билан банд бўлмаган юзаларда гидрофил шламнинг қалин қатлами ўтирди.

1. Сўндирувчи минералда тўпловчи қатламининг ҳосил бўлишига қалақит беради, агар тўпловчи сўндирувчидан олдин киритилган бўлса, у тўпловчининг пардасини эритиб юборади (10–расм, а).

2. Сўндирувчи минерал заррача юзасидан тўпловчини сиқиб чиқариб, уни гидрофил парда билан қоплайди. Агар сўндирувчи тўпловчидан олдин киритилган бўлса, тўпловчи минерал билан таъсирлашмайди (10–расм, б).

3. Сўндирувчи тўпловчини сиқиб чиқармасдан минерал заррача юзасининг гидрофиллигини оширади. (10–расм, в).

Сўндирувчини тўпловчидан олдин киритилса, минерал заррача юзасида гидрофоб парда ҳосил бўлмайди. Сўндирувчининг концентрацияси юқори бўлиб, узоқ вақт таъсир қилса, минерал заррача юзасидан тўпловчининг пардаси сиқиб чиқарилиши мумкин. Бунда учинчи схема иккинчи схемага айланади.

4. Сўндирувчи минерал заррача юзасида қисман тўпловчи билан қопланган қалин гидрофил қатлам ҳосил қилади (10–расм, г). Сўндирувчининг тўпловчидан олдин киритилгани тўпловчининг минерал заррача билан таъсирлашувини истисно қилади.

Сульфидли минералларнинг флотациясида цианидлар бошқа депрессор–руқ купороси билан биргаликда ишлатилади. Бу ҳолда минерал юзасида руқ гидроксидининг гидрофил чўкмаси чўқади ва минерал флотацияланиш қобилиятини йўқотади.

Цианидлар мис минераллари, пирит, сфалерит, кумуш, симоб, кадмий ва никел минераллари учун яхши сўндирувчи қисобланади. Улар мис–руқли, кўрғошин–руқли, мис–кўрғошин–руқли ва мис–молибденли рудаларни бойитишда ишлатилади.

Руқ купороси $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ мустақил тарзда ёки цианидлар билан биргаликда сфалеритни депрессиялаш учун, шунингдек мис–руқли, кўрғошин–руқли бойитмаларни ажратиш учун ишлатилади. Мустақил сўндирувчи сифатида руқ купороси руқ бойитмасини темир ва мис аралашмаларидан содали муҳитда тескари флотация усули билан тозалашда руқ карбонатининг

гидрофил чўкмаси ҳосил бўлиб, уларнинг флотациясини сўндиради, мис ва темирнинг сульфидлари эса флотацияланади.

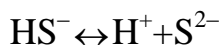
Натрий сульфиди— Na_2S сульфидли ва носульфид минералларнинг флотациясида кенг ишлатилади.

У молибденитдан ташқари ҳамма рангли, қора ва камёб металллар сульфидларини депрессиялайди.

Сувда натрий сульфид кучли асос ва кучсиз кислотанинг тузи сифатида гидролизга учрайди ва кучли ишқорий муҳитни ҳосил қилади.



Ҳосил бўлган сульфид кислотаси H_2S икки босқичда ионларга диссоцияланади.

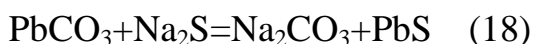


Муҳитнинг рНига қараб бўтанада H_2S , HS^- ва S^{2-} ионлари иштирок этиши мумкин бўлиб, улар минералларга кучли даражада таъсир қилади.

HS^- ва S^{2-} ионларининг депрессияловчи хусусияти тўпловчини минералга адсорбцияланишини тўхтатишда, шунингдек, адсорбцияланишга улгурган тўпловчини қайтариб чиқаришга асосланган. Натрий сульфидининг бу хусусияти сульфидли коллектив бойитмани селектив флотациялашда ишлатилиб, бунда молибденитдан ташқари барча сульфидлар

юзасидан ксантогенат ионлари сиқиб чиқарилиб, флотация тўхтайди.

Натрий сульфиди, шунингдек, оғир рангли металллар оксидли минералларини яхши сульфидловчи ҳамдир. Масалан, церусситни натрий сульфиди билан сульфидлашда минерал юзасида кўрғошин сульфидининг пардаси ҳосил бўлиб, бунинг натижасида церуссит ксантогенатлар билан яхши флотацияланади.



Калийнинг икки хромли нордон тузлари $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ галенитни яхши сўндиради. Уларнинг сўндирувчи таъсири галенит юзасида CrO_4^- ионларининг адсорбцияланиши билан боғлиқ. Калий хромат минералнинг ксантогенат билан банд бўлмаган жойлари билан таъсирлашганда кўрғошиннинг хроматли чўкмаси ҳосил бўлиб, бу жойларнинг сув билан ҳўлланишини оширади ҳамда минерал юзасида тўпланувчи ҳосил қилган гидрофобланган жойлар бўлишига қарамай минерал депрессияланади.

Суюқ шиша кварц ва силикатларни, шунингдек, кальцит ва флюорит, кальцит ва шеелит каби флотацион хусусиятлари бир-бирига яқин минералларни ажратишда сўндирувчи сифатида ишлатилади. Суюқ шишанинг таъсир қилиш механизми яхши ўрганилмаган.

Органик сўндирувчилар (крахмал, декстрин, карбоксиметилцеллюлоза) сўндириш қобилиятини бўтанада коллоид заррачаларни ҳосил қилиш ва уларни минерал заррача

юзасига ёпишиши натижасида содир этади. Крахмал ва декстринни мис минералларини ажратишда, молибденитни депрессиялашда ҳамда темирли рудаларни флотациялашда ишлатиш мумкин. Унинг сарфи 0,1–0,15 кг/т. Карбоксиметилцеллюлозанинг сувда эрувчи натрийли тузи таркибида тальк каби флотоактив силикатларни сақловчи сульфидли рудаларни флотациялашда ишлатилади.

§17. Фаоллаштирувчи реагентларлар

Фаоллаштирувчилар минерал заррача–сув ажралиш чегарасида таъсир этади. Улар минералларнинг флотацияланиш хусусиятини яхшилаш учун хўлланилади. Фаоллаштирувчилар тўпловчини минералга боғланишига имконият яратади. Фаоллаштирувчиларнинг таъсири минерал заррача юзасида тўпловчи осон адсорбцияланадиган парда ҳосил қилиши ёки минерал заррачадан сўндирувчини четлаштиришдадир. Тўпловчи тўғридан–тўғри таъсирлашмайдиган ёки кучсиз таъсирлашадиган минералларнинг флотациясида минерал заррача юзаси фаоллаштирувчи парда билан қопланади. Сўндирувчи пардасининг эриши сўндирувчининг таъсирини йўқотиш керак бўлганда амалга оширилади.

Флотация амалиётида фаоллаштирувчилар сифатида мис купороси ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), сульфат кислота H_2SO_4 , эрувчи сульфидлар (кўпинча Na_2S) ва кислород ишлатилади.

Мис купороси сфалеритни фаоллаштириш учун ишлатилади. Унинг фаоллаштирувчи хусусияти шундан иборатки, агар сфалерит сўндирилган бўлса, у цианидни боғлайди ва сфалерит юзасида сфалерит билан мустақкам боғланган мис сульфидини ҳосил қилади. Ксантогенат мис сульфиди пардасида сфалеритнинг табиий юзасидагига нисбатан мустақкамроқ боғланади. Мис купороси пирит ва пирротинни кучсизроқ фаоллаштиради.

Сульфат кислота пирит ва пирротинни фаоллаштириш учун ишлатилади. Фаоллаштириш минерал заррача юзасидаги темир гидроксиди пардасини эритишдан иборат бўлиб, бунинг натижасида минерал флотацион қобилиятини тиклайди.

Натрий сульфиди рангли металллар оксидли минералларини сульфидлаштиришда ишлатилади. Бунда минерал заррача юзасида оксид парда ҳосил бўлади. Бўтанада минерал парда билан таъсирлашиш ва кислород билан оксидланиш натижасида эркин сульфид ионларининг сони аста–секин камайиб боради ва улар йўқолиши билан ксантогенатни оксид парда юзасида ҳосил бўлган сульфид парда юзасида адсорбцияланишига имконият туғилади. Шу пайтда оксидланган минераллар яхши флотацияланади. Кейинчалик, сульфид парда оксидланади ва унга мақкамланган ксантогенат билан биргаликда қат–қат бўлиб кўчади, ҳамда флотация тўхтади. Флотацияни қайта тиклаш учун қайта сульфидлаш амалга оширилади.

Хаво кислороди сульфидли минераллар юзасини ва бўтанадаги эркин сульфид ионларини оксидлаш натижасида фаоллаштиради. Сульфидли минераллар юзасини қаттиқ оксидланиб кетиши ҳам зарарли, чунки бунда тўпловчининг сарфи ортиб кетади.

§18. Муҳитнинг мословчилари

Муҳитнинг мословчилари минералларнинг флотацияси кетаётган муҳитнинг ишқорийлигини ўзгартиришга ишлатилади.

Муҳитнинг ишқорий ёки кислотали хоссалари рН кўрсаткич ёки водород ҳамда гидрооксил ионлари концентрацияси билан характерланади.

Водород кўрсаткич рН деб водород ионлари концентрациясининг манфий логарифмига айтилади:

$$\text{pH} = -\lg [\text{H}]^+ \quad (19)$$

Кислотали муҳитда водород ионларининг концентрацияси гидрооксил ионларининг концентрациясидан катта, ишқорий муҳитда эса, бунинг тескараси, гидрооксил ионларининг концентрацияси водород ионларининг концентрациясидан катта.

Кислотали муҳитда $\text{pH} < 7$, ишқорий муҳитда $\text{pH} > 7$, нейтрал муҳитда эса $\text{pH} = 7$. Флотациянинг натижалари бўтанадаги водород ионларнинг концентрациясига боғлиқ бўлади. Шунинг учун вақти-вақти билан суюқ фазанинг рН и текшириб турилади ва берилган ишқорийликни реагентлар кўшиб ушлаб турилади. Нордон муҳит ҳосил қилиш учун

сульфат кислотаси, ишқорий муҳит ҳосил қилиш учун оҳак ёки сода солинади.

§19. Пептизаторлар

Рудаларни флотация жараёнига тайёрлаш даврида (майдалаш, янчишда) жуда майда заррачалар ҳосил бўлади ва улар шлам деб аталади. Ўта майда заррачалар муҳитда (суда) чўкмайди, бетартиб ҳаракатда бўлади, чунки уларнинг юзалари қутбланган электр зарядга эга. Бу заррачалар флотацияланувчи минерал юзаларга ёпишиб олиб (электростатик тортилиш ёки оддий механик йўл билан) йиғувчи реагентни шимилишига йўл қўймайди.

Флотация жараёнида шламларнинг салбий таъсирини камайтирувчи (йўкотувчи) реагент - мословчиларни **пептизаторлар** дейилади.

Пептизаторлар ўта майда заррачаларнинг (шламни) юзасини зарядсизлантиради. Уларни ўзаро бириктириб йирик зарра ҳосил бўлишига ёрдам беради. Флотация жараёнида кенг ҳўлланиладиган пептизаторларга суюқ шиша, фосфор кислотасининг натрийли тузлари - гексометафосфат натрий, триполифосфат натрий ва спиртлар ишлатилади.

§20. Флотацияда минераллашган пуфакчаларни ҳосил бўлиши

Минераллашган пуфакчаларни ҳосил бўлиши икки хил йўл билан боради:

1. Минерал заррачалар пуфакча билан тўқнашганда унга ёпишиб ҳолади;

2.. Минерал юзада эритмадан ажралиб чиқаётган газлар ҳисобига пуфакчалар ҳосил бўлади.

Флотация даврида бу икки ҳодисани қайси бири кўпроқ, аҳамиятга молик деган савол туғлади. Бунга жавоб: биринчи усул кўпроқ аҳамиятга молик, чунки флотация жараёнини олиб бориш учун ташқаридан ҳаво юборилиб, пуфакчалар ҳосил қилинади. Иккинчи усул эса эритма юзасида босим камайса, унда эриган газлар ажралиб чиқа бошлайди. Уларнинг умумий ҳажми ҳаво юборилиб ҳосил қилинган пуфакчалар миқдорига таққослаганда жуда кичик.

Минераллашган пуфакчаларни ҳосил бўлиш жараёнини ўрганишни ва таҳлил қилишни термодинамик ва кинетик усуллари бор.

Маълумки, термодинамика. нуктаи назаридан ҳар қандай системанинг эркин энергияси бўлади. Эркин энергия деб, ички энергиянинг ўзгармас ҳажмда ва ҳароратда ишга айланиши мумкин бўлган қисмига айтилади. Ҳар қандай жараён ёки реакция, системанинг эркин энергиясини камайишига олиб борса, ўз-ўзидан содир бўлиши мумкин.

Кўрилаётган ҳодисанинг тенгламасини қуйидагича фикрлаш йўли билан аниқланади.

Пуфакчага заррачани ёпишгунга қадар, системанинг эркин энергияси қуйидагича бўлади:

$$W_1 = S_{c-g} \delta_{c-g} + S_{k-c} \delta_{k-c} \quad (20)$$

Бу ерда: S_{c-g} , ва S_{k-c} - суюқлик-газ ва каттиқлик-уюқлик чегара сиртлари юзаси;

δ_{c-g} , ва δ_{k-c} - уларнинг сирт энергиялари.

Пуфакчага заррачани ёпишгандан кейинги системанинг эркин энергияси (1 см^2 юза учун) қуйидагича бўлади:

$$W_2 = (S_{c-g} - 1) \delta_{c-g} + \delta_{k-g} + (S \delta_{k-c} - 1) \cdot \delta_{k-c} \quad (21)$$

Системани эркин энергиясининг камайиш миқдори қуйидагича бўлади:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = \delta_{c-g} + \delta_{k-c} - \delta_{k-g} > 0 \quad (22)$$

ёки

$$\Delta W = \delta_{c-g} + \delta_{k-c} > \delta_{k-g}.$$

Ушбу тенгламадан фойдаланип ноқулай, чунки каттиқ фаза юза энергиясини ўлчаш керак бўлади. Шунинг учун, уни чегара бурчак қийматига алмаштириб, қуйидагини оламиз:

$$\delta_{k-g} - \delta_{k-c} = \delta_{c-g} \cdot \theta \quad (23)$$

у ҳолда,

$$\Delta W = \delta_{c-g} (1 - \cos \theta) \quad (24)$$

(24) тенглама пуфакча билан заррача ёпишган юза 1 см^2 деб олинган. Юза майдони 1 см^2 дан фарқи бўлса,

$$\Delta W = \frac{W_1 - W_2^1}{S_{r-u}} = \delta_{c-u} \left(\frac{S_{c-u} - S_{c-u}^1}{S_{r-u}} - \cos \theta \right) \quad (25)$$

бу ерда W_2^1 - заррача ёпишгандан кейин пуфакчани деформацияланиши ва унинг сиртини ўзгаришини ҳисобга олинган системанинг эркин энергияси;

S_{c-u}^1 - заррача ёпишгандан кейинги пуфакчанинг юзаси.

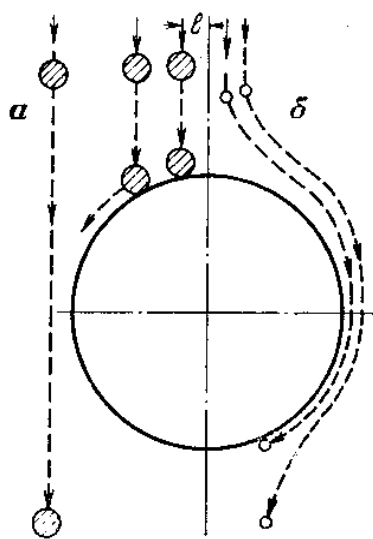
(25) тенгламадан кўришиб турибдики, чегара бурчакнинг (θ) қиймати қанча катта бўлса, системанинг эркин энергияси шунча катта қийматга камаяди, яъни, заррачанинг юзаси қанча сувюқмас (гидрофоб) бўлса, шунча осон пуфакчага ёпишади.

Минерал заррачани пуфакчага ёпишиб олиши учун аввало, улар бир-бирига яқинлашиши ва тўқнашиши керак. Зарра билан пуфакчани тўқнашиши, уларнинг ўлчамларига, оқимнинг тезлигига ва заррачанинг массасига боғлиқ.

Катта заррача оғирлик кучи ҳисобига юқоридан пастга қараб тўғри чизиқли ҳаракат қилади. Юқорига қараб кўтарилаётган шарсимон пуфакчанинг маркази билан тўқнашса ёпишиши мумкин. Ён томонроғи билан учрашса, сирпаниб ўтиб кетиши мумкин (11-расм).

Майда (вазни кичик) заррачалар оғирлик кучи кичик бўлгани сабабли, сув қатламини ёриб юқорига ҳаракат қилаётган пуфакча атрофидан ўтиб кетаётган суюқлик оқими таъсирида пуфакча билан тўқнашмаслиги мумкин. Аммо, тадқиқотлар шуни кўрсатадики, майда заррачалар ҳам пуфакчанинг таг қисмига ёпишиши мумкин экан. Сабаби, пуфакча орқасида

суюқлик куюн ҳаракат қилиб, майда заррачани пуфакчага яқинлашишига имкон яратар экан.



Заррачани пуфакчага ёпишиб ҳолиши учун у пуфакча сиртига маълум куч билан урилиши ва сув пардасини йиртиб ўтиши керак. Флотацион катталиқдаги кўмир заррачасини пуфакча билан тўқнашиш тезлиги 2-10 см/с бўлиши энг оптимал тезлик ҳисобланади.

11. расм. Турли ўлчамдаги заррачаларнинг пуфакчалар билан тўқнашиш схемаси: а) йирик; б) майда

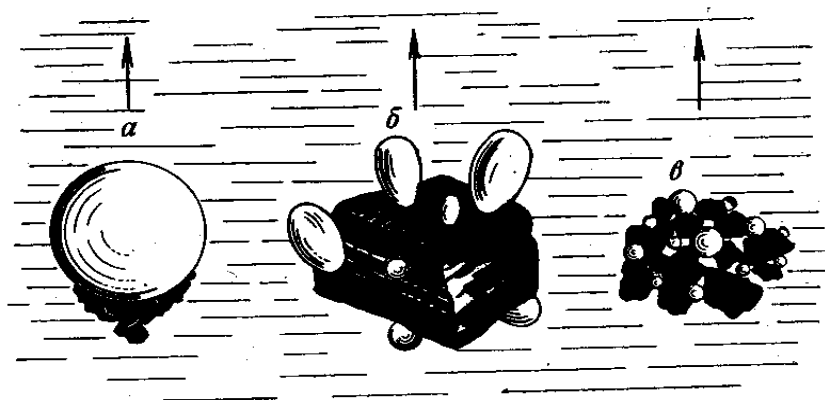
Бундан ташқари, флотация жараёни учун маълум вақт керак, чунки пуфакча билан оралиғидаги сув бошқа томонга сурилишга улгуриши керак, Бу ходисаларни тезроқ ўтиши заррача шаклига ҳам боғлиқ. Агар заррача учли бўлса, сув пардаси осонроқ йиртилади, ўтмас томони билан тўқнашса, сув, пардасини ёриб ўтаолмаслиги мумкин.

Юқорида айтилганлардан ташқарида, заррачани пуфакчага ёпишиб ҳолишига статик (ҳар хил ишорали ионларни ўзаро тортишиш), молекулалараро тортишиш кучи таъсир қилади. Пуфакчага шимилган кўпик ҳосил қилувчи реагентлар ва заррачага шимилган йиғувчи реагентлар радикалларининг

(думлари) ўзаро тортилиши ҳисобига ҳам пуфакчага заррача (айникса, майдалари) ёпишиши мумкин.

Амалда, флотация дастгоҳларидаги бўтанада минераллашган пуфакчага таъсир қилувчи жуда кўп кучлар мавжуд: ишқаланиш кучи, заррачани оғирлик кучи ва инерция кучи. Бу кучлар таъсирида юқорига ҳаракатланаётган пуфакчадан тўкилиб ҳолмаслиги учун заррача пуфакчага мустаҳкам ёпишган бўлиши, керак. Ёпишишни мустаҳкамлигини эса заррачанинг ўлчами, сув юқмаслиги, флотореагентлар ва флотация жараёнининг мароми тامينлайди.

Флотацион муҳитда пуфакча билан заррача ҳар хил турдаги агрегатлар ҳосил қилиши мумкин (12-расм). Шулардан энг оддийси, битта пуфакчанинг таг қисмига битта заррача ёпишгани (12-расм,а). Пуфакча юзасининг 1-2 фоизинигина заррача қоплаган (бу ҳодиса камбағал рудаларни флотация қилганда юз беради, бой рудаларни флотациялаганда эса пуфакчанинг 20-30 % юзасини заррача қоплаши мумкин).



12-расм. Флотация даврида ҳаво-минерал агрегатини ҳосил бўлиши.

Битта катта заррачага бир нечта пуфакча ёпишган бўлиши мумкин (12-расм,б) ва ниҳоят, йир нечта пуфакча ва кўпгина заррачалар агрегат ҳосил қилиш мумкин (12 -расм ,в). Буни аэрофлокил деб аталади.

§21. Флотацияга заррача ўлчамининг таъсири

Флотацион бўтанадаги заррачаларнинг ўлчамлари микрондан то бир неча миллиметргача бўлиш мумкин.. Заррачаларни флотацияланувчанлиги, кўпинча уларнинг ўлчамига боғлиқ.

Заррачаларни оптимал катталиги, уларни сувюқмаслиги ва зичлигига боғлиқ. Сувюқмаслиги юқори ва зичлиги кичик минералларнинг оптимал катталиги юқори бўлади. Ўлчамлари 0,1 дан 0,02 мм гача бўлган заррачалар флотация усули билан яхши ажраладилар. Ўртача ўлчамга эга бўлган заррачалар тезроқ ва тўлиқроқ бойитмага ўтади ҳамда уларни флотациялаш учун реагентлар камроқ, сарфланади. Бойитмани энг тоза фракциялари йирик заррачалардан ташкил топади, сифатсиз қисми эса майда заррачалардир, чунки майда заррачаларни флотациялашда танловчанлик камроқ.

Флотация чиқиндисининг тозароқ қисми ўртача катталикдаги заррачалардан ташкил топади. Йирикроқ ва ўта майда заррачалардан ташкил топган қисми эса фойдали минералларга бойроқ бўлади. Чунки йирик ва майда заррачалар кийинроқ флотацияланади. Флотацияда заррача ўлчамининг

чегара қийматини аниқлаб олиш ўта муҳим тадбирдир. Чунки майдалаш, янчиш аппаратлари, қуйилтириш, сузиш, қуритиш жараёнлари ва флотомашиналарнинг унумдорлиги зарра ўлчамига боғлиқ. Масалан, флотацияланувчи заррача ўлчамини юқори чегарасини 0,2 мм дан 0,3 мм гача катталаштирилса, тегирмонларни унумдорлиги 30 % ошади.

Флотацион бўтанада озми, кўпми ўлчами 3 мк кичик. бўлган ўта майда заррачалар - шлам бўлади. Бундай ўта майда заррачалар ўзига хос хусусиятга эга, яъни солиштирма юзасини катта, адсорбциялаш (ютиш) қобилияти юқори, реакцион фаолдир.

Ўта майда заррачалар флотация жараёнига катта таъсир кўрсатади, яъни:

-бойитмани кераксиз жинс заррачалари билан ифлослантиради;

- йирик заррачаларни флотацияланишини ёмонлаштиради.

Бундай салбий таъсир этишининг сабаби бир нечта:

1) йирик заррача сиртига ёпишиб олиб, уни флотацияланиш қобилиятини сусайтиради;

2) ҳаво пуфакчалари сиртига ёпишиб олиб, флотацияланувчи минерал заррачаларни пуфакчага ёпишиш имкониятини камайтиради;

3) флотореагентларни ўзига шимиб олиб, йирик заррачаларга реагент ҳолдирмайди.

Майда шламларни флотацияга кўрсатаётган сапбий таъсирини камайтириш учун қуйидагича тадбир кўрилади:

- флотацион бўтанага майда заррачаларни йирик заррача ва ҳаво пуфакчаларига ёпиштирмаслигини таъминловчи пептизаторлар деб аталувчи махсус реагентлар қўшилади;

- флотацияни суюлтирилган бўтанада олиб борилади;

- флотореагентларни бўлиб-бўлиб (дробная) қўшилади;

- шламларни шимиш қобилятини камайтирувчи реагентлар қўшилади;

- шламларни бўтанадан ажратиб ташланади ва ҳоказо.

Флотацияланувчи заррачалар ўлчамининг юқори чегараси бўлиб, катталиги шу чегарадан ўтса, у заррача флотацияланмайди, чунки пуфакча заррачани кўтара олмайди. 4-жадвалда флотацияланувчи заррачалар ўлчамларини юқори чегаралари келтирилган.

4- жадвал.

Флотацияланувчи заррачалар ўлчамларини юқори чегаралари

Минераллар	Заррачаларнинг флотациялаш мумкин бўлган энг катта ўлчами, мм	
	Назарий	Амалий
Сульфидлар	2-4	0,15-0,25
Сульфидмаслар	3-5	0,2-0,3
Кўмир	10-15	1-2
Олтингугурт	6-8	0,5- 1,0

Кабанов-Фрумкин томонидан назарий ишлаб чиқилган тенглама ёрдамида ҳисобланган заррача катталиги амалдаги заррача катталигига тўғри келмаслиги мумкин. Бунинг сабаби, ҳисоблашда пуфакчага ёпишиб турган заррачани, ундан узилиб тушиш кучи статик шароитда фақат заррача массаси билан ўлчанган. Амалда эса, заррачани узилиб тушиши кўпроқ инерция кучига боғлиқ.

Катта заррачаларни флотациялаш учун қуйидаги шароитларни яратиш керак:

1. Энг фаол йиғувчи реагентларни сарфини кўпайтириб заррачани сувюкмаслик даражасини ошириш;

2. Заррачани пуфакчага ёпишишини мустаҳкамловчи аптоляр реагентлар қўшиш;

3. Бўтанадаги пуфакчалар сонини кўпайтириш (аэрацияни ошириш). Бўтанадаги ҳаво миқдорини (пуфакчалар сонини) оширилганда йирик заррачани кўтариб кетаётган пуфакчанинг орқасидан кўтарилаётган пуфакча, юқоридагисини кўтарилишига ёрдам бериб, заррачани сирғаниб тушиб кетишидан асрайди, яъни йирик заррача бир эмас бир нечта пуфакча ёрдамида юқорига кўтарилади.

4. Флотациянинг ўрта қисмида инерция кучини камайтирувчи, бир маромдаги секин оқим ҳосил қилиш;

5. Флотомашинанинг юқори қисмида қалинлиги унча катта бўлмаган, сокин кўпик қатлам ҳосил қилиш,

флотомашинадан кўпикни эҳтиётлаб сидриб олиш (заррача тўкилиб кетмаслиги учун).

Флотацияланувчи заррачаларни йириклигини ошириш йўлида жуда кўп олимлар (Н.Б. Матвеевко, Н.Ф.Мещеряков, В.А. Малиновский ва бошқалар) илмий тадқиқот ишларини олиб борганлар. Жумладан, В.А.Малиновский флотацияга тайёрланган бўтанани кўпик қатлам юзасига бериб, заррачани юқори йириклик ўлчамини оширишга муяссар бўлган. Бунга сабаб, бўтана кўпик қатламига берилганда йирик заррача бир эмас, бир нечта пуфакча билан учрашади, инерция кучи бўлмайди. Тажрибалар натижасида, бўтанани кўпик қатламига берилганда сильвинит заррачасини 4 мм, фосфоритникини 2 мм, арсенопиритникини 3 мм ва кўмир заррачасини 6 мм катталиқгача флотацияланиши исботланган.

§22. Флотация жараёнининг кинетикаси

Флотация жараёнининг давомийлиги унча кўп вақт талаб қилмайди, амалда 5-10 минут етарли бўлади. Шунга қарамай, флотацияни тезлигини аниқлаш назарий ва амалий аҳамиятга эга, чунки унинг ривожини кўп омилларга боғлиқ. Флотация жараёнининг кинетикасини ўрганиш бўйича Ю.Б. Рубинштейн, Ю.А. Флиппов ва К.Ф. Белоглазовлар мукамал илмий-тадқиқотлар ишлари олиб борганлар. К.Ф.Белоглазов қуйидагича мулоҳаза юритиш билан флотация тезлигини аниқловчи тенглама таклиф қилган:

бу ерда, n - дастлабки бўтанадаги флотацияланиши керак бўлган заррачалар сони;

$x - t$ вақтда флотацияланиб, кўпик фазасига ўтган заррачалар сони бўлса, шу вақтда бўтанада ҳолган флотацияланувчи заррачалар сони $n-x$ бўлади.

Вақт бирлигида бўтана ичидан N та пуфакча ўтса, dt вақтда Ndt кўпикча ўтган бўлиб, dx заррача флотацияланади. dt вақтда заррачаларни пуфакчалар билан тўқнашиш сони $N(n-x) dt$ бўлади. Тўқнашиш натижасида пуфакчага мустаҳкам ёпишиб олиш эҳтимоллигини φ билан белгилаб, dt вақтда флотацияланиб, кўпик фазасига ўтган заррачалар сонини (dx) қуйидагича аниқлаш мумкин:

$$dx = N(n-x) \varphi dt \quad (26)$$

$n-x$ ни чап томонга ўтказиб ва интеграллаб, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$\int_0^x \frac{dx}{n-x} = \ln \frac{x}{n-x} = \int_0^t N \varphi dt \quad (27)$$

Сураг ва маҳражни n га бўлиб, $\frac{x}{n}$ ни ε (ажралиш даражаси, улуш ҳисобида) билан белгилаб, қуйидаги тенгликни оламиз:

$$\ln \frac{l}{l-\varepsilon} = \int_0^t N\varphi dt \quad (28)$$

$\ln \frac{l}{l-\varepsilon}$ - флотациянинг солиштирма

тезлиги коэффициенти деб аташ мумкин.

$\ln \frac{l}{l-\varepsilon}$ -t координаталарда қурилган, флотациянинг солиштирма тезлиги коэффициентининг ўзгариш эгри чизиқлари уч хил кўринишга эга бўлиши мумкин (12-расм):

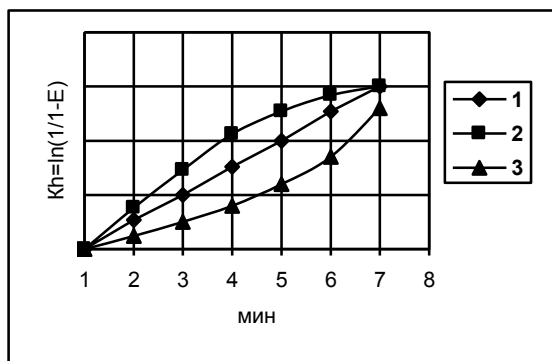
1. Тўғри чизиқли боғлиқлик (1-тўғри чизиқ) флотация вақт давомида бир хил тезлик билан ўтади;

2. Қавариқ кўринишдаги (2) эгри чизиқ флотациянинг тезлиги жараён охирида секинлашишини кўрсатади. Бу ҳол, аввал осон флотацияланувчи заррачалар биринчи дақиқаларда кўпик фазасига ўтганлигини жараён охирида эса бўтанада флотацияланувчи заррачалар сони ва флотареагентларни озайганидан деб тушунса бўлади;

3. Ботик, кўринишдаги (3) эгри чизиқ, жараён охирида флотация тезлигини ошганлигини кўрсатади. Бунга сабаб, олдин шламлар кўпикка ўтади ёки заррачаларни «узок» вақт давомида флотореагентлар билан мулоқотда бўлиши керак бўлади.

(2.6) тенглама идеаллаштирилган флотация жараёни учун мос келади, чунки, бу тенгламада пуфакчалар сони керагидан ортикча ва уларнинг юзалари бўш (ёпишиб олган заррачалар ёпишмоқчи бўлган заррачага халақит бермайди) ҳамма пуфакчаларда кўтариш кучи етарлича, флокуляция йўқ (майда

заррачалар ўзаро бирлашиб, йирик заррача ҳосил қилмайди), ўта майда заррача флотацияга салбий таъсир қилмайди ва ниҳоят бўтанани аралаштириш шиддати флотомашинани ҳажми ва бошқаларни таъсир инобапта олинмаган.



13-расм. Флотациянинг солиштира тезлик коэффицентини ўзгариши

Шу сабабли, жуда кўп илмий тадқиқотлар олиб борилган ва бир қанча флотация жараёнини кинетик моделлари яратилган. Флотация жараёнини кинетикаси ҳақида чуқурроқ билим олмоқчи бўлганларга [] адабиётни тавсия этамиз.

§23. Флотациялаш жараёнида кўпиклар

Флотациялаш жараёнида кўпиклар қуйидаги хоссаларга эга бўлиш керак:

- пуфакчалар билан юқорига сузиб чиққан флотацияланувчи минерал заррачаларни ушлаб ҳолиши (амалда пуфакчага ёпишиб чиққан заррачаларни ярмига яқини қайта тўкилиб тушади);

- кўпикда концентратни кўшимча бойитиш жараёни ўтиши керак, чунки кераксиз жинслар қайта бўтанага қулаб тушади;

- кўпик ўта турғун бўлмаслиги, флотокамерадан чиққандан кейин осон парчаланиши керак.

Флотацион муҳитнинг физикавий ва физик-кимёвий шароитларни ўзгартириш йўли билан кўпик хоссаларини ўзгартириш мумкин.

Физикавий омилларга кўпик қатламининг қалинлиги, флотомашинадан кўпикни чиқариб олиш тезлиги ва усули, пуфакча ва заррачаларнинг майдалиги, кўпик ости бўтанани ҳаракат тезлиги киради. Физик-кимёвий омилларга реагентлар миқдори, турлари киради.

§24. Флотацион кўпикларнинг тузилиши

Флотацион кўпиклар сув пардаси билан ўралган ҳаво пуфакчаларидан ташкил топган. Пуфакча сиртига бир ёки бир нечта қирралари билан заррачалар ёпишган бўлади. Ўта майда заррачалар (шламлар) пуфакчаларнинг сув қатламида жойлашган бўлади.

Флотацияда уч хил қурилишга эга бўлган кўпиклар ҳосил бўлиши мумкин:

1. **Пардали – структурали кўпиклар** - флотацион катталикга эга бўлган заррачаларни флотацияланганда ҳосил бўлади ва бу энг кўп учрайдиган кўпик туридир.

Пардали-структурали кўпикларни қурилиши қуйидагича фарқланади:

- кўпик қатлами юзасининг йирик пастки қисмида кичик пуфакчалар жойлашган:

- кўпик қатламда жойлашган пуфакчаларда сув пардасининг қалинлиги озроқ;

- кўпик қатламининг баландлиги нисбатан катта (0,05 метрдан 0,2 метргача);

- йирик пуфакчалар деформацияланган;

- кўпик нисбатан кўп сувли ва ҳаракатчан бўлади.

2. Агрегатли кўпиклар – бир нечта пуфакча қуршовида жойлашган йирик заррачалардан ташкил топган. Пуфакчалар ўлчами кичик, кўпикда нисбатан сув камроқ, турғун, аммо флотокамерадан новга ўтганда ўзига хос овоз чиқариб, осонгина парчаланadi.

3. Пардали кўпиклар - агрегатли кўпикларга ўхшаш бўлади, қалинлиги юпқа бўлиши билан фарқланади. Кўпик зичлиги унча катта бўлмайди, нисбатан жуда йирик, ўта сувюқмас минерал заррачалардан ташкил топган.

Минераллашган, майда пуфакчалардан ташкил топган, кўпик юзасида катталанмай туриб ($>0,05$ м) парчаланадиган кўпиклар яхши кўпик дейилади.

Агар флотацияда ўта минераллашган «куруқ.» кўпик ҳосил бўлса, бу кўпик турғун ва қовушқоқ бўлади.

Агар кўпик юзасида сачраш (брызг) юз берса, бу кўпикни турғунмаслигидан дарак беради (бу ходиса кўпик ҳосил қилувчи реагентни кўп миқдорда қўшилганини кўрсатади).

Шундай қилиб, юқоридагилардан келиб чиқиб, яъни кўпик ҳолатини кузатиб, технология мароми тўғри ёки нотўғри танланганлиги, флотация жараёнини қай даражада мосланганлиги ҳақида хулоса чиқарса бўлади.

§25. Кўпикнинг турғунлиги

Кўпикни турғунлиги, унинг асосий технологик хоссаларини белгилайди. Бўтана юзасида турган пайтда (тиндириш) қисман парчаланиб, анча минерал зарраларини йўқотади (асосан, биринчи навбатда кераксиз жинс заррачаларини).

Кўпикларни парчаланишига асосий сабаб, ундаги пуфакчаларни ўзаро кўшилишиб катта пуфакча ҳосил бўлишидандир. Пуфакчаларни кўшилиши эса уларни бири-биридан ажратиб турган сув пардасини юпқалашиб кетишишига сабаб бўлади. Сув пардасини юпқалашишига қуйидагилар сабаб бўлади:

1) пуфакча пардасидаги сув секин аста пастга қараб оқа бошлайди, бунга пуфакча ичидаги ва ташқаридаги босим таъсир қилади. Пардани юпқаланиши пуфакчанинг юқори қисмидан бошланади;

2) кўпик юзасида сув пардасининг буғланиши бошланади ва пуфакча ичида босим кўпаяди;

3) механик кучлар таъсирида (бўтана оқими ва кўпик олувчи курак таъсирида).

Кўпикни турғунлигини оширувчи омилларга қуйидагилар киради:

- кўпик ҳосил қилувчи реагентлар;
- пуфакчалар сиртига ёпишиб олган минерал заррачалар (айниқса бу омил майдалари кўпикларни турғунлигини оширади).

§26. Флотацион кўпикларни парчалаш

Флотацион камерадан чиқарилган кўпикларни парчалаш керак бўлади. Шунини айтиш керакки, ҳамма вақт ҳам, флотация жараёнини самаралилигини таъминловчи ҳамда осон парчаланувчи кўпик ҳосил бўладиган реагент маромини танлаш қийин.

Кўпикларни парчалаш учун қуйидаги усуллар ҳўлланилади:

- **Механик усул.** Сувни кучли тузилмаси билан таъсир қилиш, чўктириш варонкасида ёки сеткали центрифугадан ўтказиш, ультра товуш ёки товуш тўлқини таъсир қилиш усуллари билан;
- **Физик-кимёвий усул.** Кўпинча, ҳар хил реагентлар (кислоталар, керосин ва бошқалар) қўшиш.

§27. Флотациянинг бошқа турлари

Ионларни флотациялаш. Сувда эриган моддаларни флотация усули билан ажратиш олишга «ионларни флотациялаш» деб айтилади. Фаннинг бу соҳасида илмий-тадиқот ишларини Ф. Себба, А.М. Голдман, С.А.Абдурахмонов, М.А. Асқаров ва бошқалар олиб борганлар.

Ҳозирги вақтда кўпгина металл ионларини (айниқса Cu, Pb, Zn, Co, Re, Au, Ag, Hg, In ва бошқалар) эритмалардан ажратиб олиш усули ўрганилиб чиқилган ва амалда тадбиқ қилинган. Масалан: ортофосфор кислотаси аниони, тўртламчи аммоний асоси - хром оксиди анионини, цетилэтилдиметиламоний бромид радиактив металллар катионини, алкил сульфатлар ураннитрокарбонат анионини, катионли йиғувчилар, олийин снили эса аминлар, симоб катиони - каптакс билан ажратиб олиниши. амалда кўрсатилгаи.

Шундай қилиб, фойдали қазилмаларни бойитиш учун ишлатиладиган флотация усули эритмалардан ион ва молекулаларни ажратиб олишда ҳам фойдаланса бўлади. Чунки кўпгина йиғувчи реагентлар эритмадаги металл ионлари билан реакцияга киришиб, сувда эримайдиган сирт-фаол каттик моддалар ҳосил қилади. Ҳосил бўлган бу моддалар яхши флотацияланади.

Оддий суспензия катталиқдаги заррачаларни флотациялаш билан ион ва молекулаларни флотациялаш орасида фарқ, заррачаларнинг ўлчамларидадир, холос, чунки иккала жараён ҳам ажратилаётган моддаларнинг ҳаво пуфакчалари сиртига ёпишиб, тўпланиш қобилиятига асосланган. Суспензия катталиқдаги қаттик заррачаларни флотациялаганда гап «сув юқмаслик» ва адгезия тўғрисида, ион ва молекулаларни флотациялаганда эса сирт-фаоллик ва шимилиш ҳақида боради.

§28. Ионларни флотациялаш жараёнининг механизми

Ионларнинг флотацияланиши икки хил йўл билан бориши мумкин:

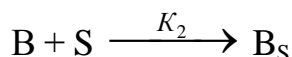
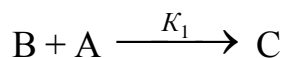
1) Ажратилаётган ион «А» йиғувчи реагентнинг иони «В» билан реакцияга киришиб, кам эрувчан, сирт-фаол қаттиқ модда «С» ни ҳосил қилади. Сўнгра «С» ҳаво пуфакчаларига ёпишиб олиб, эритманинг юзига сузиб чиқади. Бу йўл билан ионларнинг флотацияланиши сувюқмас қаттиқ заррачаларнинг флотациялаш механизми билан бир хил ҳисобланади.

2) Эритмада йиғувчи реагентнинг ионлари «В» кутбланмаган томонлари билан ҳаво пуфакчаларига шимилиб олгандан сўнг, металл ионлари билан шу пуфакча сиртида реакцияга киришишади. У ҳолда ионларнинг флотацияланиши шимилиш жараёнини эслатади.

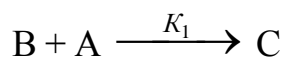
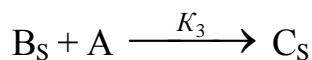
Ҳозир иккала механизмнинг бирортасига ҳам имтиёз бермай туриб жараённинг босқичларини таҳлил қилиб чиқамиз.

1. Йиғувчи реагентлар ионлари бир вақтнинг ўзида «А» иони билан реакцияга киришиши ва ҳаво пуфакчаларига шимилиши мумкин.

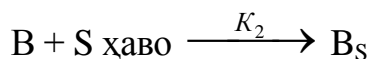
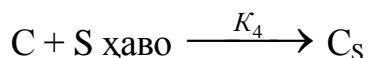
Яъни:



Эритмада «В» ҳаво пуфакчаларига шимилган « B_S », «А» иони билан реакцияга киришади:



Ҳосил бўлган «С» билан «В» ионлари ўртасида шимилиб олиш учун рақобат бошланади:



Фараз қилайлик:

1) $K_1=K_3$, яъни металл ионларининг реагент ионлари билан реакцияга киришиш тезлиги, эритмада ҳам, пуфакча сиртида ҳам бир тезликка эга;

2) $K_2=K_4$, яъни «В» ионнинг ва «С» молекуласининг пуфакча сиртига шимилиш тезликлари бир-бирига яқин. У ҳолда ионларнинг флотадияланиш механизми (а) ва (б) реакциялар тезликларининг қийматлари билан баҳоланади.

Агар, $K_1 > K_2$ бўлса, жараён биринчи механизм бўйича, $K_1 < K_2$ бўлса, жараён иккинчи механизм бўйича, $K_1 = K_2$ бўлса, жараён бир вақтда иккала механизм билан бориши мумкин. Аммо жараённинг тўлиғича иккинчи механизм билан бориши учун эритмадаги «В» ионларнинг барчаси бир пайтда ҳаво пуфакчаларига шимилиши керак, бунинг учун жуда катта миқдорда ҳаво пуфакчалари керак бўлади. Шунинг

учун керакли ҳаво пуфакчаларини миқдорини аниқлаймиз.

Пуфакчаларнинг радиуси r , УНИНГ юзаси:

$$S = 4\pi r^2, \text{ см}^2 \quad (29)$$

унинг ҳажми

$$V = \frac{3}{4}\pi r^3 \quad (30)$$

Реагент молекуласининг пуфакча сиртидаги қалинлиги (бир молекула ўлчамига тенг деб белгилаймиз) $a \cdot A^{0(-2)}$ ёки $a \cdot 10^{-16}$ см² бўлади. У ҳолда 1г-моль реагентнинг эгаллаши мумкин бўлган юзанинг ўлчами:

$$S \text{ г-моль} = Na \cdot 10^{-16} \quad (31)$$

бу ерда, K - Авагадро сони, $N = 6,023 \cdot 10^{23}$;

a - молекула ўлчами.

1 г- моль реагент ионларининг шимилиши учун керак бўлган пуфакчаларнинг сонини n десак, $n \cdot 4\pi r^2 = Na \cdot 10^{-16}$

ёки

$$n = \frac{Na \cdot 10^{-16}}{4\pi r^2} \quad (32)$$

бўлади.

Битта пуфакчанинг ҳажми $\frac{3}{4}\pi r^3$ бўлса, керак бўлган

ҳавонинг ҳажми:

$$V_x = n \cdot \frac{3}{4}\pi r^3 = \frac{Na \cdot 10^{-16} \cdot 4\pi r^3}{4\pi r^2 \cdot 3} = \frac{Na \cdot 10^{-16} \cdot 4\pi r}{3}, \text{ см}^2 \quad (33)$$

Маълумки, крезил аэрофлоти учун а-70, этил ксантогенати учун а-29 га тенг. Агар пуфакчанинг радиуси 0,1 см бўлса, у ҳолда 1 г-моль крезил эрофлотининг шимилишига керак бўлган ҳавонинг миқдори қуйидагига тенг:

$$V_{\text{хаво}}^{\text{кр}} = \frac{6,23 \cdot 10^{23} \cdot 70 \cdot 10^{-16} \cdot 0,1}{3} = 140,8, \text{ м}^3 \quad (34)$$

этил ксантогенати учун эса:

$$V_{\text{хаво}}^{\text{кр}} = \frac{6,23 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot 10^{-16} \cdot 0,1}{3} = 58,2, \text{ м}^3 \quad (35)$$

Келтирилган ҳисоблар шуни кўрсатадики, эритмага кўшилган реагент молекулаларнинг барчасини бир вақтда шимилиши учун керак бўлган пуфакчаларнинг етарли миқдорини бирданига ҳосил қилиш мумкин эмас. Шу сабабли эритмадаги реагентнинг асосий қисми металл ионлари билан эритма ичида реакцияга киришиб, сирт -фаол чўкма ҳосил қилади, сўнгра ҳосил бўлган чўкма пуфакчаларга ёпишиб олиб, эритма юзасига сузиб чиқади ва у суюқлик-ҳаво чегара сиртида тўпланади. Шундай қилиб, ионларни флотациялаш механизми сувюқмас қаттиқ заррачаларни флотациялаш механизмига ўхшаш бўлади. Табиий минералларни флотациялаш билан ионларни флотациялашдага фарқ шундан иборатки, ионлар флотацияланганда нисбатан майда ва реагентга нисбатан ўта фаол заррача билан иш олиб борилади. Демак, ионларни флотациялаш жараёни, икки босқичли бўлиб, биринчи босқичи кам эрувчан сирт-фаол бирикма

ҳосил бўлиши, иккинчи босқич эса шу бирикмаларнинг флотацияланишидан иборат. Реагент билан металл ионларини реакцияга тўлиқ ва аниқ киришиши учун эритмага қўшилаётган реагент ионлари эритманинг ҳамма ерида тенг тарқалишини таъминлаш керак. Бунга қуйидагича эришиш мумкин:

1) реагентни бирор эритувчида эритиб, уни молекуляр дисперс ҳолга келтириш;

2) реагент эритмасини кичик ҳажмда (кувурда) катта тезлик билан ҳаракатланаётган металл эритмасига қўшиш керак, чунки концентрациянинг эритманинг бутун ҳажмда бир хил бўлиш вақти тизим ўлчамига боғлиқ бўлади, яъни:

$$\tau = \frac{l^2}{D} \quad (36)$$

бу ерда, l – тизим ўлчами (кувур бўлса, унинг диаметри);

D - диффузия коэффициенти.

3) эритмани аралаштириш.

Флотация жараёнини тезлаштириш учун эса эритма қатламидан маълум тезлик билан майда пуфакчиларни ўтказиш ва реакция натижасида ҳосил бўлган ўта майда заррачаларни ўзаро бирикиб, йирик паға ҳосил қилишига имкон яратиши керак.

§29. Электрофлотация

Электрофлотация минералларни саралаш, майин заррачалардан сувни тозалаш учун ҳўлланиладиган оддий

флотация усули бўлиб, бунда пуфакчалар ҳосил қилиш учун сувни электролизлаш вақтида ажралиб чиққан водород на кислород газларидан фойдаланилади.

Олиб борилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, бу усул билан майда заррачаларни, хатто гидрофил (сув юқар) зарраларни ҳам флотациялаш мумкин экан.

Бу соҳада ҳали тадқиқотлар тугалланмаган.

IV боб. Флотацион машиналар

§30. Флотацион машиналарга қўйиладиган талаблар

Флотацион машиналар деб, флотация жараёни ўтказиладиган дастгоҳларга айтилади. Уларда ҳаво пуфакчалари ҳосил бўлади, пуфакчаларга сувюқмас минераллар ёпишиб, бўтананинг юқори қисмида кўпик ҳолда тўпланади ва флотомашинадан чиқарилади. Флотация жараёнида бойитма ва чиқинди деб аталувчи маҳсулотлар олинади.

Флотомашиналарга қуйидаги талаблар қўйилади:

1. Катта тезлик ва танловчанлик билан флотацияланувчи гидрофоб минерални минераллашган кўпик ҳолда ажратиб олиш;
2. Унумдорлиги юқори, электр-энергияни кам сарфлаш;
3. Эксплуатацияга қулай ва ишончли бўлиш;
4. Юқори дисперс пуфакчаларни ҳосил қилиш ва камера ҳажмида уларни тенг тарқалишини таъминлаш;

5. Флотомашинани конструкцияси талаб қилинган флотация тизимини ўтказишга имкон бериши керак.

Бундан ташқари, флотакамеранинг пастки қисмида пуфакча билан заррачаларни максимал тўқнашишига имкон яратиш учун бўтанани шиддатли аралаштириш, ўрта қисмида минераллашган пуфакчаларни эркин ҳаракатини ва улардан заррачаларни тўкилиб кетмаслигини таъминловчи сокин оқим ҳосил қилиш ҳамда камеранинг юқори қисмида (кўпик ости минтақасида) бўтана минимал ҳаракатда бўлиши керак.

Кўпик маълум вақт бўтана юзасида сокин турса бойитмани кўшимча миқдорда бойишини таъминлайди, чунки кўпикдан гидрофил заррачалар сирғаниб тушиб, бўтанага ўтади.

§31. Бўтанани аэрациялаш жараёни

Бўтанани аэрациялаш жараёни қуйидаги босқичлардан иборат: ҳаво пуфакчаларини ҳосил қилиш, қисман пуфакчаларнинг ўзаро қўшилиши (коалесценция) ва уларни бўтанада ҳаракатланиши.

Пуфакчаларни ҳосил қилиш учун ҳаво оқимиغا (струя) механик таъсир қилиш, ҳавони кичик тешикчалардан ўтказиш, сувда эриган газларни ажратиб чиқариш (вакуумда) ва сувни электролизлаш усуллари ҳўлланилади.

Муҳитга механик таъсир қилиб ҳавони парчалаш, сувда ҳаракатланаётган ҳаво оқимининг сиртида қуюн ҳосил бўлиб, оқимни алоҳида пуфакчаларга бўлиниб кетишига сабаб бўлади. Бўлиниш тезлиги ва ҳосил бўлган пуфакчалар ўлчамининг

кичиклиги, оқимнинг сувга нисбатан тезлигига ва чегара сирт таранглиги қийматининг кичиклигига мутаносиб бўлади.

Флотамашиналарда импеллерни кучли айланиши натижасида оқимдаги турбулент қуюн ҳаракатини шиддати ошиб кетади. Бу эса нафақат ҳаво оқимини узилишига, ҳатто сув оқимини узилишига сабаб бўлувчи бир нечта йўналишдаги ҳар хил кучлар пайдо бўлишга олиб келади. Ҳосил бўлган йирик пуфакчалар парчаланиб, кичик ўлчамли пуфакчалар, пайдо бўлади. Кичик ўлчамли пуфакчалар ҳосил бўлишига кўпик ҳосил қилувчи реагентлар ҳам ёрдам беради. Бўтанага ҳаво оқимини бериш ҳар хил конструкцияли импеллерлар ёрдамида бажарилади. Механик турдаги флотамашиналарда ҳосил қилинган пуфакчалар диаметри 0,4-0,8 мм атрофида бўлади.

Эритмадан ажралган газлар ҳисобига пуфакчалар ҳосил қилиш, бўтанада босимни камайиши ҳисобига юз беради. Маълумки, газларнинг эритмада (сувда) эрувчанлиги газ босимига боғлиқ. Бўтанада босимни камайиши газни эрувчанлигини камайтиради ва унда эриган ортиқча газлар ажралиб чиқа бошлайди.

Бўтанадаги босимни камайитириш қуйидагича амалга оширилиши мумкин:

1) бўтана, қуюн ҳаракат қилаётганда қуюн ўқида босим камаяди ва газлар сув буғи билан бирга пуфакча шаклида ажралиб чиқа бошлайди;

2) ҳаракатланаётган аэраторлар орқасида (масалан, импеллер ва куракчалар орқасида) паст босимли минтақа ҳосил бўлади. Куракчалар навбатма-навбат бўтанани ташқарига улоқтириб ташлаши натижасида босим ўзгариб туради (пульсацияланади) ва пульсация қуюнга айланади. Бу ҳодиса газларни майда пуфакчалар шаклида ажралиб чиқишига сабаб бўлади.

Аэратор куракчалари орқасида босимни камайиш миқдори (насослар сингари) қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$\Delta h = \frac{30}{\pi} \varphi \frac{QH}{nzs b} \quad (37)$$

бу ерда, φ – коэффициент;

Q – суюқлик сарфи;

H – напор баландлиги;

n – айланиш частотаси;

z – куракчалар частотаси;

b – куракча баландлиги;

s – айланиш ўқиға нисбатан меридионал қирқимдаги оқимнинг ўрта чизиғининг статик моменти.

Эритмадан ажралаётган газлар ҳисобига пуфакчаларни ҳосил бўлиш жараёни тоза сувға нисбатан заррачалар катнашган сувда (айниқса, сувюқмас заррачалар) осон бўлади, чунки гемоген сувни узиш учун кўп миқдорда энергия (9,8 МПа) талаб қилинади. Шу сабабли пуфакчалар биринчи

навбатда узлуксизлик бўшашган жойларда, заррача юзасида ҳосил бўлиши кузатилади.

Бўтанада босим пасайиб, газ ажралиб пуфакча ҳосил бўлиши учун маълум вақт керак бўлади. Бу вақт индукцион давр дейилади. Маълум вақтдан сўнг турғуп пушт ҳосил бўлади. Унинг ўлчами В.И. Классом ва Я.Н. Френкел тенгламаси билан аниқланади:

$$R_{\min} = \frac{2\delta_{c-z}}{K_1(C - C_1)} = \frac{2\delta_{c-z}}{P - P_1} \quad (38)$$

бу ерда, δ_{c-z} - суюқлик-газ чегараси сирт таранглиги;

K_1 - Генри тенгламасидаги доимийлик;

$C - C_1$ - сувни газ билан тўйинганлиги;

$P - P_1$ - босимни камайиши.

Бу тенглама тажриба натижаларига мос келади. Кўник ҳосил қилувчи реагентлар қатнашаётган бўтанада ҳосил бўлган пушт (пуфакча) нинг диаметри 8 - 15 мкм бўлади.

Ҳажм бирлигида ҳосил бўладиган пуштлар сонини қуйида келтирилган Я.Б. Зельдович тенгламаси билан ҳисоблаш мумкин:

$$n = \frac{bD}{R_{\min}^4} \sqrt{\frac{8\pi 2\delta_{c-z}}{K_2 T}} \quad (39)$$

Бу ерда, b - коэффициент;

D - диффузия коэффициенти;

K_2 - Больцман доимийлиги;

T - абсолют ҳарорат.

(39) тенгламадаги R қийматини (40) тенгламага қўйсақ, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$n = \frac{K_1(C - C_1)}{2\delta_{c-z}} \sqrt{\frac{8\pi 2\delta_{c-z}}{K_2 T}} \quad (40)$$

Демак, пушлар сони эритмани газга тўйинганлигига ва чегара сирт таранглигига боғлиқ бўлади. Бу боғлиқликни Н.Ф. Мещеряков тажриба асосида тасдиқлаган.

Сосна ёғи бор сувдан, вакуум босими 933 Па бўлганда, 90-96 % газ ажралиб чиққан (1 л сувдан 300-400 мл ҳажмда) катталашган пуфакчаларни диаметри 0,1 -0,3 мм бўлиб, уларнинг умумий юзаси 1 л сувда 3-7 м² етади.

Ғовак тўсиқдан ўтган газ ҳисобига пуфакча ҳосил бўлиши, босимлар фарқи, ғовак тўсиқ тешикчасининг ўлчамига боғлиқ, бунда 4-5 мм дан катта бўлмаган пуфакчалар олиш мумкин. Пуфакчаларнинг аосий миқдори 2-3 мм бўлади. Электролиз вақтида ажралиб чиққан газ ҳисобига пуфакча ҳосил бўлиши, электрофлотация бўтанани аэрациалаш асосий усули ҳисобланади. Электролиз вақтида катодда водород, анодда кислород ажралиб чиқади. Фарадей қонунига асосан электролиз вақтида ажралиб чиққан газлар миқдори эритмадан ўтказилган электр токига эквивалентдир. Ҳар бир 26,8 А·соат электр токи 11,2 л водород ва 5,6 л кислород ажратиб чиқаради.

Ҳосил бўлган пуфакчаларнинг ўлчамлари электроднинг намланишига, муҳитнинг рН га ва электрод юзанинг ғадир-будирлигига боғлиқ.

Электрофлотацияда ҳосил бўлган пуфакчаларнинг диаметри 10 дан 1000 мкм гача бўлиб, асосий қисмини 35-40 мкм катталиқдаги пуфакчалар ташкил қилади.

Бўтанада пуфакчаларни сузиб чиқиш.тезлиги бўтананинг суyoқ-қаттиқлигига, пуфакчаларнинг катта-кичиклигига, уларни минераллашганлик даражасига ва ниҳоят флотамашинанинг баландлиги бўйича бўлинган зоналарига боғлиқ.

Флотамашинанинг пастки қисмида пуфакчалар секин, ўрта қисмида тезроқ ва кўпик ости зонасида секин ҳаракат қилади. Пуфакчаларнинг ўртача тезлиги қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$V = \frac{H}{T} = \frac{Hq}{QM} \quad (41)$$

Бу ерда, Н - бўтана қатлами баландлиги, см;

Т- вақт, сония;

q- бўтанага берилаётган ҳаво миқдори, л/с;

Q - аэрациаланган бўтана ҳажми, л;

М - бўтанадаги ҳавони ўртача миқдори (ҳажм бўйича), %.

Механик турлаги радиал импеллерли флотамашинада ҳаво пуфакчаларини ўртача ҳаракат тезлиги 5-жадвалда келтирилган.

Механик турлаги радиал импеллерли флотамашинада
ҳаво пуфакчаларини ўртача ҳаракат тезлиги

Қаттиқ заррачаларни бўтанадаги миқдори, %	Бўтанада ҳавони юқорига кўтарилишини ўртача тезлиги, см/с
0	4,05
15	3,39
35	2,88
50	3,70

Бўтанани зичлиги ошган сари унинг қовушқоқлиги ошади ва пуфакчаларнинг ҳаракатланиш тезлиги камаяди. Ўта зич бўтанада йирик пуфакча ҳосил бўлганлиги туфайли, унинг тезлиги юқори бўлади.

§32. Флотацион машиналар таснифи

Флотация жараёни флотацион машиналар деб аталувчи бойитиш аппаратларида амалга оширилади.

Флотацион машиналарнинг конструкцион тузилиши ва ишлатилиш соҳаларидан қатъий назар уларнинг умумий белгиси ишчи муҳит сифатида майда ҳаво пуфакчалари билан тўйинган бўтананинг ишлатилишидир.

Бўтанани аралаштириш ва аэрациялаш усулига қараб флотацион машиналар 3 турга бўлинади:

- 1) механик
- 2) пневматик
- 3) пневмомеханик

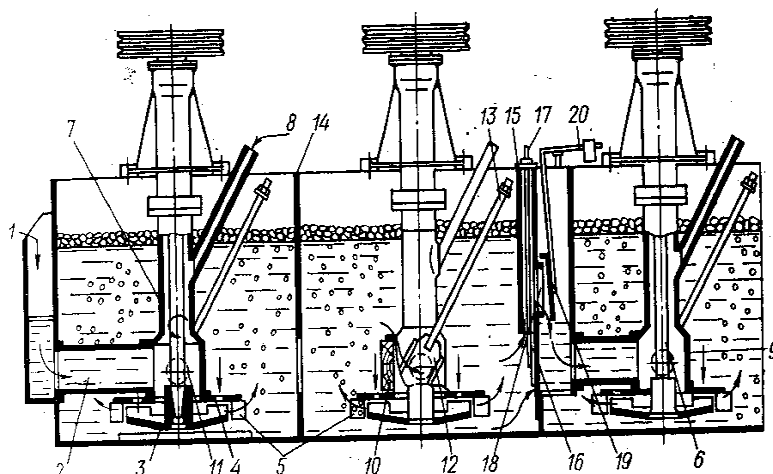
§33. Механик флотация машиналари

Механик флотация машиналари бўтанани аралаштириш, ҳавони майда пуфакчаларга ажратиш ва атмосферадан ҳавони сўриш импеллер (махсус конструкцияга эга аралаштиргич) 1 ёрдамида амалга оширилади.

Пневматик флотацион машиналарда бўтанани ҳавога тўйинтириш ва уни аралаштириш ҳаво пуфловчи мослама орқали бериладиган сиқилган ҳаво ёрдамида амалга оширилади.

Пневмомеханик (комбинацияланган) флотацион машиналарда сиқилган ҳаво ҳаво пуфлагичлардан берилади, ҳавони майдалаш ва бўтанани аралаштириш айланувчи импеллер орқали амалга оширилади.

Механик флотацион машиналар бойитиш фабрикаларида энг кўп тарқалган ҳисобланади. (14–расм)

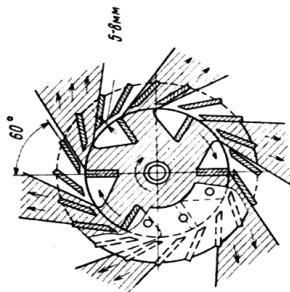


14-расм. Механик турдаги флотация машинаси:

1-чўнтак; 2- патрубок;3-импеллер; 4- статор диски; 5- статор йўналтиргичи; 6- импеллер вали; 7- марказий қувур; 8- хаво узаувчи қувур; 9-стакан; 10-тиқин; 11- қарама қарши жойлашган айлана тешиқлар; 12-шибер; 13- тяга; 14- тўсқич; 15-металл короба; 16- тешиқлар; 17-стержен; 18-тешиқ; 19-қопқок; 20 - ричаг

Машина тўсиқ орқали бир нечта тўқри бурчакли камераларга бўлинган ваннадан иборат. У ҳар бири иккита-сўрувчи ва оқиб ўтувчи камералардан иборат секциялардан йиғилади.

Қар қайси камерада марказий труба бўлиб, унинг ичида импеллерли вал айланади. Импеллер вертикал валга қаттиқ маҳкамланган радиал парракли ротордан иборат. Вал понасимон-қайишли узатма орқали электродвигателдан қаракатга келтирилади. Марказий трубанинг қуйи қисми кенгайтирилган ва горизонтал ҳолдаги (бўтанани циркуляция қилувчи ва йўналтирувчи парракли) импеллер усти диски ўрнатилган стаканга ўтади. Парраклар диск радиусига нисбатан 60^0 ли бурчак остида жойлашган. (15-расм)



15-расм. Механик машинада статор парракларини ўрнатиш схемаси

Парракли диск машинанинг статори дейилади. Статор импеллер тўхтаганда, уни лойқа билан тўлиб ҳолишдан асрайди. Статор учта тешикка эга. Улардан бирига сўрувчи камераларда сўрувчи қисқа-тармоқланган труба уланган. Оқиб ўтувчи камераларда бу тешик пўкак билан беркитиб қўйилади. Ҳолган иккита тешик бир-бирига қарама-қарши жойлашган бўлиб, оралиқ маҳсулотни қайтадан флотациялаш учун камерага қайтаришга хизмат қилади. Агар оралиқ маҳсулот камерага қайтарилмаса, тешикларнинг бири пробка билан ёпиб қўйилади, иккинчиси эса тортиш кучи билан сўрилувчи шибер орқали ёпилади. Шибер ёрдамида импеллерга тушаётган бўтананинг сарфи бошқарилади. Сўрувчи ва оқиб ўтувчи камералар бир-биридан пастки қисмида тешиги бор тўсиқ билан ажратилган, шунинг ҳисобига камераларда бўтана бир хил сатҳда ушланади.

Механик флотацион машинанинг асосий деталлари импеллер ҳисобланиб, у ҳавони сўриш ва сўрилган ҳавони майда заррачаларга ажратишни таъминлайди ва бўтанани ҳаво билан тўйинтиради. Импеллернинг айланиш тезлиги қанча катта бўлса, у шунча кўп ҳавони сўради. Лекин бу тезлик қаддан ташқари катта бўлмаслиги керак, акс ҳолда тез аралашиб натижасида минерал заррачанинг ҳаво пуфакчасидан узилиши содир бўлади.

Машина қуйидагича ишлайди. Бўтана юкловчи чўнтақдан патрубк орқали импеллер устидаги бўшлиққа сўрилади, у ердан катта тезликда статор парраклари орасидан камерага отилади. Бу

вақтда импеллер зонасидаги босимда фарқ ҳосил бўлади ва марказий труба ва патрубок орқали атмосферадан ҳаво сўрилади; сўрилган ҳаво жуда кўп майда заррачаларга парчаланиб, бўтанани бутун қажми бўйича тарқалади.

Минерал заррачалар билан тўқнашган ҳаво пуфакчалари минераллашади ва бўтананинг юзасига кўтарилади, кўпик ҳолида кўпик ҳайдовчи механизм ёрдамида тарновчага туширилади.

Ҳаво пуфакчалари билан кўтарилмай қолган минерал заррачалар, шу жумладан ҳаво пуфакчаларидан ажралиб (узилиб) қолган заррачалар яна статор дискидаги тешикча орқали импеллер зонасига сўрилади. Биринчи камерада флотацияланмаган минераллар тўсиқдаги тешик орқали оқиб ўтувчи камерага ўтади ва у ерда флотация қайтарилади. Оқиб ўтувчи камерада бўтана шибер билан бошқарилувчи тешик орқали импеллерга тушади.

Оқиб ўтувчи камерадан бўтана кейинги икки камерали секцияга тушади ва жараён қайтарилади. Флотацияланмаган минераллар охириги камерадан чиқариб олинади.

Механик флотацион машиналарнинг афзаллиги уларга хизмат кўрсатиш ва таъмирлашнинг қулайлиги ҳамда осонлиги.

Импеллер ва статордан иборат узаткичли механизм бир бўлакда йигилган бўлиб, уни бошқаси билан тез ва осон алмаштириш мумкин ёки бошқа исталган камерага ўрнатиш мумкин.

§34. Пневматик флотацион машиналар

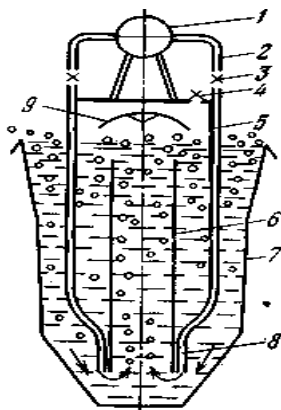
Пневматик (аэролифт) флотацион машиналар содда тузилишга эга, ишлатиш вақтида тежамли, минерал таркиби бўйича унча мураккаб бўлмаган рудаларни бойитишда ишлатилади. Бу машиналар аэролифт (ҳаво ёрдамида кўтарилиш) принципи бўйича ишлайди ва шунинг учун аэролифт машиналар деб аталади.

Ваннанинг чуқурлигига караб, аэролифт машиналар 2 га бўлинади:

- 1) саёз (ваннанинг чуқурлиги 0,9м)
- 2) чуқур (ваннанинг чуқурлиги 2,4 м дан 3 м гача).

Чуқур аэролифтли машина ванна 7, аэролифт 6 ва аэратор 6 дан иборат. Аэролифт ваннанинг марказий бўлими ҳисобланади машинанинг тубига етмаган 2 та вертикал тўсиқ орқали ҳосил қилинади (16–расм). Аэратор пўлатдан пайвандланган қутича ҳолида тайёрланиб, пастки қисмида аэролифтга ҳаво кирадиган тешик билан тамомланади. Аэратор 8 га ҳаво марказий коллектор 1 дан иккита ҳаво ўтказувчи қувур 2 лар орқали берилиб, тешикнинг бутун кенглиги бўйича тарқалади. Ҳаво ўтказувчи қувур юқорида зулфин (сурма қоққоқ) 3 га эга. Бўтана машинанинг бош тарафида жойлашган қабул қилувчи чўнтак орқали ваннага берилади. Ҳаво аэролифтга икки томондан берилади. Машинанинг ёнбош бўлмаларидаги бўтана ҳаво билан кам тўйингани учун марказий бўлмадаги бўтанага нисбатан

катгарок зичликка эга бўлади ва у аэролифт камерага томон интилади.

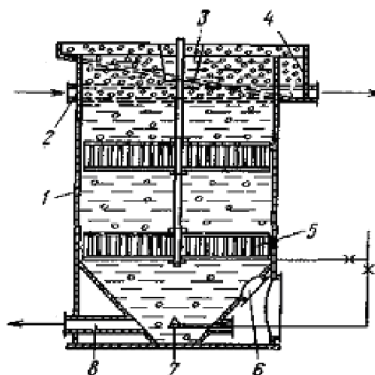


16–расм. Чукур аэролифт флотацион машина

Аэролифт камерада ҳаво пуфакчаларининг майдаланиши бўтана-ҳаво аралашмасининг турбулент қаракати туфайли юзага келади. Минераллашган ҳаво пуфакчалари аэролифт камерада юқорига кўтариледи ва йўналтирувчи тўсиқ 5 лар ёрдамида ёнбош бўлмаларга отилади. Бу мақсадда аэрокамера устига отбойник 9 (ушловчи) ўрнатилади. Бўтанани аралаштириш, ташиш, бўтана-ҳаво аралашмасини аэролифт камерадан чиқариш учун керак бўлган ҳаво тешик 4 орқали атмосферага чиқариб юборилади.

Пневматик флотацион машина ФП-100 рангли, нодир, камёб ва қора металл рудаларини, ҳамда кўмир ва шу каби фойдали қазилмаларни бойитишда ишлатилади. □озирги вақтда қўлланилаётган механик ва пневматик флотацион машиналардан тузилишининг соддалиги, қаракатланувчи ва тез ишдан чиқувчи қисмларининг йўқлиги, кам метал ва электрэнергия

ишлатилиши, кам жой эгаллаши билан ажралиб туради. (17–
расм)



17–расм. Пневматик флотацион машина ФП–100

Машина асоси конус шаклидаги ($30-55^{\circ}$ бурчак остида) пўлат листдан тайёрланган вертикал цилиндрик камера 1 дан иборат. Машина конус қисмининг пастида унинг ўқи бўйлаб ёрдамчи шайбали аэратор 7 ўрнатилган. Бу аэратор резинадан тайёрланиб, машина деворига маҳкамланади ва машина узоқ вақт ишламай туриб ҳолганда уни ичидаги маҳсулоти билан бирга ишга туширишга хизмат қилади.

Конус қисмининг юқориси цилиндрик қисм билан уланган жойда тешик-тешик эластик найдан ясалган асосий аэратор 5 кронштейнга таянади.

Аэраторнинг каркаси (қобирға) метал трубадан уни геометрик тарзда ушлайдиган ниппел билан тайёрланиб, уларга эластик тешик-тешик трубалар маҳкамланади.

Машинанинг юқори қисмида тахминан 4 м баландликда иккинчи аэратор ўрнатилган. Иккала аэратор ҳам ўзларини машина баландлиги бўйлаб йўналтирувчи ва кўтарувчи

мосламалар билан таъминланган. Бу эса флотация маҳсулотларига қўйиладиган талабга қараб, флотацияни бошқариш имконини беради.

Найсимон аэратор бўтанадаги ҳаво пуфакчаларини самарали майдалайди ва уларни муаллақ ҳолда ушлаб туришни таъминлайди.

Найдаги ҳар бир тешик жажжи қопқоқ (клапан) дан иборат бўлиб, у маълум ҳаво босимида очилади. Ҳаво бериш тўхтатилиши билан тешикча ёпилади ва найсимон аэраторга бўтана оқими кириши тўхтайд.

Машинани дастлабки маҳсулот (бўтана) билан тўлдириш унинг ёнбошидаги (юқори қисмида) тўйнуқ 2 орқали амалга оширилади.

Кўпикли маҳсулот (бойитма) тарновча 4 га оқиб тушади. Чикинди бўшатувчи мослама 8 орқали чиқарилади.

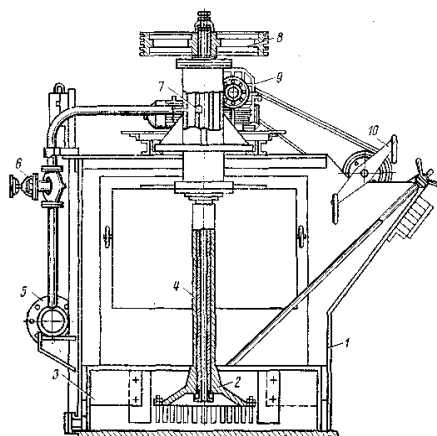
Аэраторга берилаётган ҳавонинг сарфи ва босимини ўзгартириб кўпикни минераллаштириш, бойитманинг сифатини ва чиқишини бошқариш мумкин.

Машинанинг юқори қисмида кўпик ушловчи мослама ўрнатилган бўлиб, у кўпикни марказдан четга йўналтиради. Машинани кўздан кечириш учун унинг остки қисмида люк ўрнатилган.

§35. Пневмомеханик флотацион машиналар

Пневмомеханик флотацион машиналар ишлаш принципига қараб механик машиналарга ўхшайди, фарқи эса аэратор

бўғимининг тузилишида. Бу машиналарда аэратор атмосферадан ҳавони сўриш учун эмас, балки сиқилган ҳавони (камерага мажбуран берилган) майдалашга ва бўтанадаги қаттиқ заррачаларни муаллақ ҳолда ушлаб туриш учун мўлжалланган. (18–расм)



18–расм. Пневмомеханик флотацион машина

Ҳаво ҳаво пуфлагичдан $(0,2-0,4) \cdot 10^{-4}$ Па босим остида машина корпуси 1 орқа девори бўйлаб жойлашган ҳаво коллекторига ва найдаги тешикча 7 лар орқали бўш вертикал вал 4 орқали айланаётган импеллер 2 га тушади ва у ерда майда ҳаво пуфакчалари ҳосил бўлади. Камерага бериладиган ҳаво сарфини бошқариш учун вентил хизмат қилади.

Радиал парракли аралаштиргичлар 3 парраклар тўпламидан иборат бўлиб, уларнинг пастки зихи (чети) корпуснинг тубига етмайди, бу билан камера деворларида лой тўпланиб қолишининг олди олинади ва бўтананинг ҳаво пуфаклари билан

бир текис тўйиниши содир бўлади. Камерага бериладиган ҳавони бошқариш учун вентиль 6 хизмат қилади.

Кўпикли мақсулот шкив 8 ва редуктор 9 орқали қаракатга келтириладиган электродвигателдан айланадиган кўпик қайдовчи мослама орқали ажратиб олинади.

Пневмомеханик машиналар механик машиналарга нисбатан бир қатор афзалликларга эга. Бу машиналарда флотация тезлиги катта, ҳаво яхши майдаланади, электроэнергия сарфи камаяди.

Пневмомеханик машиналарда флотация олиб бориш уларда флотация тезлигининг механик машиналардагига нисбатан 30-40% ошиши, электр энергиянинг сарфи эса 30-40% камайишини кўрсатади.

6-жадвалда пневмомеханик флотацион машиналарнинг техник характеристикаси келтирилган.

6–жадвал

Пневмомеханик флотацион машиналарнинг техник характеристикаси

Кўрсаткичлар	ФПМ–	Ф	Ф
	ГМО–1,6	ПР–40	ПР–63
Камеранинг фойдали қажми,	1,6	3, 2	6 ,3
Камералар сони	2–6	8	8
Импеллер диаметри, мм	600; 750	6 00; 750	7 50; 900
Импеллернинг айланиш	6,5	–	–

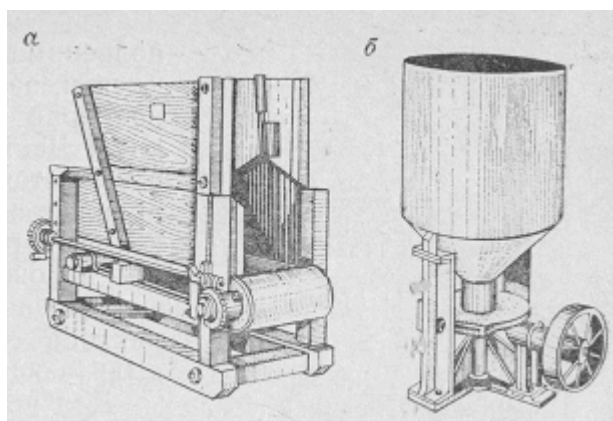
тезлиги, м/с			
Битта камерага сарфланадиган ҳавонинг максимал миқдори, м ³ /мин	3,5	3, 5	6
Бўтана бўйича ишлаб чиқариш унумдорлиги, м ³ /мин	6 гача	5 -8	8 -14
Электродвигатель қуввати, кВт	6,3	8, 6	2 3,1
Икки камерали секциянинг оғирлиги, т	3,8	3, 2	5 ,1

§36. Флотацияда ҳўлланиладиган ёрдамчи дастгоҳлар

Флотация фабрикаларининг ёрдамчи дастгоҳларига реагент таъминлагичлар, контакт чанлари ва эмульгаторлар киради. Реагент таъминлагичлари флотация реагентларини жараёнга бир текис бериш учун ҳўлланилади. Реагентларнинг хоссаларига қараб турли тузилишга эга таъминлагичлар ишлатилади.

Қуруқ, сепилувчи реагентларни бериш учун ҳаракатланувчи тасмали ёки айланувчи тарелкали таъминлагичлар ишлатилади

(19-расм).

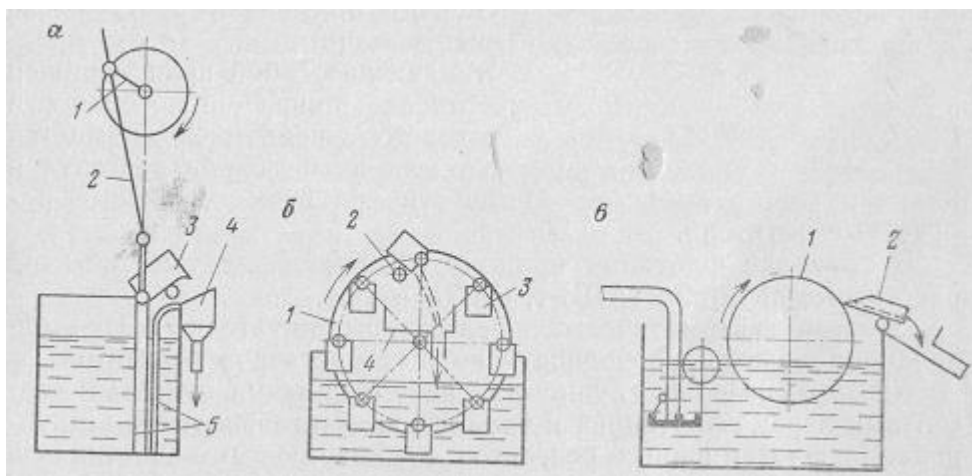


19-расм. Сепилувчи реагентлар учун таъминлагич:

а-гасмали; б-тарелкали.

Ёпишқоқ бўлмаган суюқ флотация реагентларини бериш учун скипли ёки стаканли таъминлагичлар ишлатилади.

Скипли таъминлагич (20-расм, а) кривошип-шатунли механизм 1 дан, (кривошип-тўғри чизиқли ҳаракатни айланма ҳаракатга айлантирадиган механизмларнинг (Z) симон қисми), йўналтирувчи 5 да ҳаракатланувчи стакан-скип 3 дан иборат (20-расм)..



20-расм. Суюқ реагентлар учун таъминлагич: а-скипли;

б-стаканчали; в-шківли.

Стакан-скип пастки холатда бака ботирилади ва суюқлик билан лиқ тўлдирилади. Юқорига кўтарилиб, стакан-скип воронка 4 устидан мажбуран тўнкарилади, ундан реагент жараён йўналтирилади. Стакан-скипнинг тўнкарилиш даражаси шунингдек, ундан қўйилиб тушадиган суюқликнинг хажми шатун 2 нинг узунлигини ўзгартириб созланади.

Стаканчали таъминлагич (20-расм,б) суюқ реагентга ботирилган ғилдирак 1 унинг бармоқларига шарнирда стаканча 3 лар осилган. Ғилдирак айланганда тўлдирилган стаканчалар кўтарилади, ёнбош томони билан стержен 2 га тегиб, эгилади. Бунда реагентнинг бир қисми воронка 4 га ағдарилади ва жараёнга йўналтирилади. Реагентнинг сарфланиши стержен 2 нинг холатини ўзгартириб созланади. Бу стаканчанинг оғиш бурчагини ва улардан оқиб тушаётган суюқлик хажмини ё оширади, ёки камайтиради.

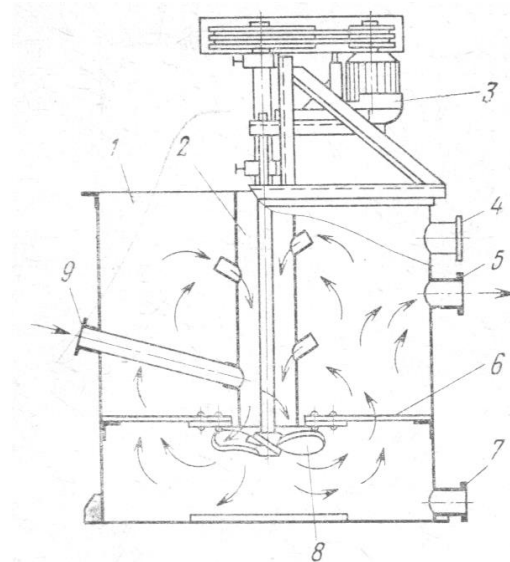
Қовушқоқ реагентларни (ёғларни бериш учун шкивли таъминлагичлар ишлатилади (20-расм, в)). Шкивли таъминлагич ёғ айланувчи шкив 1 дан иборат бўлиб, унинг юзасидан куракча 2 ёрдамида реагентнинг маълум қатлами кўчириб олинади ва жараёнга йўналтирилади.

Контакт чанлари бўтанани флотациядан олдин реагентлар билан аралаштириш ва флотация реагентларининг минерал заррача билан таъсирлашув вақтини ошириш мақсадида ишлатилади. Бу минералнинг реагент билан флотация

машинасининг камерасида таъсирлашув вақти етарли бўлмаганда зарур бўлади.

Контакт чани металл бак 1 дан иборат бўлиб ўқи бўйлаб аэрацион труба 2 да импеллер 8 ли вертикал вал ўрнатилган. Вал электродвигатель 3 орқали харакатга келтирилади. Аэрацион труба тиргакли плита 6 га ўрнатилган (расм-21).

Бўтана реагентлар билан бирга юкловчи патрубк 9 орқали тушади. Импеллернинг айланиши минерал заррачаларни муаллақ холда ушлаб туришни ва бўтанани флотация реагентлари билан яхши аралашини таъминлайди. Тайёрланган бўтана контакт чандан тешик 5 орқали узлуксиз тушириб олинади ва флотация машинасига йўналтирилади. Контакт чани қуйилиш патрубк 4 ва авария холатда бўтанани чиқариб олиш учун патрубк 7 га эга.



Расм. 21. Контакт чани

1-бак, 2-аэрацион қувур, 3-электродвигатель, 4,7-потрубка, 5-тешик, 6-тиргакли плита, 8-импеллер.

Контакт чанлари диаметри 1 дан 5 м гача, хажми 0,6 дан 88 м³ гача ўлчамда ишлаб чиқарилади.

§37. Флотомашиналарнинг ҳажмини ҳисоблаш

Лойиҳалаш, ишлаб чиқаришда ва тадқиқот ишларида қуйидагиларни аниқлаш зарурияти туғилади:

1. Фабрикани унумдорлиги ва флотацияни давомийлиги маълум бўлганда, технология учун маълум ҳажмли флотомашиналарни сонини;

2. Машиналар сони ва уларнинг ўлчами маълум бўлганда фабрикани унумдорлигини;

3. Машиналарни сони, ўлчамлари ва унумдорлиги маълум бўлганда флотацияни давомийлигини аниқлаш.

Ҳисоб-китобларни бажариш учун асосий кўрсаткич флотацияни давомийлиги ҳар бир операция учун ҳисобланади. Бу кўрсаткич, ҳар бир аниқ мақсад учун тажриба ва ярим саноат шароитида махсус тажрибалар ўтказиш йўли билан аниқланади. Тажриба шароитида (кичик дастгоҳларда) олинган натижалар, саноат масштабида ўтказилган тажрибалар натижаларидан 10 % дан 50 % гача фарқ қилиши мумкин. Шунинг учун кичик ҳажмли флотомашиналарда олинган

кўрсаткичлар катта ҳажмли флотомашиналарда тажриба ўтказилиб, синаб кўрилиши лозим бўлади.

Флотокамералар сонини аниқлаш (камерали ва тўғри оқимли турдаги флотомашиналарни сони) қуйидаги тенглама билан ҳисобланади:

$$n = \frac{V_b t}{V_k K} = \frac{V_c t}{1440 V_k K} \quad (42)$$

Бу ерда: n - керак бўлган камералар сони;

V_b - бўтананинг ҳаж.ми, м³/мин;

t , - флотацияни давомийлиги, мин;

V_k - камерани ҳажми, м³. $K = 0,65-0,75$;

V_c - бўтананинг кунлик ҳажми, м³/кун.

Тоғора туридаги машина узунлиги қуйидаги тенглама билан ҳисобланади:

$$L = \frac{V_b t}{SK} = \frac{V_c t}{1440 SK} \quad (43)$$

Бу ерда, L -машина узунлиги, м;

S -бўтана билан банд бўлган ваннанинг қирқим юзаси, м².

Ваннани максимал узунлиги 10 метрдан ошмаслиги керак.

Бир соатдаги алмашишлар сони қуйидаги тенглик билан ҳисобланади:

$$m = \frac{60}{t} \quad (44)$$

Бир соатда флотацияга тушаётган бўтананинг миқдори куйидаги тенглик билан ҳисобланади:

$$M_q = \frac{M_c}{24} \quad (45)$$

Бўтана бўйича камеранинг умумий ҳажми куйидаги тенглик билан ҳисобланади:

$$V_v = \frac{V_q}{m} = \frac{V_q \cdot t}{60} \quad (46)$$

Камералар сони куйидаги тенглик билан аниқланади:

$$n = \frac{V_g}{V_k K} \quad (47)$$

Флотацияга тушаётган бўтананинг миқдори ва зичлигини аниқлашда куйидаги тенгликдан фойдаланилади:

$$V_c = Q(R + \frac{1}{\delta}) \quad (48)$$

Бу ерда, Q - руда миқдори, т/кун;

δ - руданинг зичлиги.

R - (C : K) – суяқ ва қаттиқ моддаларни оғирлик нисбати

Юқоридагиларни ҳисобга олиб, куйидаги тенгликларни келтириб чиқарамиз:

$$Q = \frac{V_c \delta}{\delta R + 1} \quad \text{ёки} \quad R = \frac{V_c \delta - Q}{Q \delta} \quad (49)$$

Ү боб. Флотация технологияси

§38. Флотация жараёнига таъсир қилувчи омиллар

Флотация—универсал ва юқори технологик кўрсаткичларга эришиш мумкин бўлган жараён ҳисобланиб, унинг боришига

кўп сонли омиллар таъсир қилиши мумкин. Уларга: дастлабки маҳсулотнинг минерал таркиби ва йириклиги, бўтананинг зичлиги, қарорат, реагент тартиби, сувнинг таркиби, флотация вақти, бўтананинг машинадаги аэрацияланиш даражаси ва ҳ.к.лар киради.

Кўлланадиган реагентларни танлаш, уларнинг сарфи ва рудадаги компонентларни ажралиш кетма-кетлиги бойитилаётган руданинг минерал таркибига боғлиқ. Рудани минерал-петрографик ўрганиш асосида флотациядан олдин ҳамма минерал компонентларнинг таркиби, ўсимталарнинг ўзаро тузилиши, бегона аралашмаларнинг оксидланиш даражаси ва ҳар қайси компонентнинг масса улуши белгиланади. Бунинг асосида реагентлар танланади, янчиш ва флотация схемалари белгиланади.

Турли хил рудалар турлича флотацияланади. Сульфидли минералларни носульфид минераллардан флотация усули билан осон ажратиш мумкин. Сульфидли рудаларнинг оксидланиши ва танлаб эритилиши натижасида ҳосил бўлган оксидли рудаларнинг флотацион қобилияти суст бўлади ва улар аввал сульфидланмасдан туриб флотацияланмайди.

Флотацияда дастлабки маҳсулотнинг йириклиги шундай бўлиши керакки, қимматбаҳо компонент заррачалари ўзига ёпишган пуч тоғ жинслари минералларидан тўлиқ озод бўлган ва флотацияланувчи заррачаларнинг ўлчами ҳаво пуфакчаларининг кўтарилиш кучига мос келиши керак.

Одатда флотацияни заррачаларнинг ўлчами 0,02-0,5 мм орасида олиб борилади. Флотацияланувчи минерал заррачаларнинг максимал ўлчами уларнинг гидрофоблигига ва шаклига боғлиқ. Рудани флотациядан олдин янчганда шунга эришиш керакки, дастлабки бўтана таркибида флотацияланиши мумкин бўлмаган йирик заррачалар ҳам, шунингдек, ажралишни кескин ёмонлаштирувчи ва реагентлар сарфини оширувчи, ўлчами 0,02 мм дан кичик шламлар ҳам бўлмасин.

Бўтана қаттиқ заррачаларининг масса улуши 15-40% гача бўлиши мумкин. Флотациянинг баъзи операцияларида суюқроқ бўтана ишлатиш мақсадга мувофиқ бўлса, айрим операциялар учун эса бўтана қуюлтирилади.

Бўтананинг зичлиги катта бўлганда унинг пуфакчалар билан тўйиниш даражаси пасаяди, йирик минерал заррачаларнинг флотацияланиши ёмонлашади, бойитманинг сифати пасаяди. Юқори сифатли бойитма олиниши талаб қилинганда флотация суюқроқ бўтанада олиб борилади.

Қароратнинг ортиши кўп ҳолларда флотация жараёнига ижобий таъсир этади. Бунда бир қатор реагентлар (айниқса, ёқ кислоталари ва совунлар)нинг эрувчанлиги ортиб, уларнинг сарфи камаяди. Шу билан бир вақтда тўпловчи сифатида ксантогенатлар ишлатилганда бундай ҳол кузатилмайди ва бунда бўтанани фақат қиш кунларидагина иситиш мақсадга мувофиқ.

Флотацияда реагентлар таркиби ишлатилаётган реагентларнинг тури, уларнинг сарфи, жараёнга берилиш тартиби реагентларнинг бўтана билан таъсирлашув вақти билан белгиланади. Реагент тартиби, берилган руданинг флотацион қобилиятини, минерал заррачаларни йириклиги, сувнинг таркиби ва ҳ.к.ларни ўрганиш борасида олиб борилган тажрибалар асосида танланади.

Одатда реагентлар қуйидаги кетма-кетликда қўшилади: муҳитнинг регуляторлари, сўндирувчилар, фаоллаштирувчилар, тўпловчи ва кўпик ҳосил қилувчилар.

Муҳит регуляторлари тегирмонга ёки чанларга берилади. Тўпловчилар эса контакт чанлар ёки тўқридан-тўқри флотомашиналарга берилади. Тўпловчи одатда бира-тўла эмас, балки оз-оздан қўшилади. Кўпик ҳосил қилувчилар флотацион камерага берилади.

Сувнинг таркиби ҳам флотация жараёнига таъсир қилади, чунки сув ўзининг таркибида ҳар хил ионлар, эриган газлар ва бошқа қўшимчаларни сақлайдики, улар муҳитнинг рН ини ўзгартириб, кўпик ҳосил бўлишини ёмонлаштиради ва реагентлар сарфини оширади. Бўтанадаги ионлар керак бўлмаган ҳолда минералларга активлигини оширувчи ёки сўндирувчи сифатида таъсир қилиши мумкин.

Флотация вақти флотацияланувчи компонентнинг бойитмага ажралиш даражаси ва бойитманинг сифатини белгилайди. Олиб борилган тажрибалар шуни кўрсатадики,

флотация вақтининг маълум бир чегараси (оптимум) бўлиб, флотация вақтининг оптимумдан ошиши иқтисодий жиҳатдан мақсадга мувофиқ эмас, чунки қимматбаҳо компонентнинг бойитмага ажралишининг сезиларсиз даражада ортиши флотация вақтининг анча узайиши, бойитма сифатининг ёмонлашиши ва флотацион машина ишлаб чиқариш унумдорлигининг камайиши ҳисобига содир бўлади.

Бўтананинг аэрацияланиш даражаси флотация вақти ва бойитишнинг технологик кўрсаткичларига таъсир қилади. Бўтананинг аэрацияланиш даражаси ортиши билан флотация вақти камаяди. Бироқ, бўтанани ҳаво билан қаддан ташқари тўйинтириш уларнинг кўшилишини кўпайтиради. Нисбатан йирик пуфакчалар катта тезликда қалқиб чиқиб, улардан минерал заррачаларнинг ажралиш эҳтимолини оширади. Бўтанада минерал заррачаларни кўтариш учун нисбатан йирик пуфакчалар ($d = 1\text{mm}$) нинг ва минерал заррача юзасини фаоллаштирувчи майда пуфакчалар ҳам бўлиши керак.

Флотациянинг самарали кетишига флотацион машинанинг ишлаш шароити ҳам таъсир қилади. Машинага тушаётган бўтананинг қажми ва ундаги қаттиқ заррачаларнинг масса улуши (зичлиги) доимий бўлиши керак.

Флотацион машинани қаддан ташқари юклаш метални бойитмага ажралишини камайтиради, чунки флотация вақти камаяди. Машинага етарли миқдорда маҳсулот солинмаса,

бунинг аксича, флотация вақти ортади ва кўпикли маҳсулотга пуч то □ жинслари ўтиб кетиб, бойитма сифати ёмонлашади.

§39. Флотация схемалари

Фойдали қазилмаларни флотациялаш жараёнида турли - туман технологик схемалар қўлланилади. Флотацион схемани танлаш бойитилаётган маҳсулотнинг флотацион хоссасига, бойитманинг сифатига қўйилаётган талабга ва бир қатор техник-иқтисодий омилларга бо □ лик.

Кўп ҳолларда битта флотация операцияси натижасида охирги бойитма ва ташлаб юбориладиган чиқинди олишга эришилмайди. Шунинг учун, флотация схемалари бир нечта флотация операцияларидан ташкил топади: асосий флотация, тозалаш флотацияси ва назорат флотацияси.

Асосий флотация – флотацион бойитишнинг биринчи операцияси ҳисобланиб, қимматбаҳо компонентни пуч то □ жинсларидан ажратиш мақсадида ўтказилади. Натижада хомаки бойитма ва чиқинди олинади.

Тозалаш флотацияси – ўзидан олдинги операцияларда олинган хомаки бойитманинг сифатини яхшилаш мақсадида ўтказиладиган флотация операцияси.

Нazorат флотацияси – асосий флотация натижасида олинган чиқинди таркибидаги қимматбаҳо компонентни яна бир бор ажратиб олиш мақсадида ўтказиладиган операция.

Флотацион схемалар – флотация босқичи ва циклларининг сони билан бир–биридан фарқ қилади.

Флотация босқичи деб, маҳсулотни маълум йирикликкача янчиб, кейин флотациялаш операциясини ўз ичига олган технологик схеманинг бир қисмига айтилади.

Фойдали минералнинг хоссаси ва ундаги минерал заррачаларнинг ўлчамига қараб бир ёки кўп босқичли флотацион схемалар ишлатилади.

Флотация цикли деб, қайтадан флотацияланмайдиган бир ёки бир нечта тайёр маҳсулотлар олинмайдиган флотация операцияларининг гуруҳига айтилади.

Қимматбаҳо компонентларнинг ажралиш кетма–кетлигига қараб, полиметал рудаларни бойитишда коллектив, селектив ва коллектив–селектив флотация схемалари мавжуд бўлади.

Агар охириги бойитмага бира–тўла бир нечта минерал (масалан, мис ва никель сульфидлари, мис–молибден, кўрғошин–рук) ажралса, бундай флотация коллектив флотация дейилади.

Агар рудадан қимматбаҳо компонентлар кетма-кет ажратиб олинса, бундай флотация селектив флотация дейилади.

Коллектив-селектив флотацияда ҳамма қимматбаҳо компонентлар аввал коллектив бойитмага ажралади, кейин эса ундан алоҳида минераллар флотацияланади.

Бир босқичли флотация схемалари буйича шеелитли, флюоритли, баритли ,сподуменли рудалар бойитилади. Бу

рудаларни бойитиш схемаларида тозалаш ва назорат флотацияларининг сони турлича булади.

Бундай рудаларни аввал дағал янчиб фойдали минералларнинг бир қисмини янчиш жараёнига ўсимталардан ажраган нисбатан йирик заррачалар шаклида тайёр концентратга ажратишга имкон туғилади.

I флотация I босқичнинг чиқиндиси қайтаданб янчилиб флотациянинг II босқичига жўнатилади. Бироқ қайта янчишга флотациянинг I босқичида ажралган фойдали минераллар тушмайди, чунки улар ўта янчилиб майин шламларни хосил қилиши, флотацияни қийинлаштириши ва бойитишнинг технологик кўрсаткичларини пасайтириши мумкин эди.

I босқичда тайёр концентрат олиниб, II босқичда чиқиндиларни қайта янчувчи II босқичли схемалар бўйича мис-никелли ва мис-пиритли рудаларни қайта ишловчи фабрикалар ишлайди.

Кўпинча молибденли рудаларни бойитишда фойдали минералнинг чиқинди таркибида энг кам миқдорда йўқолишига нисбатан дағал янчишда эришилади. Бу ҳолат фойдали минераллар бошқа минерал агрегатига бириккани ва дағал янчишда қўшимча жинсларнинг асосий қисмидан осон ажралиши билан тушунтирилади.

Бундай ҳолларда I босқичда ташлаб юбориладиган чиқинди ва хомаки концентратни сифатини ошириш мақсадида қайтадан

янчиб, флотацияланадиган II босқичли флотация схемасини хўллаш рационал хисобланади.

Бир қатор ҳолларда дағал янчиб, тайёр концентрат ташлаб юбориладиган чиқинди ва фойдали минерал билан қўшилиб ҳолган ўсимталарни сақловчи оралиқ маҳсулот олиш мумкин.

I босқичда тайёр концентрат ташлаб, концентрат, ташлаб юбориладиган чиқинди, орплиқ маҳсулотни қайта янчиб флотациялайдиган II босқичли флотация системалари бази мисли рудаларни бойитишда ишлатилади.

Селектив флотация схемалари пуч тоғ жинсларининг миқдори кам (<20-25%) сульфидли полиметалл рудаларини бойитишда хўлланади. Бундай схемалар пуч тоғ жинсларининг миқдори катта бўлган, ишлаб чиқариш қуввати кичик фабрикаларда жараённинг бошида барча сульфидларни коллектив флотациялаш сезиларли иқтисодий технологик Самара бермаганда хўллаш мумкин.

Селектив флотация схемасининг камчилиги - рудани майин туюш зарурлиги, бу пуч тоғ жинсларининг миқдори кўп бўлмаганда буни қайта ишлашни қимматлаштиради.

Бу камчилик коллектив - серриктив флотацияси схемаси хўлланганда йўқотилади. Бундай схемаларни айниқса руда дағал янчилганда ташлаб юбориладиган чиқинди олиш мумкин бўлган ҳолларда куллаш афзал.

Коллектив-селектив схема буйича бойитилганда руданинг бутун массаси 45-50% -0,074мм ли синфгача дағал янчилади.

Майин туйишга эса факат чикиши дастлабки рудага нисбатан 10-30% булган коллектив концентрат тушади. Селлектив флотация схемаси буйича руданинг бутун массаси 75-80% -0,074мм ли синфгача янчилади.

Коллективселлектив флотация схемаси буйича бойитилганда кам сонли тегирмонлар ва флотация машиналари талаб килинади, реогентлар сарфи камаяди.

Купчилик холларда флотация схемалари етарли даражада етарли булиб узида флотациянинг бир катор тозалаш ва назорат флотацияси операцияларини хамда оралик махсулотни кайта бойитишнинг турли вариантларини уз ичига олади. Оралик махсулотлар жараёнинг турли нукталарига кайтарилиши ёки алохида кайта ишланиши мумкин. Шунинг учун флотациянинг оптимал шароитини таъминлаш учун флотация операцияларини флотация машиналари буйлаб рационал таксимлаш мухим рол уйнайди.

Флотациянинг турли операцияларини битта флотация машинасида жойлаштириш схемаси 21-расмда келтирилган булиб, у асосий, битта концентратни тозалаш операциясини ва бита назорат флотацияси операциясини уз ичига олади.

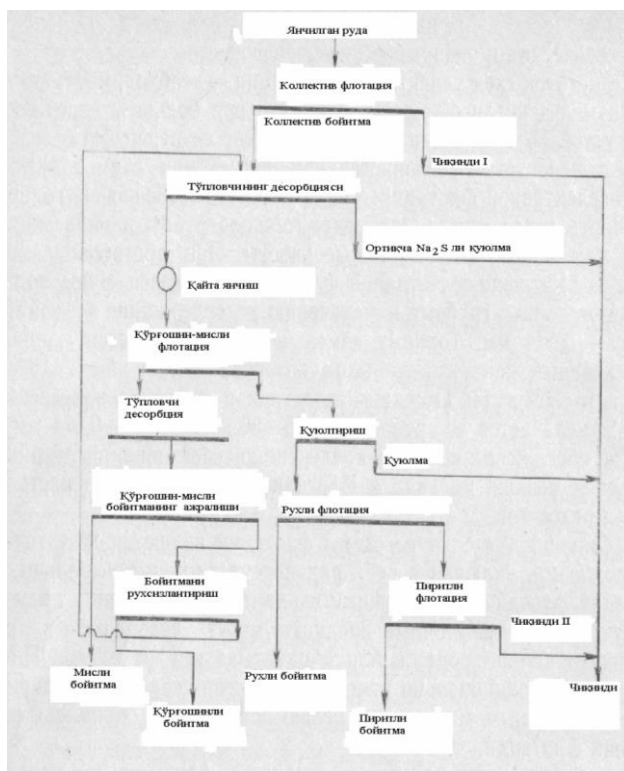


21-расм. Флотация машинасида флотация операцияларининг таксимланиши.

Машинанинг тўртта камерасида асосий флотация амалга оширилади. Асосий флотациянинг кўпикли маҳсулоти тозалашнинг бош камерасига (жағли учта камера) тушади. Унинг концентрати охириги муҳсулот ҳисобланади, чиқинди эса охириги камера остонасидан қуйилиб асосий флотация операциясига тушади.

Асосий флотация чиқиндиси назорат флотациянинг бош камерасига (жағли учта камера) йўналтирилади ва унда ташлаб юбориладиган чиқинди ва асосий флотацияга қайтариладиган оралик маҳсулот олинади.

Мисол тариқасида кўрғошин-мис-руҳ-пиритли полиметалл рудани бойитиш схемаларининг вариантларини кўриб чиқамиз.



22-расм. Полиметал рудалар флотациясининг технологик схемаси.

Флотациянинг I босқичи 45% -0,074 мм гача янчилган махсулот келиб тушади. Коллектив флотация цикли асосий ва назорат флотациясини ҳамда иккита концентратни тозалаш операцияларини ўз ичига олади (22-расм).

Реагент тартиби: кучсиз ишқорий мухит ҳосил қилиш учун сода (0,5-0,6кг/т); танловчи ксантоген (0,1-0,2кг/т); кўпик ҳосил қилувчи крезол ва қароғоч ёғи (0.06-0,005 кг/т).

Коллектив сульфидли концентрат тўпловчи натрий сульфид билан юборилади. Бунинг учун бойитма натрий сульфиднинг 4-4,5 кг/т бойитма сарфида ҳаво кирмайдиган контакт аралаштирилади. Бундан кейин реагентларни сақловчи сууқ фаза иккита механик классификаторларда кетма-кет қаттиқ фазадан ажратилади. Биринчи классификатор куми сув билан суюлтирилади ва иккинчи классификаторга тушади.

Классификатор қуюлмаси қуюлтирилади, қуюлтиргич қуюлмаси чиқиндилар майдонига жўнатилади.

Тўпловчининг десорбциясидан кейин коллектив концентрат 95% -0,074 мм гача қайтадан янчилади ва кўрғошин мисни флотация циклига тушади. Кўрғошин мисни флотация цикли асосий, назорат ва учта тозалаш операцияларини ўз ичига олади.

Кўрғошин-мисли флотация учун қуйидаги реагентлар ишлатилади: цианид (0,2кг/т) ва рух купороси (2кг/т); сфалерит ва пиритни сўндириш учун; тўпловчи - ксантогенат (0,03-0.04кг/т) ва кўпик ҳосил қилувчи-крезол (0,04-0,05 кг/т). Барча

цикллар учун реагентлар сарфи 1 тонна коллектив бойитма учун кўрсатилган.

Бу циклда кўрғошин-мисли бойитма, камерадаги махсулот сифатида рух- пиритли махсулот олинади.

Кўрғошин-мисли бойитма реагентлардан натрий сульфиди (сарфи 1,5 кг/т) ва активлашган кўмир (сарфи 1.5 кг/т) билан десорбциялашгандан кейин худди кўрғошин-мисни флотацияси циклидаги каби схема бўйича ажратишга жўнатилади.

Реагент тартиби: нордон мухит ҳосил қилиш учун сульфат кислота (3кг/т); темир купороси (1,5 кг/т) ва натрий сульфиди (1,5 кг/т) галенитни сўндириш учун; тўпловчи-ксантогенат (0,025 кг/т); кўпик ҳосил қилувчи-крезол (0,04-0,05 кг/т). Реагентлар сарфи бир тонна кўрғошин-мисли концентрат учун кўрсатилган.

Бу циклда мисли бойитма олинади. Камерадаги кўрғошинли бойитма рухсизлантиришга тушади. Рухсизлантириш асосий флотация операцияси ва кўпикли рух-пиритли махсулотни тозалаш операцияларини ўз ичига олади. Рухсизлантиришда қуйидаги реагентлар ишлатилади: ишқорий мухит ҳосил қилиш учун охак (6-7 кг/т); мис купороси (0,5 кг/т) сфалерит ва пиритни фаоллаштириш учун; тўпловчи-ксантогенат -0,03 кг/т. Реагентлар сарфи рухсизлантиришга тушаётган 1 тонна кўрғошинли махсулот учун берилган.

Рухсизлантиришдан сўнг камерадаги махсулот сифатида кўрғошинли бойитма, кўпикли махсулот сифатида рух-пиритли

оралиқ махсулот ҳосил бўлиб, у асосий флотациянинг коллектив бойитмасига кўшилади.

Кўрғошин-мисли флотация циклининг камерадаги махсулоти қуюлтирилгандан кейин рухли флотация циклига тушади. Реагент тартиби: охак (0.5-0.8 кг/т) пиритни сўндириш учун; мис купороси (0,45-0,55 кг/т) сфалеритни фаоллаш учун; тўпловчи-ксантогенат (0.8-1.0 кг/т); кўпик ҳосил қилувчи-крезол (0,04-0,05 кг/т). Реагентлар сарфи 1 тонна рухли концентрат учун берилган.

Уч марта тозалашдан сўнг охирги рухли бойитма олинади. Рух циклининг камерадаги махсулоти назорат флотациясидан кейин пиритли циклга жўнатилади.

Реагент тартиби: сода (0,8-1 кг/т) охакнинг сўндирувчи таъсирини нейтраллаш учун; тўпловчи-ксантогенат (70-80 г/т); кўпик ҳосил қилувчи-крезол (40-50 г/т). Реагентлар сарфи 1 тонна пиритли бойитма учун берилган.

Пиритли циклда коллектив бойитмани қайта янчишда ҳосил бўлган пуч тоғ жинслари зарраларидан иборат чиқинди ажралиб чиқади.

Бундай схема бўйича таркибида 1-1,5 % кўрғошин, 0,2-0,3 % мисс, 2,5-3 % рух сақловчи полиметалл руда бойитилганда 50-51 % кўрғошин сақловчи кўрғошинли бойитма, 14-15 % мис сақловчи мисли бойитма, 54-55 % рух сақловчи рухли бойитма, 42-45 % олтингугурт сақловчи пиритли бойитма олинади.

Ташлаб юбориладиган чиқиндининг таркибида 0,1-0,12 % кўрғошин, 0,02 % мис, 0,2 % рух бўлади.

VI боб. Флотация усулида бойитиш технологиялари

§40. Нодир металл рудаларининг флотацияси

Нодир металлларга олтин, кумуш, платина ва платиноидлар киради. Бундай металл рудаларини флотация усулида бойитиш ўзига ҳос хусусиятларга эга.

Ҳозирги вақтда кўпгина олтин саралаш фабрикаларида сульфидли минераллари бўлган рудалар қайта ишланмоқда. Бундай рудаларда олтин қисман сульфидлар билан боғланган ҳолда, қисман эса эркин ҳолда учрайди. Кўп ҳолларда бундай рудалар қайсар рудалар турига киради.

Замонавий олтин ажратиш фабрикаларида бундай рудалар флотация усулида бойитилади. Шунини таъкидлаш лозимки 90 % дан ортиқ олтин ажратиш корхоналари флотация усулини ҳўллайди. Бунга сабаб, сульфидли рудалардан оддий синиллаш усулини ҳўллаб олтинни ажратиб бўлмайд.

Олтинни ажратишда флотация усулининг хусусияти шундан иборатки, у бойитмага фақат эркин ҳолдаги олтинни эмас, балки сульфидлар билан боғланган олтинни ҳам ажратиб беради. Шунинг учун кўпинча олтиннинг флотобойитмага ажралиши юқори, флотация чиқиндилари эса кам миқдорда олтин сақлаб, уларни чиқиндилар майдонига жўнатиш мумкин.

Айрим ҳолларда флотация усулида бойитиш олтин сақловчи бойитмада ҳамма олтиннинг йиғилишига имконият

бермайди. Шундай бўлса ҳам бу ҳолда флотацияни ҳўллаш мақсадга мувофиқ, чунки у олтиннинг синиллаш, гравитацион бойитиш, амальгамация усуллари билан ажратиб бўлмайдиган қайсарроқ қисмини бойитмага ўтказишга имкон беради. Олинган флотобойитма махсус равишда қайта ишланади, бу эса руданинг бутун массасини қайта ишлашдан арзонроқ.

Олтинни флотация чиқиндисидан синиллаш орқали ажратиб олинади. Олтинли рудаларни флотация усулида бойитишда бир вақтнинг ўзида ҳам сульфидли минералларнинг, ҳам эркин ҳолдаги олтиннинг флотацияси содир бўлади. Олтиннинг ўзи эса ўзига хос физик-кимёв хоссаларга эга бўлиб, улар учун сульфидли ва бошқа минералларнинг флотациясига нисбатан бошқа шароитлар талаб қилинади.

Олтинли ва бошқа олтинли минералларнинг флотациясида сульфидрил тўпловчилар: ксантогенатлар (бутил, амил, этил ксантогенатлари) ва аэрофлотлар ишлатилади. Олтиннинг юзасида тўпловчи реагент бироз вақт сув ёки ҳаво билан тўқнашгандан кейин ўрнашади. Сувдаги кислороднинг концентрацияси ортиши билан тўпловчи қаватининг зичлиги ортади.

Флотацион бўтанада цианид, натрий сульфиди, ишқор, натрий сульфати, мис купороси каби реагентлар учраб туради. Улар олтиннинг флотациясини озми-кўпми сусайтиради. Энг кучли сўндирувчи - натрий сульфиди. Унинг эритмадаги концентрацияси 0,1 г/л бўлганда ксантогенатнинг олтин

юзасидаги адсорбцияси тўлиқ тўхтайдди. Бундан ташқари, натрий сульфиди олтиннинг юзаси билан кимёвий таъсирлашиб, олтиннинг сульфидини ҳосила қилади.

Эритманинг рН и ортиши билан ксантогенатнинг олтинга адсорбцияланиши ва флотацияланиши камаяди. Лекин пасайиш даражаси ишлатилаётган ишқорнинг турига боғлиқ. Оҳак энг кучли таъсир этади, сода ва айниқса ишқор эса олтиннинг флотациясини камроқ сусайтиради. Кислотали муҳитда олтиннинг флотацияланиши нейтрал муҳитдагига нисбатан камроқ. Бу эритманинг рН и камайиши билан ксантогенатнинг адсорбцияси камаяди. Одатда олтиннинг ва олтинли сульфидларнинг флотацияси рН 7,5-8,5 да олиб борилади ва бунда муҳитнинг мословчилари сифатида сода ишлатилади.

Кўпик ҳосил қилувчилар сифатида кайрағоч ёғи, Т-66 реагенти ишлатилади. Кам сульфидли рудаларнинг флотациясига алоҳида этибор берилади. Агар рудада сульфидлар кам бўлса, кўпик беқарор бўлади ва олтиннинг, айниқса, йирик олтиннинг флотацияси йомонлашади. Бундай ҳолларда кўпикнинг барқарорлигини ошириш мақсадида бироз ёғ кислотали реагентлар, масалан, натрийолеати.

Олтиннинг ажралишини ошириш мақсадида баъзан фаоллаштирувчилар, масалан, мис купороси қўшилади, у оксидланган олтинли сульфидлар юзасининг флотацияланишини яхшилайдди. Олтинли руда таркибидаги пуч тоғ жинсларини

сўндириш учун суюқ шиша, карбоксиметил целлюлоза ва бошқа реагентлар ёрдамида амалга оширилади.

Флотацион бойитишнинг схемалари ва тартиблари руданинг таркибий қисмига боғлиқ бўлиб, ҳилма-ҳиллиги билан ажралиб туради. Лекин флотацион схемаларнинг умумий томонлари ҳам бор. Барча турдаги рудаларни бойитишда босқичли флотация (кўпинча, икки босқичли) ишлатилади. Босқичли флотацияни хўллаш олтинли сульфидларнинг ўта янчилишининг олдини олади ва бу билан олтиннинг флотобойитмага ажралишини оширади. Флотацион бойитиш схемаларининг иккиламчи умумий хусусияти уларда тозалаш операцияларининг камлиги ёки умуман йўқлигидир. Бу ҳол рудада олтиннинг қийин флотацияланувчи заррачаларининг иштирок этиб уларнинг бойитгани тозалаш вақтида осон йўқолиши билан тушунтирилади. Шунинг учун кўпгина олтин ажратиш фабрикаларида олтиннинг юқори ажралишини таъминлайдиган унча бой бўлмаган бойитгани олишни авзал кўрилади.

Флотацион бойитиш олтин билан бирга учрайдиган йўлдош элементларни ажратишда ҳам кенг ишлатилади. Мисол тариқасида олтинли мис рудаларининг флотациясини келтириш мумкин. Бунда бойитмага олтин билан бирга миснинг сульфидлари ҳам ўтади. Олинган бойитмадан мис эритиш заводларида ҳам мис, ҳам олтин ажратиб олинади.

§41. Сульфидли рудаларнинг флотацияси

Сульфидли рудалар сульфидли минералларнинг юкори флотацияланиш хусусиятига эга эканлиги туфайли флотация усулида бойитиш учун жуда кулай объект хисобланади. Саноат миқёсида флотация усулида бойитилувчи сульфидли рудаларга халькопирит $CuFeS_2$, халькозин Cu_2S , пирит FeS_2 , арсенопирит $FeAsS$, галенит PbS , сфалерит ZnS , борнит Cu_3FeS_3 ва ковеллин CuS , камёб металлар сульфидлари MoS_2 , $Hg S$, Sb_2S_3 ва хоказолар киради.

Сульфидли минералларнинг ахамияти уларнинг таркибида рангли ва камёб металлар борлиги ва кўпчилиги нодир металлар хамда ўта қиммат тарқоқ элементлар-индий, галлий, таллий, селен, теллур, кадмий, рений кабиларни олишнинг манбаи эканлиги билан ортиб бормоқда.

Сульфидли рудаларнинг кўп компонентли эканлиги уларни комплекс ишлатиш, яъни улар таркибидаги барча қайта ишлашга яроқли қимматбахо элементларни ажратиб олишни мақсад қилиб кўяди.

Сульфидли рудаларнинг флотациясида тўпловчи сифатида сульфгидрил реагентлар - ксантогенатлар ва тиофосфатлар, кўпик хосил қилувчи сифатида эса қайрағоч ёғи ва турли радикалли спиртлар ишлатилади.

Сульфидли рудаларнинг флотация усулида бойитишда фаоллаштирувчи ва сўндирувчи реагентлар ишлатиш хисобига

юқори сифатли концентратлар олишга имкон берувчи селектив флотация кенг ҳўлланилмоқда.

§42. Мисли рудаларнинг флотацияси

Табиатда мис минералларининг 170 дан ортиқ тури мавжуд бўлиб, улар орасида саноат ахамиятига эгалари қуйидагилар: сульфидли-халькопирит, борнит, халькозин, ковеллин, энаргит; оксидли-малахит, азурит, хризоколла, халькантит, куприт. Шунингдек, аралаш таркибли рудалар ҳам учрайди.

Халькопирит CuFeS_2 - латун-сарик тусли метал ялтироклигига эга ва 35 % атрофида мис сақлайди. У табиий гидрофоб хусусиятига эга. Тўпловчи сифатида дитиофосфат ва ксантогенатлар ишлатилганида яхши флотацияланади. Халькопиритга цианидлар сўндирувчи таъсир кўрсатади.

Борнит Cu_5FeS_4 - таркибида 63,3 % мис сақлайди ва тўққизилдан сарик кўкгача рангга эга. Халькопиритга ўхшаб ксантогенатлар иштирокида яхши флотацияланади. Комплекс темир цианидлари билан сўндирилади.

Халькозин Cu_2S сарик ёки қўғошин-кулранг тусли метал ялтироклигига эга минерал, 80 % атрофида мис сақлайди. Ксантогенатлар ва аминлар ёрдамида яхши флотацияланади. Цианидларнинг катта сарфида натрий сульфити Na_2SO_3 , гипосульфит $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ иштирокида сўндирилади.

Миснинг оксидли минералларидан кўп тарқалгани малахит $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$. Минералнинг ранги оч яшил, баъзан тўқ яшил. 57 % атрофида мис сақлайди. Малахитнинг тарибига ўхшаш,

лекин оч кўк ёки тўқ кўк рангга эга минерал азурит дейилади. Малахит ва азурит кучсизроқ флотацияланиш хусусиятига эга.

Мисли рудаларда пуч тоғ жинсларининг минералларидан кварц, кальцит, дала шпати кенг тарқалган.

Кўпчилик мисли рудаларда йўлдош элементлар сифатида олтин, кумуш, рух, молибден, осмий ва бошқа металллар учрайди.

Мисли рудаларнинг турига мисли кумтошлар, мис-порфирли ва яхлит сульфидли ёки мисс-колчеданли рудалар киради.

Мис-порфирли рудалар 3-4 % сульфидларни ва деярли хар доим мис билан биргаликда ажратиб олинадиган молибденни сақлайди. Мис-кумтошли рудалар

90 % гача асосан пирит кўринишидаги сульфидларни сақлайди.

Фақат мис сульфидларни сақловчи мис-порфирли рудалар нисбатан содда технологик схема бўйича бойитилади, бу холда фақат мис минералларини пуч тоғ жинсларидан ажратиб мис концентрати ва чиқинди олиш керак.

Рудани керакли йирикликкача майдалаб ва шарли тегирмонда майин туюлгач сода ёрдамида ҳосил қилинадиган ишқорий мухитда флотацияланади. Тўпловчи сифатида ксантогенат ишлатилади. Асосий флотация концентрати бир ёки икки марта тозаланади. Бундай рудаларни флотациялашда 20-25 % мис сақловчи мисли концентрат олинади. Миснинг бойитмага

ажралиши 95 %. Мисли бойитмаларга қўйиладиган техник талаблар 7- жадвалда келтирилган.

7-жадвал

Мисли бойитмаларга қўйиладиган техник талаблар

Бойитма нави	миқдори, %		
	мис, >	қўшимчалар, <	
		рух	қўрғошин
КМ-0	40	2	2,5
КМ-1	35	2	3
КМ-2	30	3	4,5
КМ-3	25	5	5
КМ-4	23	10	7
КМ-5	20	10	8
КМ-6	18	11	9
КМ-7	15	11	9
ППМ-8(мисли оралиқ махсулот)	12	11	9

Мис-пиритли рудалар мис минералларидан ташқари пиритнинг ҳам сезиларли улушини сақлайди.

Мис-пиритли рудалар қуйидагича бойитилади. Рудани керакли йирикликкача янчиб кучсиз ишқорий мухитда флотацияланади. Мис ва пиритнинг сульфидлари битта коллектив мис-пиритли концентратга флотацияланади ва бунда пуч тоғ жинсларидан ажралади, сўнгра коллектив бойитма тозаланади ва шарли тегирмонда мис минераллари ва пирит ўсимталарини ажратиш учун қайта янчилади.

Қайта янчилгандан кейин мис-пиритли бойитма мис минералларини пиритдан ажратиш учун селектив флотацияланади. Бунинг учун пирит охак билан сўндирилади ва

у чиқинди таркибида ҳолади, мис минераллари эса кўпикли маҳсулотга ўтиб, мис бойитмасини ташкил этади.

Яхлит мис-пиритли рудалар нисбатан кийинрок бойитилади. Бу мис-пиритнинг миқдори кўп бўлгани учун юқори сифатли мисли бойитма олишни қийинлаштиради.

Яхлит мис-пиритли рудаларни флотациялашда аввал охак билан ҳосил қилинадиган кучли ишқорий мухитда мисли флотация ўтказилади. Охак пиритни сўндиради. Тўпловчи сифатида ксантогенат ишлатилади.

Агар рудада пуч тоғ жинслари кам бўлса мисли флотациядан кейинги олинадиган чиқинди пиритли бойитма ҳисобланади ва аксинча рудада пуч тоғ жинслари кўп бўлса, флотациянинг II босқичи ўтказилади ва пирит бойитмага ажратилади. Пуч тоғ жансларидан ташкил топган ҳолдик чиқинди сифатида четлаштирилади.

Мисли флотацияда пирит охак билан сўндирилгани учун уни фаоллаштириш керак, яъни унинг флотацион қобилиятини тиклаш керак. Бунга сульфат кислота ёрдамида эришилади.

Пиритли бойитмаларга қўйиладиган техник талаблар 8-жадвалда келтирилган

8-жадвал.

Пиритли бойитмаларга қўйиладиган техник талаблар

Бойитма нави	Миқдори, %		
	Олтингургурт, >	Қўшимчалар, <	
		Қўрғошин рух	ва
КС	47	1	3,8

Ф-1			
КСФ-2	45	1	3,8
КСФ-3	42	1	3,8
КСФ-4	38	1	3,8

Мис-рухли рудалар мураккаброқ технологик схема бўйича бойитилади ва мисли ҳамда рухли бойитма олинади.

Рухнинг асосий минерали сфалерит ZnS ҳисобланади. Сфалеритнинг зичлиги $3,5-4,3 \text{ г/см}^3$, рухнинг миқдори $67,1 \%$. Мис-рухли сульфидли рудаларни бойитиш учун технологик схемаларнинг бир неча хил вариантлари ишлатилади, уларнинг ичида иккитаси энг кў тарқалган:

Селектив флотация схемаси, бунда жараённинг бошида мис сульфидлари флотацияланади, мис флотацияси чиқиндиларидан сфалерит флотацияланади. Рухли флотация чиқиндиси пиритли бойитма бўлиши мумкин ёки ундан пирит флотацияланади;

Коллектив-селектив флотация схемаси, бунда жараённинг бошида мис-рухли ёки мис-рух-пиритли бойитма олинади ва у кейин тегишли равишда иккита ёки учта бойитмага ажратилади.

Рухли бойитмаларга қўйиладиган техник талаблар 9-жадвалда келтирилган.

9- жадвал

Рухли бойитмаларга қўйиладиган техник талаблар

Бойитма нави	Миқдори, %				
	Рух, >	Қўшимчалар, <			
		Темир	Кремнезем	Мис	Мишяк
КЦ-1	56	5	2	1	0,05
КЦ-2	53	7	3,5	1,2	0,1

КЦ-3	50	90	4	1,5	0,3
КЦ-4	45	12	5	2,5	0,5
ПЦ(рухли оралик махсулот)	40	16	6	3,5	меёрланмайди

Мис-рухли рудаларни флотациялашда куйидаги флотация реагентлари хўлланилади. Тўпловчи сифатида бутил ксантогенати ёки бутил аэрофлоти ишлатилади. Сфалеритнинг сўндирувчилари сифатида рух купороси, натрий сульфиди, цианидлар, сульфит ва натрий тиосульфити ишлатилиб уни миснинг сульфидли минералларидан ажратишга имкон беради. Бир қатор бойитиш фабрикаларида сўндирувчи сифатида натрий сульфиди рух купороси билан биргаликда ёки натрий сульфити натрий сульфиди билан биргаликда хўлланилади. Бу миснинг сульфидли минералларига ҳам сўндирувчи таъсири кўрсатишидан қочиши учун ниҳоятда эҳтиёт ва аниқ ўлчашни талаб қиладиган цианидларни ишлатишдан воз кечишга имкон беради. Рухли бойитмаларга қўйиладиган техник талаблар - жадвалда келтирилган.

§43. Рангли металлар оксидли ва аралаш рудаларининг флотацияси

Мисли рудалар оксидли минералларининг саноат ахамиятига эгалари қаторига малахит $\text{Si CO}_3 \cdot \text{Si(OH)}_2$ -(57,4 % мис сақлайди, солиштирма оғирлиги 4г/см^3 , қаттиқлиги 4). Ундан камроқ ахамиятга эгаси хризоколла $\text{SiSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ -(36,1 % мис) ва куприт Si_2O (88,8 % мис) сақлайди.

Кўрғошинли рудаларнинг оксидли минералларидан саноат ахамиятига эгалари церуссит $PbCO_3$ (77,6 % кўрғошин сақлайди, солиштирма оғирлиги 6,5, қаттиқ- лиги-3) ва англезит $PbSO_4$ (68,3 % кўрғошин, солиштирма оғирлиги 6,3, қаттиқ- лиги -3). Шунингдек, кўрғошиннинг оксидли минералларидан арсенатли, вана- датли, фосфатли ва бошқа мураккаб таркибли минераллари ҳам саноат ахамиятига эга.

Рухли рудаларнинг оксидли минераллари асосан смитсонит $ZnCO_3$ (52 % рух, солиштирма оғирлиги- 4,3, қаттиқлиги -5 кўринишида учрайди).

Бундай рудаларни бойитишнинг қуйидаги усуллари мавжуд:

- дастлабки сульфидлаш (сульфидловчилар сифатида натрий сульфиди N_2S , аммоний сульфиди $(NH_4)_2S$ ва шунга ўхшаш реагентлар бошқа реагентлар) ҳамда сульфидли флотацияда ишлатиладиган тўпловчилар ёрдамида флотациялаш.

Бу усул энг кўп ишлатилади;

- карбоксил тўпловчилар ишлатиб тўғридан тўғри флотациялаш. Бу усул фойдали минералларни юқори даражада ажратишга имкон беради, карбоксил тўпловчиларнинг селективлиги паст бўлгани учун кенг хўлланилмайди;

- реагентларни катта сарфида юқори спиртларнинг ксантогенатларини хўллаб флотациялаш. Бу усулнинг кенг тарқалмаганлигига сабаб юқоридаги реагентларнинг нархи баландлиги ва биринчи усулга нисбатан бирон-бир афзаллиги йўқлиги;

- биргаликда кўшилган усул - оксидли ва аралаш мисли рудаларга тегишли бўлиб, янчилган руда дастлаб мисни танлаб эритиш учун сульфат кислота эритмасида ишланади, темир ёрдамида цементацияланади ва кейин цементли мис эримайдиган сульфидлар билан биргаликда флотацияланади. Гидрометаллургиянинг флотация билан бундай кўшилиши натижасида қийин бойитилувчи оксидли рудалардан мисни юқори ажралишига эришишни таъминлайди.

- меркаптанларни ҳўллаб тўғридан-тўғри флотациялаш. Бу усул меркаптаннинг ҳиди ниҳоятда ёқимсиз бўлгани туфайли ишлатилмайди.

§44. Мисли оксидли ва аралаш рудалар

Оксидли мис минералларидан осон сульфидланувчи ва яхши флотацияланувчиси - малахит ва азурит. Хризоколлани ҳам сульфидлаш мумкинлиги исбот қилинган, лекин унинг флотацияси саноат миқёсида ўзлаштирилмаган. Малахитли ва азаритли рудаларнинг флотациясида натрий сульфидининг сарфи ўртача 1-2 кг/т рудага. Сульфидловчи одатда бўтанага бир неча приёмда берилади. Тўпловчилар сифатида кўпинча ксантогенатлар, камроқ дитиофосфатлар ёки айрим холларда сульфгидрил тўпловчилар билан тошкўмирли ё сланецли смолалар биргаликда ишлатилади. Оксидли рудаларда катта миқдорда шламларнинг бўлиши пептизаторлар (кўпинча суюқ шиша) ишлатишга олиб келади. Флотация схемалари одатда

содда: асосий флотация, назорат флотацияси ва бойитмани бир - икки марта тозалаш.

Оксидли ва аралаш мисли рудаларни бирлашган флотация - гидрометаллургия усули. Бу усулнинг ҳўлланилиши шундан келиб чиққанки, флотация боғланган мис минераллари сақловчи хризоколла, куприт, шунингдек, алюмосиликатлар ёки темир гидрооксидларидан мисни тўлиқ ажратиб олишни таъминламайди, ва у флотация чиқиндилари таркибида деярли тўлиқ йўқолади. Шу билан бир қаторда миснинг кўпчилик оксидлари бирикмалари сульфат кислотанинг кучсиз эритмасида яхши эрийди.

Бирлашган усулнинг мохияти мисни янчилган рудадан сульфат кислотада танлаб эритишдadir. Мис эригандан кейин уни темир кукуни (ёки майдаланган чўян киринди) кўшиб цементацияланади. Бунда куйидаги реакция бўйича темир заррачалари юзасида метал холидаги миснинг чўкиши содир бўлади:



Цементациядан кейин бўтанани флотация машинасига ўтказилади ва у ерда цементланган мис ва шу шароитда флотацияланишга қодир минераллар (олтин сақловчи пирит, мис сульфидлари ва бошқалар) нинг флотацияси содир бўлади.

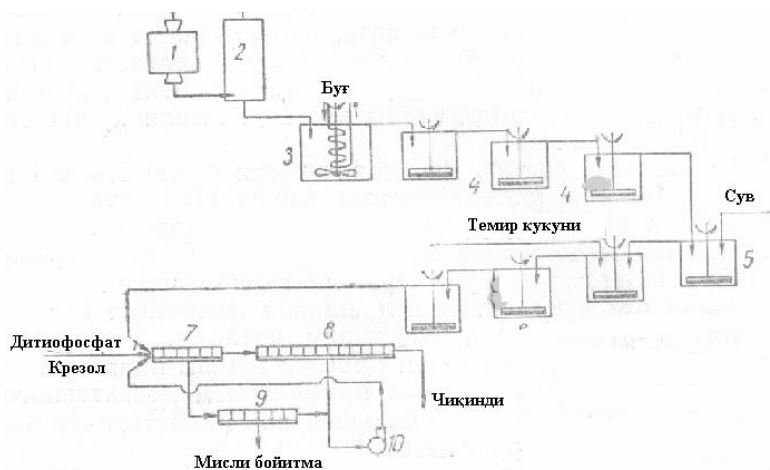
Сульфад кислотанинг катта миқдорда сарфланиши ва жараённинг кислотали мухитида кетиши (аппаратларнинг занглашига олиб келиши) бу усулнинг камчилиги хисобланади.

Бирок, гидрометаллургия билан флотациянинг муваффақиятли бириктирилганини ҳисобга олсак, бирлашган усул нафақат гидрометаллургияга балки, флотацияга нисбатан бир қатор муҳим афзалликларга эга:

- танлаб эритилгандан кейин рудани филтirlаш операцияси бўлмайди;
- оксидли мис билан бир қаторда сульфидли мисни ва рудани фақат гидрометаллургик қайта ишлашда йўқолиб кетадиган олтин сакловчи пиритни амалда тўлиқ ажратиш олиш мумкинлиги.
- сульфидлар билан боғланган олтиннинг юқори ажралиши.

Флотацияга нисбатан бирлашган усул қийин флотацияланувчи ва флотацияланмайдиган минераллар ҳисобига мисни юқорида даражада ажралишини ва бойроқ мисли концентрат олишини таъминлайди. Мисол тариқасида бирлашган усулнинг аппаратлар занжири схемасини келтирамиз (23-расм).

Оксидли мис минераллари сульфат кислотанинг кучсиз эритмаларида (0,5-3 %) яхши эриши мумкин. Эришда мис сульфати ҳосил бўлади. Сульфидли минераллар бу ҳолда ҳамма эритмада иштирок этувчи уч валентли темир сульфати иштирокида эрийди, лекин уларнинг эриши сезиларсиз. Оксидли минераллардан малахит ва азурит тез ва осон эрийди; фосфат ва алюмосиликатлардан мис секин ва тўлиқмас эрийди.



23-расм. Оксидли ва аралаш мисли рудаларни флотация-гравитацияни хўллаб бирлашган усулнинг аппаратлар занжир схемаси.

1-шарли тегирмон; 2- классификатор; 3- бўтанани иситиш учун чан; 4.5.6- аралаштирувчи чанлар; 7- асосий флотация учун флотомашина; 8- назорат флотацияси учун флотомашина; 9- тозалаш флотацияси учун флотомашина; 10- насос.

Сульфат кислотанинг концентрацияси ортганда фақат мис минералларининг эриш тезлиги ортмасдан пуч тоғ жинслари минералларининг ҳам эриш тезлиги ортади, бу эса сульфат кислотанинг ортиқча сарфланишига олиб келади. Кислотанинг сарфи руданинг минерал таркибига боғлиқ.

Карбонатли мис минераллари одатдаги хароратда яхши эрийди, лекин баъзи бир қайсар рудаларни танлаб эритишда бўтанани иситиб хароратни иситиб $45-70^0$ га етказиш керак.

Мисни цементациялаш учун темир кукун ҳолида ёки чўян қириндилари ҳолида қўшилиши керак. Миснинг темир ёрдамида чўкиши мис заррачаларининг юзасига боғлиқ; цементли миснинг

флотациялаш самарадорлигини ошириш учун заррачаларнинг ўлчами 0,1-0,74 мм бўлиши керак.

Назарий жихатдан темирнинг сарфи хар 1 кг мис учун 0,9 кг атрофида бўлади. Темирнинг амалдаги сарфи бундан юқори, чунки темир оксидланади ва заррачалар юзаси пассивлашади.

Цементли мис хам тез оксидланади (бу эса флотацияга салбий таъсир кўрсатади) шунинг учун цементлаш чанларида аралаштириш аэрациялашсиз олиб борилиши керак. Оксидланган цементли мис кислота таъсирида тез эритмага ўтади. Бунинг олдини олиш учун цементация жараёни катта тезликда олиб борилиши керак, бунга эса етарли миқдордаги темирни ишлатиб ва унинг заррачаларининг юзасини катталаштириш хисобига эришилади. Цементли мис осон флотацияланади.

§45. Кўргошинли оксидли ва аралаш рудалар

Оксидланган кургошинли рудаларни бойитишда одатда уларни дастлабки сульфидлаш ва кейин ксантогенатлар ёрдамида флотациялаш кулланилади. Флотациядан олдин руда, купинча, темир гидрооксидларини, лой ва бошкаларни йукотиш учун шламсизлантирилади. Тупловчилар сифатида одатдаги сульфгидрил тупловчилар ишлатилади.

Кургошинли минералларнинг юқори солиштирма огирликка эгаллиги уларга бирлашган флотация-гравитация схемаларини куллашни мақсадга мувофиқ қилиб қуяди.

Гравитация бойитиш аппарати сифатида концентрацион стол ишлатилади.

Кургошиннинг асосий саноат ахамиятига эга оксидли рудалари-церуссит ва англезитнинг флотация хоссалари бир - бирига жуда якин, лекин англезит церусситга нисбатан кийинрок сульфидланади.

Натрий сульфидининг ортикча микдори, худди галенитга ухшаб, церуссит ва англезитнинг флотация кобилиятини сундиради.

Агар рудада гипс иштирок этса, у эритмага утиб церусситнинг сульфидланиши даврида сикиб чиқарилган карбонат ионлари билан боғланиб калций карбонатга айланади ва церуссит юзасига утириб, унинг сульфидланишини кечиктиради. Бунга монелик курсатиш учун натрий сульфиди урнига натрий гидросульфиддан фойдаланиш тавсия қилинади. Бунда эрмайдиган кальций карбонат урнига эрийдиган кальций бикорбанат хосил булади. Бундай холларда аммоний тузлари(аммоний хлорид ёки аммоний сульфат) ни ишлатиш ҳам ижобий таъсир этиб, калций карбонатнинг эрувчанлигини оширади.

Натрий сульфидини бўтанага бериш турлича амалга оширилади. Баъзилар уни жараённи битта нуктасига бир йўла бериб, бўтанани сульфидловчи билан нисбатан узоқрок таъсирлашувини тавсия қилсалар, бошқалари бунинг аксича,

натрий сульфидини жараённинг бир нечта нуктасига беришни тавсия килдилар.

Мураккаб сульфидли-оксидли кўрғошинли ва кўрғошин-рухли рудаларни бойитишда сульфидли ва оксидли минераллар алоҳида-алоҳида флотацияланади, чунки оксидли рудаларни сульфидлаш учун бериладиган натрий сульфиди бир вақтнинг ўзида сульфидларнинг флотацион қобилиятини сўндириши мумкин.

Аралаш сульфидли-оксидли кўрғошин - рухли рудалар қуйидаги схема бўйича флотацияланади: рудани икки босқичда флотациялангандан кейин барча сульфидларнинг коллектив флотацияси амалга оширилади, бунда кўрғошин ва рухнинг оксидли минераллари чиқинди таркибида ҳолади. Сульфидли коллектив бойитмадан натрий сульфиди десорбцияланади ва ундан кейин селектив флотация ўтказилиб, сульфидли кўрғошинли ва рухли бойитма олинади. Бунда сўндириш учун натрий сульфиди ва сфалеритни фаоллаштириш учун мис купороси ишлатилади.

Коллектив сульфидли флотация чиқиндилари оксидли кўрғошин ва рух минералларини сақлайди, уларни аввал сульфидланади, кейин эса церуссит, англезит ва қисман бошқа оксидли кўрғошинли минераллар флотацияланади.

Рудани биринчи янчиш 40 %-0,074 мм ли синфгача, иккинчи янчиш эса 77 % - --0,074 мм гача.

Қуйидаги флотация реагентлари ишлатилади: сода-1,05-1,3 кг/т; цианплав-0,28 - 0,4 кг/т; бутил ксантогенати 0,225 кг/т; натрий сульфиди-1,18 - 1,55 кг/т; дитиофосфат -0,025 кг/т; рух купороси -0,34 - 0,5 кг/т; мис купороси -0,05-0,07 кг/т; охак - 1.15-1,58 кг/т.

Фойдаланиладиган адабиётлар

1. Глембоцкий В.В. «Флотационные методы обогащения» М: Недра, 1981 304 с.
2. Егоров В.П. «Обогащение полезных ископаемых» М.Недра, 1986, с. 158.
3. Умарова И.К. «Фойдали қазилмаларни бойитиш технологияси». Ўқув хўлланма Тошкент, ТошДТУ 2004.
4. Умарова И.К. «Фойдали қазилмаларни қайта ишлаш ва бойитиш». Ўқув хўлланма Тошкент, ТошДТУ 2002.
5. Абдурахмонов С. «Гидрометаллургия жараёнлари ва дастгохлари». Навоий, НДКИ, 2001, 288 б.
6. Абдурахмонов С, Қурбонов Ш.Қ., Ҳоликулов Д.Б. «Минералларни саралаш жараёнлари назарияси» Навоий-Олмалик-2006, 200 б.
7. Ахмедов Н.А. Состояние и задачи технологических исследований руд Узбекистана. Проблемы переработки минерального сырья Узбекистана. Материалы республиканского научно-технического семинара, Ташкент-2005.
8. Абрамов, А. А. Переработка, обогащение и комплексное использование твердых полезных ископаемых. Том 1. Обогащительные процессы и аппараты. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2004.
9. Авдохин В. М. Основы обогащения полезных ископаемых: Учебник для вузов: В 2т. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2006. –Т.1. Обогащительные процессы. – 417с.

10. Богданов В. А., Попов В. И. Флотационные методы обогащения. Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. М., Недра, 2002 , 304с.
11. Плаксин И. Н. Воздействие газов и реагентов на минералы во флотационном процессе. – Изв. вузов , 1995, №12, с.25
12. Иванов В. А. Физико-химия флотационных процессов. М.,Недра, 1998.
13. Сидоров М.А.Флотация. М., «Недра», 2004.
14. Дроздов Н.Е.Обогащение руд и россыпей редких металлов. М., Недра,2001.
15. Попов Е.Л., Ахмедов Х., Умарова И.К. Применение новых флотореагентов при обогащении медно-молибденовых руд. Материалы Республиканского научно-технического семинара: Проблемы переработки минерального сырья Узбекистана, Ташкент, 2005 г
16. Санакулов К.С. Проблемы и практика комплексной переработки медно-молибденовых руд на Алмалыкском горно-металлургическом комбинате на современном этапе. Материалы Республиканского научно-технического семинара: Проблемы переработки минерального сырья Узбекистана, Ташкент, 2005 г
17. Ахмедов Х., Умарова И.К. Результаты обогащения проб руды месторождений Калмакыр и Сари-Чеку с применением традиционного и местного реагента ПС. Вестник ТашГТУ, №3-4, 2011 г.

18. Ахмедов Х., Попов Е.Л. Сравнительные испытания новых местных реагентов в полупромышленных условиях. Горный вестник Узбекистана, №39, 2009 г.

19. Попов Е.Л., Ахмедов Х., Умарова И.К. Применение новых флотореагентов при обогащении медно-молибденовых руд. Материалы Республиканского научно-технического семинара: Проблемы переработки минерального сырья Узбекистана, Ташкент, 2005 г

20. www.krugosvet.ru

21. Эйгелес М. А. Основы флотации несulfидных минералов. М. Недра, 1994.

22. Мишустин Е.Н., Росико Т.А. Аполярные реагенты и их действие при флотации. М., Наука, 1998.

23. Мелик-Гайказян В. И. Исследование механизма действия аполярных реагентов при флотации руд и углей.- В кн.: Физико-химические основы действия аполярных собирателей. М., Наука, 2005.

24. Абрамов А. А. Технология переработки обогащения руд цветных металлов: учеб. пособие для вузов: в 2 кн. / А. А. Абрамов. – М.: Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2005. – Кн. 1: Рудоподготовка и Cu, Cu-Pb, Cu-Fe, Mo, Cu-Mo, Cu-Zn руды.

25. Бененсон В. Д. Селективная флотация комплексной руды. «Цветные металлы», №4, 1997.с. 38.

25. Абрамов А. А. Обогащение руд цветных металлов: учеб. для вузов / – М.: Недра, 2000.

26. Абрамов А. А. Обогащение руд цветных и редких металлов в странах Азии, Африки и Латинской Америки / А. А. Абрамов, С. И. Горловский, В. В. Рыбаков. – М. : Недра, 1998.

27. Абрамов, А. А. Флотационные методы обогащения. М., Недра, 2007.

28. .Панников В.Д.,Минеев В.Г. Обогащение руд цветных металлов М. : Недра, 2003.

29.Абрамов А. А. Технология переработки обогащения руд цветных металлов: учеб. пособие для вузов : в 2 кн. / А. А. Абрамов. – М. : Изд-во Моск. гос. горн. ун-та, 2005. – Кн. 2 : Pb, Pb-Cu, Zn, Pb-Zn, Pb-Cu-Zn, С-Ni, Со-, Bi-,Sb, Hg-содержащие руды.

30.Усенов Р.В., Попов Е.Л. Исследование флотации медно-молибденовкх руд месторождения Калмакыр с применением новых реагентов-собирателей. ТГТУ, Техника юлдузлари, №3-4, 2013.

31.Хан Г. А., Габриелова Л. И., Власова Н. С. Флотационные реагенты и их применение.- М.: Недра, 1996. – 271 с.

Мундарижа

Кириш.....	3
I боб. ФОЙДАЛИ ҚАЗИЛМАЛАРНИ ФЛОТАЦИЯ УСУЛИДА БОЙИТИШ ЖАРАЁНИ ХАҚИДА УМУМИЙ МАЪЛУМОТЛАР.....	7
§ 1. Ҳозирги замон флотация жараёнининг шаклланиши.....	7
§ 2. Флотация жараёнининг физик-кимёвий асослари.....	10
II боб. МИНЕРАЛЛАРНИНГ СУВ ВА УНДА ЭРИГАН МОДДАЛАР БИЛАН ТАЪСИРЛАШИШИ.....	22
§3. Сувнинг флотация жараёнидаги аҳамияти Сув ва унинг хоссалари.....	22
§4. Минералларни сув билан таъсирланиши.....	28
§5. Газ ва минералларни сувда эритиш.....	32
§6. Сувни минерал юзага таъсирланишида жуфт электр қатламини ҳосил бўлиши.....	33
§7. Минераллар юзаларининг ҳар хиллиги.....	37
§ 8. Минерал дурлик панжарасида изоморф ўрин алмашилишининг флотацияга таъсири.....	39
§ 9. Турли минералларни бирга учраши, уларни кислород ва сув билан реакцияга киришиш натижасига таъсири.....	39
§ 10. Газ ва минералларни сувда эритиш.....	42
§ 11. Газ ва минералларни сувда эритиш.....	4
III боб. ФЛОТОРЕАГЕНТЛАР.....	44
§12. Флотореагентларнинг таснифланиши ва уларнинг вазифалари.....	44
§13. Минерал юза ва ҳаво пуфакчаларига реагентларни шимилиб олиш шакллари.....	48
§14. Реагентларнинг ҳаво пуфакчаларига сўрилиши.....	49
§15. Тўпловчи реагентларлар.....	55
§16. Кўпик ҳосил қилувчи реагентлар.....	59
§17. Сўндирувчи реагентларлар.....	63
§18. Фаоллаштирувчи реагентларлар.....	65
§19. Муҳитнинг мословчилари.....	66
§20. Пептизаторлар.....	67
§21. Флотацияда минераллашган пуфакчаларни ҳосил бўлиши	72
§22. Флотацияга заррача ўлчамининг таъсири.....	76
§23. Флотация жараёнининг кинетикаси.....	80

§24. Флотациялаш жараёнида кўпиклар.....	81
§25. Флотацион кўпикларнинг тузилиши.....	83
§26. Кўпикнинг турғунлиги.....	84
§27. Флотацион кўпикларни парчалаш.....	84
§28. Флотациянинг бошқа турлари.....	85
§29. Ионларни флотациялаш жараёнининг механизми.....	90
§30. Электрофлотация.....	91
IV боб. ФЛОТАЦИОН МАШИНАЛА.....	92
§31. Флотацион машиналарга қўйиладиган талаблар.....	92
§32. Бўтанани аэрациялаш жараёни.....	98
§33. Флотацион машиналар таснифи.....	98
§34. Механик флотация машиналари.....	102
§35. Пневматик флотацион машиналар.....	106
§36. Пневмомеханик флотацион машиналар.....	108
§37. Флотацияда хўлланиладиган ёрдамчи дастгоҳлар.....	112
§38. Флотомашиналарнинг ҳажмини ҳисоблаш.....	115
V боб. ФЛОТАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЯСИ.....	119
§39. Флотация жараёнига таъсир қилувчи омиллар	119
§40. Флотация схемалари.....	129
VI боб. ФЛОТАЦИЯ УСУЛИДА БОЙИТИШ АМАЛИЁТИ.....	132
§41. Нодир металллар рудаларининг флотацияси.....	132
§42. Сульфидли рудаларнинг флотацияси.....	133
§43. Мисли рудаларнинг флотацияси.....	140
§44. Рангли металллар оксидли ва аралаш рудаларининг флотацияси.....	141
§45. Мисли оксидли ва аралаш рудалар.....	146
§46. Қўрғошинли оксидли ва аралаш рудалар.....	149
Адабиётлар	152