

НАВОИЙ ДАВЛАТ КОНЧИЛИК ИНСТИТУТИ
Кон электр механикаси

С.А. АБДУРАҲМОНОВ, Ш.Қ.ҚУРБОНОВ, Д.Б. ҲОЛИКУЛОВ

**МИНЕРАЛ ЗАРРАЛАРНИ САРАЛАШ
ЖАРАЁНЛАРИНИНГ НАЗАРИЯСИ ВА
ДАСТГОҲЛАРИ**

Навоий – 2007

Минерал зарраларни саралаш жараёнларининг назарияси ва дастгоҳлари. Ўқув қўлланма. С.А. Абдурахмонов, Ш.К. Қурбонов, Д.Б. Холиқулов. Навоий давлат кончилик институти. Навоий. 2007, 200 бет.

Мазкур ўқув қўлланмада ҳозирги замон фан ва техника ютуқларини инобатга олган ҳолда минерал заррачаларни бир биридан ажратиш усуллари: гравитация, флотация, магнит ва электр майдонларида фойдали қазилмаларни бойитиш жараёнларининг назариялари келтирилган. Ҳар бир жараён учун саноатда ишлатиладиган дастгоҳлар тўғрисида қисқача маълумот келтирилган.

Ушбу ўқув қўлланма Олий ўқув юртларининг «Фойдали қазилмаларни бойитиш» мутахассислиги бўйича таълим олаётган магистрантлари учун мўлжанланган бўлиб, «Кончилик иши» ва «Металлургия» бакалавриат йўналишларида таҳсил олаётган талабалар ҳамда шу соҳа мутахассислари учун ҳам фойдалидир.

Такризчилар

1. Ғ.С. Саттаров – Навоий кон металлургия комбинати Марказий илмий тадқиқот лабораторияси бошлиғи, т.ф.д., профессор.

2. А.С. Хасанов – Навоий давлат кончилик институти Олмалик кон-металлургия факультети декани, т.ф.н., доцент.

КИРИШ

Қурилиш материаллари, ёқилғи, кимёвий моддалар ва металлларни олиш манбаи фойдали қазилмалар ҳисобланади. Фойдали қазилма деб, фан ва техниканинг ҳозирги замон тараққиёти даражасида табиий ёки бирламчи ишлов берилгандан сўнг халқ хўжалигида фойдаланиш мумкин бўлиб, ноорганик ёки органик келиб чиқишга эга бўлган табиий минерал ҳам ашёга айтилади.

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

- металл рудалар: қора, рангли, ноёб, нодир ва бошқа металллар олиш учун фойдаланиладиган фойдали қазилмалар;

- металлмаслар: 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 ашё манбаи ҳисобланади.

Қаттиқ фойдали қазилмалар таркибида фойдали ва фойдасиз (кераксиз) минераллар (тоғ жинслари) мавжуд.

Фойдали (қийматли) минераллар деб, шундай табиий минералга айтиладики, уни таркибидан керакли металлни ажратиб олиш учун фойдали қазилма қазиб олинади. Мис рудасидан мис, олтин рудасидан олтин, рух рудасидан рух минераллари фойдали минерал ҳисобланади. Асосий фойдали минераллардан ташқари рудалар таркибида йўлдош минераллар, масалан, мис рудасида олтин, кумуш, рух, кўрғошин (фойдали) ва симоб, сурьма, маргимуш минераллари (зарарли) бўлиши мумкин. Шунингдек, рангли металл рудаларида фойдасиз минераллар тоғ жинслар асоси - SiO_2 , CaCO_3 , MgCO_3 , темир ва алюминий минераллари учрайди ва улар кераксиз жинслар деб аталади.

Рудаларда фойдали минераллар миқдори фойдасиз минераллар (жинслар) миқдоридан бир неча маротаба кам бўлади. Шунинг учун фойдали қазилмадан фойдасиз жинсларнинг талай қисмини ажратиб ташлашга тўғри келади. Чунки фойдали моддаси кам бўлган ҳам ашёдан тайёр маҳсулот

(масалан, металл) олиш иқтисодий самара бермайди. Масалан, мис рудасида миснинг миқдори 0,2-1,5 фоизгача бўлади. Ваҳоланки, пирометаллургия усули билан тоза мис олиш учун миснинг ҳам ашёдаги миқдори 16 фоиздан кам бўлмаслиги керак. Қуйида металлларнинг рудалардаги ва металлургия жараёни учун ишлатиладиган бойитмалардаги талаб қилинган миқдорлари келтирилган:

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

Юқоридагилардан келиб чиқиб, фойдали қазилмаларни бойитиш ўта зарур тадбир деб айтиш мумкин.

Фойдали қазилмаларни бойитиш деб, фойдали минералларни фойдасиз жинслардан ажратиб олиш учун кондан қазиб олинган минерал ҳам ашёга берилган бирламчи ишлов бериш мажмуасига айтилади. Бойитиш технологияси бир нечта кетма-кет бажариладиган жараёнлардан иборат:

1) тайёргарлик ишлари – майдалаш, элаш ва таснифлаш, яъни минералларни бир - биридан ажратиш учун қулай ўлчамга эга бўлган заррачаларга айлантириш;

2) бойитиш жараёнлари - минералларни бир-биридан ажратиш, яъни бойитиш натижасида фойдали минералларга бой бўлган маҳсулот - бойитма таркибига, фойдасиз жинслар чиқинди таркибига ўтади. Баъзи ҳолларда оралик маҳсулот ҳам олиниб, у қайта бойитиш жараёнига юборилади;

3) ёрдамчи жараёнлар - бойитиш натижасида олинган маҳсулотларни қуриштириш (сувсизлантириш), оқова ва чиқинди сувларни зарарли аралашмалардан, ҳамда ҳавони чанглардан тозалаш ишлари киради.

Фойдали қазилмаларни бойитишнинг бир неча усуллари бор. Шулардан: оддий саралаш – заррачаларнинг ташқи кўринишига, гравитация усули - заррачалар зичликларининг ҳар хиллигига, флотация - заррачалар юзаларининг кимёвий хусусиятига, магнитли саралаш – заррачаларнинг магнит майдонида таъсирланишига, электр саралаш - заррачаларнинг электр майдонида таъсирланишига, радиометрик саралаш заррачаларнинг радиоактивлигига асосланган.

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

Табиий минералларни хоссаларига қараб бойитиш усулини танлаш, бойитиш жараёни қонуниятларини ўрганиш, таҳлил қилиш ва бойитиш жараёнинг меъёрини, шарт - шароитларини ўрганиш «Минерал зарраларни ажратиш жараёнларининг назарияси ва дастгоҳлари» фанининг вазифаси ҳисобланади.

БИРИНЧИ БЎЛИМ

МИНЕРАЛЛАРНИ ГРАВИТАЦИЯ УСУЛИ БИЛАН САРАЛАШ ЖАРАЁНЛАРИ НАЗАРИЯСИ

1. Умумий тушунчалар

Гравитация усули билан бойитиш (саралаш) асосан заррачаларнинг оғирлик кучи таъсирида маълум муҳитда ҳар хил тезлик билан ҳаракатланишига асосланган. Бу усул, бойитиш усуллари ичида энг қадимгиси ҳисобланади.

Одамзот биринчи бўлиб дарё қумларидан олтинни ювиб олишни ўрганганлар. Бу эса гравитация усулига киради. Гравитацион бойитишнинг принциплари (тамойиллари) одамларга 2 минг йил олдин маълум бўлган ва биринчи бўлиб Плиний, кейинроқ Агрикола томонидан ёзма равишда баён этилган. Вақт ўтиши билан бу усул такомиллашиб борган, унумдорликни ошириш учун ҳар хил мосламалар, қурилмалар ихтиро қилинган. Эрамиздан аввалги V асрлардаёқ (Геродот замонида) Сочма конларни бойитишда шлюзлар, бутаралар ишлатилган.

Гравитацион бойитишнинг энг ривожланиш даври XIX аср охири ва XX асрнинг ўрталарига тўғри келади. Бу даврда ҳозирги замон гравитация усулини назарияси шаклланади, жуда кўп янги аппаратлар яратилади. Ҳозирги вақтда гравитация усули дунёнинг барча бойитиш фабрикаларида фойдаланилади. Бунга сабаб, усулнинг соддалиги, камхаржлиги, унумдорлигининг юқорилигидир.

Юқорида айтилганидек, гравитация усули ажралаётган заррачалар зичликларнинг фарқига асосланган.

Гравитация усули билан бойитишда маълум катталиқдаги ҳар хил зичликка эга бўлган заррачалар муҳитда (ҳаволи, сувли) ҳаракат қиладилар. Заррачаларнинг муҳитда ҳаракатланиш қонуниятларини механика гидравлика, физика қонунлари ҳамда гидродинамика ва аэродинамикаларнинг асосий назариялари орқали тушунтирилади. Баъзи бир ҳолларда статистик физика ва эҳтимоллар назарияларидан фойдаланилади.

Гравитацион бойитиш усуллари ягона бир системага бирлаштириш, классификациялаш (таснифлаш) қийин. Кўпинча, ишлатиладиган дастгоҳлар турига қараб, муҳитга ва бошқа тамойилларга асосланиб синфларга ажратиш мумкин, масалан:

1. Гравитацион бойитиш муҳиtida қатламланиш қуйидагича бўлади: гидравлик, пневматик, оғир суюқлик, электролит муҳитларда.

2. Қия текисликда ҳаракатланаётган суюқликда ажралиш: новда, шлюзда, концентрацион столда, винтли сепараторда бойитиш ва ҳоказо.

1.1. Қаттиқ жисм ва муҳитнинг хоссалари.

Ҳозирги вақтда табиатда уч мингга яқин минерал борлиги маълум бўлиб, шулардан 250 таси гравитация усули билан бойитиш жараёнида қатнашади. Юқорида айтилганидек, гравитация заррачаларнинг зичлиги, шакли ва ўлчамлари турли бўлиб, муҳитда ҳар хил тезлик билан ҳаракатланиши қонуниятига асосланган бойитиш усулидир.

Шунинг учун, зичлик, шакл, заррача ўлчами ва муҳит хоссалари деган тушунчалар билан танишиб чиқамиз.

Қаттиқ заррача хоссалари.

Заррачанинг зичлиги деб, унинг массасини (m) ҳажмига нисбатига айтилади ва δ - ҳарфи билан белгиланади:

$$\delta = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3. \quad (1.1)$$

Бу ерда: m - заррачанинг массаси, кг;

V - заррачанинг ҳажми, м^3 .

Заррачаларнинг катталиги унинг геометрик ўлчами билан белгиланади. Ҳисоб-китобларни соддалаштириш учун зарра шаклини инобатга олинмаган ҳолда, «эквивалент диаметр» деган тушунча киритилган:

$$V = \frac{\pi d^3}{6} \quad (1.2)$$

$$d_y = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi\delta}} = 1.24 \sqrt[3]{\frac{m}{\delta}} \quad (1.3)$$

Минералларнинг зичликлари 1300-19300 кг/м³ атрофида бўлади (1.1-жадвал).

1.1-жадвал

Минералларнинг зичликлари

Минерал	Кимёвий ифодаси	Зичлиги, кг/м ³	Фойдали модда	Фойдали модданинг миқдори, %
Олтин	Au	19300	Олтин	100
Галенит	PbS	7400-7600	Кўрғошин	86,6
Молибденит	MoS ₂	4300-5000	Молибден	59,94
Магнетит	Fe ₃ S ₂	4500-5300	Темир	72,4
Пирит	FeS ₂	4900-5200	Темир	46,55
Кварц	SiO ₂	2650	Кремний	46,7
Кальций	CaCO ₃	2700	СаО	56
Магнезит	MgCO ₃	3000	MgO	47,6
Кўмир	C	1300-1800	Углерод	-

Зарра шакли ҳар хил бўлиб, у минералнинг табиатига боғлиқ. Ҳисоблашлар учун шакл коэффиценти деган тушунча киритилган:

$$\varphi = \frac{S_m}{S} = \frac{4,87V^{2/3}}{S}. \quad (1.4)$$

Бу ерда, φ - шакл коэффиценти;

S_m - шарнинг юзаси;

S - нотўғри шаклли заррача юзаси.

Қуйида шакл коэффицентининг қиймати келтирилган:

Шарсимон..... 1,0;

Юмалоқроқ..... 0,8-0,9;

Бурчакли..... 0,7-0,8;

Ялпоқ..... 0,6-0,7.

Муҳитнинг хоссалари

Гравитация усули билан бойитишда муҳит вазифасини ҳаво, сув, оғир суюқлик, суспензия (лойка) электр ёки магнит майдонига жойлаштирилган суюқ электролит ўташи мумкин. Бойитишда муҳитнинг қуйидаги хоссалари аҳамиятга молик:

зичлиги, қовушқоқлиги, ҳаракатланаётган жисмга қаршилиги ва барқарорлиги.

Юқорида келтирилган муҳит хоссалари унда ажралиётган заррачалар ҳаракатига катта таъсир қилади. Шунинг учун уларнинг қийматлари бойитиш дастгоҳларини ҳисоблашда инобатга олинади.

Муҳитнинг зичлиги деб, муҳит массасини, унинг ҳажмига нисбатига айтилади.

$$\Delta = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3 \quad (1.5)$$

Маълумки, оғирлик билан масса ўзаро $m \cdot g = G$ нисбатига эга. Тенгламани иккала қисмини ҳажмига бўлсак қуйидаги ифодани оламиз:

$$\Delta g = \rho \quad (1.6)$$

Бу ерда: G - муҳитнинг оғирлиги, кг

g - эркин тушиш тезланиши, $9,81 \text{ м/с}^2$

ρ - муҳитнинг солиштирма оғирлиги, кг/м^3

Бу зичлик билан солиштирма оғирлик ўзаро боғлиқ эканлигини кўрсатади. Сувнинг зичлиги 20°C ҳароратда 1000 кг/м^3 , ҳавонинг зичлиги - $1,23 \text{ кг/м}^3$ га тенг. 1.2- жадвалда бойитиш жараёнида ишлатиладиган баъзи бир оғир суюқликларни тавсифи келтирилган.

Оғир суюқликлардан ZnCl_2 , CaCl_2 , бромофром, Тула ва Клерчи суюқликларни саноатда кўпроқ қўлланилади.

Оғир суюқликларни (оғирлаштиргичларни) эритмадаги концентрацияларни ўзгартириб муҳит зичлигини ўзгартириш мумкин, масалан:

Бромофром миқдори,	100	75	50	25
ҳажмий фоиз ҳисобида				
Эритманинг зичлиги	2890	2430	1890	1320

Суспензия (лойқа) нинг зичлиги оғирлаштиргичнинг зичлиги ва унинг суспензиядаги ҳажмий миқдорига боғлиқ. Бу катталикларни ўзаро боғлиқлигини қуйидаги мулоҳаза юритиш билан аниқлаш мумкин.

Қуйидаги белгилашларни қабул қиламиз:

V_c - суспензиянинг ҳажми, $V_c = 1 \text{ м}^3$;

Δ - суспензиянинг зичлиги, кг/м³;

V_T - суспензиядаги оғирлаштиргични ҳажмий миқдори;

δ - оғирлаштиргични зичлиги, кг/м³;

$V_C - V_T$ - суспензиядаги сувнинг ҳажм миқдори;

Δ_c - сувнинг зичлиги, 1000 кг/м³.

Қуйидаги тенгламани ёзишимиз мумкин:

$$V_C \Delta = V_T \delta + (V_C - V_T) \Delta_c,$$

бундан

$$\Delta = V_T \delta + (1 - V_T) 1000;$$

$$V_T = \frac{\Delta - 1000}{\delta - 1000} \quad (1.7)$$

1.2-жадвал

Оғирлик суюқликлари тавсифи

Суюқлик	Кимёвий ифодаси	Зичлиги, кг/м ³	Сувдаги эрувчанлиги
Цинк хлориди	ZnCl ₂	2500	Эрийди
Кальций хлориди	CaCl ₂	2500	Эрийди
Бромофром	CHBr ₃	2890	Эрийди
Тўла суюқлиги	CH ₂ (COOTl) ₂	3170	Эрийди
Клерчи суюқлиги	HCOOTl	4250	Эрийди

Ҳажм бирлигида суспензиядаги оғирлаштиргичнинг миқдори

$$C = V_T \delta = \frac{\Delta - 1000}{\delta - 1000} \delta \quad (1.8)$$

Суспензиядаги оғирлаштиргични масса бўйича концентрацияси қуйидагича:

$$q = V_T \delta = \frac{\Delta - 1000}{\delta - 1000} \cdot \delta \quad (1.9)$$

Берилган ҳажмда суспензия тайёрлаш учун керак бўлган оғирлаштиргични миқдори:

$$Q = W V_T \delta = W \frac{\Delta - 1000}{\delta - 1000} \delta \quad (1.10)$$

бу ерда, W-суспензия ҳажми.

Амалда кўмирни бойитиш учун тайёрлашда магнетит бойитмаси ($\delta_T=4400$), рудаларни бойитиш учун эса ферросилиций ($\delta_T=6800$) ишлатилади.

Суюқ муҳитни зичлигини ошириш учун элетр токидан фойдаланилса ҳам бўлади. Чунки, магнит ва элетр майдонларига ўрнатилган электролитнинг зичлиги магнит ва элетр токининг параметрларига боғлиқ бўлади. Бунинг учун магнитогидродинамик курилмасидан фойдаланилади.

Зичликлари ҳар хил бўлган заррачаларни бир-биридан ажратиш учун амалда «МГД-сепарация» курилмасидан фойдаланилади (1.1-расм).

Курилма диэлектрик материалдан ясалган N ва S кутбли идиш (1), элетр токига уланган металл элетрод (2, 3) лардан иборат.

Элетродлар токка уланганда электролит орқали ток ўта бошлайди ва магнит майдони билан ўзаро таъсирланади. Бу куч қуйидагича ифодаланади:

$$F = B I l,$$

бу ерда, B – кутблар оралиғидаги магнит майдонини индукцияси;

I – элетролит орқали ўтадиган ток, А;

l – элетродлар орасидаги масофа, мм.

Электролитнинг элементар ҳажмига таъсир қилаётган электромагнит кучи, пастга йўналган:

$$dF = B j l dS$$

бу ерда: j – электролитдаги ток зичлиги;

dS – электролитни элементар қирқими;

$l dS$ – электролитнинг элементар ҳажми.

У ҳолда, $Bj = dF / l dS$.

Бу ифодани электромагнит ҳажмий кучини билдиради. Шу берилган кесимнинг ўзида пастга йўналган электролитнинг оғирлик кучи G таъсир қилади.

Шундай қилиб, электролитни пастки қатламида (1.1-расм) оғирлик кучи билан аниқланадиган босим p_0 ва электромагнит ҳисобига ҳосил бўлган босим p_3 иш олиб боради. У ҳолда

электродитга таъсир қилаётган умумий босим қуйидаги кўринишда бўлади:

$$p = p_o + p_э.$$

h баландликдаги таъсир қилаётган кучлар шартли равишда зичлик деб номланадиган катталиқ билан белгиланади:

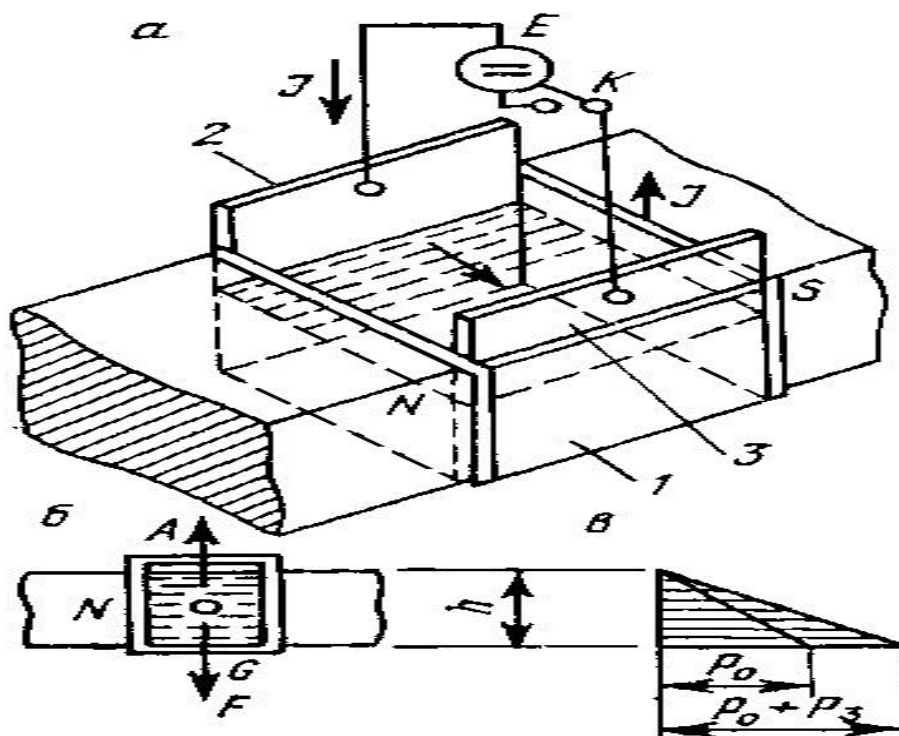
$$p/h = p_o/h + p_э/h$$

ёки

$$\Delta_p = \Delta_o + \Delta_э \quad (1.11)$$

Ҳажмий электромагнит кучи (Bj) ва оғирлик кучи (G) қўшилганда электродитни зичлиги Δ_o электромагнит кучлар таъсиридан келтирилган зичлик $\Delta_э$ катталигига ошади ва заррачанинг ажралиш ажралиш зичлиги Δ_p муҳитида ўтади.

Электромагнит кучининг йўналиши электртокнинг йўналишига боғлиқ. Агар, токнинг йўналишини ўзгартирсак, электромагнит F юқорига йўналган бўлади:



1-1-расм. Гидродинамик қурилма: а-қурилма схемаси; б-минерал заррачага таъсир қилаётган куч схемаси; в- баландлиги бўйича электродит қатламига таъсир этаётган куч динамикаси; А- итарувчи куч; В – оғирлик кучи; F-электромагнит кучи

$$\Delta_p = \Delta_0 - \Delta_3. \quad (1.12)$$

Агар, $\Delta_0 = \Delta_3$, $\Delta_p = 0$, у ҳолда электролит муаллақ бўлиб қолади. Электр кучини ошириб, ёки камайтириб, ёки токнинг йўналишини ўзгартириш йўли билан электролитнинг зичлигини хоҳлаганча ўзгартириш мумкин. Бу эса магнитогидродинамик саралаш усулини устуворлигини кўрсатади.

Муҳитнинг қовушқоқлиги – деб ҳаракатланаётган суюқлик қатламларини ўзаро ички ишқаланиш кучига айтилади.

Ньютон қонунига асосан, нисбатан ҳар-хил тезлик билан ҳаракатланаётган суюқлик қатламларининг бир-бирига кўрсатаётган таъсир (ишқаланиш) кучи, уларнинг нисбий тезлигига, тегиб турган қирқим юзасига тўғри мутаносиб ва суюқликнинг табиатига боғлиқ бўлиб, босимга боғлиқ бўлмайди, яъни:

$$T = S\mu \frac{du}{dh}, \quad (1.13)$$

бу ерда, T – ички ишқаланиш кучи;

S – тегиб турган қатламлар юзаси;

μ - қовушқоқлик коэффиценти

du - қатламлар тезликларининг фарқи

dh - қатламлар марказлари оралиғидаги масофа;

du/dh – тезлик градиенти

Қовушқоқлик фақат ҳаракатланаётган суюқликлардагина мавжуд. Тинч турган муҳитда қовушқоқлик бўлмайди. Шунинг учун ҳам μ – ни динамик қовушқоқлик коэффиценти дейилади. Унинг ўлчов бирлиги СИ системасида Па·с билан ўлчанади. 1.3-жадвалда бир нечта қовушқоқликнинг динамик коэффицентлари келтирилган.

Гидравликада кўпинча қовушқоқликни «Кинематик коэффиценти» деган атама қўлланилади ва у муҳит қовушқоқлиги динамик коэффицентини муҳит зичлиги нисбатига тенг:

$$\gamma = \frac{\mu}{\Delta}. \quad (1.14)$$

Табиатда Ньютон қонунига бўйсунмайдиган муҳитлар бўлади. Бунга суспензия (лойқа) деб аталувчи, коллоид эритмалар, эмульсиялар киради. Бундай муҳит ҳаракатсиз турганда ҳам қовушқоқликка эга. Коллоид эритмалар ва эмульсияларда ўта майда қаттиқ заррачалар бир-бири билан тортишиш кучига, маълум тузилишига (структурага) эга бўлиб эритмада муаллақ ҳолда тенг тарқалган бўлади. Аммо вақт ўтиши билан қаттиқ заррачалар аста-секин бир-бири билан қўшилишиб пастга қараб чўка бошлашади. Муҳитни юқори қисми тиниб боради, пастки қисми қуюқлашади ва муҳит баландлиги бўйича зичлиги ўзгариб боради.

1.3-жадвал

Муҳит қовушқоқлигининг динамик коэффицентлари

Муҳит	Ҳарорат, °C	M, Па·с
Ҳаво	20	0,00002
Сув	20	0,00101
Керосин	18	0,0025
Нефть (енгил)	18	0,025
Нефть (оғир)	18	0,14
Суркаш мойи	20	0,172
Глицерин	20	0,87

Суспензиянинг қатлам бўйича берилган зичлигини сақлаб туриш қобилиятига суспензияни барқарорлиги деб аталади.

Суспензиянинг барқарорлигини ошириш учун унга тупроқ, жуда майда заррачали оғирлатгичлар, ёки суюқ шиша, олтингугурт алюминатлар (0,001-0,5%) қўшилади.

Фракцион таҳлил (зичликлари бўйича гуруҳларга ажратиш)

Фракцион таҳлил деб – фойдали қазилмани бойитишга мойиллик тавсифини аниқлаш учун ундаги ҳар-хил зичликка эга бўлган заррачаларни гуруҳларга (фракция) ажратишга айтилади.

Бойитишга мойиллик тавсифи (характеристика) деб фойдали қазилмалардаги ҳар-хил зичликка эга бўлган заррачалар гуруҳини сифат ва миқдорий нисбатига айтилади.

Фракцион таҳлил ҳар-хил катталиқдаги заррачалар билан олиб борилиши мумкин.

Муҳит қилиб – минерал тузларнинг сувдаги эритмаси, органик суюқлик, суспензия ишлатилади.

Фойдали қазилмалар заррачаларнинг ўлчами 1мм дан юқори бўлган фракцион таҳлил статик шароитда 1 мм-дан кичик бўлса, динамик усулда (ценрафугада ИЭ-3) олиб борилади.

Кўмирни фракцион таҳлил қилиш учун заррача ўлчамига қараб қуйидаги миқдорда наъмуна олинади.

Энг катта заррача ўлчами, мм	100	50	25	13	6,3	1	0,5
Наъмуна миқдори, кг	100	50	25	13	6,3	1	0,5

Ҳар бир наъмуна таҳлил қилишдан олдин тешикчалар диаметри 0,5 мм бўлган элақда ювилади, бунда майда заррачалар (шлам) чиқариб ташланади. Кўпинча таҳлил қилиш учун қуйидаги зичликка эга бўлган суюқлик ишлатилади.

1300, 1400, 1500, 1600, 1800, камроқ 2000, 2200 кг/м³

Рудаларни таҳлил қилиш учун эса 2400, 2700, 3000, 3300, 3500, 3700, 4000 кг/м³ ли суспензиялар ишлатилади.

Фракцион таҳлил қуйидагича амалга оширилади: оғир суюқлик тўлдирилган идишларга навбатма-навбат 10 кг дан озроқ намуна солинган таги тешик (ø 0,5 мм) бочка туширилади ва юқорида сузиб юрган заррачалар гуруҳи капгир билан сузиб олинади(1.2- расм).

Фракциялар сув билан ювиб қурилади, тортилади ва кимёвий таҳлил қилинади, жадвал тузилади ва график қурилади.

Рудаларни бойитишда «бойитиш самарадорлиги» деган тушунча бўлиб, у қуйидаги тенглама билан аниқланади:

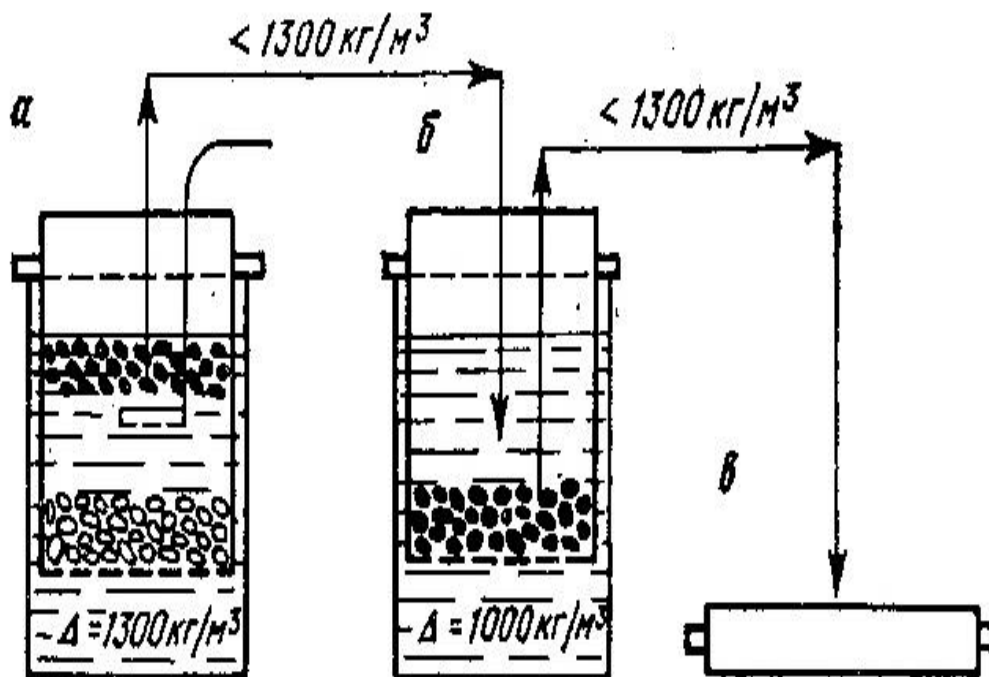
$$E = \frac{\gamma(\beta - \alpha)}{\alpha(100 - \alpha)} \cdot 100\%,$$

бу ерда, E – бойитиш самарадорлиги, %;

γ – концентратни чиқиши, %;

β - керакли моддани бойитмадаги миқдори (концентрацияси), %;

α – керакли моддани дастлабки маҳсулотдаги (рудадаги) миқдори, %.



1.2-расм. Фракцион таҳлил қилиш схемаси: а-зичлиги 1300 кг/м^3 бўлган оғир суюқлик учун идиш; б - сувли идиш; в – зичлиги 1300 кг/м^3 дан кичик бўлган маҳсулот учун идиш

1.2. Жисмларни муҳитда ҳаракатланиши.

Гравитация усули билан бойитиш дастгоҳларида минералларни саралаш минерал заррачаларни муҳитда ҳар-хил тезлик билан ҳаракатланиши ҳисобига юз беради. Заррачаларни ҳаракатланиш тезлиги уларнинг ўлчамига, шаклига, зичлигига ва муҳит хоссаларига боғлиқ. Ҳаракатланиш вақти секунд ва минутлар билан, босиб ўтган йўли эса миллиметр ва бир қанча сантиметрлар билан ўлчанади.

Заррачаларни ҳаракатланиш қонуниятлари уларни эркин ёки сиқилган шароитда ўтишини ҳисобга олган ҳолда ўрганилади. Заррачаларнинг эркин ҳаракати деб, сокин ва чегараланмаган муҳитдаги ҳаракатига айтилади. Бунда муҳитнинг ўлчами, унда ҳаракатланаётган заррача ўлчамидан 30 мартаба катта бўлиши керак. Агар муҳитнинг ўлчами заррача ўлчамига яқин бўлса ёки муҳитда бир эмас, кўп заррача ҳаракатланаётган бўлиб улар бири-бирига ҳалақит берса, унда заррача сиқилган шароитда ҳаракатланаяпти деб аталади.

Заррачанинг муҳитга нисбатан ҳаракат тезлиги қуйидаги кучлар нисбати билан аниқланади: оғирлик кучи, кўтариш (Архимед) кучи, муҳитнинг қаршилик кучи ва заррачаларнинг бир-бири билан тўқнашишидан ҳосил бўлган қаршилик кучлари. Муҳитнинг унда ҳаракатланаётган жисмга (заррачага) кўрсатган қаршилик кучи ҳаракат режимига (режимига), тезлигига боғлиқ. Икки хил (ламинар ва турбулент) режимлар бўлиб, уларнинг ўзига хос хусусиятлари бор. Ламинар режимда оқим унча катта бўлмаган тезликда ўтади ва заррача орқасида суюқлик қатламлари бир текисда қўшилади (1.3 – расм, а). Бунда қаршилик кучи суюқлик қатламларини бир-бирига нисбатан ҳаракат тезликларининг фарқи ҳисобига ҳосил бўлган ишқаланиш кучи билан ўлчанади ва миқдори жиҳатидан Стакс қонуни билан аниқланади.

$$P = 3 \pi \mu \nu d \quad (1.15)$$

бу ерда, P – суюқлик қатламларини ишқаланиши ҳисобига қаршилик кучи ёки қовушқоқлик ҳисобига ҳосил бўлган кучи;

μ – қовушқоқлик коэффиценти;

ν – заррачани ҳаракат тезлиги, м/с;

d - заррача диаметри, м.

Турбулент режим катта тезликда ўтаётган жараёнларда кузатилади. Ҳаракатланаётган заррача орқасида қуюн ҳосил бўлади (1.3-расм, б). Қуюннинг шиддати заррача тезлигига, шаклига ва юзанинг ғадир-будирлигига боғлиқ. Заррача орқасида босим камаяди. Турбулент режимда ҳаракатланаётган заррачага муҳитни қаршилиги Ньютон қонуни билан аниқланади.

$$P_d = K F^{1/2} \nu^2 \Delta \quad (1.16)$$

бу ерда, P_d – динамик қаршилик;

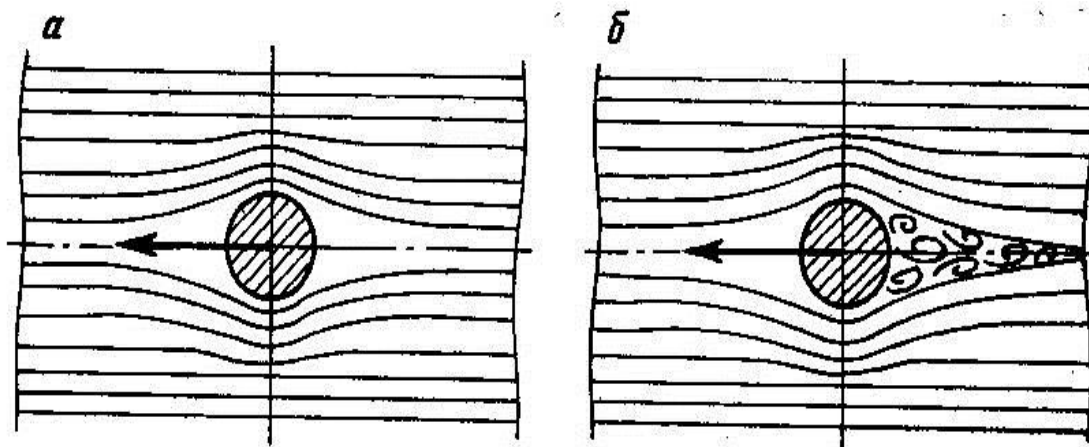
Δ - муҳитнинг зичлиги, кг/м³;

K – коэффицент, $K=0,5$;

F – жисм проекцияси юзаси, м² ($F = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$ шар учун),

у ҳолда,

$$P_d = \frac{\pi}{16} \nu^2 d^2 \Delta \quad (1.17)$$



1.3-расм. Ламинар (а) ва (б) турубелент режимда ҳаракатланаётган заррачаларнинг суюқликни ёриб ўтиш характери

Динамик қаршилик заррача диаметри 2мм.дан катта ва тезлик юқори бўлганда, қовушқоқлик эса заррачани диаметри 0,1 мм бўлганда ва кичик тезликлари кузатилади.

Қаршиликларни қайси тури жисмга кўпроқ таъсир қилаётганини қаршиликлар нисбатлари орқали аниқласа бўлади.

$$\frac{P_d}{P_b} = \frac{\pi v^2 d^2}{16 \cdot 3\pi \mu v d} = \frac{v d \Delta}{48 \mu}$$

бу ерда, $\frac{v d \Delta}{\mu} = Re$ - Рейнольдс мезони дейилади.

$$P_d > P_b \text{ да } Re > 48;$$

$$P_d < P_b \text{ да } Re < 48;$$

$$P_d = P_b \text{ да } Re = 48.$$

Муҳит қовушқоқлиги қуйидаги формуладан топилади:

$$\mu = \frac{v d \Delta}{Re}. \quad (1.18)$$

Рейнольдс мезони 1 бўлганда, суюқлик оқими ламинар режимда бўлади ва заррачага қовушқоқлик кучи қаршилик қилади. Рейнольдс мезони 1000 бўлганда, суюқлик оқими турбулент режимда бўлади ва заррачага асосан инерция кучлари таъсир қилади. Рейнольдс мезонининг оралиқ қийматларида (1÷1000) ва заррачанинг диаметри 0,1-2 мм бўлганда заррачага кўрсатилаётган муҳит қаршилигини

$$\Delta \dot{a} = \frac{10}{\sqrt{\text{Re}}} P_{\dot{a}} = \frac{5\pi}{8\sqrt{\text{Re}}} \nu^2 d^2 \Delta \quad (1.19)$$

тенглама билан аниқлашни Аллен таклиф қилган.
(1.19) тенгламага (1.17) ни қўйсак қуйидагича бўлади:

$$P_{\nu} = \frac{3\pi}{\text{Re}} \nu^2 d^2 \Delta \quad (1.20)$$

Гидродинамика қонуни бўйича заррачага кўрсатилаётган умумий қаршилик қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$P_{\nu} = \Psi \nu^2 d^2 \Delta. \quad (1.21)$$

(1.17), (1.19) ва (1.20) тенгламалардан:

$\frac{\pi}{\text{Re}} = \varphi_{\nu}$ - динамик қаршилик коэффиценти;

$\frac{3\pi}{\text{Re}} = \varphi_{\nu}$ - қовушқоқлик ҳисобига бўлган қаршилик коэффиценти;

$\frac{5\pi}{8\sqrt{\text{Re}}} = \varphi_a$ - $P_{\nu}=P_d$ бўлгандаги қаршилик коэффиценти эканлигини кўрамиз.

Жисмни сокин муҳитда ҳаракатланиш қонуниятлари

Гравитация усули билан бойитиш дастгоҳларида заррачаларни саралаш - зичликлари бўйича, массаси бўйича ва бирданига зичликлари ва массалари бўйича олиб борилади. Биринчи ва учинчи жараён кўп минералли аралашмаларни (рудаларни), иккинчи эса мономинералли фракцияларни ўлчамлари бўйича саралашда юз беради.

Умуман олганда, заррачалар бойитиш дастгоҳларида муҳитнинг динамик ва статик таъсири остида ҳаракат тезликлари фарқига асосланиб ажраладилар. Муҳитда ҳаракатланаётган заррачага оғирлик кучи, кўтариш кучи ва қаршилик кучлари таъсир этади.

Оғирлик кучи пастга йўналган бўлиб, қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$G = W\delta g \quad (1.22)$$

бу ерда W – жисмнинг ҳажми, (шар учун $W = \frac{\pi d^3}{6}$);

g - эркин тушиш тезланиши;

δ - заррача зичлиги.

Кўтариш кучи юқорига йўлланган бўлиб, қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$G_1 = W\Delta g \quad (1.23)$$

Архимед қонуни бўйича муҳитдаги жисм оғирлиги қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$G_0 = \frac{\pi d^3}{6} (\delta - \Delta) g \quad (1.24)$$

Ҳаракатсиз (сокин) муҳитда жисмнинг бошланғич тезлиги нолга тенг бўлиб, унинг тезланиши максимал қийматга эга бўлади.

Оғирлик кучи таъсирида жисмнинг тезлиги ортиб боради ва унга бўлган қаршилик ҳам мутаносиб равишда ортади. Маълум вақт (сония улушларида) ўтганда оғирлик кучи билан қаршилик тенглашиб, заррача тезланишсиз ўзгармас тезлик билан ҳаракатлана бошлайди. Буни «охирги тезлик» деб аталади.

Заррачаларнинг муҳитдаги мана шу «охирги тезлик» ларидаги фарқи саралаш жараёнини белгилайди.

Заррачаларнинг эркин ҳаракат тезлигини

- назарий тенгламалар;
- эмпирик формулалар;
- номограмма, графиклар;
- тажриба натижаларидан тузилган жадваллар ёрдамида ҳисоблаш мумкин.

Назарий тенгламалар ёрдамида ҳисоблаш қуйидагича фикрлаш асосида бажарилади.

Сокин муҳитда ҳаракатланаётган заррачанинг тезлантирувчи кучи оғирлик кучи билан қаршилик кучларининг фарқига тенг:

$$p_1 = G_0 - p$$

Бу ерда p_1 . тезлантирувчи куч

$$p_1 = m \frac{dv}{dt} = \frac{\pi d^3}{G} \delta \frac{dv}{dt}$$

ёки

$$\frac{\pi d^3}{6} \delta \frac{dv}{dt} = \frac{\pi d^3}{6} (\delta - \Delta) g - \psi v^2 d^2 \Delta,$$

бундан қуйидаги тенглик келиб чиқади:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\delta - \Delta}{\delta} g - \frac{6\psi v^2 d}{\pi d \delta} \quad (1.25)$$

Вақт ўтиши билан тезланиш $\left(\frac{dv}{dt} = 0\right)$ нолга тенглашади, у ҳолда тенглик қуйидаги кўринишга келади:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{\delta - \Delta}{\delta} g - \frac{6\psi v_0^2 \Delta}{\pi d \delta},$$

бундан,

$$v_0 = \sqrt{\frac{\pi d (\delta - \Delta) g}{6\psi \Delta}}. \quad (1.26)$$

Бу ерда, v_0 - тушишнинг охириги тезлиги.

Ламинар режимда ҳаракатланаётган заррачанинг охириги тезлиги қуйидагича бўлади:

$$\frac{\pi d^3}{6} (\delta - \Delta) g = 3\pi \mu v_0 d$$

ёки

$$v_0 = \frac{d^2 (\delta - \Delta) g}{18\mu} \quad (1.27)$$

Турбулент режимда эса, қуйидагича бўлади

$$\frac{\pi d^3}{6} (\delta - \Delta) g = \frac{\pi}{16} v_0^2 \Delta d^2,$$

ёки

$$v_0 = 1,63 \sqrt{\frac{d (\delta - \Delta) g}{\Delta}} \quad (1.28)$$

Оралик режим учун эса

$$\frac{\pi d^3}{6}(\delta - \Delta)g = \frac{5\pi}{8\sqrt{R}}\nu_0^2 d^2 \Delta$$

ёки

$$\nu_0 = 0,89d^3 \sqrt{\frac{(\delta - \Delta)^2}{\mu\Delta}} \quad (1.29)$$

билан ҳисоблаш мумкин.

Агар, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; $\Delta = 1000 \text{ кг/м}^2$; $\mu = 0,01 \text{ Н}\cdot\text{с/м}^2$ деб қабул қилинса (сув учун), у ҳолда заррачани охириги тезлиги ламинар режим учун

$$\begin{aligned} \nu_0 &= k_1 d^2 (\delta - 1000) \\ k_1 &= 554 \end{aligned} \quad (1.30)$$

турбулент режим учун

$$\begin{aligned} \nu_0 &= k_2 \sqrt{d(\delta - 1000)}, \\ k_2 &= 0,16 \end{aligned} \quad (1.31)$$

Оралик режим учун

$$\begin{aligned} \nu_0 &= K_3 d^3 \sqrt{(\sigma - 1000)^2} \\ k_3 &= 0,89/ \end{aligned} \quad (1.32)$$

тенгламалар билан аниқласа бўлади.

Муҳитда ҳаракатланаётган жисмни охириги тезликка эришиш учун кетган вақт қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$t = \frac{2,5\nu_0}{g_0} = \frac{2,5\nu_0\delta}{(\delta - \Delta)g}. \quad (1.33)$$

(1.33) тенглама (1.22) тенглама асосида топилган.

Заррачаларнинг тенг тушишлиги

Муҳитда ҳаракатланаётган, ўлчами ва зичликлари билан фарқ қилувчи кўпминералли заррачалар орасида бир хил тезлик билан ҳаракатланувчилари учрайди. Масалан: 4мм катталиққа ва 2650 кг/м^3 зичликка эга бўлган кварц зарчаси 1 мм.ли ва зичлиги 7500 кг/м^3 бўлган галенит зарчаси бир хил тезликка эга. Бундай заррачаларни гравитация усули билан бир-биридан ажратиб

бўлмайди. Бундай заррачаларни тенг тушувчилар деб аталади. Тенг тушушлик тенг тушувчанлик коэффиценти билан тавсифланиб, у енгил заррача ўлчамини оғир заррача ўлчамига нисбатига айтилади:

$$e = \frac{d_1}{d_2}, \quad (1.34)$$

бу ерда, e – тенг тушиш коэффиценти;

d_1 – енгил минералнинг ўлчами;

d_2 – оғир минералнинг ўлчами.

Бу нисбат тенг тушишлик шартига биноан, енгил заррачани тезлиги (v_1), оғир заррача тезлигига (v_2) тенг, яъни $v_1 = v_2$ деб чиқарилган тенгламадир.

(1.25) тенгламадан икки хил ўлчамли ва зичликлари ҳар хил бўлган заррачалар учун қуйидагини ёзишимиз мумкин:

$$\sqrt{\frac{\pi d_1 (\delta_1 - \Delta) g}{6 \psi_1 \Delta}} = \sqrt{\frac{\pi d_2 (\delta_2 - \Delta) g}{6 \psi_2 \Delta}}$$

ёки

$$\frac{d_1}{d_2} = \left(\frac{\delta_2}{\delta_1} - \frac{\Delta}{\Delta} \right) \frac{\psi_1}{\psi_2} = e. \quad (1.35)$$

Худди шунингдек, (1.30), (1.31) ва (1.32) тенгламалардан ламинар режим учун

$$\dot{a} = \frac{d_1}{d_2} = \sqrt{\frac{K_2 (\delta_2 - \Delta)}{K_1 (\delta_1 - \Delta)}} \quad (1.36)$$

турбулент режим учун

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \frac{k_2^2 (\delta_2 - \Delta)}{k_1^2 (\delta_1 - \Delta)}, \quad (1.37)$$

оралиқ режим учун қуйидаги тенгликларни келтириб чиқарамиз:

$$e = \frac{d_1}{d_2} = \frac{k_2}{k_1} \sqrt[3]{\frac{\delta_2 - \Delta}{\delta_1 - \Delta}} \quad (1.38)$$

Бу ерда, k_1 ва k_2 - заррачалар шаклини ҳисобга олувчи коэффицентлар. Агар $k_1 = k_2$ деб олинса юқорида келтирилган (1.36), (1.37) ва (1.38) тенгламалар янада соддалашади.

Заррачани сиқилиб ҳаракатланиши

Заррача сиқилиб ҳаракатланаётганида муҳитнинг қаршилиги жисмни «сиқилиб ҳаракатланиши» таърифига кўра, заррача деворлар билан чегараланган муҳитда ва бир ўзи эмас, кўп заррачалар билан бирга ҳаракатланади. Эркин ҳаракатланаётган заррачага таъсир қилаётган (оғирлик, қаршилиқ ва кўтариш) кучларидан ташқари унга қўшимча жуда кўп кучлар таъсир қилиш эҳтимоли бор.

Заррачаларни ўзаро таъсири (ишқаланиш, тўқнашиш кучлари) дастгоҳ деворларига ишқаланишидан ҳосил бўлган кучлар; суюқликни заррачалар орасидан ўтаётганда каналларни торайиши ҳисобига суюқлик тезлиги ошади, бу эса ўз навбатида заррачага таъсир қилувчи уринма кучларни келтириб чиқаради; бойитиш дастгоҳларида суюқликнинг ҳаракат тезлиги қирқим юзаси бўйича бир хил эмаслиги (ўртасида юқори чеккада секинроқ) қуюн ҳаракатни келтириб чиқаради, бу эса заррача ҳаракат йўналишини ўзгартиради. Бундан ташқари, суюқликни ҳаракат йўналиши дастгоҳ ўртасида юқorigа, девор олди жойларида эса пастга йўналган бўлиб, заррачаларни циркуляцион (айланма) ҳаракатни келтириб чиқаради ва тартибли оқим структурасини бузиб юборади.

Юқорида айтилган ҳодисалар, заррачага таъсир қилаётган кучлар сонини ва характерини ўзгартириб юборади. Бу кучларни жисмга қанчалик таъсир этишини назарий исботлаб берувчи математик тенгламалар ишлаб чиқиш жуда қийин. Шунинг учун олимлар кўпроқ тажриба натижаларига асосланиб, жуда кўп тенгламалар таклиф этганлар. Бунинг учун жараённи модели сифатида

- зич, ғовак заррачалар қатлаמידан суюқликни филтрланиши;

- деформацияланувчи заррачалар қатлаמידан суюқликни филтрланиши;

- концентрацияси юқори бўлган гидровзвесдан (бўтанадаги суюқлик билан унда муаллақ ҳаракатланаётган қаттиқ заррачалар аралашмаси) кўплаб минерал заррачаларни бирга чўкиш жараёни деб қаралган.

Гидровзвес ҳолатини белгиловчи ғоваклик коэффициенти деган тушунча киритилган:

$$\theta = \frac{W - W_K}{W} = \frac{W_C}{W_C + W_K} \quad (1.39)$$

Бу ерда, θ - ғоваклик коэффициенти;

W - бўтананинг умумий ҳажми;

W_C - бўтанадаги суюқликнинг ҳажми;

W_T - бўтанадаги қаттиқ фазанинг ҳажми.

Тенглама таҳлил килинса, $\theta < 1$ эканлигини кўрамыз.

Ишлаб чиқилган математик тенгламалар орасида кўп факторли, мураккаблари (Б.В. Кизивальтер ва бошқалар) ва соддалари (Ханкок, Финкей) ҳам учрайди.

Сиқилиб тушаётган заррачани тезлигини аниқлаш учун Ханкок

$$v_{СК} = v_0 \theta_2 \text{ ни;}$$

Финкей эса, (трубада ҳаракатланаётган шар учун)

$$v_{СК} = v_0 \theta \text{ ни;}$$

тенгламани таклиф қилганлар.

Бу ерда, v_0 —эркин тушиш тезлиги, агар $\theta=1$ бўлса $v_{СК} = v_0$ бўлади.

Демак, жисмни сиқилиб тушиш тезлиги эркин тушиш тезлигидан кичик экан. Бу эса, тенг тушишлик коэффициентига тузатишлар киритишни тақозо қилади. Чунки зичлиги юқори бўлган муҳит енгил, ўлчами катта жисмга кўпроқ, оғир, ўлчами кичик жисмга нисбатан озроқ таъсир қилади ва тенг тушишлик коэффициентини катталашшишига олиб келади.

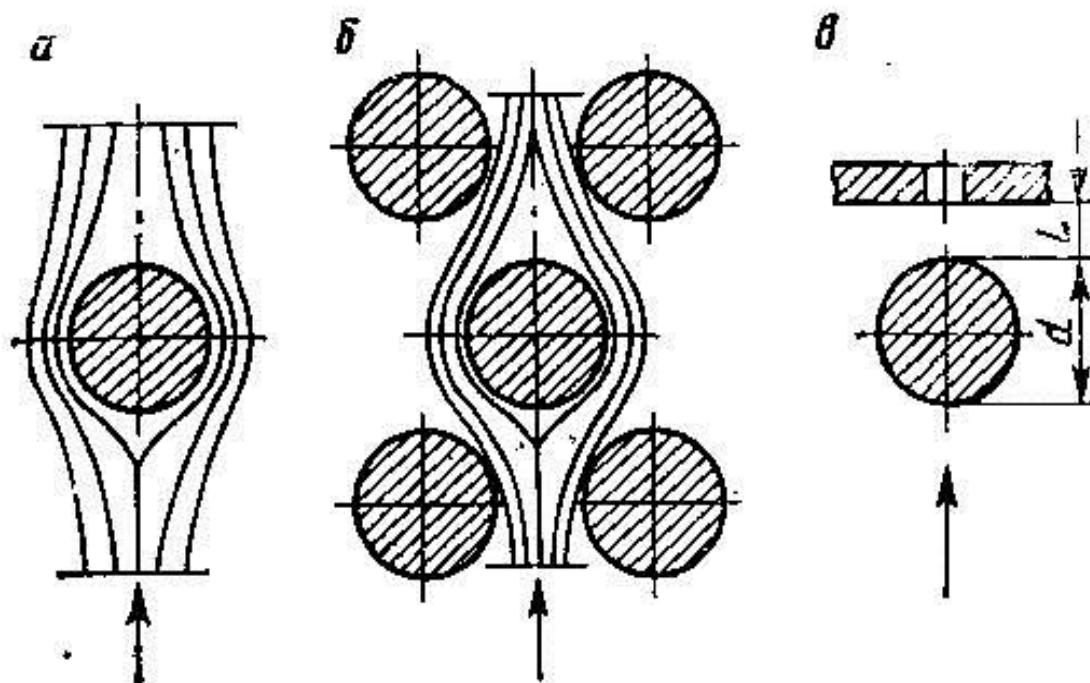
А.М. Годэн сиқилиб тушиш шароитида заррачаларни тенг тушишлик коэффициентини аниқлаш учун

$$e = \left(\frac{\delta_2 - \sigma}{\delta_1 - \sigma} \right)^n \quad (1.40)$$

тенгламани таклиф қилган.

Бу ерда, n -даража кўрсаткичи, заррачалар ўлчамига боғлиқ бўлиб 0,5 дан 1 гача, кичик ($d < 0,1$ мм) заррачалар учун катта қийматни, ($d > 2$ мм) заррачалар учун кичик қиймат қабул қилинади;

σ – муҳитнинг шартли зичлиги.



1.4-расм. Цилиндрларни суюқликни ёриб ўтиш схемаси:
а-эркин шароитда; б-сиқилган шароитда ўтиши

Тенг тушишлик коэффициентининг қиймат катталигини кўп металл рудаларни гидравлик ва пневматик усул билан таснифлашда катта аҳамият касб этади. Чунки у ерда тенг тушувчи заррачалар синфи ажратилади. 1.4-жадвалда Р.Ричардс тадқиқотлари бўйича оғир минераллар ва кварц заррачаларни эркин ва сиқилиб тушиш шароитида тенг тушишлик коэффициентлари келтирилган.

1.4-жадвал

Минералларни эркин ва сиқилиб тушиш шароитидаги тенг тушишлик коэффициентлари (кварцга нисбатан)

Минерал	Тенг тушишлик коэффициенти	
	эркин тушиш	сиқилиб тушиш
Кўрғошин сульфиди	3,75	5,842
Вольфрамит	3,26	5,155
Касситерит	3,12	4,698
Арсенопирит	2,44	3,737
Пирротин	2,08	2,808
Рух сульфиди	1,56	2,127

1.2. Фойдали қазилмаларни гидравлик таснифлаш

Заррачаларни гидравлик таснифлаш бойитиш жараёни бўлмай, у ёрдамчи жараён ҳисобланиб, фойдали қазилмаларни бойитишга тайёрлашдир.

Гидравлик таснифлаш – минерал заррачаларни зичликлари ва ўлчамларига қараб сувда тушиш тезликларининг фарқи ҳисобига синфларга ажратиш жараёнидир. Агар муҳит ҳаво бўлса жараёни пневматик таснифлаш дейилади.

Гидравлик таснифлаш жараёни гравитацион заррачаларга кўрсатаётган муҳитнинг ва заррачаларни бир-бири билан тўқнашиш ҳисобига ҳосил бўлган қаршилиқ кучлари ҳамда инерция кучлари натижасида заррача йўналишининг ўзгаришига асосланган.

Гидравлик таснифлаш жараёнида ўлчамлари ҳар хил бўлган икки ёки бир нечта маҳсулот олиш мумкин. Зичликлари ҳар хил бўлган минерал заррачалар бўлса ҳар бир маҳсулотда оғир кичик заррача ва енгил катта заррача (тенг тушишлиқ коэффицентига мутаносиб равишда) бўлиши мумкин (элаш жараёнидан фарқли).

Зичликлари катта фарқ қиладиган минераллар бўлган рудаларни гидравлик таснифлаш унчалик самара бермайди. Чунки майда кичик заррача катта йирик заррача билан бирга қайта-қайта майдалаш дастгоҳи – тегирмонга жўнатилаверади.

Таснифлаш жараёни сувли муҳитда ўтказиладиган дастгоҳлар таснифлагичлар (классификаторлар) деб, агар жараён ҳаволи муҳитда олиб бориладиган дастгоҳлар – саралагичлар (сепараторлар) деб аталади.

Таснифлаш бир қарашда оддий қонуниятларга бўйсунди, яъни тик (вертикал) қувурда сув оқими юқорига маълум тезлик « u » билан заррачалар эса « v_c » тезлик билан ҳаракатланади. Заррачаларнинг қувур деворига нисбатан ҳаракат тезлиги эса сув билан заррачанинг сиқилиб тушиш тезлиги фарқларига тенг:

$$v_c = u - v_c \quad (1.41)$$

Агар, $v_c > u$ бўлган заррачалар синфи сув тубида тўпланиши, $v_c < u$, заррачалар эса сув оқими билан юқорига кўтарилиб қувурдан чиқиб кетиши керак.

Амалда эса, енгил кичик заррачалар йирик заррачалар билан, оғир йирик заррачалар майда заррачалар билан қисман бўлса ҳам «ифлосланган» бўлади. Бунга сабаб, жараён мураккаб кучлар таъсирида ўтади. Масалан: пастга қараб тез ҳаракат қилаётган заррача секин ҳаракатланаётган заррачага урилиб, уни тезлигини оширади; бир нечта заррача ўзаро ёпишиб олиб бирга ҳаракат қилиши мумкин; қувурда ҳосил бўлган қуюн заррачаларни ҳаракат йўналишини ўзгартириб юборади ва ҳоказо.

Таснифлашни самарадорлиги деб, ҳисобланган (мўлжалланган) кичик ўлчамли заррачалар синфини сливга ўтиш даражасидан, шу синфга ўтган йирик заррачаларни ажралиш даражасини айирмасига айтилади.

$$E = \varepsilon_- - \varepsilon_+ \quad (1.42)$$

Амалда таснифлаш самарадорлигини Ханкок ва Люйкен таклиф қилган тенглама билан аниқланади.

$$A = \frac{\varepsilon - \gamma}{\varepsilon_{\max} - \gamma_{\max}} \quad (1.43)$$

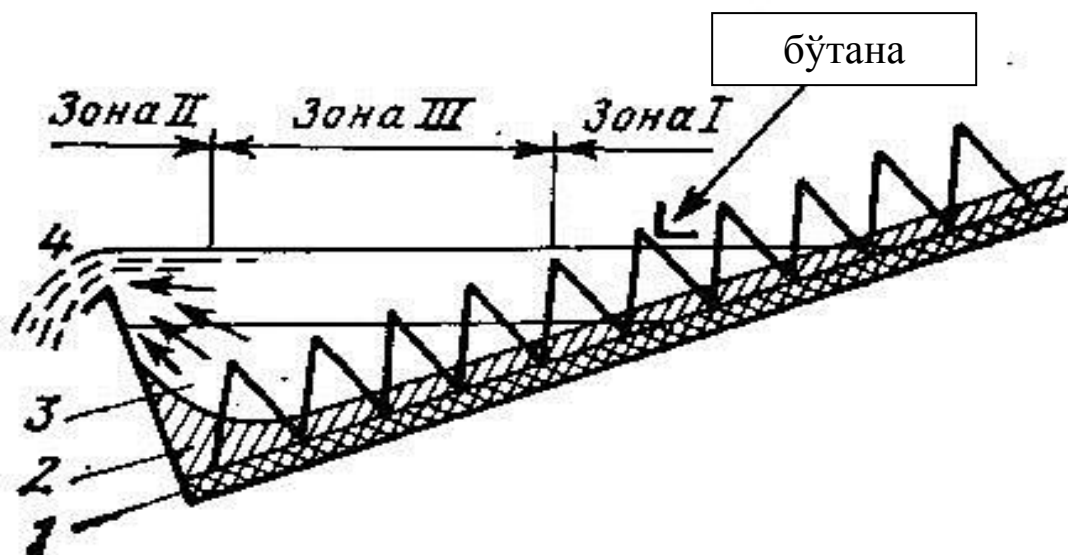
$\varepsilon_- - \gamma_-$ – амалдаги натижа: $\varepsilon_{\max} - \gamma_{\max}$ – назарий натижа
 $\varepsilon_{\max} = 1, \gamma_{\max} = \alpha$ – шу ўлчамга мансуб синфни дастлабки рудадаги миқдори. Бундан,

$$E = \frac{\varepsilon - \gamma}{1 - \alpha} \quad (1.44)$$

Умуман олганда, унумдорлиги кам, суюқ бўтанада ва рудада оралиқ ўлчамли заррачалар кам бўлса таснифлаш самараси юқори бўлади.

1.2.1. Механик таснифлагичлар

Механик таснифлагичлар ярим доира шаклидаги тоғарадан ва унинг ичига ўрнатилган шнек (спирал)дан иборат. Шнек айланиши йирик заррачаларни юқorigа суриб бориб таснифлагичдан чиқариб юборишга хизмат қилади.



1.5-расм. Механик таснифлагични ишлаш схемаси:
1-таглик; 2- кумлар; 3- майда заррачалар қатлами; 4- слив

Механик таснифлагичлар $16-18^0$ қиялик билан ўрнатилади. Тегирмондан чиқаётган бўтана таснифлагичнинг ўрта қисмига берилади. Спиралли таснифлагичда бўтанани баландлиги бўйича 4 та қатламга бўлиш мумкин:

1 қатлам – тоғара тагига чўкиб қолган зичлиги юқори бўлган заррачалар ва темир қириндилардан иборат бўлиб, зич жойлашган. Тоғарани механик емирилишдан сақлайди.

2 қатлам – чўкмага тушган йирик заррачалар қатлами бўлиб, спирал айланишидан узлуксиз юқорига қараб ҳаракатда бўлади.

3 қатлам – муаллақ сузувчи қаттиқ заррачаларга бой, доимий ҳаракатдаги бўтана қатлами;

4 қатлам – таснифлагичнинг бўтанани чиқариш остонасига қараб юқорига ва горизонтал ҳаракатланувчи бўтана оқими қатлами.

Таснифлагични узунлиги бўйича учта минтақага (зонага) бўлиш мумкин:

I зона – бўтанани таснифлагичга бериш жойида бўлиб, бўтана шиддатли аралаштирилади, чуқурлиги унча катта эмас.

II зона – сливни чиқариш остонасига яқин жойлашган. горизонтал ва вертикал ҳаракатланувчи оқим бўлиб, майда заррачаларни таснифлагичдан чиқариб ташлаш жойиз.

III зона – ваннани бўтана билан тўлдирилган қисм асосини ташкил қилади. Бу зонада таснифлаш жараёни ўтади. Бўтана нисбатан сокин ҳаракатланади.

Спирали таснифлагичнинг конструкцияси ва ишлаш тамойиллари

Спиралли таснифлагичлар қия ярим цилиндр тоғарадан иборат бўлиб, металл рамага ўрнатилади. Тоғарага битта ёки иккита спирал қадалган ўқ жойлаштирилган. Спираллар кенглиги спирал диаметрини 0,1 /0,4 гача бўлган пўлат ленталардан тайёрланади. Спирални қадами унинг диаметрини ярмига тенг. Спирални ташқи қисми (емирилишдан сақлаш учун) чўян ёки юқори мустаҳкамликка эга бўлган қотишмаларнинг пластинкаси билан қопланади. Спирал қадалган ўқ подшипника мустаҳкамланади. Пастки подшипник бўтана ичида ишлайди. Шунинг учун у зич ёпилган бўлиши керак. Ўқнинг юқоридаги подшипниги цапфа ёрдамида тиралган подшипника маҳкамланади. Бу системани бузмасдан ўқнинг пастки қисмини кўтариб, спирални мослаш, таъмирлаш ишларини олиб боришга ёрдам беради. Ўқ спирал билан бирга секин айланади. Ўқни айлантирувчи (привод) тоғаранинг юқори қисмига жойлаштирилган.

Таснифлагични спирали бўтанага тўлиқ чўктирилган бўлса Майин слив, ярим чўктирилган бўлса йирик (0,2 мм) слив олиш учун ишлатилади. Спиралли таснифлагичнинг технологик курсаткичларини аниқловчи омиллар қуйидагилардир: спирал диаметри (тоғара кенглиги), тоғара узунлиги ва унинг қиялик бурчаги, слив остонасининг баландлиги, спирални айланиш тезлиги. Тоғарани кенглиги (спирал диаметри ва уларнинг сони) таснифлагични унумдорлигини аниқлайди.

Спирални узунлиги – йирик заррачаларни сувсизлантириш тезлигидан ва тегирмонни унумдорлигидан келиб чиқиб қабул қилинади. 20-25 % намликка эга бўлган маҳсулот олиш учун тоғарани «қуритиш» қисмини узунлиги 1,5-1,8 м бўлиши керак.

Қиялик бурчаги – бўтана ҳажми, чўктириш юзаси қийматини қандай слив олиш ва қайта тегирмонга юбориладиган маҳсулотнинг намлигини инобатга олиб танланади.

Слив остонаси баландлиги – майин слив олиш учун остона баланд, йирик слив олиш учун паст бўлиши керак.

Спирални айланиш тезлиги – бўтанани аралаштириш тезлиги орқали майин ва йирик слив олиш учун мослаштирилади.

Бўтанани зичлиги – асосий омиллардан бири бўлиб, сливни майин ёки йириклигини мослаш учун хизмат қилади.

Умуман олганда спирали таснифлагичларни самарадорлиги 35-65 % атрофида бўлади.

Спирали таснифлагичларни танлаш ва ҳисоблаш

Сливдаги заррачаларнинг ўлчами 0,2 мм катта (бу 0,074 мм синфни 65% тўғри келади) бўлган маҳсулот олиш учун спирали чўктирилмаган таснифлагич, майин слив олиш учун эса спирали чўктирилган таснифлагич қабул қилинади.

Таснифлагичнинг унумдорлиги қуйидагича ҳисобланади:

$$\text{Слив бўйича } Q_{\text{сл}} = m K_p K_\beta Q_{\text{базис}} \quad (1.45)$$

бу ерда, m – спираллар сони,

K_p – руда зичлигига тузатгич.

K_β – руда йириклигига тузатгич: КСН учун - $K_\beta = 1,41 + 0,023 (65 - \beta_{74})$. КСП учун - $K_\beta = 0,054 (101,8 - \beta_{44})$.

$Q_{\text{баз}} -$ базис унумдорлиги (1.5 - жадвал).

$$K_p = 1 + 0,005 (\rho - 2700) \quad (1.46)$$

бу ерда, ρ - руда зичлиги;

Таснифлагични қум бўйича унумдорлиги қуйидагича аниқланади:

$$Q_{\text{қум}} = 135 m n D^2 (\rho/2700), \text{ т/сут};$$

n – спирални айланиш тезлиги, айлана/дақиқа;

D – спирал диаметри, м.

1.5-жадвал

Таснифлагичнинг базис унумдорлиги

Таснифлагич тури	Спирал ўлчами	
	1 мм дан кичик	1 мм дан катта
КСН	$94 D^2 + 16 D$	$65,15 D^2 + 74,05 D - 27,5$
КСП	$75 D^2 + 10 D - 18$	$50 D^2 + 50 D - 18$

Гидравлик таснифлагичлар

Гидравлик таснифлагичлар ичида энг соддалари таснифлагич конуслар, ҳар хил конструкцияга эга бўлган тиндиргичлардир (1.6-расм). Таснифлагичларни бирлаштирувчи омил тузилма уларда горизонтал оқимни мавжудлигидир.

Заррачани оқимдан пастга тушиш учун (чўкишини) қуйидаги шартни бажариш керак:

$$\frac{l}{\omega} = \frac{h}{v_0 - u}, \quad (1.47)$$

бу ерда: l – таснифлагичнинг узунлиги;

u – оқимни горизонтал тезлиги;

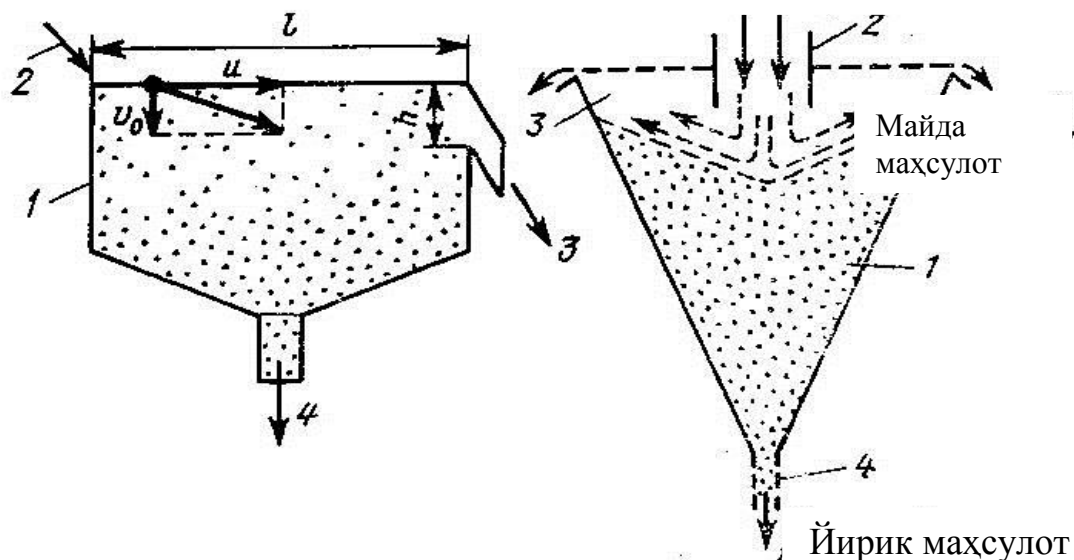
v_0 – заррачани эркин тушиш тезлиги;

h – дастгоҳга бўтанани бериш ва чиқариш жойлари баландликларини фарқи;

ω – турбулент оқим тезлигини вертикал йўналишда ташкил қилувчи тезлик.

Амалда, таснифлагич конусларни икки тури: «конусный классификатор песковый» (ККП) ва «конусный классификатор шламовый» (ККШ) деб аталувчилари кенг тарқалган. ККП – русумли таснифлагичлар донадор (-2(3) мм) материалларни

Дастлабки материал



1.6-расм. Горизонтал оқимли таснифлагични ҳаракат тамойили:

1- тиндиргич; 2-бўтананинг тушиш ери; 3 – слив; 4 – қумлар

таснифлаш учун (саралаш йириклиги 0,15 мм), ККШ русумли майинроқ (-1мм) материалларни таснифлаш учун ишлатилади.

ККП ва ККШ – таснифлагичларни конструкциялари бир хил. Улар 60-65° бурчак билан сварка қилинган конус бўлиб, учлари пастга қаратилиб металл рамага ўрнатилган. Конус асосида слив учун доира нов жойлаштирилган.

Таснифлашга тайёрланган бўтана таснифлагичнинг марказига ўрнатилган труба орқали берилади. Труба учига тўр ва оқимни тинчлантирувчи мослама ўрнатилган. Конус учида шламни (йирик заррачаларни) чиқариш учун автоматик ричаг жойлаштирилган. Таснифлагич конусларга қўшимча сув берилмайди. Уларнинг самарадорлиги унча катта эмас, унумдорлиги 2 дан 20 т/соатгача бўлиб, унумдорлиги қуйидагича аниқланади:

$$Q_c = \pi(D^2 - D\delta)v_0/4K, \text{ м}^3/\text{соат} \quad (1.48)$$

бу ерда, D – конус диаметри, м;

$D\delta$ – бўтана келадиган труба диаметри, м;

v_0 - заррача эркин тушиш тезлиги, м/с;

K – коэффициент, $K=12d-0,4$;

d – заррача диаметри, мм.

Йирик заррачаларни чиқариб юбориш учун қўйилган туйнукнинг юза майдони, м^2 .

$$F = \frac{\lambda Q_e}{C\sqrt{2gh}} \quad (1.49)$$

бу ерда, Q_k – йирик заррачалар (кум) бўйича унумдорлиги, $\text{м}^3/\text{соат}$;

C – коэффициент, $C = 0,85-0,95$;

g – эркин тушиш тезланиши;

h – таснифлагичдаги бўтана баландлиги, м;

λ – кумни оқувчанлигини ҳисобга олувчи коэффициент;

Агар бўтанада қаттиқ заррачаларни миқдори 40-60% бўлса $\lambda = 1,5$ дан 3 гача ўзгаради.

Бўтана бўйича умумий унумдорлик:

$$Q_6 = \frac{1760v_0D^2}{R - \gamma N + \frac{(1-\gamma)1000}{\rho}}, \text{ м}^3/\text{соат} \quad (1.50)$$

бу ерда, R – бўтанани суюқлиги ($K:C$)
 N - қумнинг суюқлиги ($K:C$)
 γ – қумга ўтган заррачалар миқдори, (бўтанадаги умумий
миқдоридан, улушлар ҳисобида);
 ρ – руда зичлиги, $кг/м^3$.

1.2.2. Гидроциклонларда таснифланиш

Гидроциклонлар қуюлтириш, таснифлаш ва бойитиш учун ишлатилади. Улар қуйма ёки йиғма тузилишга эга, ички девори резина ёки бошқа материал билан қопланган бўлади. Бу уни ишқаланиш ҳисобига ёйилиб кетишдан сақлайди. Гидроциклонлар цилиндр ёки конуссимон қисмлардан иборат бўлиб, бўтана келувчи ва суюқлик чиқиб кетувчи қувурлари бор. Дастгоҳнинг цилиндр қисмига насослар ёрдамида, босим остида $P = (0,5-3 \times 10 \text{ Па})$ Тангенциал берилган бўтана катта айлана тезлик билан ҳаракат қилади. Ҳосил бўлган марказдан қочма куч тасирида қаттиқ оғир ва йирик заррачалар гидроциклон деворларига бориб урилади ва унга ёпишиб қолади, сўнгра секин - аста пастга қараб сирпаниб пастга туша бошлайди. Суюқлик майда заррачалар билан (слив) солиштирма оғирлиги кичик бўлганлиги сабабли цилиндрнинг ўртасига йиғилади ва махсус қувур ёрдамида ташқарига чиқариб юборилади.

Марказдан қочма кучнинг қиймати, гравитацион кучга нисбатан ўнлаб марта катта бўлганлиги сабабли қаттиқ зарраларнинг саралаш ўлчамини кичиклаштиришга имкон беради.

Тезлаштирувчи кучлар майдонини (марказдан қочма ва гравитацион) нисбати «саралаш фактори» деб юритилади ва қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$F_c = \frac{v_t^2}{Rg} = \left(\frac{\pi R n}{30}\right)^2 \frac{1}{Rg} \approx \frac{R n^2}{900}; \quad (1.51)$$

Бу ерда, R – айланиш радиуси, м ;

n - айланиш тезлиги, айл / дақиқа ;

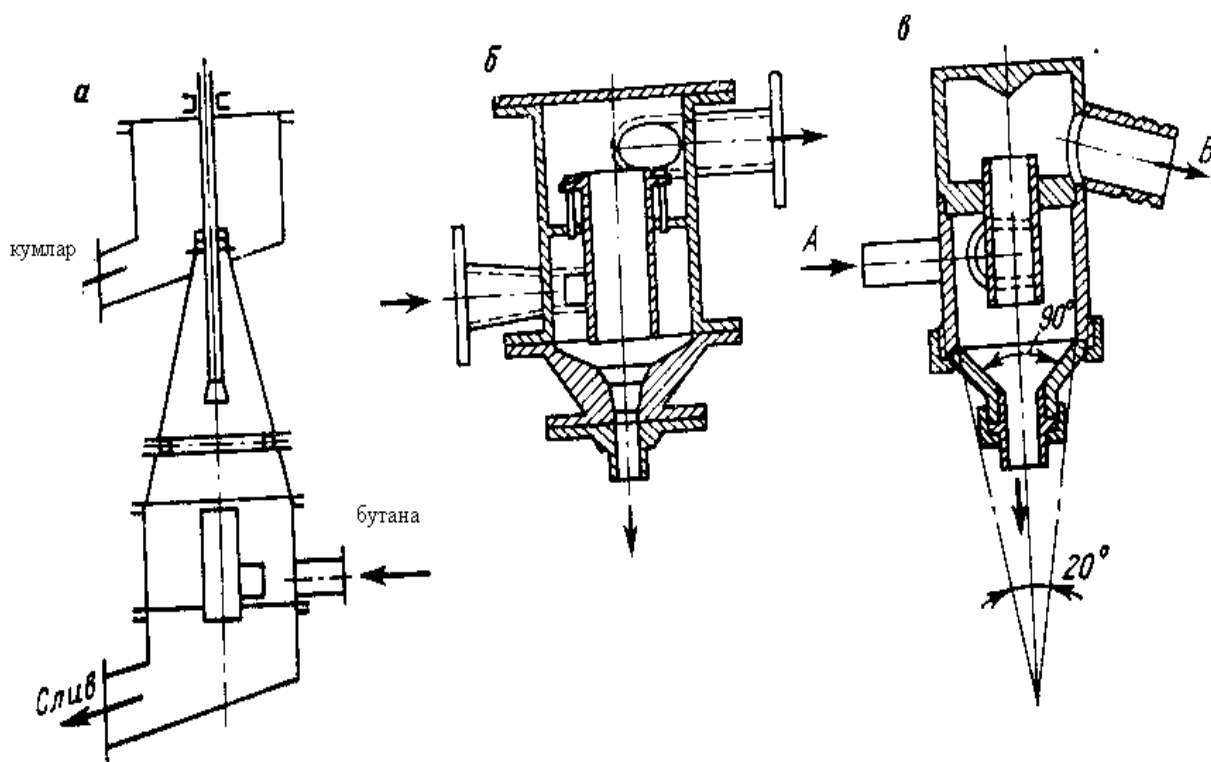
(1.51) тенгламалардан саралаш фактори айланиш сонига ва радиусига боғлиқ экан. Масалан, ўлчами 300 мкм бўлган заррага гравитацион куч билан пастга қараб қанча тезлик билан ҳаракат

қилса ўлчами 30 мкм бўлган заррача $F_c = 100$ ли майдонда радиал йўналишда, шундай тезлик билан ҳаракат қилади. Саноатда диаметри 25 мм дан 1500 мм гача бўлган гидроциклонлар ишлатилади. Энг кенг тарқалганлари 350, 500, 700 ва 1000 мм га тенг диаметрли гидроциклонлардир.

Гидроциклонларни конуссимон қисми ҳар хил қиялик остида бўлади: 10° бўлса- қуюлтириш; 20° – таснифлаш; 90° – бойитиш учун ишлатилади

Гидроциклонларни хилма – хил конструкциялари мавжуд: конусли, қиска конусли, батареяли ва х.к (1.7-расм).

Гидроциклонларда суюқлик ва заррачаларни характерланишини қуйидагича тасаввур қилиш мумкин: тангенциал йўналтирувчи қувур орқали босим остида бўтана циклоннинг цилиндр қисмига юборилганда оқим циклон девори бўйлаб пастга (то йирик заррачалар тўпланган қисмига) қараб айланма ҳаракат қилиб боради. Йул йўлакай суюқлик ўз йўналишини ўзгартириб, гидроциклон марказида юқорига қараб ҳаракатланади (майин заррачалар билан) ва дастгоҳ юқорисига ўрнатилган қувур орқали циклондан чиқиб кетади.



1.7-расм. Гидроциклон турлари:

а – қуюнли; б – компаунд – циклон (Канада); в – қиска конусли

Шундай қилиб, гидроциклонда иккита бир томонга қараб айланувчи оқим ҳосил бўлиб, ташқи оқим пастга, ички оқим юқорига қараб йўналган бўлади, гидроциклон маркази (ўқи) атрофида ички оқимнинг қочма кучи шу даражага етадики, оқимнинг узлуксизлик шарти бузилиб, у узилади ва суюқлик чиқиб кетадиган қувур диаметрини 0,7 улушга тенг ўлчамида хаво устини пайдо бўлади.

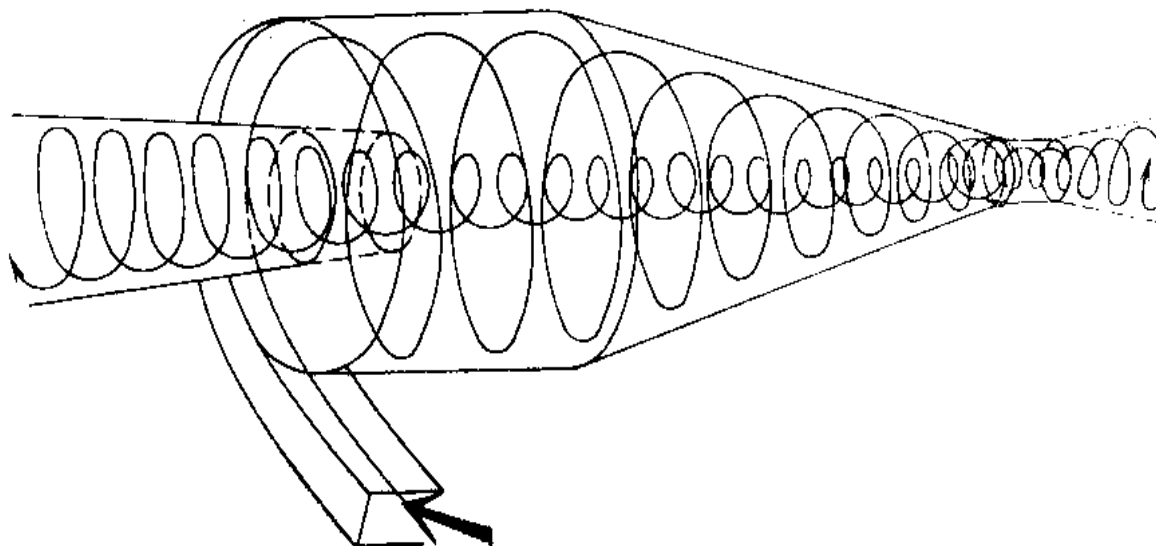
Демак, гидроциклон конус қисмининг маълум баландлигида шундай жой борки, у ерда оқимнинг юқорига йўналган вертикал тезлиги нолга тенг бўлади. Бундан ташқари, гидроциклон ичида радиал, яъни гидроциклон деворидан марказга қараб ҳаракатланувчи оқим бўлади.

Шундай қилиб, гидроциклондаги суюқлик ҳаракатининг гидродинамик кўриниши жуда мураккаб.

Гидроциклондаги оқимнинг ҳар бир элементар ҳажми суюқлик ҳаракати тезлигини учта таркибий қисми бўлиши мумкин:

- тангенциал (айланма) тезлик (v_t), горизантал қирқимида элементар ҳажм айланиш радиусига перепендикуляр йўналишда ;
- радиал тезлик (U) гидроциклон радиуси бўйича ўққа йўналган;
- вертикал тезлик (v_a) – юқорига ёки пастга йўналган.

Вертикал тезлик «+» ёки «-» ишорага эга бўлиб, суюқлик қайси қуюнда (ички ёки ташқи) эканлигига боғлиқ (1.8-расм).



1.8.расм. Циклондаги қуюн оқимларининг сифат кўриниши

Гидроциклондаги суюқлик оқимининг тангенциал тезлиги айланиш радиусининг камайиши билан ортиб боради. Бундан келиб чиқадики, гидроциклоннинг баландлиги бўйича тангенциал тезлик ҳар хил тезликка эга. Умуман олганда идеал суюқлик учун пастга йўналган қуюннинг тангенциал тезлиги $v_t r^n = const$ тенгламага бўйсинади.

Бу ерда r - айланиш радиуси, n - даража кўрсаткичи, (қовушқоқлиги йуқ суюқлик учун) $n = 1$; реал суюқлик учун $n = 0,3 : 0,9$)

Ички қуюннинг тангенциал тезлиги (v_t) айланиш радиусининг камайиши билан секинлашиб боради.

Гидроциклоннинг радиуси бўйича суюқликнинг тангенциал тезлигининг ўзгариши маълум даражада d_c ва d ўлчамларининг нисбатига боғлиқ бўлади.

Масалан, d_c катта қийматларда айланиш радиусини камайиши билан v_t – секинлашади, d_c кичик қийматларида буни тескарисини бўлади.

Суюқликнинг вертикал тезлиги гидроциклон деворларига ва ҳаво устунига яқинлашган сари бир текисда ошиб боради. Циклон баландлиги бўйича суюқлик тезлигининг энг юқори қиймати слив чиқиб кетаётган труба яқинида бўлади.

Радиал тезликнинг қиймати нисбатан кичик бўлади. Масалан : тангенциал тезлик 10 – 15 м/с, вертикал тезлик ($\pm$) 2-3 м /с бўлса радиал тезлик 0,2 м/с бўлади.

Гидроциклонларда қаттиқ заррачаларнинг ҳаракат қонуниятлари тўлиқ ўрганиб чиқилмаган бўлса ҳам қуйидагилар аниқланган:

- заррачаларнинг сараланиши гидроциклоннинг бутун ҳажмида содир бўлади;

- заррачалар марказдан қочма кучи, суюқликнинг радиал ва вертикал оқимларининг қаршилик кучи таъсирида бўлади.

Марказдан қочма кучнинг ($F = m v_t^2 / r$) заррачага таъсири радиус бўйича бир хил эмас, циклон даврида энг оз, марказда кучлироқ.

Суюқликнинг радиал оқимидан ҳосил бўлган гидродинамик кучлар заррачага таъсири ҳам радиус бўйича ўзгарувчан бўлиб, циклон деворига яқин жойда энг юқори қийматга эга бўлади ва

$F = \psi S \frac{u^2 \Delta}{2}$ тенглама билан аниқланади. Радиал оқим таъсирида

майда (майин) заррачалар суюқлик билан бирга циклон маркази томон ҳаракатланиб сливни (суюқлик билан майин заррачалар аралашмаси, лойқа сувни) ҳосил қилади ва юқорига қараб ҳаракатланади. Қандай катталиқдаги заррача сливга ўтиши қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$d_r = 5,6 \frac{d_{\tilde{e}} \sqrt{DK}}{d_k \sqrt[4]{H} \sqrt{\rho_k - \rho_a}}; \quad (1.52)$$

Бу ерда, d_r -заррачанинг чегара диаметри (қум билан слив ўртасида тенг тақсимланади, мкм ;

d_{cl} , d_k -слив чиқариб юбориладиган ва бўтана бериладиган трубаларнинг диаметри , м ;

D -гидроциклон диаметри , м ;

K -бўтанадаги қаттиқ заррачаларнинг миқдори, %;

H -бўтанани гидроциклонга кириш жойидаги босими, Па;

$\rho_k - \rho_a$ -қаттиқ заррача ва суюқликнинг зичликлари, кг/м³.

Амалда сливга ўтадиган заррачаларни ўлчами d_r га нисбатан 1,5 – 2 марта каттароқ бўлади.

Гидроциклонларда заррачаларнинг таснифланиши самарадорлигига таъсир қилувчи омиллар

Механик таснифлагичларга нисбатан гидроциклонларда таснифлаш самарадорлиги анча юқори булиб, 80 % га етади. Гидроциклонларда таснифланиш самарадорлиги қуйидигича: гидроциклон (D), слив чиқарувчи (d_c), қувурларнинг диаметрларига, қаттиқ ва суюқликнинг нисбатига ($K:C$), бўтанани зичлигига, бўтанани қандай босим остида берилаётганига боғлиқ.

1. Циклонинг диаметри катталашган сари унинг унумдорлиги диаметрининг квадрати бўйича мутаносиб равишда ошиб боради, аммо сливдаги заррачани ўлчамлари йириклашиб боради.

2. Бўтана келувчи қувурнинг (d_b) шакли ва ўлчами: қувирни ўлчами катталашган сари (бир хил босимда) мутаносиб равишда гидроциклонинг унумдорлиги ошиб боради, слив йириклашади. Бўтана берувчи қувир учининг шакли тўғри тўрт бурчак бўлиб, баландлиги – кенглигига нисбатан 2: 1 бўлади. Амалда бўтана

келувчи қувирнинг эквивалент диаметри $d_b = (0,08 - 0,25) D$ қабул қилинади.

3. Слив чиқиб кетувчи қувирнинг ўлчами катталашса гидроциклоннинг унумдорлиги ошади, аммо йирик слив олинади. Амалда $d_c = (0,2 - 0,4) D$ слив чиқиб кетувчи қувирнинг ўлчами (d_c), бўтана келувчи (d_b) қувирнинг ўлчамидан 20 -25 % каттарок олинади. Слив чиқадаган трубани учи гидроциклоннинг цилиндр қисмини конус қисмига уланган еригача тушунтирилган бўлади.

4. Қум чиқиб кетувчи қувурларнинг ўлчами катта бўлса, таснифланиш юз бермайди, ҳамма бўтана шу қувурдан чиқиб кетиши мумкин. Қувурнинг диаметри кичиклашиб борган сари қумда каттиқ заррачаларнинг миқдори ошиб боради, слив йириклашади. Амалда $d_{г} = (0.5: 0.8) d_{сл}$ қабул қилинади.

Қум чиқарувчи қувур диаметрининг ($d_{л}$) слив чиқарувчи қувир диаметрига d_c нисбати $d_{л} / d_c$ «қумлик нисбати» ёки «чиқарувчилик нисбати» деб аталиб, гидроциклонларни мослашда асосий омил ҳисобланади. Бунда d_q - энг йирик заррачанинг ўлчамидан камида 3 марта бўлиши; слив қувири, бўтана қувиридан кичик бўлмаслиги керак. Таснифлашни энг юқори самарадорлиги $d_q / d_c = 0,3-0,5$ қийматига тўғри келади. Конуслик бурчаги α амалда 20^0 бўлади. Майин слив олиш учун конуслик бурчаги $\alpha = 5-10^0$ бўлади. Аммо ишқаланиш кучи юқори бўлганлиги сабабли $\alpha = 20$ дан юқори бўлиши керак.

Бўтанани киришдаги босими. Саралаш натижалари қониқарли бўлиши учун бўтананинг босими ўзгармас ва юқори бўлиши керак. Гидроциклонга кираётган бўтананинг босими $(10-30) \times 10^4$ Па бўлади. Майин слив олиш учун юқори $(20 - 30) \times 10^4$ Па босимли бўтана, йирик слив олиш учун эса паст босимли бўтана ишлатилади.

Бўтанани зичлиги. Майин слив олиш учун суюқрок бўтана, йирик слив олиш учун эса қуюқрок бўтана ишлатилади. Бўтанадаги каттиқ заррачаларнинг миқдори (T) 10 % дан 50 % гача бўлиши мумкин.

Гидроциклонларни танлаш ва технологик ҳисоблар

Технологик ҳисоблар гидроциклонни унумдорлигини аниқлаш, берилган унумдорлиги бўйича эса уни ўлчамларини ва сонини ҳамда маҳсулотнинг йириклигини аниқлашдан иборат.

Агарда, ишлаётган гидроциклонни ҳажмий унумдорлигини аниқлаш талаб этилса бунинг учун қуйидаги тенгламадан фойдаланилади.

$$Q = 5 K_D K_\alpha d_a d_{\text{нв}} \sqrt{gH}, \text{ л/мин} \quad (1.54)$$

бу ерда, d_b , $d_{\text{сл}}$ - бўтана келувчи ва сливни чиқарувчи қувурларни диаметрлари, см;

H - бўтана киришидаги босим, Па;

g - эркин тушиш тезланиши, 9,81 м/сек.

K_D ва K_α - циклон диаметрини ва конуслик бурчагини ҳисобга олувчи эмпирик коэффицентлар

$$K_D = 0,8 + \frac{1,2}{1 + 0,1D}; \quad \alpha = 20^\circ \text{ бўлса } K_\alpha = 1$$

Агарда, берилган унумдорлиги ва маҳсулотни йириклиги бўйича гидроциклон танлаш керак бўлса ҳисоблар қуйидагича бўлади:

1. Агарда бир хил йирикликдаги сливни ҳар хил ўлчамли гидроциклонларда ва ҳар хил босимда олиш мумкин бўлса, энг катта ўлчамли гидроциклонни учта босим учун ($H=5 \times 10^4$ Па; $H_2=1 \times 10^5$ Па; $H_3=1,5 \times 10^5$ Па) ўлчамлари қуйидаги тенгламалардан аниқланади:

$$D = 0,1 \frac{\left(\frac{d_k}{d_{\text{сл}}}\right)^2 d_{\text{макс}}^2 (\delta_k - \Delta_c) \sqrt{H}}{T} \quad (1.55)$$

Бу ерда, T - бўтанадаги қаттиқ заррачаларни миқдори;

d – заррача диаметри;

$d_{\text{ч}}$ - заррачанинг чегара катталиги;

$d_{\text{макс}}$ - сливда ўтадиган энг катта заррача $d_{\text{макс}}=1,8 d_{\text{ч}}$, мкм

$$\frac{d_k}{d_{\text{се}}} = 0,3 : 0,6.$$

2. Босимнинг ҳар бир варианты учун энг яқин ўлчамли кичик стандарт гидроциклон танланади.

3. (1.54) тенглама ёрдамида ҳар бир танланган гидроциклонларни унумдорлиги аниқланади.

4. Ҳар бир вариант учун гидроциклонларнинг сони аниқланади.

5. Ҳар бир вариант учун қум бўйича солиштира юки (q) аниқланади, у 0.5 дан 2 т/ч х см² (қум насадкани қирқимиға нисбатан) бўлиши керак:

$$q_{\hat{e}} = \frac{4Q\hat{e}}{id_{\hat{e}}^2 \pi}, \quad (1.56)$$

бу ерда, Q_k - қум бўйича умумий унумдорлик, т/с ;
 n - гидроциклонлар сони.

6. Техник – иқтисодий таққослаш йўли билан энг оптимали танланади.

Гидроциклонларни бир режимда ишлашини тامينлаш учун, гидроциклонга келаётган бўтананинг босимини ва зичлигини бир меёрда ушлаб туриш учун, қумни чиқариб ташлаш тезлигини назорат қилишдан иборат.

Гидроциклонларни иш давридаги (эксплуатацион) харажатлари унча катта эмас. Бўтанани хайдовчи насослар учун электро энергия ва гидроциклонларни емирилган қисмларини алмаштирилади. Электроэнергияни солиштира сарфи 1м³ бўтана учун 0.15 кВт /соатни ташкил этади.

Гидроциклонларни камчиликлари қуйидагилар:

- а) электроэнергия нисбатан кўпроқ сарфланади;
- б) қисмлари тез емирилади;
- в) бўтана кираётган ва қум чиқаётган тешикларининг тез-тез тикилиб қолиш эҳтимоли бор.

1.3 Фойдали қазилмаларни оғир муҳитда саралаш

Минералларни оғир муҳитда саралаш уларнинг зичликларига қараб ажралишига асосланган. Бунда муҳит зичлигидан зичлиги кичик бўлган зарралар (минераллар) муҳитнинг устида, зичлиги катта бўлган заррачалар эса муҳит тубида (чўкиб) тўпланадилар. Натижада муҳит устида сузиб юрувчи «енгил» ва муҳит тубига чўккан «оғир» маҳсулот олинади.

Оғир муҳит сифатида органик суюқликлар, тузларнинг эритмалари ва суспензиялар ишлатилади. Органик суюқликлар ва тузларнинг эритмалари захарлилиги, нархининг баландлиги, жараёнда кўп йўқолиши ва регенерацияга сарф-харажатни кўплиги туфайли саноат миқёсида деярли қўлланилмайди. Улар

асосан тажриба хоналарида илмий-тадқиқотлар учун ишлатилади. Саноатда асосан суспензиялар ишлатилади.

Суспензия зичлиги катта бўлган майин заррачаларнинг (оғирлаштиргичнинг) сув билан механик аралашмасидир.

Оғирлаштиргич сифатида пирит, пирротин, барит, магнетит, галенит, каби минераллар ёки темирнинг кремний билан қотишмаси ферросилиций ишлатилади. Уларнинг орасида кўпроқ ишлатиладигани ферросилиций, магнетит ва галенитдир. Суспензиянинг тайёрлаш учун оғирлаштиргич - 0,15+0 мм йирикликкача туюлади. Суспензиянинг энг асосий хоссалари унинг зичлиги, қовушқоқлиги ва барқарорлигидир. Суспензиянинг зичлиги (кг/м^3) ундаги оғирлаштиргичнинг миқдorigа боғлиқ бўлади ва у минералларнинг сараланиш имкониятларини белгилайди. Суспензияни зичлиги қуйидаги тенглама билан ҳисобланади:

$$\Delta_c = \Delta + (\delta - \Delta) m / \delta \quad (1.57)$$

бу ерда, Δ - суюқ фазани зичлиги, сув учун 1000 кг/м^3 ;

δ - оғирлаштиргичнинг зичлиги, кг/м^3 ;

m - 1 м^3 суспензиядаги оғирлаштиргични миқдори.

Фойдали қазилмаларни оғир муҳитда самарали бойитиш учун суспензиянинг қовушқоқлиги кичик бўлиши керак. Бунинг учун суспензияда шламларнинг миқдорини кўпайтирмаслик, оғирлаштиргичнинг ҳажмий улушини 25 фойиздан ошмаслиги керак. Суспензияни барқарорлиги бойитиш дастгоҳи баландлиги бўйича оғирлаштиргич концентрациясининг доимийлик даражаси билан белгиланади.

Бойитиш амалиётида суспензияни барқарорлаштириш учун у аралаштириб турилади ва керак бўлса тупроқ (глина) кўшилади. Суспензияда майин шлам ва тупроқнинг миқдори қанча кўп бўлса суспензия шунча барқарор бўлади. Шу билан бирга унинг қовушқоқлиги ҳам ортади, бу эса майда заррачали маҳсулотнинг ажралишини кескин ёмонлаштиради.

Оғирлаштиргичнинг сувда эримаслиги, реакцияга киришмаслиги, оксидланмаслиги керак. Шунинг учун кўпинча муҳит ишқорий бўлгани кристалуст. Айниқса ферросилиций суспензияда, (ферросилицийда кремний миқдори 15% бўлиши керак. Кремнийнинг миқдори 15% дан кўп бўлса ферросилицийни

мустаҳкамлиги камаяди, оз бўлса темирни оксидланиши тездашилади. Суспензияни тайёрлаш учун автоматлашган тизим ишлаб чиқилган бўлиб, бу тизим суспензияни зичлигини керакли даражада ушлаб туриши ва назорат қилишга асосланган.

Бойитиш жараёнида суспензия лойқалар билан ифлосланади. Шунинг учун суспензиянинг дастлабки миқдоридан 15 фойизи ҳар циклда жараёндан чиқарилиб регенерацияга (тозалашга) юборилади. Бунинг учун оғирлаштиргич суспензиядан магнитли сепаратор ёрдамида (магнетит, ферросилиций бўлса) ёки флотация усулида (галенит бўлса) ажратиб олинади ва тоза сув билан ювилиб қайта суспензия тайёрлашга юборилади. Демак, оғирлаштиргичнинг 15-20 % доимий оборотда бўлади. Оғирлаштиргични сарфи (маҳсулотлар билан йўқолиши) бойитилаётган руданинг ҳар тоннасига 200-600 граммни ташкил қилади.

Фойдали қазилмани оғир муҳитда бойитиш кўпинча ёрдамчи жараён ҳисобланиб 25-80 % гача кераксиз жинсларни олдиндан чиқиндихонага чиқариб ташлаш имкониятини яратади. Шунинг ҳисобига асосий бойитиш жараёни фабрикасининг унумдорлиги 1,5-2 % ошади. Бу усул техник-иқтисодий омилларни ҳисобга олган ҳолда «чўктириш», магнитли саралаш.концентрацион столда бойитиш, флотация жараёнлари билан бирга ишлатилади.

Хозирги вақтда суспензияда бойитиш усули кўмирни, хром, марганец, темир рудаларини бойитишда асосий жараёни ҳисобланади. Кўмирни бойитишда заррачалар ўлчами -10+6мм, рудаларни бойитишда -6+0,5мм бўлиши керак. Фойдали қазилмаларни оғир муҳитда (суспензияда) бойитиш учун турли тузилишдаги (конструкцияли) дастгоҳлар яратилган бўлиб, уларни саралагичлар (сепараторлар) деб аталади.

Саралагичларни тузилиши ва ишлаш тамойилари билан чуқирроқ танишишни хохлаганлар махсус адабиётларга мурожат қилишлари мумкин.

1.4. Фойдали қазилмаларни чўктириш усули билан саралаш

Фойдали қазилмаларни «чўктириш» (отсадка) усули билан бойитиш пульсацияланувчи муҳитда минерал заррачаларнинг вертикал текисликда ҳаракат тезлиги фарқга асосланган. Жараён

чўктириш «Отсадочная машина» деб аталувчи дастгоҳларда ўтказилади. Дастгоҳнинг асосий ишчи қисми «чўктириш панжараси» бўлиб, унда минерал заррачалар зичлиги ва йириклиги билан қатламланадилар. Сараланиш, муҳитга юқорига-пастга ҳаракат қилувчи оқим (пульсация) ҳосил қилиш ҳисобига амалга оширилади. Панжаранинг юзасида (пастки қисмида) оғир ва йирик, юқори қисмида енгил заррачалар қатлами ҳосил бўлади. Панжара юзасида ҳосил бўлган заррачалар қатлами табиий таглик (постель) деб аталади.

Енгил заррачалар муҳит оқими билан дастгоҳдан чиқиб кетади, оғир заррачалар эса панжарадан ўтиб, дастгоҳнинг пастки қисмида тўпланади ва махсус мослама орқали чиқариб турилади.

Ўлчамлари 10 мм дан кичик бўлган заррачалар учун панжарага сунъий таглик терилади. Сунъий тагликнинг (гематит, магнетит, ферросилиций, металл соққачалар ва бошқалар) зичлиги оғир минералникидан кичик, енгил минералникидан катта ва ўлчами ажратилаётган энг йирик заррачадан 2-2,5 марта катта бўлиши керак. Сунъий таглик енгил, заррачаларни панжарадан ўтиб бойитманинг улар билан ифлосланишига йўл қўймайди.

Амалда бу усул ўлчамлари 0,25 (0,5) мм дан 150 (250) мм гача катталиқда бўлган рудаларни бойитишда ишлатилади (1.6-жадвал).

Олдиндан тенг тушишлик коэффицентини инобатга олган ҳолда таснифланган материаллар бойитилса технологик кўрсаткичлар яхши бўлади. Ажратилаётган заррачаларни ўлчамлари ва зичликларини фарқи қанча катта бўлса чўктириш жараёнини самарадорлиги шунча юқори бўлади. Шунинг учун йирик ва ажратилаётган заррачалар зичликларининг фарқи катта бўлган фойдали қазилмаларни бойитишда чўктириш усулидан кенг фойдаланилади.

Чўктириш машиналари таглигининг хоссалари қуйидагилардан иборат: зичлиги, қалинлиги, бўшоқлиги, гранулометрик ва фракцион таркиби.

Тагликнинг бўшоқлилиги бўшоқлик коэффиценти билан тавсифланиб, қатламнинг баландлиги бўйича ўзгариб туради. Бўшоқлик коэффицентининг (θ) ўртача қиймати жараён циклини маълум моменти учун қуйидаги ифода билан белгиланади:

$$\theta = \theta_0 + \frac{1 - \theta_0}{1 + \frac{h_0}{S_y - S_n}} \quad (1.58)$$

Бу ерда: θ_0 – жипс ҳолдаги тагликнинг бўшоқлик коэффиценти;
 h_0 – жипс ҳолдаги таглик қалинлиги;
 S_y ва S_n – панжарага нисбатан устки ва пастки қатламларни кўтарилиши.

1.6-жадвал

Чўктириш усулини қўлланилиши

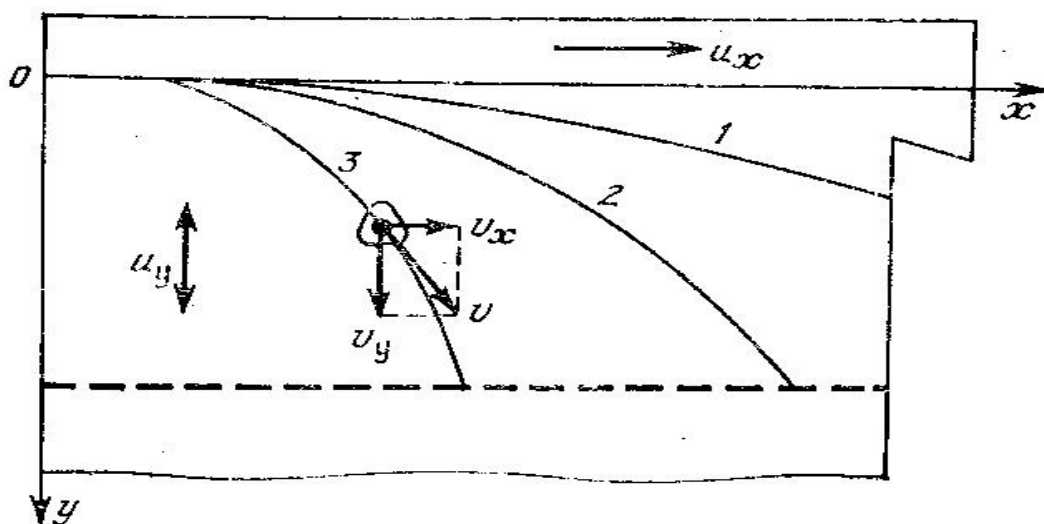
Фойдали қазилма, асосий минерал	Асосий минералнинг зичлиги, кг/м ³	Заррачаларнинг йириклик чегараси, мк
Қора металллар рудалари: кўнгир темир рудаси магнетит пиролюзит хромит магнетито-гематитли	3500 4300 4820 440 5200	50-3 50-0,2 50-0,2 10-0,2 1-0,2
Тошкўмир Антрацит Ёнувчи сланецлар	1500 гача 2000 гача 2200	100(250)-10(13) 100(250)-10(13) 150-25
Сочма кон рудалари: кассетерит, вольфрамит, танталит ва бошқалар титан-цирконли	6000-8000 4200-5200	25-0,05 25-0,05
Туғма конлар: кассетрит, вольфрамитлар	6950-7350	6-0,3

Демак, тагликнинг бўшоқлиги, баландлиги, заррачаларнинг зичлиги ва йирикчилиги ҳамда муҳитнинг тебранишлар частотаси ва амплитудасига боғлиқ бўлар экан. Таглик қалинлиги ошган сайин унинг бўшоқчилиги озаяди. Муҳитга пульсацияланувчи горизонтал оқимлар таъсири натижасида чўктириш машинаси таглигида ҳамма ажратилаётган заррачалар зичликлари ва йирикчилиги бўйича қия қатлам бўлиб жойлашадилар. Қиялик бўтана берилган томондан чиқиб кетиш томонга йўналган бўлиб тўлқин (веер) шаклида бўлади.

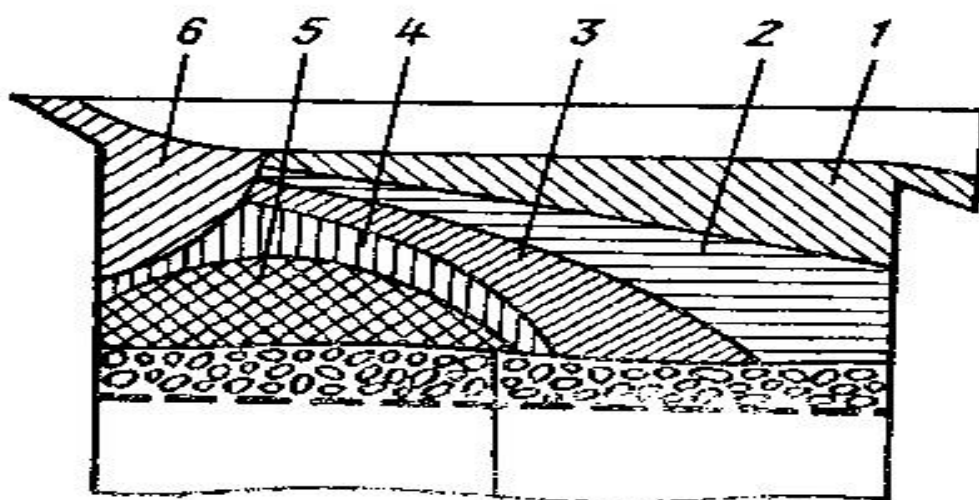
Заррачаларни қатламланишига сунъий таглик катта таъсир қилади. У ўзидан оғир заррачаларни пастга ўтказиб юборади, енгил заррачаларни ушлаб қолади. Шунинг учун таглик параметрларини ўзгартириш орқали технологик жараёни бошқариш мумкин (1.10, 1.11-расм).

Таглик орқали ўтаётган оғир заррачанинг ўтиш тезлиги қуйидаги ифода билан аниқланади.

$$V = \frac{q}{\delta_K F \theta_{yp}}, \text{ м/с} \quad (1.59)$$



1.10-расм. Чўктириш машинаси таглигида заррачаларни ҳаракатланиш схемаси: 1-енгил; 2-ўртача; 3-оғир заррачалар



1.11-расм. Чўктириш машинасида маҳсулотларни тақсимланиши:
1-енгил; 2- енгилроқ; 3-4 – оғирроқ; 5- оғир фракциялар;
6- дастлабки материал

Бу ерда: q – вақт бирлиги ичида таглик орқали ўтган заррачалар миқдори;

δ_k – таглик орқали ўтган заррачалар зичлиги, кг/м^3 ;

F – тагликнинг юзаси, м^2 ;

$\theta_{\text{ур}}$ – тагликнинг ўртача бўшоқлик коэффициенти.

Демак, таглик орқали заррачаларни ўтиш тезлиги, заррачаларнинг ўлчами, зичлиги, шаклига ва тагликнинг баландлигига боғлиқ экан. Тагликни зичлиги ва баландлиги ошган сари заррачаларни тагликдан ўтиш тезлиги секинлашиб боради.

Чўктириш цикли

Чўктириш цикли деб, бир тебранишлар даврида тагликдаги муҳит ҳаракатининг қонуният билан ўзгаришига айтилади.

Чўктириш циклини муҳит ва заррачалар ҳаракати тезликларини вақтга боғлиқлигини график усулда тасвирлаш қабул қилинган.

Оқимнинг юқорига ва пастга қараб ҳаракатланиши даврида ҳар қандай циклда муҳитда «кўтарилиш» (подъём) «сокинлик» (пауза) ва «тушиш» (опускание) жараёни юз беради. Цикллар бир-биридан кўтарилиш, сокинлик, тушиш жараёнларининг давомийлиги билан фарқланадилар. Симметрик ва асимметрик чўктириш цикллари мавжуд. Вақт ичида муҳит тезлигини синусоидали кўринишда ўзгарувчи гармоник цикл – симметрик циклга киради (1.12 а - расм), бошқалари эса асимметрик цикл гуруҳи ҳисобланадилар (1.12 б, в, г - расмлар).

Гармоник циклда муҳитнинг кўчиш масофаси ҳаракат тезлигини ўзгариши қуйидаги ифодалар билан аниқланади

$$S = \frac{L\omega}{2}(1 - \cos t) \quad (1.60)$$

$$U = \frac{L\omega}{2} \sin \omega t \quad (1.61)$$

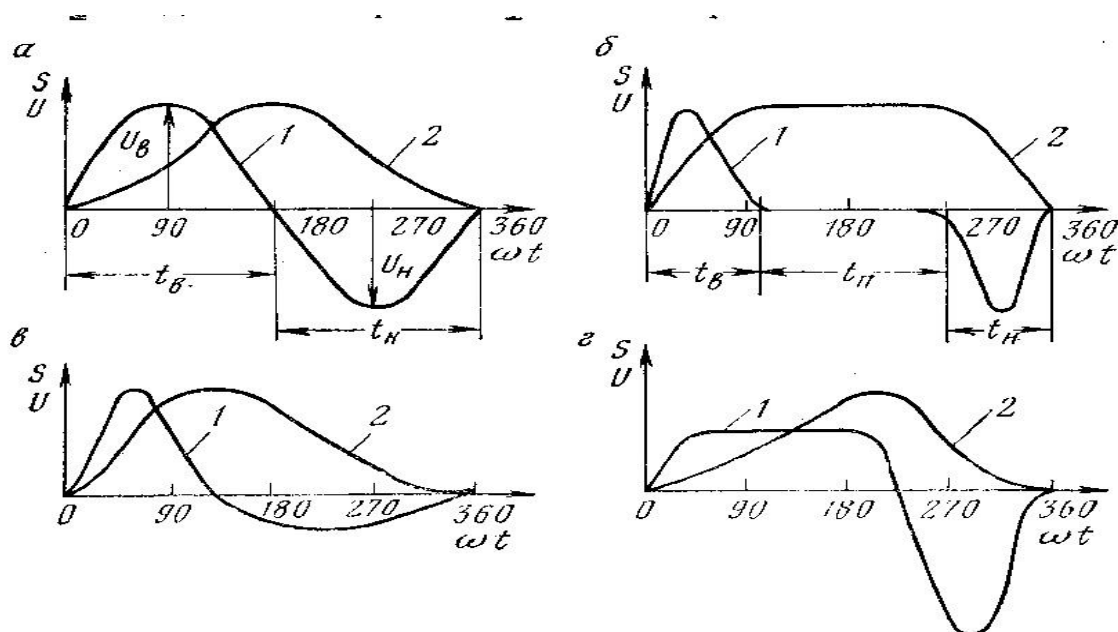
Бу ерда: S – муҳитни кўчиш масофаси, мм;

L – тебранишлар амплитудаси;

n – бир минутдаги муҳитнинг тебранишлар сони;

t – вақт, цикл бошланишидан ҳисобланади;

U – муҳит оқимининг тезлиги.



1.12 расм. Чўктириш цикллари схемаси:

- а) гармоник; б) Мейер цикли; в) Берда цикли; г) Томас цикли;
 1 – муҳитни босиб ўтган йўли (s); 2- тезлиги (u) t_b - кўтарилиш;
 t_n -сокинлик; t_H - тушиши учун кетган вақт

Агар, панжара остидан бир хил тезлик билан қўшимча сув берилса U_n муҳит оқимининг тезлиги қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$U = \frac{L\omega}{2} \sin \omega t + U_n \quad (1.62)$$

Гармоник циклдан ташқари олимлар томонидан жуда кўп ҳар хил цикллар таклиф қилинган. Энг кўп тарқалганлари Майер, Берда ва Томос циклларидир.

Майер циклида (1.12, б-расм) оқимнинг юқорига ва пастга қараб ҳаракатланиш даврлари қисқа, сокинлик даври эса узоқ давом этади.

Берда циклида (1.12, в-расм) оқимнинг юқорига ҳаракатланиш тезлиги катта, даври қисқа, пастга қараб ҳаракатланиш тезлиги кичик, даври кўпроқ «сокинлик» йўқ.

Томас (1.12, г-расм) оқимни пастга қараб ҳаракатланишига нисбатан юқорига қараб ҳаракатланиш тезлиги кичик, даври узоқ. Оқим юқорига қараб анча вақт бир хил тезлик билан ҳаракат қилади.

Поршенсиз чўктириш машиналарини цикли «хаво бериш», «сокинлик» ва «хавони чиқариш» даврлари нисбатлари билан

тавсифланади. Масалан: 30-10-60 бўлса бир циклнинг умумий вақтдан 30 % камерага ҳаво бериш, 10% «сокинлик», 60% вақт ҳаво чиқариш учун сарфланади. Заррачаларни сараланишига цикл катта таъсир қилади. Бойитилаётган руданинг физик ва механик хоссаларига қараб цикл танланади.

Кварц – олтин. Ажратилаётган заррачаларнинг зичликлари фарқи катта. Цикл-оқимни юқорига қараб ҳаракатланиши ва қисқа муддатли «сокинлик»

Кварц-пиролюзит. Зичликлар фарқи кичик, цикл-оқимни пастга қараб ҳаракатланиши, қисқа муддатли «сокинлик».

Кўмирни бойтиш амалиётида 40-60 ва 40-10-50 цикли кенг тарқалган.

Панжара остидан сув бериш маълум аҳамиятга эга. Концентрат тозароқ олинади. Циклда оқимни пастга қараб ҳаракатланиш тезлиги секинлашади.

Шуни айтиш керакки, механик усул билан ишлайдиган (масалан, поршенли, диафрагмали) чўктириш машиналарида цикл аниқ ўтказилади, циклни мослаш осон бўлади. Ҳаво ёрдамида пульсацияланадиган машиналарида циклни мослаш қийинроқ, чунки ҳавода сиқилувчанлик хоссаси бор.

Чўктириш муҳит тебранишлари частотаси ва амплитудаси

Минералларни самарали ажралишини таъминлаш учун муҳит тебранишлар частотаси ва амплитудаси бойитилаётган руданинг хоссаларига (зичлиги, йирикчилиги) қараб танланади (1.7 - жадвал).

1.7- жадвал

β ни қийматини поршен ҳаракат амплитудаси ва панжара тешиклари ўлчамига боғлиқлиги

Поршен ҳаракати амплитудаси, мм	Панжара тешиклари ўлчами, мм					
	1	2	3	4	10	16
5	0,50	0,56	0,60	0,75	0,84	0,94
10	0,52	0,57	0,66	0,78	0,89	0,95
15	0,55	0,59	0,68	0,80	0,94	0,96
20	0,60	0,65	0,70	0,85	0,97	0,98
30	0,73	0,79	0,84	0,89	0,98	0,99
50	0,88	0,92	0,95	0,97	0,99	0,99
100	0,90	0,93	0,96	0,97	0,99	0,99

Тебранишлар частотасининг назарий чегара қиймати берилган амплитудага қараб аниқлаш мумкин. Пастки чегара таглик ҳосил қилган заррачаларни муаллақ холга келтириш шарти билан аниқланади. Тагликни кўтариш учун суюқлик оқимининг тезлиги ўртача йирикликдаги заррачаларнинг сиқилиб тушиш тезлигидан катта бўлиши керак, яъни $u > v_{ck}$:

$$\frac{\pi L n}{60} \sin \omega t + U_n > v_{ck} \quad (1.63)$$

Бу ерда: L – тебранишлар амплитудаси;

n – тебранишлар сони (частотаси);

$$\omega = \frac{2\pi n}{60};$$

U_n – панжара ости сувни тезлиги;

v_{ck} – заррачани сиқилиб тушиш тезлиги, см/с.

Агар $\sin \omega t = 1$, бўлса, бу тезликни энг юқори қийматига тўғри келади. $u = v_{ck}$; $U_n = 0$

$$\frac{\pi L n}{60} = v_{\tilde{n}\tilde{e}} \quad \text{ёки} \quad n = \frac{60 v_{\tilde{n}\tilde{e}}}{\pi L}$$

L ни қийматини мм ва v_{ck} – см/с ларда ҳисобласак,

$$n = \frac{191 v_{\tilde{n}\tilde{e}}}{L}, \text{ тебранишлар/дақ} \quad (1.64)$$

бўлади.

Тажрибаларни кўрсатишича, заррачаларни муаллақ холга келтириш учун $\omega t < 90^\circ$ бўлганда амалга ошар экан.

$$\text{Агар } \omega t < 45^\circ, \sin \omega t = 0,707 \text{ бўлма, } n = \frac{60 v_{ck}}{\pi L 0,707} = \frac{270 v_{CT}}{L}, \quad (1.65)$$

бўлади.

Муҳит частотасининг юқори чегараси қиймати заррачани эркин тушиш тезланиши билан чегараланувчи суюқликни максимал тезланиши билан аниқланади. Суюқлик тезланишининг катта қийматларида таглик циркуляцион ҳаракатга келади, жараён бузилади.

$$n_{\max} = \frac{42.3}{\sqrt{L}}; \text{М} \quad (1.66)$$

$$n_{\max} = \frac{1340}{\sqrt{L}}; \text{мм} \quad (1.67)$$

Тебранишлар амплитудаси

$$L=8,1 d_{\max}^{0,6}; \text{М} \quad (1.68)$$

Бу ерда, $d_{\max}$ – бойитилаётган руда заррачаларини энг каттаси; мм.

Поршенли чўктириш машиналарида сувнинг ҳаракат тезлиги поршен ҳаракат тезлигидан фарқ қилади. Сабаби, поршен билан девор орасидаги (зазор) оралиқ орқали бир қисм сув ташқарига чиқиб туради. Бу фарқ коэффиценти β орқали ҳисобга олинади. β ни қиймати 1.8 – жадвалда келтирилган.

1.8-жадвал

Чўктириш машиналари амплитудаси ва частотаси

Фойдали қазилманинг тури	d, мм	Амплитуда, мм	1 дақиқадаги тебранишлар сони	Машина тури
Темир рудаси	-50+8	20	55	Поршенсиз
	-12	16	180	Ҳаракатланувчи конусли
	-6	10-14	250-300	Ҳаракатланувчи конусли
	-1	4-6	260	Ҳаракатланувчи конусли
Марганец рудаси	-60+3	200 гача	67	Поршенсиз
	-40+10	38	150	Ҳаракатланувчи панжарали
	-25-12	40-50	100-105	Ҳаракатланувчи панжарали
	-20+8	40-50	120-128	Поршенли
	-8+3	18-40	140-200	Поршенли
	-3	10-15	225-250	Поршенли
	-1	4-5	350	Ҳаракатланувчи конусли
Сочма олтин рудаси	-1	15-30	125-180	Диафрагмали

Бундан ташқари, поршен юзаси билан панжара юзаларини нисбатлари коэффициент К орқали ҳисобга олинади. У ҳолда, муҳит частотасининг тезлиги қуйидагича бўлади:

$$n = \frac{270v_{ck}}{L\beta k}; \text{ ёки} \quad (1.69)$$

$$n_{\max} = \frac{1340}{\sqrt{L\beta k}}; \quad (1.70)$$

Технологияни параметрлари

Чўктириш жараёнига қуйидаги омиллар таъсир қилади:

1. Бойитилаётган руда хоссаси (йириклиги, гранулометрик, фракцион таркиби, шакли, каттиқлиги) унумдорлиги.
2. Гидродинамик (сувнинг сарфи, К:С; сув босими, зичлиги, қовушқоқлиги ва бошқалар)
3. Аэрогидродинамик (чўктириш цикли, частота, амплитуда)
4. Конструктив – панжара юзаси, пульсация ҳосил қилиши усули, каттиқ моддаларни машинадан чиқариш усули.

Жараённи мослаш учун оператив ва нооператив факторлардан фойдаланилади. Нооператив факторларга конструктив ва руда хоссалари ҳамда сув ва ҳаво босими киради. Чўктириш усули билан бойитиш жараёнига таъсир қилувчи омилларни таҳлил қилиб чиқамиз.

1. Бойитилаётган руда заррачаларини ўлчамини кичиклашиши ажралиш зичлигини ($\Delta\rho$) оширади, ўртача эҳтимоллик фарқини (E) озайтиради. Ажралиш зичлигини ошишига сабаб, майда заррачаларни кўпайиши муҳитни оғирлаштиради. Иккинчисига сабаб, муҳитнинг реологик хоссаларини ёмонлашуви ва тагликда майда заррачалар ҳаракат тезлигини сақлашдир. Масалан: кўмирни бойитишда $d=\pm 6$ мм бўлса $E=100$ кг/м³, $\Delta\rho = 1400\div 1500$ кг/м³, $d=-3+1$ мм бўлса $E=180-190$ кг/м³, $\Delta\rho=1700-1900$ кг/м³ бўлади. Чўктириш усулидан олдин рудаларни шламлардан тозалаш керак.

2. Рудани фракцион таркиби бойитишга катта таъсир қилади. Бойитилиши қийин рудаларда маҳсулотлар тоза чиқмайди.

3. Механик мустаҳкамлиги кичик бўлса шлам ҳосил бўлиши мумкин.

4. Руда заррачасини ялпоқ бўлиши таглик хоссаларини ёмонлаштиради.

5. Юкни катталашиши чўктириш машинасида материаллар ҳаракат тезлигини оширишга, машинада бўлиш вақтни озайтиришга, ажралиш аниклигини камайишига олиб келади. Юкни озайиши эса оғир маҳсулотни енгил заррачалар билан ифлосланишига олиб келади.

6. Тебранишлар частотаси (пульсация) кам бўлса оқимни юқорига ҳаракатланиш тезлиги ошириш мумкин, тебранишлар амплитудаси катта бўлади, таглик кўтарилиши максимал даражада етади. Тагликни бўшоқлиги ошади, аммо режим турғун бўлмайди. Тебранишлар частотаси катта бўлса режимни турғунлигни юқори бўлади, аммо тагликнинг бўшоқлик даражаси камаяди.

7. Ҳаво босимини ошиши мутаносиб равишда оқимни юқорига ва пастга ҳаракатланиш тезликларини, тебранишлар амплитудасини, тагликни кўтарилишини оширади.

8. Панжара остига сув бериш йўли билан чўктириш машиналарининг иш фаолиятини яхшилашга (мослашга) осонроқ эришилади.

Панжара остига бериладиган сув сарфи қуйдагича аниқланади:

$$V=q\nu_0S, \text{ л/с}, \quad (1.71)$$

Бу ерда, q – коэффициент ($0,18 \pm 0,25$);

ν_0 – энг катта заррачани эркин тушиш тезлиги, мм/с;

S – панжара юзаси, м^2 .

Жараёни унумдорлигини ҳисоблаш учун қуйидаги тенгламадан фойдаланилади:

$$Q = \frac{3600\sigma_{yp}SHK}{\eta}; \quad \text{т/соат} \quad (1.72)$$

Бу ерда: σ_{yp} – заррачаларни ўртача зичлиги, т/м^3 ;

S – чўктириш юзаси, м^2 ;

H – таглик баландлиги, м;

K – тагликни катламланиш тезлиги, 1/с;

η – коэффициент ёки ажралиш мезони $\eta = 1n \frac{100}{\sum A}$;

Бу ерда, $\sum A$ - бойитмадаги ёт фракциялар йиғиндиси, дастлабки материал ҳисобига нисбатан, %.

$\sum A = 5,2 \div 9,6$ таснифланган материаллар учун.

$\sum A = 12,7 - 32,7$ таснифланмаганлари учун.

Дастгоҳ унумдорлиги қанча катта бўлса $\sum A$ нинг қиймати шунча юқори бўлади: η нинг қиймати 1,6 дан 2,9 гача; K нинг қиймати 0,01 дан 0,5 1/с гача бўлади.

Агар $\sum A = 6,18$ бўлса

$$\eta = 1n \frac{100}{\sum A} = 1n \frac{100}{6,18} = 2,78 \text{ бўлади.}$$

Чўктириш машиналарининг асосий параметрлари ва ишлаш тартиби

Чўктириш самарадорлиги конструкцион хусусиятлари ва бир қатор технологик ва гидродинамик параметрларга боғлиқ..

Чўктириш машиналарининг асосий параметрлари: солиштирма ишлаб чиқариш қуввати; диафрагманинг тебраниш частотаси ёки юриши; таглик тури, панжара ости сарфи.

Чўктириш машиналарининг солиштирма ишлаб чиқариш турли турдаги фойдали қазилмани бойитишда кенг чегарада ўзгариб туради. Масалан: кўмирни бойитиш 5 дан 30 т/м³ соат гача бўлса (зарра ўлчамига қараб), темирли ва марганецли рудаларни бойитиш 5 дан 15 т/м³ соат гача, олтин ва вольфрамли рудаларни бойитиш 3 дан 20 т/м³ соат ни ташкил қилади. Маҳсулотнинг йириклигидан ташқари чўктириш машинасининг меъёрий солиштирма ишлаб чиқариш қувватини танлашга бойитилаётган маҳсулотнинг зичлиги ва фракция таркиби, чўктириш машинасининг конструкцион хусусияти ва шунингдек чўктириш маҳсулотлари сифатига қўйиладиган талаблар таъсир қилади.

Солиштирма қуввати меъёрдан чиқиб кетса, чўктириш самарадорлиги пасаяди. Солиштирма ишлаб чиқариш қуввати жуда катта бўлса, бойитилаётган маҳсулотнинг машинада бўлиш вақти камайиб, маҳсулот етарли даражада қаватланишга улгурмайди ва унинг сифати ёмонлашади.

Худди шунингдек, солиштирма ишлаб чиқариш қуввати камайиб кетса, қаватланган маҳсулот аралашиб кетади ва бунда ҳам маҳсулотнинг сифати ёмонлашади.

Чўктириш машиналарининг қуввати панжаранинг 1м кенглиги ёки 1м² юзасига тўғри келадиган солиштирма ишлаб чиқариш нормасига асосан аниқланади.

Чўктириш машиналарининг унумдорлигини қуйидаги формула бўйича ҳисоблаш мумкин:

$$Q=5,6NBv\delta, \text{ т/соат,}$$

бу ерда, Н - машина камерасидаги маҳсулот қатламининг баландлиги, м.

В - чўктириш камерасининг кенглиги, м.

v - маҳсулотни камерада ўртача бўйлама ҳаракатланиш тезлиги, м/сек.

δ - маҳсулотнинг зичлиги, кг/м³.

θ - маҳсулотнинг ғовакланиш даражаси, $\theta = 0,5$.

Чўктириш вақтида сув оқимининг тебранишлари амплитудаси ва частотаси маҳсулотни зичлигига қараб қаватланиши учун ғовакланиши ва муаллақ ҳолга ўтишини муваффақиятли таъминлай олиши керак.

Диафрагма ёки поршеннинг юриши (руда заррачалари тебрана бошлаши учун) қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$60/(2n)=h/v_{\text{ст}} \quad (1.73)$$

$$h = 30 v_{\text{ст}}/n \quad (1.74)$$

бу ерда: n - диафрагма ёки поршеннинг тебранишлар частотаси; мин⁻¹

$v_{\text{ст}}$ - заррачанинг сиқилиб тушиш охириги тезлиги, м/с.

Чўктириш учун яхши шарт-шароит сув оқимининг унча катта бўлмаган частотаси ва каттароқ, амплитудасида яратилади, чунки бу ҳолда маҳсулот муаллақ ҳолда узоқроқ туради ва унинг тезроқ, қаватланиши содир бўлади.

Тебранишлар частотаси камайиб кетса чўктириш беқарор бўлиб қолади ва унинг боришини яхшилаб кузатиш керак бўлади.

Минимал тебранишлар частотаси қуйидаги тенгламадан топилади:

$$n > 27,3 v_{\text{ст}}/h$$

Амалда руданинг заррачаларини чўктириш усулида бойитишда тебранишлар частотаси заррача йириклигига қараб 50 дан 300 мин⁻¹ гача бўлади.

Чўктириш машинасидаги панжара тагликнинг тури ҳам чўктириш жараёнига таъсир қилувчи муҳим омил ҳисобланади. Агар тагликнинг баландлиги етарли бўлмаса, бу унинг баъзи жойларида юқорига кўтарилувчи сув оқимининг узилиб, қаватлашган маҳсулотнинг аралашиб кетишига олиб келади ва аксинча, таглик жуда қалин бўлса маҳсулот етарли даражада ғовакланмайди ва чўктириш бузилади.

Майда маҳсулотни бойитишда сунъий таглик ишлатилади. Сунъий таглик заррачаларининг ўлчами панжара тешиклари ўлчамидан 3-4 марта катта бўлиши керак.

Магнетит, ферросилиций, сульфидлар ва пўлат, чўян золдирлар классификацияланмаган ёки майда рудани чўктиришда ишлатилади. Чунки майда тешикли тўрлар тез ишдан чиқади ва тешиклари ёпилиб қолади. Сунъий таглик йирик тешикли тур ишлатишга имкон беради.

Йирик маҳсулотни чўктиришда табиий таглик баландлиги қуйидаги тенглама билан аниқланади

$$h=(5-10)d_{\max} \quad (1.75)$$

Бу ерда, $d_{\max}$ - чўктиришга тушаётган маҳсулот таркибидаги энг катта бўлакнинг ўлчами.

Сунъий тагликларнинг қалинлиги эса панжара ости маҳсулотининг чиқишига қараб қабул қилинади. Сунъий тагликнинг баландлиги қанча катта бўлса, унинг ўтказиш қобилияти шунча кам бўлади ва бунинг аксича, қанча кам бўлса, шунча кўп маҳсулот ўтказиши. Шунинг учун бой рудаларни чўктиришда сунъий таглик қалинлиги камбағал рудаларни чўктиришдагидан кам бўлиши керак. Сунъий таглик устидаги маҳсулотнинг баландлиги бойитилаётган руда таркибидаги энг катта зарра ўлчамидан 20 марта ортиқ, бўлиши керак.

Чўктириш жараёнида сув сарфига алоҳида аҳамият бериш керак. Сув чўктириш машинасига руда билан ва кўшимча тарзда панжара остига берилади. Панжара ости суви чўктириш машинасини бошқаришда муҳим омил ҳисобланади. Панжара остига сув юқорига кўтарилувчи сув оқими тезлигини ошириш ва

пастга ҳаракатланадиган сув оқими тезлигини пасайтириш учун берилади. Бу билан юқорига кўтарилувчи сув оқими ёрдамида тагликни оптимал ғоваклантиришга ва пастга ҳаракатлантирувчи сув оқими ёрдамида уни самарали қаватланишига шароит яратиб берилади. Пастга ҳаракатланувчи сув оқими тезлигининг камайиши енгил заррачаларнинг таглик юқори қаватидан пастга сурилишини ҳам камайтиради. Панжара ости сувининг сарфи дастлабки маҳсулотнинг хоссасига боғлиқ бўлиб, ўртача ҳар тонна руда учун $2,5 \text{ м}^3$ ни ташкил этади. Чўктириш машинасининг меъёрида ишлашини таъминловчи муҳим шартлардан яна бири бойитилаётган маҳсулотни машинага секин ва бир текис бериш ҳисобланади.

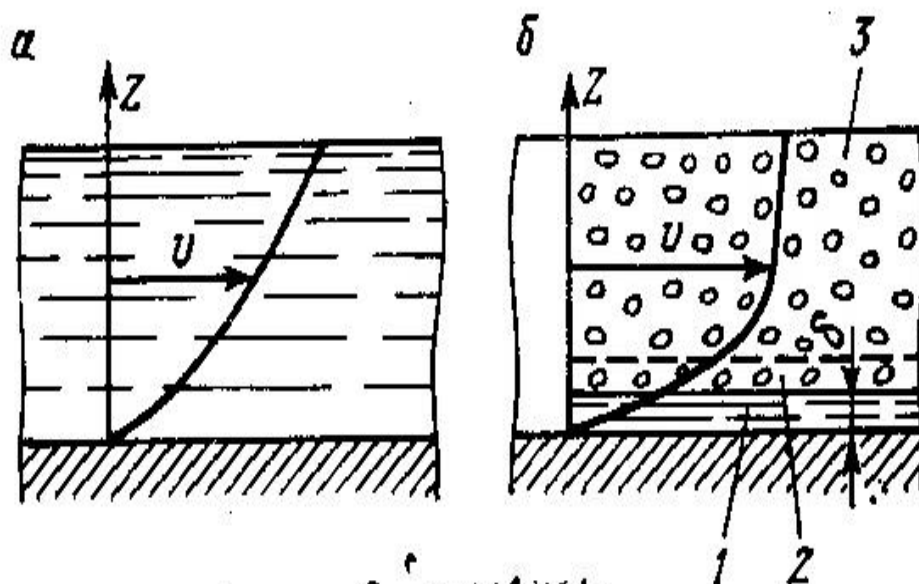
1.5. Минералларни қия текисликда босимсиз оқаётган сув оқимида саралаш

Гравитация усули билан бойитишнинг бу тури сув оқимининг динамик таъсири остида заррачаларнинг ҳар хил тартибда ҳаракат қилишига асосланган. Заррачаларни саралаш, қия оқимнинг кичик чуқурлигида олиб борилади. Оқимни қалинлиги бойитилаётган энг йирик заррача ўлчамидан 10 баробар катта холос. Бу тамойил билан ишлайдиган дастгоҳларни тури кўп, улардан асосийлари: концентрацион столлар, шлюзлар, винтли саралагичлар, тизиллама новлар, тизиллама концентраторлар. Буларни бирлаштирувчи омил ҳаммасида бўтана қия юзада оғирлик кучи таъсирида ҳаракатланади. Дастгоҳларни қиялилиги концентрацион стол ва шлюзларда $2-10^0$, винтли саралагичларда $9-12^0$ ва торайиб боровчи новларда $14-18^0$ бўлади.

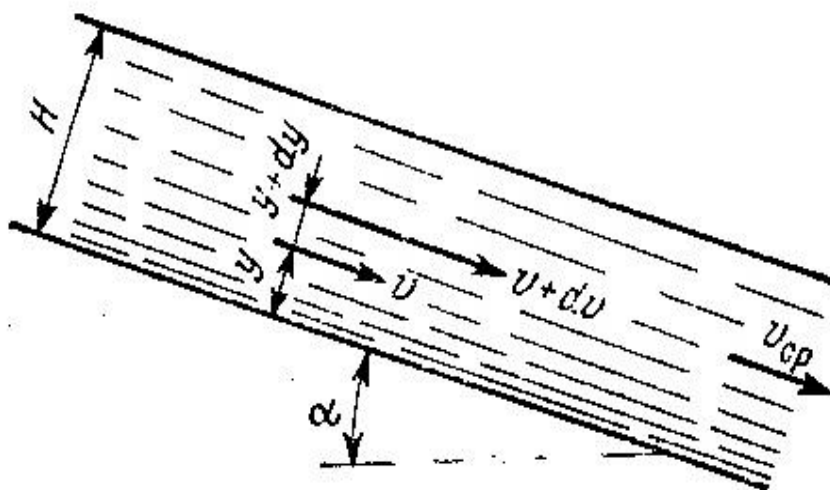
Қия юзада ҳаракатланиш қонунияти. Ламинар режим

Суюқликни очик оқим шароитида ҳаракатланишида, унинг қатлами баландлиги бўйича ҳаракат тезлиги ҳар хил. Оқим тубида тезлик нолга тенг бўлса, оқим юзасида эса оқим максимал тезликка эришади.

Ламинар режимда ҳаракатланаётган суюқликнинг оқим тезлиги тенгламаси қуйидагича фикрлаш йўли билан олинади (1.13-расм).



1.13-расм. Ламинар (а) ва турбулент (б) режимда ҳаракатлаётган оқим чуқурлиги бўйича тезликни тақсимланиши. 1- чегара қатлам; 2- ўтиш зонаси; 3- турбулент зона



1.14-расм. Қия тексликда суёқликнинг ламинар ҳаракати

Айтайлик, оқим тубидан, «у» масофада чексиз юпқа қатлами (dy) ҳаракат қиляпти: унинг тезлиги пастки қисмида u , юқори қисмида $u+du$, яъни тезлик градиенти du/dy бор.

Бу қатламга қуйидаги кучлар таъсир қилади:

1) Оқим тубига параллел бўлган оғирлик кучи:

$$F_1 = (H - \gamma) \Delta \sin \alpha$$

2) Юза бирлигига таъсир қилаётган ишқаланиш кучи:

$$F_2 = \mu \frac{dv}{dy}$$

Тезланиш нольга тенг булса $F_1 = F_2$, бўлади, яъни

$$(H - y)\Delta g \sin \alpha = \mu \frac{dv}{dy}$$

$y=0$ дан $y=H$ гача деб интегралласак

$$\int dv = \frac{\Delta g \sin \alpha}{\mu} \int (H - y) dy$$

$$v = \frac{\Delta g \sin \alpha}{\mu} \left(Hy - \frac{y^2}{2} \right)$$

$\frac{\Delta}{\mu} = v$ эканлигини инобатга олсак,

$$v = \frac{\Delta g \sin \alpha}{\mu} (2H - y)y \quad (1.76)$$

Бу ерда, v – динамик қовушқоқлик;

Δ - суюқлик зичлиги;

μ - суюқлик қовушқоқлиги.

(1.76) тенгламадан кўриниб турибдики, Ламинар режимда оқаётган суюқликнинг ўртача ва ($y=H$ бўлгандаги) максимал тезлиги орасидаги боғлиқлиги $v_{\text{ортача}} = \frac{2}{3} v_{\text{max}}$ ифода билан аниқланади.

Қия текисликда ҳаракатланаётган суюқлик оқимининг сокинлиги (ламинарлиги) Рейнольдс сони 500 дан кичик ($Re < 500$), бўлгандагина сақланиб қолади ва (1.76) тенглама ҳақиқий ҳисобланади.

Оқим тезлиги ва қиялилик маълум бўлса, (1.76) тенгламадан оқим қатлами қалинлиги ва суюқлик ҳажмини аниқлаш мумкин. (1.76) тенгламасини оқим учун вақт ва кенглик бирлигида оқиб ўтган суюқлик ҳажмини аниқлаш мумкин.

$$\int_0^H dW = \int_0^H v dy = \int_0^H [\Delta g \sin \alpha (2H - y)y / (2v)] dy \text{ дан}$$

$$W = \frac{\Delta g \sin \alpha H^3}{3v};$$

$$H = \left[\frac{3W}{\Delta g \sin \alpha} \right]^{0.33}$$

**Оқим ҳаракат тезлигининг унинг қатлами чуқурлигига
боғлиқлиги**

Ҳаракат номи	Қатлам чуқурлигига қараб, оқим тезлиги м/с				
	0,5	1,0	2,5	10	20
Ламинар	< 0,07	< 0,04	< 0,018	< 0,005	< 0,0018
Турбулент	> 0,42	> 0,22	> 0,11	> 0,02	> 0,011

Кўп ҳолларда гравитацион бойитиш дастгоҳларида оқим қалинлиги 0,5 см. дан 10(20) см. гача оқимнинг тезлиги эса 1 (2) м/с. гача бўлиб, бўтананинг ҳаракат режими турбулент бўлади.

Турбулент режим

Турбулент режимда ҳаракатланаётган оқимнинг гидродинамик хусусиятлари (тезлиги, босими, қовушқоқлиги) ўзгарувчан бўлади.

Оқимнинг чуқурлиги бўйича унинг ўртачалаштирилган тезлигини ифодаловчи назарий тенглама йўқ, чунки қияликда турбулент режимда суюқлик оқиши, думалаши, пастга, юқорига, олдинга ва орқага қараб ҳаракатланиши мумкин. Оқимнинг турбулентлик даражаси суюқлик оқаётган текисликнинг ғадир-будирлигига боғлиқ.

Қия новда ҳаракатланаётган оқимнинг ўртача тезлигини Шези тенграмаси билан аниқлаш мумкин:

$$v_{\text{ср}} = \tilde{N} \sqrt{Ri}, \text{ м/с} \quad (1.77)$$

Бу ерда: C -коэффициент; сув учун $C = \frac{1}{n} R^{1/6}$ ифода билан аниқланади.

n - текисликнинг ғадир-будирлик коэффициенти, силлик юза учун $n=0.01$; ўта нотекис юза учун 0,02;

R – оқимнинг гидравлик радиуси, м (R – оқим қирқими қийматини намлаш периметрига нисбати).

$i = \sin \alpha$ - оқим қиялилиги.

Заррачаларни босимсиз қиялик оқимида ҳаракатланиши

Қиялик оқимда заррачаларни ҳаракатланиш турлари:

1. Оқим тубида ёки юзада олдин чўкиб қолган заррачалар устида думалаш ёки судралиш йўли билан;

2. Ҳаккалаб ҳаракатланиш: заррача маълум вақт судралиб ҳаракатланади, сўнгра юқорига кўтарилади ва оқим учун маълум масофага олиб кетиб пастга ташлайди, бу яна такрорланади.

3. Заррача муаллақ ҳолда оқим билан ҳаракатланади.

Заррачанинг ҳаракатланиш усули оқим қалинлиги ва тезлигига, тубнинг ҳолатига, заррачанинг шакли ва ўлчамига, бўтанадаги концентрациясига боғлиқ бўлади.

Шар шаклидаги ҳаракатланаётган заррачага қуйидаги кучлар таъсир қилади:

а) Гравитацион кучлар (оғирлик ва Архимед кучлари):

$$P = mg \frac{\delta_{\varepsilon} - \Delta \tilde{n}}{D \hat{e}} \quad (1.78)$$

б) Сув оқимининг динамик босим кучи:

$$P_v = \psi \Delta d^2 (\nu_{\partial\partial} - \nu_3); \quad (1.79)$$

в) Кўтариш кучи (оқимнинг қуюн ҳаракати туфайли ҳосил бўлади):

$$P_v = \psi_1 \Delta \nu_{\partial\partial\partial\partial}^2 d^2 \quad (1.80)$$

2. Ишқаланиш кучи:

$$P_T = (P \cos \alpha - P_K) f \quad (1.81)$$

Бу ерда, ψ - оқим бўйича гидродинамик қаршилик коэффиценти;

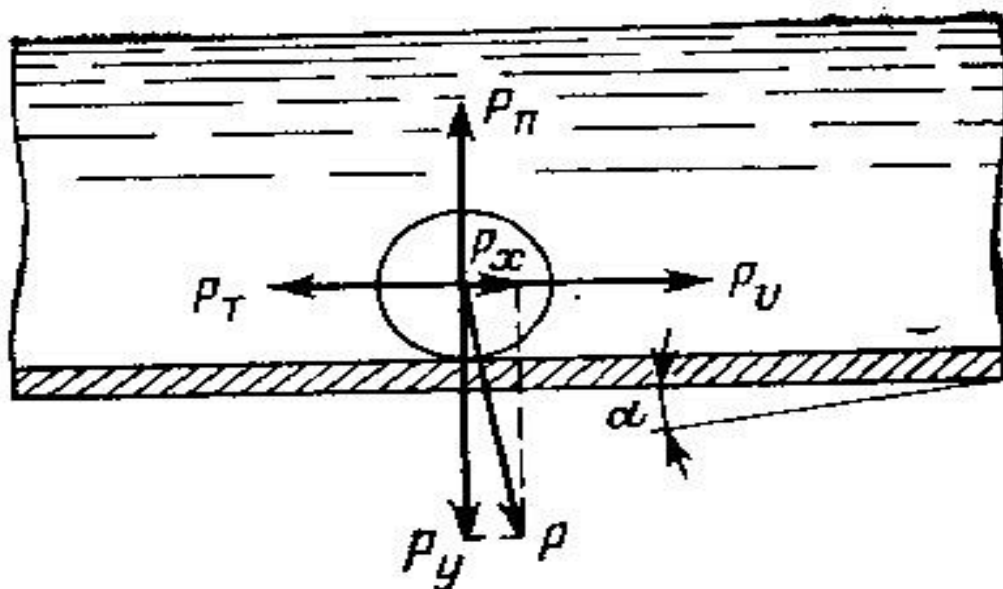
$\nu_{\partial\partial}$ - d баландликдаги оқимнинг ўртача тезлиги;

ν_3 - заррача ҳаракатининг тезлиги;

ψ_1 - оқимга перпендикуляр йўналишдаги гидродинамик қаршилик коэффиценти;

f - ишқаланиш коэффиценти.

ν_v - вертикал тезлик



1.15-расм. Қия текисликда ҳаракатланаётган суюқликдаги заррачага таъсир қилаётган кучлар схемаси

Бир режимда оқаётган оқимда кучлар бир-бирига тенглашади:

$$mg \frac{\rho - \Delta}{\rho} \cdot \sin \alpha + \psi \Delta d^2 (v_{\text{одо}} - v_{\text{с}})^2 = f \left(mg \frac{\rho - \Delta}{\rho} \cos \alpha - \psi_1 v_{\text{адо}}^2 d^2 \right)$$

Заррачанинг тезлиги

$$v_3 = v_{\text{одо}} - \sqrt{\frac{mg_0}{\psi d^2 \Delta} (f \cos \alpha - \sin \alpha) - \frac{\psi_1}{\psi_2} f v_{\text{адо}}^2}. \quad (1.82)$$

$$\text{қиймати } \frac{mg_0}{\psi d^2 \Delta} = \frac{\pi d^3 \rho (\rho - \Delta) g}{6 \psi d^2 \Delta \rho} = \frac{\pi d (\rho - \Delta)}{6 \psi \Delta} = v_0^2$$

яъни, заррача эркин тушиш тезлигининг квадратига тенг.

Агар, аппарат қиялиги $\alpha < 6^\circ$ бўлса, у ҳолда $\sin \alpha \approx 0$; $\cos \alpha \approx 1$ бўлади ва $\psi = \psi_1 = \psi_0$ деб қабул қилсак (ψ_0 суюқликда эркин тушаётган заррачага кўрсатилаётган қаршилик коэффиценти), у ҳолда

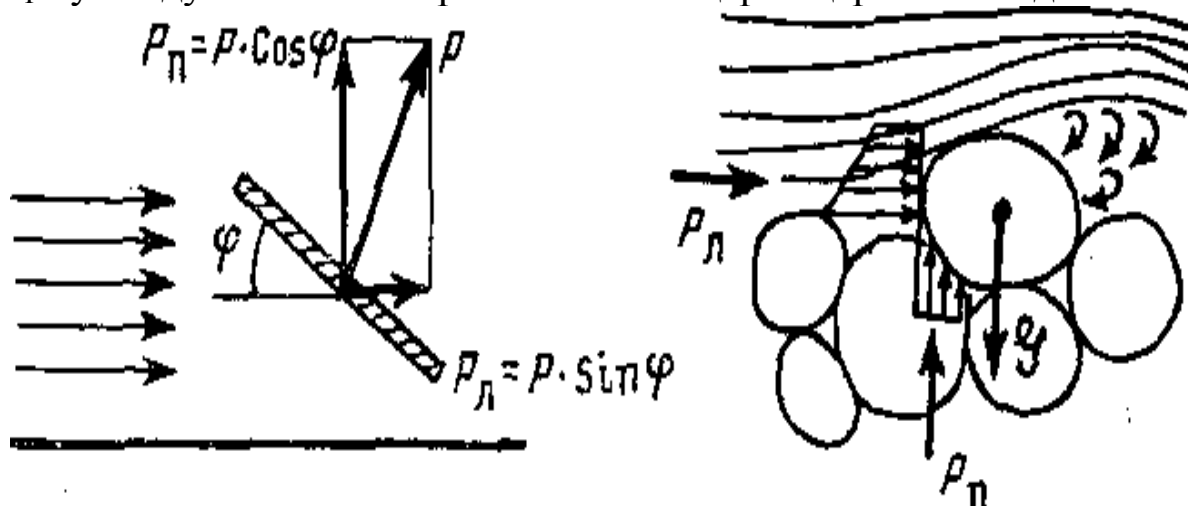
$$v_3 = v_{\text{одо}} - \sqrt{f(v_0^2 - v_{\text{адо}}^2)} \text{ бўлади.} \quad (1.83)$$

Бу тенгламадан, агар, $v_0 > v_{\text{вер}}$ бўлса заррчача думалаб ёки сирғаниб ҳаракатланади, агар $v_0 < v_{\text{вер}}$ бўлса заррча сув оқимида муаллақ сузиб кетиши мумкин.

Қия оқим усул билан минералларни саралашда оғир заррачалар учун $v_0 > v_{\text{вер}}$ бўлишини таъминлаш керак.

Оқимнинг кўтарувчанлик қобилияти

Қия оқимда заррачага таъсир қилаётган кучлар схемасидан кўриниб турибдики, агар $P_0 > P$ заррача юқорига қараб, агар, $P_V > P_T$ бўлса думалаб ёки сирғаниб пастга қараб ҳаракатланади.



1.16-расм. Кўтариш кучини пайдо бўлиши

Кўтариш кучининг пайдо бўлиш сабабларидан бири, оқимнинг заррачага кўрсатаётган гидродинамик босим қаршилигидир (P). Буни иккига бўлиш мумкин. Заррачанинг олдиндан таъсир қилаётган босим (P_n) ва кўтариш кучи (P_n) (1.16 - расм).

Бу кучларни

$$D_e = \psi_e F_e \frac{\rho v_d^2}{2}; \quad D_i = \psi_n F_n \frac{\rho v_d^2}{2}$$

тенгламалар билан аниқлаш мумкин.

Бу ерда: ψ_l ва ψ_n - қаршилиқ коэффицентлари;

F_l ва F_n - текислик майдони;

v_d - заррача диаметрига тенг баландликдаги оқим тезлиги.

$\varphi = 45^\circ$ бўлганда, пластинка учун кўтариш кучи максимал қийматини олади. Кўтариш кучини пайдо бўлишига яна бир

сабаб, оқимни турбулизациялантиришдир (пульсациялантиришдир). Оқимда майда ва йирик қуюн ҳаракатларнинг пайдо бўлиши заррачани юқорига қараб ҳаракатланишига сабаб бўлади. Қуюн ҳосил бўлишдан пайдо бўлган кўтариш кучи, Н.Е.Жуковский теоремасига биноан қуйидаги тенгламаси билан ифодаланади:

$$P_n = \rho v \Pi$$

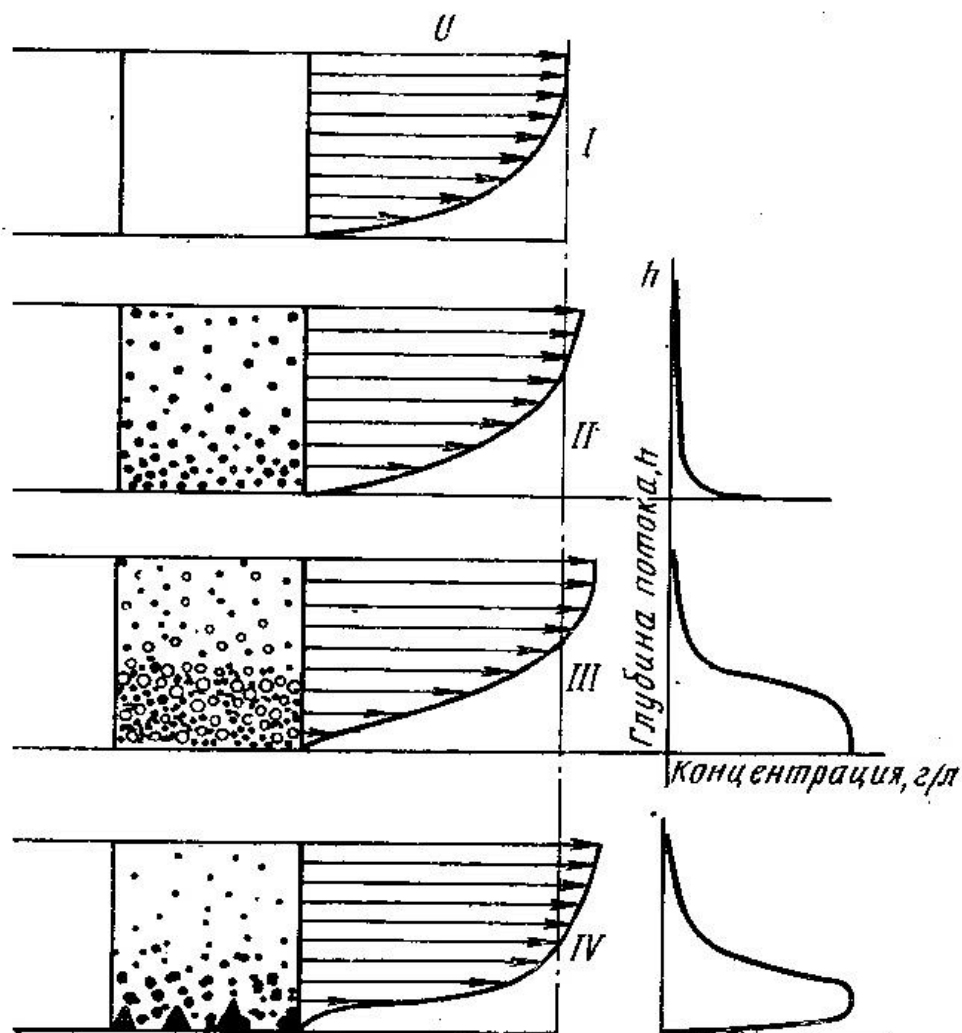
Бу ерда: $\Pi = 2\pi\omega r$ - суюқликнинг ўз ўқи атрофида айланма ҳаракат тезлиги.

Бундан ташқари, кўтариш кучи пайдо бўлишга, қатлам тубига чўкиб қолган заррачалар орасидан сувни сизиб кўтарилиши, қуюннинг пайдо бўлиши ва сўниши, заррачаларни ўзаро тўқнашиши ва бошқа ҳодисалар сабаб бўлиши мумкин.

Босимсиз қия оқим чуқурлиги бўйича заррачаларнинг тақсимланиши

Чўкмасдан оқимда ҳаракатланаётган заррачалар, оқим баландлиги бўйича диффузион назария асосида тақсимланади. Оқимда муаллақ ҳаракатланаётган заррачалар диффузион назария бўйича тақсимланиши турбулент диффузия тамойилларга асосланади, яъни оқим олиб кетаётган қаттиқ фаза ҳажмининг ўртача миқдори, унинг оқимдаги ўртачалаштирилган таркиби градиентига мутаносиб бўлади.

Заррачалар концентрацияси кам бўлган оқимда уларнинг концентрацияси оқим юзасидан тубига қараб бир текисда экспотенциал боғлиқлик билан ошиб боради. Заррачаларнинг оқим баландлиги бўйича гранулометрик тақсимланиши эса уларнинг гидравлик ўлчамлари бўйича жойлашади. Заррачалар концентрацияси юқори (10-15%) бўлган оқим учун эса, оқим тубида ҳаракатчан қатлам ҳосил бўлиши характерлидир. Тубдаги қатлам билан асосий оқим оралиғида ўтиш қатлами ёки сакровчи қатлам мавжуд. Тубдаги заррачаларнинг бирлашган қатлами, умумий заррачаларни 40% гача бўлади. Бу қатламдан йирик заррачаларни ёриб ўтиши қийин. Иккинчи томондан қуюн ҳосил бўлганда туб қатламини алоҳида заррачаларини эмас, уларни агрегатларини муаллақ ҳолатга ўтказди.



1.17-расм. Заррачалар миқдори ҳар хил бўлган оқимларни ўрталаштирилган тезликларини вертикал тақсимлаштирилиши:

1-қаттиқ заррача йўқ; 2- муаллақ сузиб юрувчи заррачалар;
3- ҳаракатланувчи чўкма қатлами; 4- ҳаракатсиз чўкма қатлами

Сакраб ҳаракатланувчи қатлам бўшқлиги юқори ва тезлиги катта (асосий оқим тезлигидан кичик). Сакраб ҳаракатланувчи қатлам, дастгоҳ тубида қўшимча ғадир-будирликни ҳосил қилади ва заррачаларни ўлчамлари бўйича қатлам ҳосил бўлишини ўзгартириб юборади. Туб қатламда майда оғир заррачалар тўпланишига сабаб бўлади.

1.5.1. Концентрацион столда саралаш

Концентрацион столда бойитиш майда ўлчамли маҳсулотни гравитация усулида бойитишнинг энг кўп тарқалган усули.

Концентрацион столлар қалай, вольфрам, камёб металллар ва олтин рудаларини бойитишда кенг қўлланилади.

Концентрацион столда бойитиш минерал заррачаларнинг зичлиги ва ўлчамидаги фарққа қараб қия текислик бўйлаб ҳаракатланаётган сув оқими ёрдамида ажратишга асосланган.

СКМ - 1 А маркали концентрацион стол (1.18-расм) трапеция шаклидаги ясси юза (2) дан иборат. Бу юза дека дейилади. Дека ромб ёки параллелограмма шаклида ҳам бўлиши мумкин. Дека ёғочдан ёки алюминийдан тайёрланиб, устидан линолеум, резина, полиуретан ва х.к. каби материал билан қопланади. Деканинг юзасида ингичка ва узун тўсиқчалар (14) ўрнатилади. Бу тўсиқчалар ёғоч ёки резинадан тайёрланади. Тўсиқчаларнинг узунлиги ва баландлиги маҳсулот берилувчи томонга қараб камайиб боради.

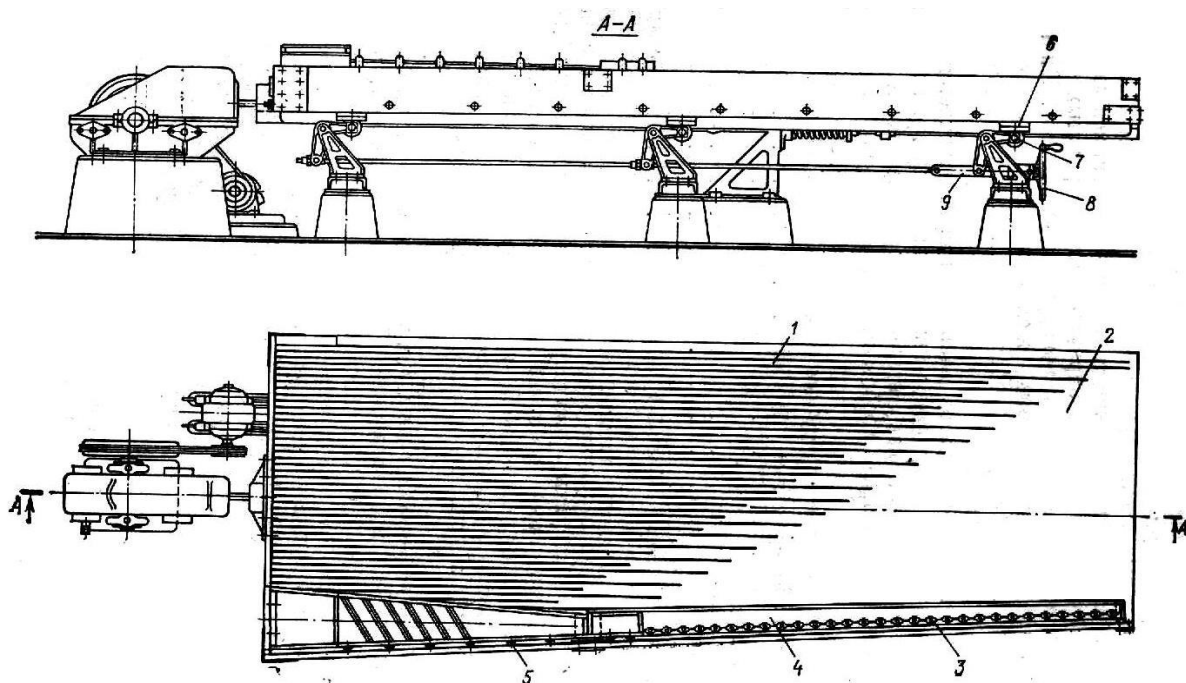
Концентрацион стол унга кўндаланг ўқи бўйлаб ёки ромб ва параллелограмманинг диагонали бўйлаб илгарилама – қайтма йўналишда ҳаракат берувчи узатмага уланади. Дека тирсакли ричагга маҳкамланган ғилдиракчали роликка (коньки) таянади. Маҳсулот берилувчи тарафда жойлашган учта тирсакли ричагга тяга бирлаштириб туради.

Маховик орқали стол юзасига унинг ҳаракатланиш йўналишига перпендикуляр равишда унча катта бўлмаган қиялик берилиши мумкин.

Столнинг узатмаси электродвигател, тасмали узатма, ричагли-эксцентрик механизмдан иборат бўлиб, стол декаси билан тяга орқали уланади.

Деканинг маҳсулот берилиш томонга юриш вақтида (орқага юриш) деканинг тиргак ва таянчи орасида ўрнатилган пружина сиқилади, бунинг тескарисида эса (олдинга юриш) пружина ёзилади ва декани олдинга итаради. Пружинанинг сиқилиш даражасини гайка ёрдамида мослаштирилади.

Стол ишлаётган пайтда дека нотекис ҳаракатланади. Дека олдинга ҳаракатланганда унинг тезлиги аста-секин ортади, юришнинг охирида максимумга етади, кейин эса 0 гача кескин камаяди. Дека орқага ҳаракатланаётганда унинг тезлиги максималгача кескин ортади, кейин эса аста-секин 0 гача камаяди. Дастлабки маҳсулот бўтана ҳолида маҳсулотни юклаш қутисига берилади. Сув эса юқоридаги арикчага берилиб, айланувчи парракчалар орқали деканинг юзасида тарқалади.



1.18-расм. СКМ-1А концентрацион столи

Минерал заррачалар аралашмасининг стол декасида ажралиши куйидагича содир бўлади. Маҳсулотни юклаш қутисидан стол юзасига тушувчи минерал заррачалар иккита куч таъсирига учрайди: бўйлама оқувчи сувнинг юувчи кучи ва деканинг илгарилама - қайтарма ҳаракати натижасида содир бўлувчи стол бўйлаб ҳаракат қилувчи инерция кучи.

Деканинг қайтарилувчи илгарилама қайтма ҳаракати натижасида руда аралашмаси дека бўйлаб ҳаракатланади. Бунда заррачаларнинг ҳаракатланиш тезлиги турлича: катта инерция кучига эга зичлиги катта заррачаларнинг дека бўйлаб ҳаракатланиш тезлиги кичик зичликка эга заррачаларнинг олдинга ҳаракатланиш тезлигига нисбатан катта бўлади.

Бироқ кичик зичликка эга заррачаларга сувнинг юувчи оқими кучлироқ таъсир қилади, чунки сегрегация натижасида улар зичлиги катта заррачаларнинг устида жойлашган бўлади. Инерция кучи ва сув оқимининг гидравлик кучи таъсирида кичик зичликка эга заррачалар деканинг кўндаланг юзаси бўйлаб зичлиги катта заррачаларга нисбатан тезроқ ҳаракатланади.

Тўсиқчаларнинг вазифаси стол юзасида минерал заррачалар аралашмасини ушлаб қолиш ва уларни сув билан тез ювилиб кетишига қаршилик кўрсатиш, чунки сувнинг ювиш кучи заррачаларнинг юзага ишқаланиш кучидан каттароқ, тўсиқчалар орасида минерал заррачалар аралашмасининг қаватланиши содир

бўлади: пастки қатлам майда оғир заррачалар, кейин йирик оғир заррачалар, майда енгил ва охирида йирик енгил заррачалар жойлашади. Бунинг натижасида биринчи навбатда сув билан йирик енгил заррачалар ювилади. Ундан кейин оқим билан йирик заррачалар орасидан майда енгил заррачалар ювилишни бошлайди.

Бойитиш учун бир-биридан деканнинг сони, шакли ва юзаси билан, уларнинг ўрнатилиш усули (осилган ёки таянчли), узатмасининг конструкцияси, деканинг тебраниш частотаси ва амплитудаси ва бошқа хусусиятлари билан фарқ килувчи концентрацион столлар ишлатилади.

Саноатда СКП-15, СКП-22, СКП-30 (сонлар деканинг умумий юзаси); СКО-15, СКО-22; СКО-30 ва х.к. маркали столлар чиқарилади.

Концентрацион столларнинг асосий параметрлари ва ишлаш тартиби

Концентрацион столлар ишига қуйидаги омиллар таъсир қилади:

1. Тусиқчаларнинг баландлиги;
2. Тусиқчалар орасидаги масофа;
3. Деканинг тебранишлар частотаси ва амплитудаси;
4. Деканинг бўйлама ва кўндаланг қиялик бурчаги;
5. Берилаётган сувнинг сарфи ;
6. Столнинг солиштирма ишлаб чиқариш қуввати.

Тўсиқчаларнинг жойлашиши, баландлиги ва улар орасидаги масофа биринчи навбатда бойитилаётган маҳсулотнинг хусусиятига, шунингдек деканинг қиялигига, сув сарфи ва ювувчи сувнинг берилиш тезлигига, столнинг ишлаб чиқариш қувватига боғлиқ.

Тўсиқчалар баландлиги ва улар орасидаги масофа бойитилаётган руданинг йириклигига боғлиқ. Одатда рудани бойитишда тўсиқчаларнинг баландлиги 4-15 мм, улар орасидаги масофа эса 20-45 мм ни ташкил қилади. Маҳсулот йириклиги ортган сари бу параметрлар ҳам ортади.

Маҳсулотнинг стол юзасида қатламланиш самарадорлиги деканинг тебранишлар частотаси ва амплитудасига боғлиқ. бўлиб, у ҳам ўз навбатида бойитилаётган маҳсулот зичлиги ва йириклигига боғлиқ.

Йирик заррачали маҳсулотни бойитишда маҳсулот қалинроқ қатламда жойлашади, бу ҳолда тўсиқчалар орасида каттароқ юқорига кўтарилувчи сув оқими ҳосил бўлади ва дека қадам узунлиги каттароқ бўлиши талаб қилинади. Дека тебранишлари частотаси эса бунда унча катта бўлмайдиган қилиб танланади, Майда заррачали маҳсулотни бойитишда эса тебранишлар амплитудаси кичик, частотаси эса катта қилиб танланади.

Масалан, йириклиги 3 мм ли маҳсулотни бойитиш учун тебранишлар частотаси 200 мин⁻¹, амплитудаси эса 24 мм. Йириклиги <0,5 мм ли маҳсулот учун эса тебранишлар частотаси 300-350 мин⁻¹ га кўтарилиб, амплитудаси эса 12-14 мм га камайтирилиши керак. Бойитилаётган маҳсулот йириклигига қараб тебранишлар частотаси ва амплитудасини қуйидаги формуладан аниқлаш мумкин:

$$l = 18\sqrt[4]{d_{\max}}; \quad n = \frac{250}{5\sqrt[4]{d_{\max}}} \quad (4.84)$$

бу ерда: l - тебранишлар амплитудаси, мм.

n - тебранишлар частотаси, мин⁻¹.

$d_{\max}$ - бойитиладиган маҳсулот таркибидаги энг катта заррача, мм.

Стол юзасининг кўндаланг қиялик бурчаги ҳам бойитилаётган маҳсулотнинг йириклигига боғлиқ. Қиялик бурчагининг ортиши бўтана оқимининг ва сувнинг ювилиш тезлигини ортишига олиб келади, бунинг натижасида оғир заррачалар столнинг ёнбош тарафига етиб келмасдан стол юзасидан ювилиб тушиб кетиш эҳтимоли ортади.

Маҳсулот қанча йирик бўлса, стол шунча кўпроқ, эгилган бўлиши мумкин. Майин заррачали маҳсулот учун столнинг қиялик бурчаги минимал бўлиши керак. Одатда стол юзасининг қиялик бурчаги 1-10° орасида бўлади. Юзанинг қиялик бурчаги фақатгина маҳсулотнинг йириклигига эмас, балки тўсиқчаларнинг баландлигига ҳам боғлиқ. Уларнинг баландлиги ва маҳсулотнинг йириклиги ортган сари юзанинг кўндаланг қиялик бурчаги ортади.

Концентрацион столда бойитиш самарадорлигига дастлабки маҳсулот (бўтана) нинг зичлиги ва юувчи сувнинг сарфи катта таъсир кўрсатади. Бўтананинг ҳаддан зиёд суюлиб кетиши оғир минералларнинг йўқолишига олиб келади. Стол юзасида сувнинг етишмаслиги заррачалар ажралишини ёмонлаштиради ва ишлаб чиқариш унумдорлигини пасайтиради.

Столга келиб тушадиган бўтананинг меъёрий зичлиги 20-25 % ҳисобланади. Ювувчи сувнинг сарфи маҳсулотнинг йириклиги ва юзанинг қиялик бурчагига боғлиқ ҳолда белгиланади. Бойитилаётган маҳсулот қанча йирик бўлса, ювувчи сувнинг тезлигини ошириш, юзанинг қиялик бурчаги катта бўлганда, ювувчи сувнинг миқдорини камайтириш мумкин. Одатда концентрацион столда ишлатиладиган сувнинг миқдори ҳар бир тонна руда учун $1-2 \text{ м}^3$ ни ташкил қилади.

1.10-жадвал

СКП турдаги столнинг техник характеристикалари

Кўрсаткичлари	СКП-15	СКП-22	СКП-30
Юзанинг умумий майдони, м^2	15	22,5	30
Юзалар сони	2	3	4
Битта юзанинг майдони, м^2	7,5	7,5	7,5
Юзанинг тебранишлар частотаси, мин^{-1}	280-350	280-350	300
Тебранишлар амплитудаси, мм	10-20	10-20	10-20
Юзанинг қиялиги,	0-2	0-2	0-2
°Бўйлама кўндаланг	0-8	0-8	0-8
Заррачанинг ўлчами, мм	(-3H+0,2)		
Ишлаб чиқариш унумдорлиги, т/соат	2-7	3-10	4-14
Электродвигатель қуввати, кВт	2,2	2,2	2,2
Қўзғалувчи қисмларининг оғирлиги, т	1,8	2,1	2,4

Концентрацион столнинг ишлаб чиқариш унумдорлиги руданинг хоссасига, юзанинг майдонига, столнинг ишлаш тартиби ва бошқа омилларга боғлиқ.

Концентрацион столнинг солиштирма ишлаб чиқариш қувватини қуйидаги эмпирик тенгламадан топиш мумкин:

$$q = 0,2 d, \quad (4.86)$$

бу ерда: - d бойитилаётган маҳсулотнинг минимал ўлчами, мм.

Столга ортиқча маҳсулот берилса минерал заррачалар қатламланишга улгурмайди, чунки тўсиқчалар орасидаги бўшлик оғир минераллар билан ўта тўлган бўлади ва янгидан тушаётган маҳсулот сув билан ювилиб тушиб кетади.

Столга маҳсулот камроқ берилса, минерал заррачалар самаралироқ ажралади, лекин бунда столнинг имкониятларидан

тўлиқ фойдаланилмаган бўлади (ишлаб чиқариш қуввати нуқтаи назаридан). Концентрацион столнинг афзалликлари: бойитишнинг юқори самарадорлиги, минерал заррачалар ажралишини яққол кузатиш мумкинлиги ва уни дарҳол созлаш мумкинлигидадир. Столнинг камчиликлари - солиштирма ишлаб чиқариш қувватининг пастлиги, бинонинг катта майдонини эгаллаши, синиш оқибатида нисбатан тез-тез ишдан чиқиши, ҳамма узелларни синчиклаб созлаш кераклиги.

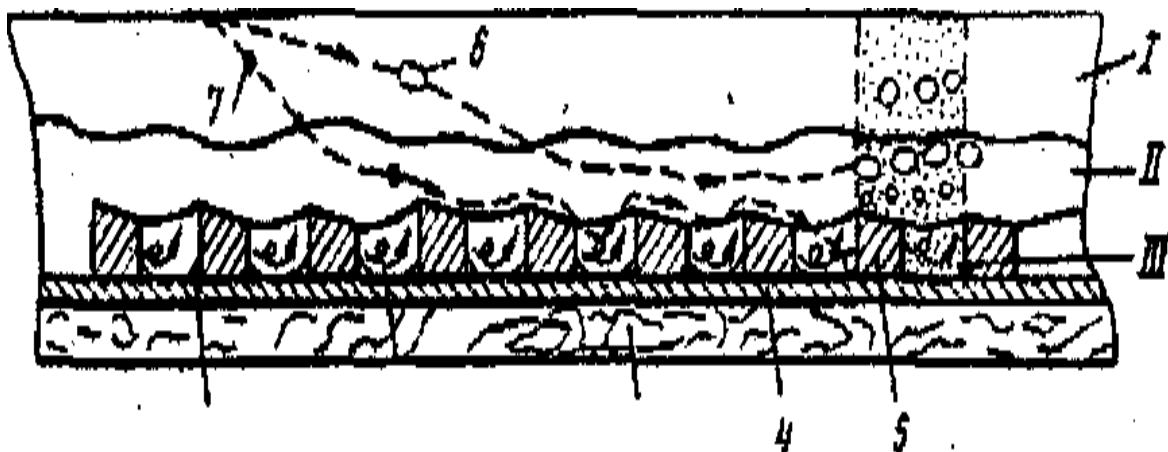
1.5.2. Шлюзларда саралаш

Сочма кон (олтин, вольфрам, қалай ва камёб металллар) рудаларини бойитишда шлюз деб аталувчи дастгоҳдан фойдаланилади. Шлюз - тўғри бурчак шаклдаги қия тарновчадан иборат бўлиб, унинг тубига трафарет ёки жуни ўсик, мато (кигиз, туки ўсик, мовут, ғадир-будир резина ва х.к.) тўшалади.

Шунингдек, метал трафаретлар ҳам ишлатилади. Улар сувнинг уярма (гирдоб) оқимини ҳосил қилади, ғадир-будир материалдан тайёрланган қопламалар эса шлюзнинг туби бўйлаб ҳаракатланаётган заррачаларга қаршилиқни оширади ва қуйи қатламларда сув ҳаракатини пасайтиради. Трафарет ва қопламалар шлюзлар ишининг сифат кўрсаткичларини белгиловчи муҳим омил ҳисобланади.

Трафаретларнинг баландлиги сув оқими чуқурлигидан катта бўлмаслиги керак, ўз навбатида у бойитилаётган маҳсулот йириклигига қараб танланади. Одатда оқим чуқурлиги бойитилаётган маҳсулотнинг энг катта заррачаси ўлчамидан 2-3 марта катта бўлиши керак. Бўтана шлюз бўйлаб ҳаракатланганда минераллар аралашмасидаги заррачалар зичлиги ва йириклигига қараб ажралади (1.19-расм).

Аввал шлюз тубига оғир минераллар чўкади. Улар трафаретлар орасида тўпланади ва ғадир-будир юзада ушлаб қолинади. Йирик майда тошлар ҳамда енгил заррачалар сув оқими билан шлюздан чиқиб кетади. Вақт ўтиши билан трафаретлар ораси ва жунли қоплама уялари (кўзлари) да оғир минерал заррачалари йиғилади. Йиғилиб-йиғилиб охири уялар тўлади ва шлюзга маҳсулот бериш тўхтатилади. Чўккан маҳсулот шлих дейилади ва у ажратиб олинади.



1.19-расм. Заррачаларнинг шлюзда ажралиш схемаси: 1-бўшлик; 2-уюрма оқимлар; 3-шлюз туби; 4-мат; 5-трафарет; 6-йирик енгил заррача ва унинг йўли; 7-майда оғир заррача ва унинг йўли

I - муаллақ ҳолдаги заррачалар қатлами; II - бирламчи концентрациялаш қатлами; III - охирги концентрациялаш қатлами

Чўкмани ажратиб олиш операцияси чайиш дейилади. Аввал юқори қатламда қолган енгил заррачаларни ажратиб олиш учун шлюзга сув берилади. Кейин сув бериш тўхтатилади ва трафаретни ажратиб олишга киришилади, бунда тўпланган маҳсулот сув билан яхшилаб ювиб туширилади. Бу маҳсулот ёғоч ёки металл куракчалар ёрдамида шлюз туби бўйлаб юқorigа кўтариб берилади (бўш тоғ жинсларини ажратиш учун). Йирик бўлақлар қўл билан олиб чиқиндилар тўпланадиган майдонга жўнатилади. Шлюз тубида қолган хомаки концентрат алоҳида идишга ювиб туширилади ва шлюз яқинида жойлашган тозалаш дастгоҳлари учун юборилади.

Жунли матони ювиш махсус идишда амалга оширилади. Шлюзларда чўкмани ажратиб олиш анча қийин, кўп меҳнат сарфланадиган операция ҳисобланиб, ҳозирги ишлаб чиқарилаётган замонавий шлюзларда бу жараён автоматлаштирилган.

Шлюзларнинг технологик параметрлари ва ишлаш тартиби

Шлюзларнинг асосий технологик кўрсаткичлари: қаттиқ заррачаларнинг бўтанадаги миқдори (бўтананинг зичлиги), оқимнинг чуқурлиги, шлюзнинг қиялик бурчаги, шлюз тубининг тури, шлюзнинг кенглиги. Улар бойитилаётган маҳсулотнинг хоссаларига қараб танланади ва бу кўрсаткичлар ишлаб чиқариш

унумдорлиги, ажралиш ва бойитманинг сифати каби бойитиш кўрсаткичларини белгилайди.

Чуқур тўлдирилувчи шлюзлар қалинлиги 40-50 мм ли тахтадан тўғри бурчак кесимли қилиб тайёрланган тарновчадан иборат. Шлюзларнинг узунлиги 150-180 м, кенглиги 0,9-1,8 м, чуқурлиги (баландлиги) эса 0,75 дан -9 м гача бўлади. Шлюзнинг қиялик бурчаги 2-3°. Шлюз тубига трафарет тўшалади. Кўпинча, трафаретлар орасида чўкувчи майда оғир минералларни ушлаб қолиш учун бутун шлюз туби бўйлаб трафарет остидан жунли мато жойлаштирилади.

Майда заррачали маҳсулотни бойитиш учун саёз тўлдирилувчи шлюзлардан фойдаланилади. Бундай шлюзлар тубига кигиз, дағал тукли мовут, кардерой, вельвет каби копламалар тўшалади. Шлюзларнинг солиштира ишлаб чиқариш қуввати маҳсулотнинг йириклиги, бойитманинг чиқиши ва жунли копламанинг турига қараб 2 дан 30 т/м² суткани ташкил қилади.

Шлюзларда бойитишга сарфланадиган сувнинг ҳажми майда маҳсулотни бойитишда ва қиялик бурчаги катта бўлганда сарфланадиган сув миқдори ҳар 1 м³ руда учун 3-10 м³, 200-300 мм йирикликдаги рудани бойитишда эса 1 м³ руда учун 100 м³ гача сув сарфланади.

1.11-жадвал

Автоматик шлюзларнинг техник характеристикаси

Параметрлар	ЗША-1М	34-КЦ	346-КЦ
Юзанинг ўлчами, мм: узунлиги кенглиги	1800x900	1800x1800	1800x1800
Юзанинг умумий майдони, м ²	8	16	16
Юзалар сони	5	5	5
Юзанинг қиялик бурчаги, градус: шлюзда бойитишда чайишда	9x45	9x45	4 x 12 x 45
Бойитилувчи маҳсулотнинг йириклиги, мм	0,3 гача		
Электродвигател қуввати, квт	1,7	1,7	0,4
Габарит ўлчамлари, мм: узунлиги, кенги, баландлиги	1650x1345x3320	2840 2250x3320	2810x2205x3540
Оғирлиги, т	2,5	2,28	1,41

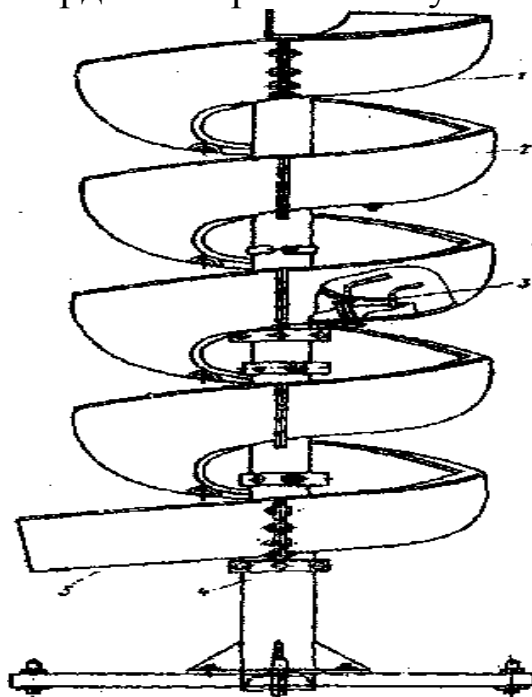
1.5.3. Винтли сепараторларда саралаш

Винтли сепараторларда бойитиш худди шлюзларда бойитишдагидек кетади, лекин бу усулда бойитишда оғирлик кучи билан бир қаторда катталиги оғирлик кучидан бир неча баробар катта марказдан қочма куч ҳам ишлатилади.

Шунинг учун минерал заррачаларнинг зичлигига қараб ажралиши тезроқ кетади ва аппаратнинг ўлчамини сезиларли даражада кичрайтириш мумкин.

Винтли сепаратор вертикал ўққа эга қўзғалмас винтсимон бурама тарновчадан иборат. Бундай аппаратлар камёб, нодир металллар, туб ва сочма конлар рудаларини бойитишда, фосфоритли, хромитли рудаларни бойитишда ишлатилади.

Сепаратор - бўтанани қабул қилувчи идиш 1, бурама (винтли) тарновча 2, бойитиш маҳсулотлари учун ажратгич 3, устун 4, ва чиқинди учун тарновча 5 дан иборат. Сепаратор тарновчаси чўян ёки пўлатдан куйилиши, ёки пўлат лист, алюминийли қотишмалардан тайёрланиши мумкин (1.20-расм).



1.20-расм. Винтли сепаратор

Тарновчанинг ташқи девори (борт) ички деворига нисбатан баландроқ бўлади. Тарновчанинг тубида бойитма ва оралик маҳсулотни чиқариб олиш учун тешик бўлиб, унинг устига ажратгич ўрнатилади.

Бўтана тарновчанинг юқори қисмига берилади. Тарновча бўйлаб ҳаракатланаётганда минерал заррачалар сув оқимининг, ишқаланиш кучининг, оғирлик кучи ва марказдан қочма кучнинг таъсирига учрайди. Бу кучларнинг биргаликдаги таъсири натижасида маҳсулот зичлигига қараб тақсимланади: енгил минераллар ташқи ён девор томон силжиб, спиралсимон траектория бўйлаб пастга силжийди; оғир заррачалар эса шундай траектория бўйича тарновчанинг туби бўйлаб ҳаракатланади.

Сепараторнинг юқори ўрамларидан ажратгичлар ёрдамида бойитма, ўрта ўрамларидан оралик маҳсулот, чиқинди эса тарновчанинг охиридаги куйи ўрамларидан чиқариб олинади.

Винтли сепараторлар ишига куйидаги конструктив ва технологик параметрлар таъсир қилади: винтсимон тарновчанинг диаметри ва қадами, ўрамлар сони, тарновча кўндаланг кесимининг ён томонидан кўриниши, ажратгичлар сони, уларни ўрнатиш жойи, минерал заррачаларнинг ўлчами ва шакли, бўтанадаги қаттиқ заррачаларнинг микдори, сарфланадиган сув микдори ва х.к.

Сепараторнинг диаметри берилган ишлаб чиқариш унумдорлигига, ажратиладиган минералларнинг йириклиги ва зичлигига боғлиқ. Саноатда ишлатиладиган сепараторлар тарновчасининг диаметри 600 дан 1500 мм гача бўлади. Винтсимон тарновчанинг қадами уни горизонтал текисликка нисбатан қиялик бурчагини белгилайди. Бойитилаётган маҳсулот қанча майда бўлса, тарновчанинг нисбий қадами шунча кичик бўлиши керак. Одатда у 0,4-0,6 га тенг. Тарновчанинг ўрамлари сони бойитилаётган маҳсулотнинг физик хоссаларига боғлиқ ва йириклигидаги фарқ камайиши билан ортиб боради. Саноат сепараторларида ўрамлар сони 4-6 тани ташкил қилади. Ажратгичлар сони ва уларни ўрнатиш жойи ҳар қайси конкрет ҳол учун тажриба йўли билан аниқланади. Одатда тарновчанинг ҳар қайси ўрами ажратгич билан таъминланади. Ўлчами 4 мм дан 0,25 мм гача бўлган маҳсулот винтли сепараторларда самарали бойитилади. Бундан майда заррачалар ёмонроқ бойитилади. Дастлабки маҳсулот таркибида лойқа ва майин шламларнинг бўлиши винтли сепараторларда ажралишнинг кескин бузилишига олиб келади. Винтли сепараторларда бойитишда, агар оғир минерал заррачалари ясси пластинка, енгил минерал заррачалари эса думалоқ шаклда бўлса энг яхши натижаларга эришилади.

Ясси пластинка шаклидаги заррачалар силжишнинг ишқаланиш кучлари таъсирида тарновчанинг ички ён деворида ушланиб қолиб бойитмага кетади, енгил минералларнинг думалоқ шаклдаги заррачалари эса тарновнинг ташқи ён девори буйлаб ҳаракатланади ва чиқиндига ажралади. Винтли сепараторларга берилаётган бўтана таркибидаги қаттиқ заррачаларнинг масса миқдори 25-30 % да ушлаб турилади. Ишлаб чиқариш унумдорлиги эса сепараторнинг ўлчами ва бойитилаётган руданинг хоссасига қараб 2 дан 30 т/соат. Винтли сепараторлар содда тузилишга эга, уларни ишлатиш қулай, уларда электр энергия сарфланмайди ва кам жойни эгаллайди. Ўлчами 4 мм дан 0,15 мм гача бўлган оғир минераллар (олтин, ильменит, касситерит ва ҳ.к.) бойитилганда 97 % га қадар юқори ажралишга эришиш мумкин. Бироқ минералларнинг ўлчами 4 мм дан ортса ёки 0,15 мм дан камайса винтли сепараторларда бойитиш самараси кескин камаяди.

1.12-жадвал

Винтли сепараторларнинг техник характеристикаси

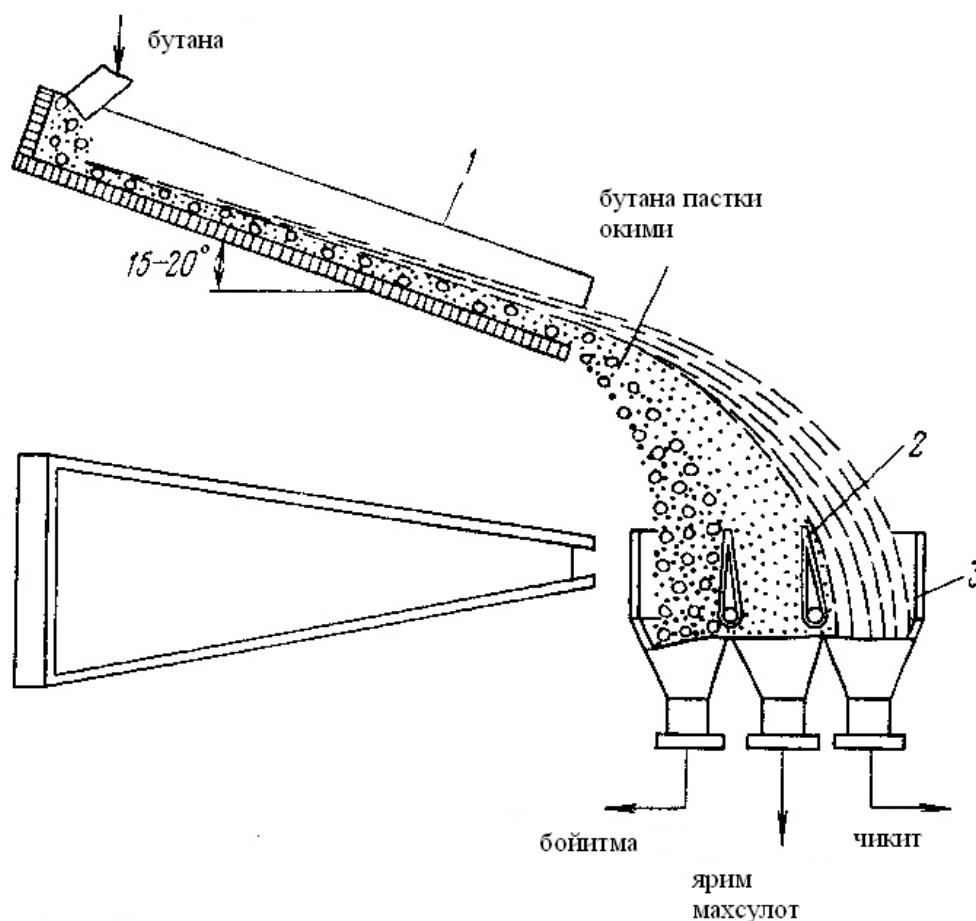
Кўрсаткичлари	СВМ-1000	СВМ-1200	СВМ-1500
Тарновнинг диаметри, мм	750	1000	1200
Ўрамнинг қадами, мм	450-550	—	600-850
Ўрамлар сони, дона	4	4	4
Ишлаб чиқариш унумдорлиги, т/соат	2-4	3-8	6-8
Ювувчи сув сарфи, л/с	0,5	0,6	1
Бўтанадаги қаттиқ заррачалар миқдори, %	20-40	20-40	20-40
Баландлиги, мм	4200	4200	420
Оғирлиги, т	0,5	0,7	0,75

Пурковчи ва конусли сепараторларда бойитиш.

Кейинги йилларда бўтананинг ҳаракатланишида торайтирилган тарновда амалга оширилувчи гравитацион аппаратлар кенг қўлланилмоқда. Минерал заррачаларнинг зичлигига қараб тораювчи тарновчаларда ажралиш қуйидагича содир бўлади. 50 - 60 % қаттиқ заррачалардан иборат бўтана тарновча 1 нинг кенг қисмига берилади (1.21-расм). Унинг қия тарновча бўйлаб ҳаракатланишида маҳсулот минерал заррачанинг зичлиги ва йириклигига қараб сараланади.

Тарновчанинг кенг қисмида ламинар ёки шунга ўхшаш оқим устунлик қилади. Кейинроқ тарновчанинг торайиши билан оқимнинг тезлиги ортади ва ламинар оқим унча катта бўлмаган тезликдаги турбулент оқимга ўтади. Турбулент оқимнинг юзага келиши енгил минерал заррачаларнинг юқорига кўтарилишига ва оғир заррачаларнинг йириклигига қараб сегрегацияланиши натижасида қайтадан тақсимланишига олиб келади. Шундай қилиб, маҳсулотнинг оқим баландлиги бўйича турли ҳаракат тезликларининг мавжудлиги уларнинг ажралишига имконият яратади.

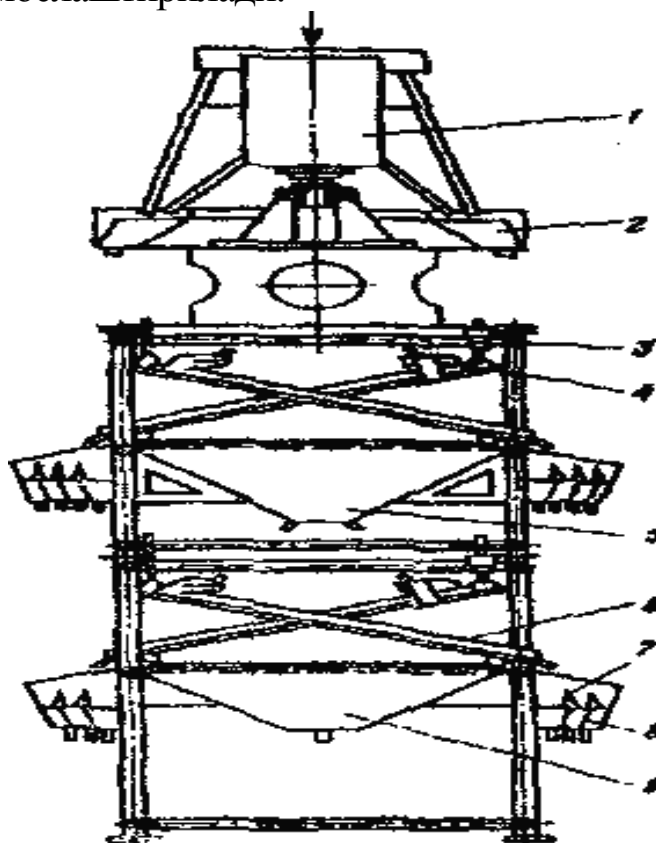
Юқорида кўрсатилган омилларнинг таъсири натижасида пастки қатламларда (тарновчанинг тубида) оғир минералларнинг заррачалари, юқори қатламларда енгил минералларнинг заррачалари тўпланади. Бўтана тарновчадан минерал заррачаларнинг зичлиги юқоридан пастга томон ортиб борувчи ярим доира шаклида тушади. Ажратувчи тўсиқлар 2 ёрдамида турли зичликдаги маҳсулотлар тегишли йиғувчи идиш 3 ларга жўнатилади.



1.21-расм. Қия тарновчада минерал заррачаларнинг ажралиш схемаси

Рудаларни бойитишда нисбатан кенгрок ишлатиладиган, ишлаш принципи руда оқимини зичликдаги фарққа қараб тораювчи тарновчада ажратишга асосланган иккита аппаратни кўриб чиқамиз.

Пурковчи концентратор (1.22-расм) 24 та тораювчи тарновча 6 дан ташкил топган. Юқоридаги 2 та тарновчада асосий бойитиш, пастки тарновчаларда эса бойитма ва чиқиндини тозалаш амалга оширилади. Ҳар қайси тарновча кенглиги 0 дан 3 мм оралиқда ўзгартира олинadиган кўндаланг тирқишга эга. Тирқишлар орқали оғир минералларнинг заррачалари бўшашиб олинади ва йиғувчи идишлар 5 ва 9 да тўпланади. Тарновчалар горизонтга $12 - 20^\circ$ бурчак остида ўрнатилиши мумкин. Тарновчаларнинг қиялиги винтли мослама 3 орқали мослаштирилади.



1.22-расм. Пурковчи концентратор

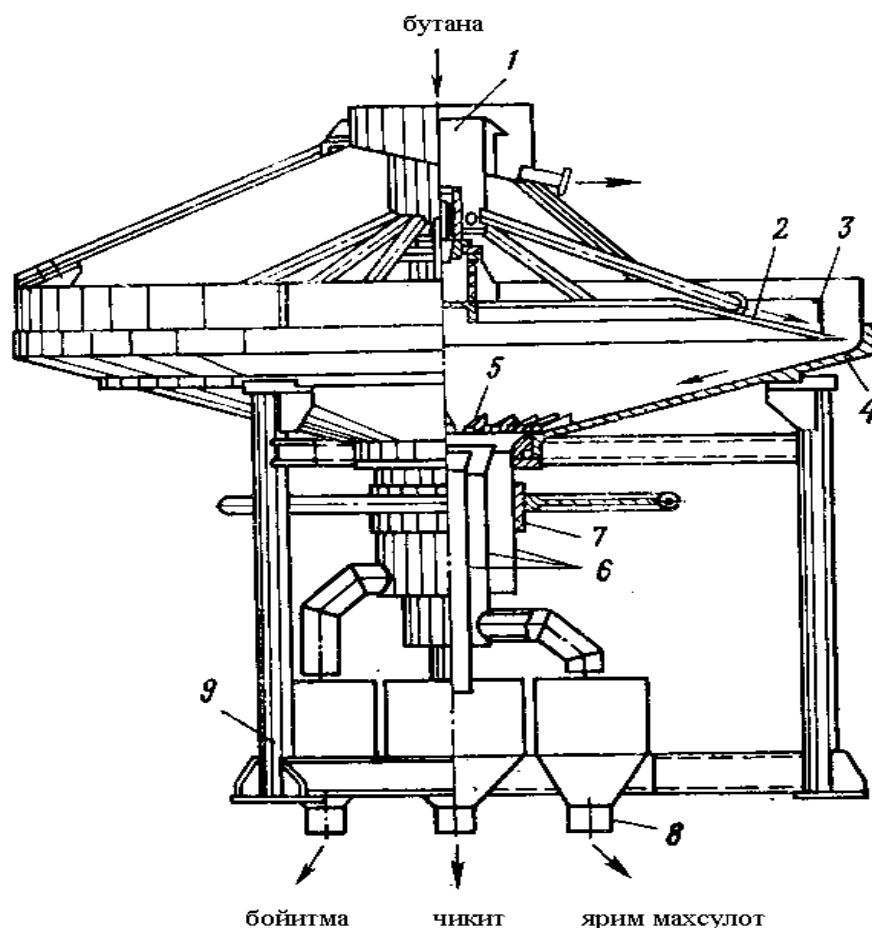
Бўтана юқоридаги 12 та тарновчага бўтана бўлувчи 1 дан ҳалқасимон тарновча 2 орқали тақсимланади. Пастки тарновчаларга эса йиғувчи қутичалар орқали юқори тарновчалардан ўз-ўзидан қуйиладиган. Бўтанани тарновчага қуйиладиган жойида оқимнинг тезлигини пасайтириш ва тарновчанинг кенглиги бўйича бир текис тақсимланиши учун қутича 4 ўрнатилган.

Тарновчанинг бўшатиш томонида маҳсулотлар ярим доирасининг ажралиши маҳсулотларни қабул қилувчи қути 8 га йўналтирувчи кесгич 7 лар орқали амалга оширилади.

Бойитмалар - $2 + 0,044$ мм йирикликдаги ва қаттиқ заррачаларнинг миқдори 45 - 60 % ли бўтанада ишлайди. Унинг ишлаб чиқариш унумдорлиги бойитилаётган маҳсулотнинг йириклигига боғлиқ бўлиб, соатига 3 дан 12 тоннагача ораликда бўлади. Пурковчи концентраторнинг афзаллиги - битта аппаратларда бирламчи бойитиш ва пастки тарновчаларда маҳсулотни қайтадан бойитиш операцияларини бажариш мумкинлиги.

Пурковчи бойитмалар титан-цирконилий сочма конлар ва баъзи туб конлар рудаларини бойитишда самарали ишлатилмоқда. Айниқса 0,1 мм дан кичик ўлчамдаги маҳсулотни бойитишда юқори самарадорликка эришилади.

Камёб метали сочма конлар рудаларини бойитишда конусли сепаратор (1.23-расм) ишлатилади.



1.23-расм. Конусли сепаратор

Сепаратор ички томонига яхшилаб ишлов берилган тўнкарилган кесик конусдан иборат. Ишчи конуснинг пастки қисмида марказга қуюлувчи торайган тарновчани ташкил қилувчи қисқа пона 5 лар ўрнатилган. Сепараторлар поналарсиз ҳам ишлаб чиқарилади. Ишчи конус устида тақсимловчи конуссимон ҳалқа 2 ўрнатилган бўлиб, у тешикли ҳалқасимон тўсиқ 3 га эга. Сепаратор бўтана бўлувчи 1 билан таъминланган.

Ишчи конуснинг остида бойитиш маҳсулотларининг чиқиши ва сифатини бошқариш учун техник қурилма ўрнатилган бўлиб, у вертикал йўналишда штурвал 6 орқали ҳаракатланувчи ажраткич ва винтли узатмадан иборат. Бойитиш маҳсулотлари йиғувчи тарновча 8 га тушади. Сепараторнинг ҳамма конструктив элементлари металл рама 9 га ўрнатилган. 55-60 % қаттиқ заррачалардан иборат бўтана патрубкка ёрдамида конуссимон ҳалқа 2 бўйлаб текис тақсимланади ва ишчи конус юзасига келиб тушади.

Бўтана тораювчи ва аста-секин қалинлашувчи оқим тарзида пастга ҳаракатланганда минерал заррачаларнинг зичлиги ва ўлчамига қараб ажралиши содир бўлади. Поналар ўрнатилган зонага кирганда бўтана бир қатор оқимларга бўлиниб, конус юзасидан ярим доира (елпиғич) шаклида тушади. Ажраткичлар орқали маҳсулотлар ярим доираси бойитма, оралик маҳсулот ва чиқиндига ажратилади. Конусли сепараторлар бир ёки кўп қаватли (ярус) қилиб тайёрланади (битта аппаратда 6 тагача ярус бўлиши мумкин). Кўп қаватли сепараторларнинг пастки қаватида юқори қаватдаги бойитиш маҳсулотлари тозаланади. Ишчи конуслар асосининг диаметри 2 ёки 3 м бўлиши мумкин. Конусларнинг ҳосил бўлувчи горизонтга нисбатан қиялик бурчаги 14 дан 20° гачани ташкил қилади.

Тораювчи оқим принципи бўйича ишлайдиган аппаратларнинг афзаллиги уларнинг юқори солиштирма ишлаб чиқаркш унумдорлигига, содда тузилишга эгаллиги, бойитилувчи ҳар тонна руда учун сув сарфининг озлиги.

Сепараторларнинг асосий камчилиги - пастки тирқишлар кенглигини бошқариш қийинлиги, уларни катта заррачалар билан тез - тез ёпилиб қолишидир.

1.6. Минералларни ҳаво ёрдамида саралаш

Бойитишнинг пневматик усули юқорига йўналган кучли ҳаво оқимида ёки пульсияланувчи фойдали қазилмалар заррачалари ўлчамларининг катталиги ва зичликлари фарқи бўйича сараланишликларига асосланган. Бу усул зичликлари унча катта бўлмаган фойдали қазилмаларни ва кўмир, асбеетни бойитишда, фосфоритларни, темир рудасини, майдалашда ва қуруқ туйишда таснифлаш учун ҳамда ҳавони чанглардан тозалашда қўлланилади.

Пневматик усул сув танқис бўлган шароитда ёки қиш қаттиқ бўладиган минтақаларда ишлатилиши мақсадга мувофиқдир.

Ажралиши керак бўлган заррачаларга кучли ҳаво оқимини таъсири сув оқимини таъсирига ўхшаш. Шунинг учун юқорида кўриб чиқилган заррачаларни сув оқимидаги ҳаракатланиши қонуниятларини пневматик бойитишда ҳам қўллаш мумкин. Бунинг учун ҳавонинг сиқилувчанлиги ва ҳаво билан сувнинг зичликлари ҳамда қовушқоқликлари фарқини инобатга олиш керак. Ҳаво оқими заррачалар ҳаракатига сув оқимига нисбатан камроқ қаршилиқ кўрсатади. Шунинг учун заррачани охириги тезлиги ошади ҳамда бошлангич тезлик билан охириги тезлик орасидаги масофа узаяди.

Пневматик бойитиш дастгоҳларида заррача текис тезланиш билан ҳаракат қилади. Ҳаво муҳитда ҳаракатланаётган тенг тушишлик коэффиценти сувли муҳитга нисбатан 2-2.5 маротаба кичик. Шунинг учун пневматик бойитиш самарадорлиги сувли муҳитга нисбатан кичикроқ бўлади. Бу эса саралаш керак бўлган маҳсулот заррачаларининг ўлчамлари фарқини қисқароқ олишни тақозо этади.

Пневматик бойитиш қуйидагича содир бўлади: қия панжарадаги бойитилаётган маҳсулот қатламига (таглик) тўхтовсиз ёки пульсацияланувчи ҳаво оқими юборилади.

Заррачаларни муаллақ ҳолга келтириш учун керак бўлган ҳавони статик босими $P_{ст} = \theta \delta_{ср} h$ бўлади.

Бу ерда, $P_{ст}$ – статик босим, $н/м^2$;

θ - бўшоқлик коэффиценти;

h – қатлам қалинлиги, м;

$\delta_{ср}$ – маҳсулотнинг ўртача зичлиги, $кг/см^3$;

Заррачалар орасидаги ҳавонинг ўтиши натижасида статик босим қисман динамик босимга ўтади, таглик (маҳсулот қатлами) бўшоқланади, оқувчан ҳолатга ўтади ва зичликларига қараб қатламланади, енгил заррачалар юқорига, оғирлари пастда.

Тагликни бўшоқланиши учун керак бўлган динамик босим қуйидаги тенглама билан аниқланади.

$$Pg = \frac{\Delta V^2}{2}, \quad \text{Н/м}^2, \quad (4.87)$$

бу ерда, Δ - ҳавонинг зичлиги, кг/м^3 ;

V - заррачанинг охириги тезлиги, м/с ;

Пневматик бойитиш дастгоҳларини меъёردа ишлаши учун ҳаво босимининг қиймати, маҳсулот қатламининг ҳар бир сантиметри учун $50-80 \text{ Н/м}^2$ кўрсатилган миқдордан 1-1,5 марта катта бўлиши керак.

Пневматик бойитишнинг технологик кўрсаткичлари рудани намлигига ўта сезгир бўлади. Тошкўмирни намлиги 8 %, кўнғир кўмирники эса 15 % дан ошмаслиги керак.

Бойитиш жараёни пневматик саралагичларда ва пневматик чўктириш машиналарида олиб борилади.

Пневматик саралагичлар 50 (75) – 6 (13) мм катталиқдаги заррачалар синфини бойитишда ишлатилади. Улар бир ёки иккита илгарилама – қайтма ҳаракат қилувчи декадан иборат. Уларга перфорланган элак орқали юқорига йўналган ёки пульсацияланувчи ҳаво оқими тўхтовсиз юборилиб турилади. Қатламланувчи материал дека бўйлаб тўлқинсимон ҳаракат қилиб, алоҳида-алоҳида бункерларга тушади. Чўктирувчи машиналар майда кўмирни (6-13мм) бойитиш учун фойдаланилади. Улар қўзғалмас декадан иборат бўлиб, ундан панжара ва суний таглик орқали пульсацияланувчи ҳаво оқими ўтади. Бойитилаётган материал зичликлари бўйича қатламланиб бир йўналишда ҳаракатланади ва махсус бункерларга йўналтирилади. Ўлчамлари 1,5(5) дан 0,005 мм гача бўлган қуруқ материалларни таснифлаш учун ҳаволи саралагичлар ишлатилади. Бунда иккита – майда заррачали (чанг) ҳамда йирик заррачали маҳсулот олинади.

Пневматик саралагичларни технологик кўрсаткичларига қуйидаги омиллар таъсир қилади:

- дека ва бортлар рифлари баландликлари;
- декани кўндаланг ва бўйи бўйича қиялиги;
- майдонлар тагидан берилаётган ҳаво ва декани илгарилама- қайтма ҳаракат частотаси;

Рифларни баландлиги бойитилаётган маҳсулот заррачаларини ўлчамига қараб олинад ва юклаш томонидан бошлаб чиқариб ташлаш томонга қараб пасайиб боради (1.13-жадвал).

Материалларни дека юзасида бир текис тақсимланиши дека рифларининг баландлигига, таглик баландлиги ва концентратни чиқиб кетиши тезлиги эса борт рифлари баландлигига боғлиқ.

1.13-жадвал

УШ-3 саралагичнинг дека рифлари баландлиги, мм

Рифларни жойлашган ери	Бойитилаётган кўмир захирасини энг катта ўлчами, мм		
	20	25	13
Кўмирни юклаш жойи: деканики	150-50	95-35	75-25
бортники	175-150	130-95	90-75
Кўмирни чиқариш жойи: деканики	50-25	35-20	25-13
бортники	75-50	50-35	35-25

Дека узунлиги бўйича қиялик (юклаш жойи пастрок, маҳсулот чиқиш жойи юқорироқ) бурчаги катта бўлса бойитилаётган маҳсулот ҳаракат тезлиги секинроқ бўлади, кўмир тоғ жинслари билан ифлосланади. Қиялик бурчаги кичик бўлса маҳсулотни чиқиб кетиши тезлашади, жинслар билан кўмир йўқолади. Заррачалар ўлчамига қараб қиялик бурчаги танланади 50мм $7 \div 9^0$; 25 мм $-5-7^0$; 13мм $-4-6^0$;

Деканинг кўндаланг кесими бўйича қиялик саралагичнинг унумдорлигига таъсир қилади. Қиялик бурчаги кичик бўлса қатламланиш секин боради, саралагичнинг унумдорлиги паст бўлади. Йирик кўмир учун кўндаланг бўйича қиялик $5 \div 5,5$; майда кўмир учун $-2 \div 4^0$.

Берилаётган ҳаво миқдори оз бўлса сараланиш самарадорлиги паст бўлади, меъёридан кўп бўлса таглик қатламлашмай, маҳсулот аралашиб кетади. Ҳавони сарфи

бойитилаётган маҳсулот заррачалари ўлчамига боғлиқ (1.14-жадвал) Декани илгарилама – қайтма ҳаракат частотаси саралагични унумдорлигига таъсир қилади. Частота катта бўлса унумдорлик катта бўлади. Шунини айтиб ўтиш жоизки пневматик бойитишнинг технологик кўрсаткичлари, гидравлик бойитиш кўрсаткичларидан паст. Аммо пневматик бойитиш усули гидравлик усулдан кўра анча арзонга тушади.

1.14 - жадвал

Ҳаво сарфини заррача ўлчамига боғлиқлиги (О.П.Паршин)

Заррача ўлчами, мм	Ҳавони сарфи, минг $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$	Заррача ўлчами, мм	Ҳавони сарфи, минг $\text{м}^3/\text{с} \cdot \text{м}^2$
13-100	15,2-15,8	25-40	12
13-75	13,5-14,7	13-25	9,6
25-50	13,6	6-13	8,0
13-50	12,8	3-6	6,4

ИККИНЧИ БЎЛИМ

ФОЙДАЛИ ҚАЗИЛМАЛАРНИ ФЛОТАЦИЯ УСУЛИ БИЛАН САРАЛАШ ЖАРАЁНЛАРИ НАЗАРИЯСИ

2.1. Умумий маълумотлар

Юқорида айтилганидек, фойдали қазилмаларни флотация усули билан бойитиш (кейинчалик оддий қилиб флотация деб юритамиз) минераллар сиртларининг хоссалари ҳар хиллигига асосланган.

Минерал заррачаларнинг ўлчамлари қанча кичик бўлса, уларнинг солиштира сирт юзаси ($\text{см}^2/\text{г}$) шунча катта бўлади ва сирт хоссаларининг фарқи ошиб боради. Флотация жараёнида қатнашаётган моддалар мажмуасига «флотацион система» деб қарасак, бу система кўп жинсли, кўп фазали, кўп аъзоли ва дисперс системадир, чунки флотация жараёнида ҳар хил катталиқдаги, хоссалари турлича бўлган қаттиқ заррачалар, суюқлик (сув), газлар (ҳаво), сувда эрийдиган ва эримайдиган реагентлар қатнашади.

Қисқача қилиб, ҳозирги замон флотация жараёнига қуйидагича таъриф беришимиз мумкин: **флотация** – сувли суспензияда муаллақ ҳаракатланаётган майда, қаттиқ заррачалар ичидаги керакли минералларни шу системага юборилган ҳаво пуфакчаларига ёпишиб, пуфакчалар билан юқорига сузиб чиқиш ва кўпик таркибида тўпланиш қобилиятига асосланган минералларни саралаш усулидир.

Флотациянинг самарасини таъминлаш учун суспензияга керакли заррачани ҳаво пуфакчага танланиб, мустаҳкам ёпишишини оширувчи ҳар хил моддалар – флотореагентлар қўшилади. Флотация ҳодисаси, механизми ва табиатида асосан молекулалараро тортишиш кучи ётади.

Флотацион системада қатнашаётган ҳар бир фаза молекуласининг сиртқи қатламларининг аҳамияти катта эканлигини эътиборга олиш керак. Жисм (заррача) ичида турган молекулалар ўзига ўхшаган молекулалар қуршовида бўлиб, энергетик компенсацияланган бўлади (эркин энергияси нолга тенг бўлади). Улардан фарқлироқ, чекадаги қатламда (сиртда) жойлашган молекулалар, уларни устида турган молекула бўлмаганлиги сабабли, улар энергетик компенсацияланмаган, яъни уларда эркин сирт энергияси бўлади. Бу энергия, (1см^2

юзаса нисбатан) солиштирма эркин сирт энергияси деб аталади ва Дж/см^2 билан ўлчанади.

Молекулалараро таъсирланиш кучининг ўлчами қилиб, уларни қутбланганлиги (полярность) қабул қилинган. Ўз навбатида қутбланганлик – эркин сирт энергиясига (σ), диэлектрик доимийлигига, диполь моменти, яширин буғланиш иссиқлигига, молекуляр босимга ва бошқа молекуляр хоссаларга боғлиқ бўлади.

Бу хоссаларнинг қийматлари фазанинг қутбланганлиги ошиб борган сари ошиб боради. Суюқликлар ичида – юқори қутблангани сув, кейин – спиртлар, органик кислоталар, мураккаб эфирлар ва аминлар туради. Энг паст қутбланганлари (апполяр) – тўйинган углеводородлардир (гептан, гексан ва бошқалар). Қутбланганлик даражаси ошиб борган сари уларнинг ассоцияланишга, комплекс ҳосил қилишга ва сальватланишга мойиллиги ошиб боради.

Қаттиқ жисмлар ичида юқори қутбланган моддаларга ионли кристаллар (масалан, Na^+Cl^- , Ca^+SO_4^- ва бошқалар) ва оксидланган минераллар, карбонатлар, сульфатлар, оксидлар ва кварц киради.

Паст қутбланганларга – органик бирикмаларнинг кристаллари (парафин), ҳаво фазаси, графит, олтингугурт, кўмир ва сульфидли минераллар киради.

Чегара сирт ташкил қилувчи фазаларнинг бири бошқасидан (масалан, қаттиқ фаза суюқ фазага тегиб турса) эркин сирт энергияси билан фарқ қилади. Уларнинг айирмаси, шу чегара сирт энергияси деб айтилади (масалан, $\sigma_{\text{сув-ҳаво}}$, $\sigma_{\text{минерал-сув}}$ ва бошқалар).

Қаттиқ жисмни бирор суюқлик билан намланиши ва унинг сиртида тарқалиши, уларнинг қутбланганликларининг фарқига боғлиқ. Қутбланганлик фарқи қанча кичик бўлса, қаттиқ модда, шу суюқлик билан яхши намланади, аксинча, қутбланганлик фарқи катта бўлса қаттиқ модда намланмайди, суюқлик унинг юзасида томчи бўлиб тураверади.

Сув кварцни яхши намлайди, чунки иккаласи ҳам яхши қутбланган. парафин, кўмир, графит юзасида сув томчи бўлиб туради, чунки сув кучли қутбланган, парафин, кўмир, графит кучсиз қутбланган. Уларнинг қутбланганликлари айирмаси катта. Аксинча, углеводородлар, ёғлар кучсиз қутбланганликлари

сабабли, парафинга ўхшаган моддаларни яхши намлайди. Масалан: сув билан ҳавонинг кутбланганлик фарқи $72,75 \cdot 10^{-3}$ Дж/м², ҳаво билан гексан (углеводородли ёғ) ники эса $18,41 \cdot 10^{-3}$ Дж/м², яъни 4 марта кичик. Сув билан гексанники $50 \cdot 10^{-3}$ Дж/м².

Сув – ҳаво ва сув – углеводородники кичик бўлганлиги, флотация жараёни учун катта аҳамиятга эга. Флотация жараёнининг механизмини тушуниш учун, термодинамиканинг иккинчи қонунига мурожаат қилиш керак. Унда ўралган ҳар қандай система ўзича мувозанат ҳолатга ўтиш учун интилади. Масалан, иссиқлик иссиқроқ жисмдан совуқроқ жисмга ўтади; сув баланд жойдан паст жойга оқади ва ҳоказо. Демак, термодинамиканинг иккинчи қонуни ўз-ўзидан юз берадиган ҳодисалар йўналиши ҳақида фикр юритишга имкон беради.

Ташқаридан энергия сарфланмай борадиган жараёнларга ўз-ўзидан борадиган жараёнлар дейилади. Флотация ўз-ўзидан юз берадиган ҳодисаларга мансуб бўлиб, флотация жараёни амалга оширилганда система эркин энергиясининг камайиши кузатилади. Масалан: кварц юзасига сув томчиси томизилса, у ёйилиб кетади, ҳавони сиқиб чиқаради. Бунга сабаб, кварц билан ҳавонинг кутбланганлик даражалари фарқи эса катта, кварц билан сувнинг кутбланганлик даражаси эса кичик. Сув томчисини парафин юзасига томизилса, у томчи ҳолда қолади, чунки уларнинг кутбланганлик даражаларининг фарқи катта, парафин-ҳавоники эса кичик. Буни қуйидагича ёзилиши мумкин:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{кварц-сув}} &< \sigma_{\text{кварц-ҳаво}} \\ \sigma_{\text{парафин-ҳаво}} &< \sigma_{\text{парафин-сув}}\end{aligned}$$

Демак, бу ерда, юза эркин энергияси камайиши билан борадиган жараёнлар юз беради. Шу сабабдан, сувли муҳитда парафин заррачаси ҳаво пуфакчаларига ёпишиб юқорига сузиб чиқади. Бу эса флотация содир бўлганлигини кўрсатади.

Флотация жараёни, сув ва минералларни кучли аралаштириш ва унга ҳар хил усуллар билан ҳаво пуфакчаларини юбориш билан олиб борилади. Бунда сувда намланмайдиган заррачалар (минераллар) ҳаво пуфакчаларига ёпишиб юқорига сузиб чиқади ва кўпик ҳосил қилади. Кўпик курак ёрдамида тинимсиз бошқа идишга ўтказилиб турилади. Кўпик

сўндирилгандан сўнг – бойитма (концентрат) деб аталувчи маҳсулот олинади.

Сувда намланадиган заррачалар (гидрофил) кўпикка ўтмай, флотокамерада қолади ва камера маҳсулоти ёки чиқинди (хвост, отход) деб аталади. Баъзида буни тескариси ҳам содир бўлиши мумкин, бу тескари флотация деб юритилади. Рудада бир нечта фойдали компонент бўлса (масалан, рух, кўрғошин, мис, молибден) олдин коллектив бойитма олиниб, сўнггра коллектив бойитма қайта флотацияланиб, фойдали компонентлар алоҳида-алоҳида бойитмаларга ажратилади ва бу жараён селектив флотация деб аталади. Бойитишнинг флотация усули металлургияда, кимё саноатида, қурилиш саноатида, геологияда, медицинада, биологияда, қишлоқ хўжалигида ишлатиш мумкин.

2.2. Ҳозирги замон флотация жараёнининг шаклланиши

Флотация жараёни фойдали қазилмаларни бойитиш усули сифатида амалиётда ўз ўрнини топгунча узок 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, сўнггра 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 қолади, 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 кўшилди. 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 моликларидан баъзи бирлари ҳақида тўхталиб ўтамиз:

- ўта майдаланган руда (кукун) секин-аста сув юзасига берилган. Бунда сувюқмас (гидрофоб) заррачалар сув юзасида қолган, сувюқар (гидрофил) заррачалар эса чўкиб идиш тубида тўпланган. Бу усулни пардали флотация деб аталган. Жараёни 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 қўлланилаётган кўпикли флотация (оддий қилиб, флотация) деб аталувчи фойдали қазилмаларни бойитиш усули шаклланди;

Замонавий флотация қуйидагича 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.

2.3. Сувнинг флотация жараёнидаги аҳамияти

2.3.1. Сув ва унинг хоссалари

Сув табиатда кенг тарқалган бўлиб, қаттиқ, суюқ ва газ ҳолатда бўлади. Сайёрамизнинг 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 эрамиздан 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 солиштира иссиқлик сиғими $1 \text{ кал/град}\cdot\text{моль}$, эриш иссиқлиги 80 кал/г , буғланиш иссиқлиги $538,9 \text{ кал/г}$, эбулиоскопик доимийлиги 0,52, криоскопик доимийлиги 1,86, солиштира электр ўтказувчанлиги $4\cdot 10^{-8} \text{ см/см}$, электр дипол моменти 1,84 д, диэлектрик киритувчанлиги 0°C да 87,8, 25°C да 78,8 га тенг.

Сув буғининг босими ҳарорат ўзгаришига қараб ўзгаради (2.1-жадвал).

Сув буғининг босими

$^{\circ}\text{C}$	Босим, мм·с·уст	$^{\circ}\text{C}$	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, 4°C 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

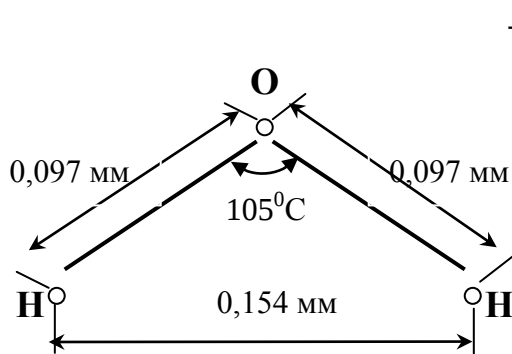
Сувнинг бу хусусияти куррамизнинг иқлими, дарё ва денгиз ҳайвонларнинг ҳаётида муҳим роль ўйнайди. Музнинг 0°C даги зичлиги $0,91 \text{ г/см}^3$:

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

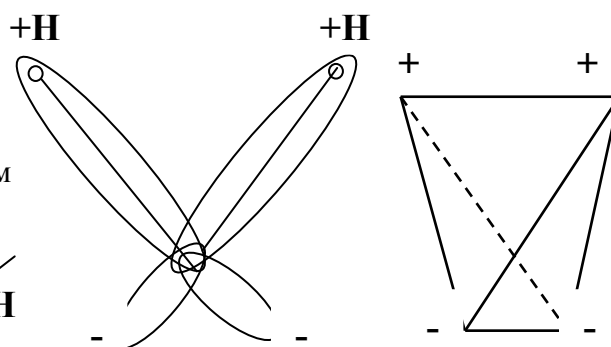
Кислород атоми билан водород атоми орасидаги масофа $0,97 \text{ \AA}$ ($0,097 \text{ нм}$), водород атомлари эса бир-биридан $1,54 \text{ \AA}$ масофада жойлашган. Кислород ядроси билан водород ядросини бирлаштирувчи тўғри чизиклар орасидаги бурчак 105° тенг (2.1-расм).

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 (2.2-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.



2.1-расм. Сув молекуласининг тузилиши



2.2-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 учидаги кислород атоми билан ковалент боғ ҳосил қилади ёки бунинг тескариси бўлади. Ковалент боғ ҳосил қилган водород атоми билан кислород атоми оралиғи $0,97 \text{ \AA}$ га, водород боғ оралиғи эса $1,77 \text{ \AA}$ тенг. Сув молекулаларининг юқорида баён этилган тартибда жойланиши музنى тўрсимон тузилишига эга бўлишини таъминлайди, тўрнинг бўш жойлари (катаклари) сув молекуласининг катталигига тўғри келади. Муз ҳолдаги сув молекуласининг радиуси $0,138 \text{ нм}$ ($1,38 \text{ \AA}$) 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 қуйидаги 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 сири сув молекуласининг тузилишидадир. Сув молекулалари поляр молекулалар бўлиб (манфий ва мусбат зарядлар марказлари бири-биридан 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 қонунидан 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:

$$F = \frac{e_1 \cdot e_2}{\epsilon \cdot r^2} \quad (2.1)$$

Шунинг учун эриш жараёни диссоциацияланиш билан боради.

2.3.2. 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 дин/см² ёки эрг/см² бирлик билан ўлчанади.

Бир хил модда молекулаларини (масалан, суюқликни) ўзаро тортилишига «когезия иши» деб аталади ва у «когезия иши» миқдори билан тавсифланади. Қирқим юзаси 1 см² 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:

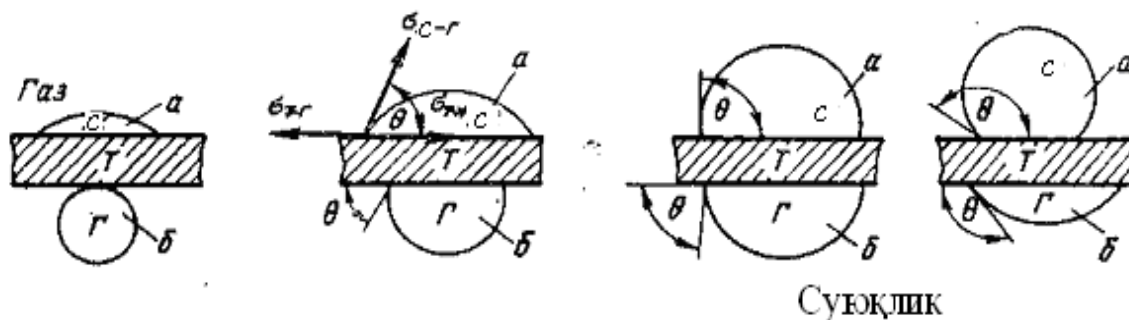
$$W = \sigma_{с-г} + \sigma_{к-г} - \sigma_{с-к} \quad (2.2)$$

Бу ерда $\sigma_{с-г}$, $\sigma_{к-г}$, $\sigma_{с-к}$ - суюқлик-газ, қаттиқ-газ ва суюқлик-қаттиқ 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 миқдорий жиҳатдан намланиш чегара бурчаги билан ифодаланади. Намланиш чегара бурчагининг қиймати суюқ фаза томонга қараб ўлчанади (2.3-расм).

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

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



2.3-рasm. Намланишнинг ҳар-хил ҳолатлари:

а) сув томчиси; б) ҳаво пуфакчаси

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

Чегара бурчакнинг мувозанатдаги қиймати Давидов-Нейман тенгламаси билан аниқланади:

$$\cos \theta = \frac{\sigma_{\kappa-\zeta} - \sigma_{\kappa-c}}{\sigma_{c-\zeta}} \quad (2.3)$$

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 гетрополяри 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 жараёнига 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 кристалларнинг 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 кристалида ҳар бир натрий ионини олти хлор иони қуршаб туради). Сульфидларга қараганда (масалан, PbS) кислородли анионларда (масалан, PbCO_3) 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, $\theta=0^\circ$), янги ёмғир суви билан эса ($4-10^\circ\text{C}$ ҳароратда) ёмон намланади ($\theta=60^\circ$). 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 сув магнит майдонидан ўтказилса, структураси ўзгариб, анамал хоссага эга бўлади. Бу эса флотация жараёнини тезлаштиради ва танловчанликни оширади.

2.2.3. 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 кристаллик 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) кристаллик панжараси энергиясидан (U_0) юқори бўлиши керак ($H_0 > U_0$). Маълумки, ионнинг гидратланиш энергияси (кристаллик панжараси энергияси ҳам) унинг валентлигининг ошиши ва ион радиусининг 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 жараёнининг 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 газники 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 флотореагентлар ва қаттиқ фаза юзаси билан реакцияга киришиб, флотация жараёнига катта таъсир қилади.

2.2.4. Сувнинг минерал юзага таъсирланишида жуфт электр қатламининг ҳосил бўлиши

Сув ва унинг таркибида мавжуд бўлган ионларни минерал билан таъсирланиши, минерал юзасининг таркибини ўзгартирибгина қолмасдан, юза электр ҳолатини ҳам ўзгартириб юборади. Бу таъсирланишнинг энг муҳим натижаси, минерал-суюқ 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 кристаллик 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 қолади (2.4-расм, А, I қатлам). Иккинчи қатлам (К) мусбат ишорали ионлардан ташкил топади. К қатламда эритмага ўтган ионларни бир қисминигина бўлади. Қолганлари эса 3-3 чизикдан 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 чизик эса диффузион қатлам билан суюқлик ўртасидаги чегара дейилади ва бу чизик 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.

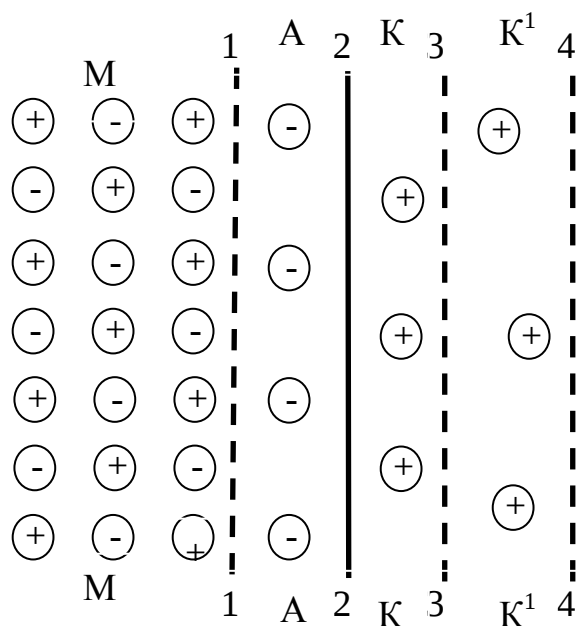
Флотация жараёнида дастгоҳдаги бўтана кучли аралаштирилади. Бунда қаттиқ фаза (заррача) билан «А» ва «К» қатламлар бирга айланади. «К» қатлам эса секинроқ ҳаракат қилади. Натижада умумий электр бетарафлик бузилади. У ҳолда, заррачани ўраб турган А, К қатлам билан эритма ўртасида потенциаллар айирмаси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

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

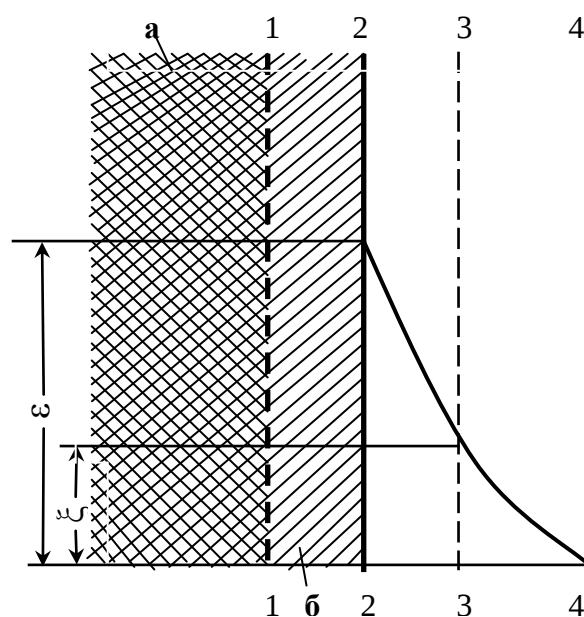
томонида турган ионларнинг (диффузион қатламнинг) потенциаллари билан чап томонда турган ионлар потенциаллари фарқи билан ифодаланади.

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 (2.5-расм). 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 концентрациясиги боғлиқ бўлса, термодинамик потенциал концентрацияга унчалик боғлиқ эмас.

2.5-расмда жуфт электр қават потенциални ўзгариб бориши – қаттиқ фаза юзасидан узоқлашган сари унинг қийматини камайиб бориши кўрсатилган. Умуман олганда ички қатламнинг электр ҳолати, ташқи қатлам ҳолатини белгилайди (К– қатламнинг қарши ионлари боғланган; K_1 –қатлам ионлари эркин ионлар деб аталади).



2.4-расм. Жуфт электр қатлами структураси



2.5-расм. Жуфт электр қатламда электр потенциални ўзгариши

2.2.5. 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 кристалл (кристалл) бўлса ҳам, ҳар бир қирраларида сирт энергияси миқдорларининг 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) кристаллик панжарасида атом билан эгалланмаган жойларни бўлиши;

б) атомлар кристаллик панжараси тугунлари орасида жойлашиб қолиши;

в) кристаллик панжараси тугунлари орасида ёт атомларнинг жойлашиб қолиши;

г) кристаллик панжараси тугунларида, кристалнинг ўз атоми ўрнига бошқа (ёт) атомнинг ўрнашиб қолиши (масалан, Na ўрнига K).

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

Агарда кристаллик панжарасида металл 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 суюқ 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.

2.2.6. Минералнинг кристаллик панжарасида изоморф ўрин алмашилишни флотацияга таъсири

Кристаллик панжарасида ўзларининг атом ёки ионларини ўзаро алмашилиб қаттиқ 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 кристаллик панжараси ўзгаришсиз қолади, аммо кристаллик панжарасининг энергияси ўзгаради, минералларнинг қаттиқлиги ошади, сувда эрувчанлиги камаяди. Булар ҳаммаси минералнинг флотацияланувчанлик қобилиятига маълум даражада таъсир этади.

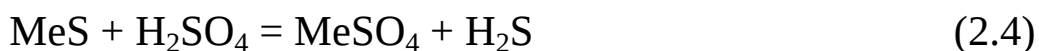
2.2.7. Турли минералларни бирга учраши, уларни кислород ва сув билан реакцияга киришиш натижасига таъсири

Сув ва кислородни таъсири натижасида, сульфидларнинг таркиби ва тузилиши (структураси) ўзгариши мумкин. Агар икки ёки ундан кўп ҳар хил минераллар бирга контактда турган бўлса, бу ўзгаришларнинг чуқурлиги яна ҳам тезроқ ва юқорироқ бўлади. Бунга сабаб, икки минералнинг бир-бирига тегиб турган жойида (контактда) потенциаллар фарқи натижасида ҳосил бўлган электр токидир.

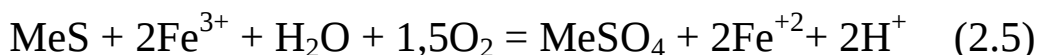
Контактда турган минералларнинг кислород билан оксидланиши ва сувда эриши тезлашиши ёки секинлашиши мумкин (қайси минерал билан контактда бўлишига боғлиқ). Юқори потенциалли минерал билан контактда турган минералнинг оксидланиши ва сувда эриши тезлашади (2.2-жадвал).

2.2-жадвалдан кўриниб турибдики, марказит билан контактда турган ҳар қандай минерални оксидланиши ва эриши тезлашади. Шу сабабли, ҳар хил конларни рудалари, ҳар хил флотацияланиш қобилятига 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, марказит ва пиритга ўртача, ковеллин, сфалерит ва халкопиритга кучсиз таъсир қилади.

2.2-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

Сульфидларга CuSO_4 нинг таъсири:



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

2.4. Флотореагентлар

2.4.1. Флотореагентларни 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. Йиғувчилар (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 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 жараённи танловчанлигини оширишга хизмат қилувчи моддалардир. Мословчи реагентлар ўз навбатида

фаоллаштирувчи, (активаторы) тазиқловчи (депрессоры) ва муҳитни созловчи гуруҳларга бўлинадилар.

Минерал юза ва ҳаво пуфакчаларига реагентларнинг шимилиб олиш жараёнлари

Минерал юза ва ҳаво пуфакчаларига реагентларни ёпишиб олиши сўрилиш (сорбция) ходисаси негизида юз беради. Сўрилиш жараёни физикавий ёки кимёвий бўлиши мумкин. Физикавий ва кимёвий сорбцияларни ўзаро умумийлиги ва бир-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 кристаллик панжарасини) иккита алоҳида система деб қаралади, чунки бунда электрон алмашув жараёни бўлмайди. Ютилувчи моддани қаттиқ жисм кристаллик 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 ходисаси юз беради.

Қўшимча 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 кристаллик 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.

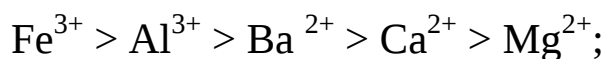
Молекуляр ютилишда қаттиқ жисм эритмадан эквивалент миқдорда анион ва катионларни ютади. Шунинг учун уни электр бетарафлиги қолиб, потенциаллар фарқи ҳосил бўлмайди. Ютилишнинг бу тури кучсиз электролитларга (кам диссоциацияланувчи моддаларга) хосдир.

Агар эритма кучли электролитдан иборат бўлса, (масалан, NaCl) қаттиқ фаза юзасига айтайлик имтиёзли катион сўрилган бўлса, электр бетарафликни сақлаб қолиш 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.

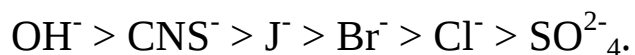
Ионларни қаттиқ фаза юзасига ютилиш тартиби қуйидагича:
Бир валентли ионлар учун:



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 қўш электр қавати ҳосил бўлишига олиб келади.

Реагентларни ҳаво пуфакчаларга сўрилиши

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

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 қатлам 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 қатламга қаттиқлик ва мустаҳкамлик 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.

2.4.2. Йиғувчи реагентлар

Бу тоифадаги реагентларнинг асосий вазифаси керакли минерал заррачалар юзасига шимилиб, уларни сувюқмас (гидрофоб) лик даражасини ошириб беришдан иборат.

Йиғувчи реагентлар – физик ва кимёвий хоссалари бир-биридан фарқ қилувчи иккита (қутбланган ва қутбланмаган) қисмлардан иборат бўлган органик бирикмалардир, масалан, олеат натрий ($C_{17}H_{33}COONa$) нинг молекуласи углеводород радикалидан ($C_{17}H_{33}$) (қутбланмаган қисми) ва $COONa$ (қутбланган қисмидан) иборат (2.6-расм).

Молекуланинг қутбланмаган қисми (углеводород радикали) сув билан кучсиз таъсирланади, минераллар билан реакцияга киришмайди. Қутбланган қисми эса сув билан кучли таъсирланади, минераллар юзаси билан реакцияга киришиб, молекулани минерал билан боғлайди; қутбланмаган қисми минералга сувюқмасликнинг ҳоссасини тақдим этади.

Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н О // Н-С-С-С-С-С-С-С-С-С-С-С-С-С-С-С-С- \\\ Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н Н O-----Na																	
МОЛЕКУЛА																	
Қутбланмаган гуруҳ														Қутбланган гуруҳ			
Анион																Катион	
Сувюқмас қилувчи ион																	
Углеводород радикали														Соли-дофил гуруҳи			

2.6-расм. Олеат натрий молекуласи

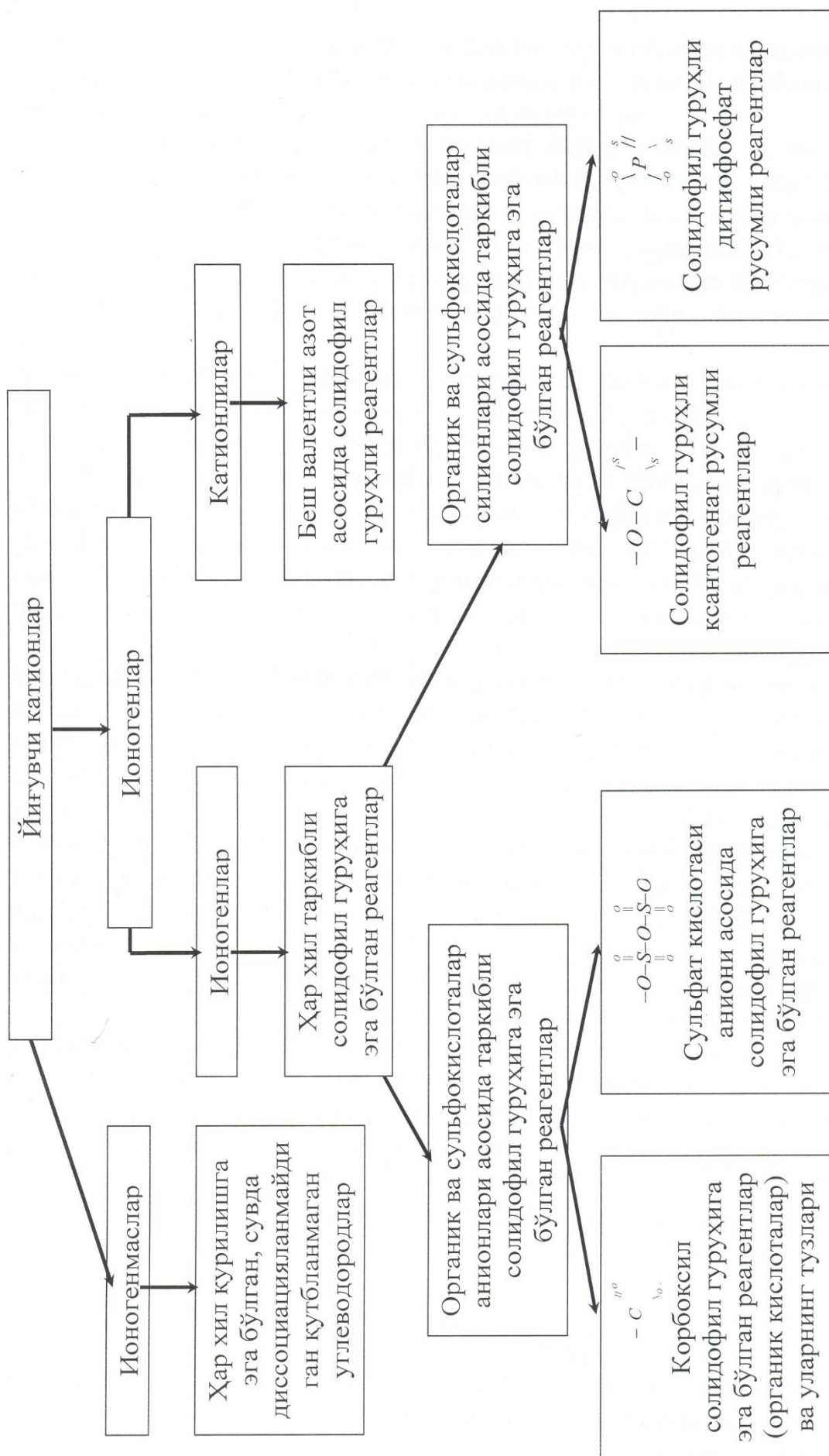
Шундай қилиб, қутбланган ва қутбланмаган қисмлар ўзаро бир-бирига қарама-қарши физик-кимёвий хоссаларга эга.

Молекулалари икки хил табиатга эга бўлган моддлар гетрополяри (кўп поляри) моддалар деб аталади. Масалан, олеат натрий суви билан аралаштирилганда диссоцияланади ва Na^+ ионларга ажралади. Натижада, натрий иони эритмага ўтади, иони эса минерал юза билан кимёвий боғланади. R – углеводород радикали минерал юза билан боғланиш хоссасига эга эмас, у фақат томони билан реакцияга киришади.

Ўз навбатида солидофил гуруҳи деб аталиб, минерал юза билан (сувюқмаслик ато этувчи) углеводород радикалини бири-бирига боғловчи воситачи (звено) ҳисобланади. Танловчанлик, кимёвий фаоллик, реагентнинг минералга кимёвий боғланишининг мустақамлиги, солидофил гуруҳнинг табиатига ва хоссаларига боғлиқ.

Йиғувчи реагентлар иккита катта гуруҳга бўлинади: ионогенлар (ионларга диссоциаланувчи) ва ноионогенлар (ионларга парчаланмайдиган). Ионоген йиғувчилар минераллар билан кимёвий адсорбция йўли билан боғлансалар, ионоген йиғувчилар физикавий адсорбция ва адгезия йўли билан, яъни молекулалараро тортишиш (Ван-дер-Ваальс) кучи ҳисобига боғланади. Ўз навбатида, ионоген йиғувчилар анионлилар ва катионлиларга бўлинадилар (2.7-расм). Саноатда кенг тарқалган йиғувчи реагентларга анионлиларни кўрсатиш мумкин. Анионли йиғувчи реагентлар ўз навбатида, солидофил гуруҳининг таркибига қараб сульфгидридлилар (икки валентли олтингугурт асосида) ва оксигидриллиларга (органик ва сульфокислоталар аниони асосида) бўлинадилар. Йиғувчининг анионини минералнинг катиони билан боғланиши йиғувчининг анионидан минерал катионига электронларни ўтиши ҳисобига бўлади, аксинча, катионли йиғувчилар минерал анионлари билан бирикса, электронлар минералдан йиғувчининг катионига ўтади.

Ионоген йиғувчи реагентларни минераллар билан таъсирланиш механизми ҳар бир реагентнинг солидофил гуруҳи хоссасига боғлиқ, аммо уларнинг умумий томонлари ҳам мавжуд. Йиғувчи реагентнинг – асосий вазифаси минерал заррача юзасини сувюқмас қилиш, яъни, минерал заррача юзасидан сув пардасини сиқиб чиқариб, юзага реагент молекулалари ўрнашиши (сўрилиш, физикавий ёки кимёвий боғланиш) ва



маълум қалинликдаги адсорбцион қатлами ҳосил бўлиши керак. Тажрибалар шуни кўрсатдики, минерал юзасида молекуляр, қўш қават ва ундан кўпроқ қалинликка эга бўлган қоплама ҳосил бўлади.

Шуни айтиш керакки, сув пардасини сиқиб чиқариш учун минералнинг гидратланиш энергияси минерал билан йиғувчи реагент орасидаги боғ ҳосил қилиш энергиясидан кичик бўлиши керак.

Флотация жараёнининг назариясини яратишдаги бошланғич даврларда «минералнинг (масалан, PbS) эрувчанлик кўпайтмаси, реагент билан минерал катиони ҳосил қилган бирикманинг ($R-Pb$) эрувчанлик кўпайтмасидан катта бўлса ионоген йиғувчи реагент минерал юзага шимилади» деб қаралиб, флотациянинг «Кимёвий назарияси» яратилган эди. Бу назария проф. А.Ф.Таггарт томонидан ўтказилган тажрибалар натижасида тасдиқланди.

Ўз замонасида бу назария флотация жараёнида минераллар билан флотореагентлар орасидаги таъсирланиш ҳақидаги тушунчаларни шакллантиришда ва ривожлантиришда жуда муҳим рол ўйнади. Аммо, флотацияда кимёвий таъсирланиш биринчи даражали жараён деб қаралсада, бу жараён кўп қиррали, мураккаб механизмга эга.

Шуни айтиш керакки, сув пардасини сиқиб чиқариш учун минералнинг гидратланиш энергияси минерал билан йиғувчи реагент орасидаги боғ ҳосил қилиш энергиясидан кичик бўлиши керак.

Флотация жараёнининг назариясини яратишдаги бошланғич даврларда «минералнинг (масалан, PbS) эрувчанлик кўпайтмаси, реагент билан минерал катиони ҳосил қилган бирикманинг ($R-Pb$) эрувчанлик кўпайтмасидан катта бўлса ионоген йиғувчи реагент минерал юзага шимилади» деб қаралиб, флотациянинг кимёвий назарияси юзага келган эди. Бу назария проф. А.Ф.Таггарт томонидан ўтказилган тажрибалар натижасида тасдиқланди.

Ўз замонасида бу назария флотация жараёнида минераллар билан флотореагентлар орасидаги таъсирланиш ҳақидаги тушунчаларни шакллантиришда ва ривожлантиришда жуда муҳим рол ўйнади. Аммо, флотацияда кимёвий таъсирланиш биринчи даражали жараён деб қаралсада, бу жараён кўп қиррали, мураккаб механизмга эга.

Йиғувчи реагентнинг минерал юзага боғланиши (шимилиши) жуда кўп омилларга боғлиқ, масалан, минерал юзанинг фаоллиги, кристаллик панжарасида изоморф атомлар бор-йўқлиги, ярим ўтказувчанлик хусусияти, бўтанада (суюқ

фазада) оксидловчи ёки қайтарувчи моддаларни мавжудлиги, реагентнинг солидофил гуруҳи хоссалари, реагент молекуласининг ўлчами (радикал қисмининг узун-қисқалиги) ва бошқалар.

Яна шуни эътироф этиш керакки, минерал юза энергия нуқтаи назардан ҳар хил бўлганлиги учун минерал юзасининг баъзи жойларида реагент кимёвий боғ ҳосил қилса, бошқа жойларда эса физикавий шимилиш ҳисобига боғланади ва адсорбцион қатлам ҳосил қилади ва флотацияда адсорбцион қатлам зичлиги тушунчаси билан номланади ва 1 см^2 минерал юзасига шимилган реагент миқдорини белгилайди. Агар минерал юзаси тўлиқ реагентнинг ионлари (молекулалари) билан қопланган ва бу қатлам молекуляр бўлса, зичлиги 100 % деб олинади. Амалда, флотация жараёнини ўтиши учун минералнинг юзаси реагент билан тўлиқ қопланиши шарт эмас, масалан, холькозинни амил ксантогенати билан флотация қилиш учун адсорбцион қатлам зичлиги 14-15 %, кварцни катионли йиғувчи додециламин билан флотациялаш учун эса қатлам зичлиги 5 % бўлса етарлидир. Қатлам зичлиги флотацион бўтанадаги реагент концентрациясига боғлиқ. Реагент концентрациясига кўпайса қатлам зичлиги ошади ҳамда флотация кўрсаткичлари яхшиланади, аммо, меъёрдан ошмаслиги керак, чунки реагент сарфи кўпаяди.

Флотация натижалари минерал юзасида реагентнинг тенг тақсимланишига боғлиқ бўлади. Минерал билан йиғувчи реагентнинг таъсирланиш тезлиги, минерал юза табиатига, таркибига, ҳолатига ҳамда реагентнинг хоссаларига ва концентрациясига боғлиқ бўлади.

Ноионген йиғувчи реагентлар минерал юзада томчи шаклида боғланади, таъсирланиш секин ўтади. Ионоген реагентларнинг эса минерал юза билан таъсирланиши жуда тез ўтади ва 1-3 дақиқада яқунланади. Бу ўртача тезлик ҳисобланади, чунки реагент билан минерални таъсирланиш тезлиги реагентнинг углеводород радикалининг узун-қисқалигига боғлиқ. Радикали узун бўлган реагент минерал билан секинрок

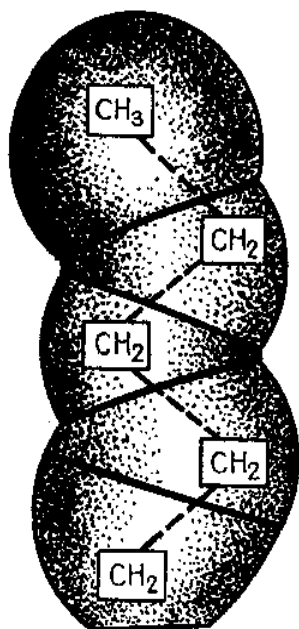
таъсирлашади. Минерал юзанинг фаол участкаларида реагентни боғланиши жуда тез сонияда ўтиши юз беради, нофаол жойларида эса секинроқ ўтади. Реагентнинг концентрацияси юқори бўлса, минерал юзага шимилиш тезлиги юқори бўлади.

Йиғувчи реагент билан минерални таъсирланишига реагентнинг тузилишини, таркибини ва бошқа омилларни таъсирини кўриб чиқамиз.

Йиғувчи реагентларнинг асосий хусусиятларидан бири, уларнинг молекулалари узунлигидир. Паст молекуляр ксантогенатлар молекула узунлиги 0,5-0,7 нм, карбон кислотаси ва совун молекуласининг узунлиги бир нечта ўн ангстрим бўлади. Реагентнинг асосий узунлигини углеводород радикали ташкил этади. Солидофил гуруҳи углеводород занжиридан кенгрок бўлади. Минерални сув юқмаслик даражасини оширишда асосий ролни углеводород занжири ўйнайди. 2.9-расмда углеводород занжирини фазовий кўриниши тасвирланган. Ҳар бир занжирнинг бўлаги (CH_2 ёки CH_3) узунлиги 0,12 нм. Демак, занжирга битта CH_2 ёки CH_3 уланса, занжир 0,12 нм узаяди ва бу моддани сувдаги эрувчанлиги 4,25 марта

камайтиради. Бу реагент молекулалари углеводород занжирларининг ўзаро дисперсион тортилиш энергиясини ортиши ҳисобига юз беради, ўз навбатида минерал юзасини сув юқмаслик даражасини ортишига олиб келади.

Юқоридагилардан келиб чиқиб, минерал юзани сув юқмаслик даражасини оширувчи, адсорбцион қатлам турғунлиги нафақат минералнинг кристаллик панжараси билан реагентнинг солидофил гуруҳи орасидаги кимёвий боғланиш энергиясига, шу билан бирга, адсорбцион қатламда ҳосил бўладиган реагент молекулалари углеводород занжирлари орасидаги дисперсион тортилиш энергиясига ҳам боғлиқлиги



2.9-расм. Углеводород занжирининг тузилиш схемаси

аниқланади. Тажриба натижаларига асосланиб, И.А.Каковский ва бошқалар қуйидаги хулосага келишган:

Йиғувчи реагент молекуласининг углеводород занжири қанча узун бўлса, уларнинг ўзаро дисперсион тортилиш энергияси шунча юқори бўлади, минерал юзадаги йиғувчининг адсорбцион қатлами сувга нисбатан барқарор бўлади ва сувюқмаслик даражасини оширувчи эффект катта бўлади.

Минерал юзани сувюқмас даражасини оширишда реагент молекуласининг углеводород занжирини узунлигини аҳамиятини эътироф этган ҳолда, В.А. Глебоцкий, минерал юзани сувюқмаслик даражасини оширишда бошқа омилларнинг ҳам аҳамияти катта эканлигини кўрсатади.

Биринчидан, молекулалар оралиғидаги масофа узоклашган сари дисперсион тортилиш энергияси сусайиб боради ва 0,5-1,0 нм масофада бу кучнинг таъсири қолмайди. Маълумки, минералларнинг кристаллик панжараларидаги тугунлар орасидаги масофа (масалан, NaCl кристаллидаги Na^+ билан Cl^- оралиғи, демак, реагент Na^+ иони билан) боғланадиган бўлса, реагентнинг иккита молекуласи орасида дисперсион тортилиш энергияси бўлмайди. Бундан ташқари, минерал юза энергия нуқтаи назаридан бир хил эмаслигини инобатга олинса, дисперсион тортилиш энергиясини аҳамиятини унчалик катта эмаслигини кўриш мумкин.

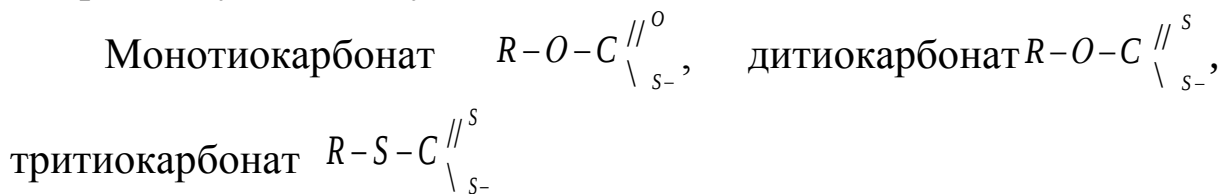
Иккинчидан, минерал юзасини сувюқмаслик даражасини ортиш эффекти фақат дисперсион кучга боғлиқ бўладиган бўлса, углеводород занжирига уланган ҳар бир CH_2 учун бу эффект мутаносиб равишда ортиб бориши керак эди. Амалда бундай ҳодиса метил-, этил-, пропил-, бутил-, амил ксантогенатлари билан ўтказилган тажрибаларда кузатилмаган.

Учинчидан, тарвоқланган углеводород занжирли реагентнинг сувюқмаслик даражасини ошириш эффекти кичикроқ бўлиши керак эди. Амалда эса, масалан, углеводород занжири чизиқли қурилишга эга бўлган йиғувчи реагент молекулаларига нисбатан, углеводород занжири торвоқланган қурилишга эга бўлган реагент молекулаларини ўзаро дисперсион тортилиш энергияси кучсиз бўлади.

Изопропил ксантогенати тўғри пропил ксантогенатидан кучлироқ минерални сувюқмаслик даражасини оширади. Бундан хулоса шуки, минерал юзасидаги тартибли жойлашган сув

диполлари (2.4-расм) структурасини (тузилишини) қайси реагент кучлироқ парчалаш қобилиятига эга бўлса, ўша реагентнинг минерал юзани сувюқмаслик даражасини ошириш эффекти каттароқ бўлади.

Солидофил гуруҳи таркиби ҳам реагентнинг йиғувчанлигига катта таъсир этади. Бунни қуйидаги (И.А.Каковский бўйича) мисолда кўриш мумкин: монотиокарбон, дитиокарбонат ва тритиокарбонат қаторида йиғувчанлик қобилияти ортиб боради. Уларнинг тузилиши қуйидагича:



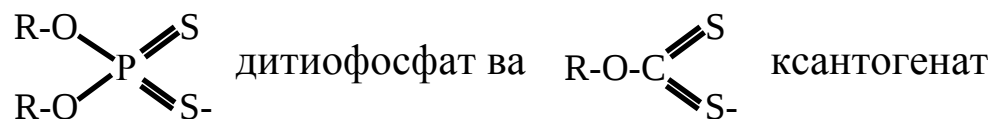
Монотиокарбонат таркибида $-C \begin{matrix} //^O \\ \backslash_{S-} \end{matrix}$ гуруҳи бўлиб, унинг сувга мойиллиги кучли. Монотиокарбонат тузлари оғир металллар ионлари билан реакцияга киришиб, нисбатан сувда яхши эрийдиган бирикмалар ҳосил қилади. Бу эса унинг йиғувчилик қобилияти паст эканлигини изоҳлайди.

$-C \begin{matrix} //^O \\ \backslash_{S-} \end{matrix}$ гуруҳидаги кислород ўрнига олтингугурт алмаштирилса кучли йиғувчанлик қобилиятига эга бўлган дитиокарбонат ҳосил бўлади. Дитиокарбонат таркибидаги радикал билан боғланган кислородни олтингугуртга алмаштирилса, ҳосил бўлган тритиокарбонатни йиғувчанлик қобилияти янада ошади, аммо максимум микдорга етмайди. Демак, моддаларни йиғувчанлик қобилияти олтингугурт атомини қаерда туришига ҳам боғлиқ.

Монотиокарбонатни дитиокарбонатга ўтказишда солидофил гуруҳидаги кислородни олтингугуртга алмаштирилади. Солидофил гуруҳи бевосита минерал юза билан боғланади. Шундай экан, кислородни ўрнига алмаштирилган олтингугурт минерал юза атрофида тартибли жойлашган гидрат қатламни структурасини парчалашга хизмат қилади ва минерал билан солидофил гуруҳи боғланишини мустаҳкамлаб, реагентни йиғувчанлик қобилиятини кучайтиради. Радикал билан боғланган кислородга алмаштирилган олтингугурт атоми минерал юзадан анча нарида жойлашган бўлиб, тартибсиз жойлашган сув

диполлари структурасини ўзгартиришга хизмат қилади. Шунинг учун реагентнинг йиғувчанлик қобилиятини камроқ оширади.

Йиғувчи реагент хоссаларига солидофил гуруҳининг марказий ядроси тузилиши анча таъсир этади. Бу икки тоифадаги анионли йиғувчилар-ксантогенат ва дитиофосфатлар мисолида куриш мумкин (И.А.Каковский бўйича):



тузилиши бўйича бир синфга мансуб, дитиофосфат билан ксантогенатни ўзаро ўхшашликлари бор, аммо марказий атоми фосфор ва углероднинг валентликлари ҳар хил бўлгани учун уларнинг физик кимёвий хоссалари ҳар хил. Фосфор беш валентли бўлгани учун олтингугуртнинг электрон туманини солидофил гуруҳи марказига кучлироқ йўналтирган, углерод тўрт валентли бўлгани учун бу ҳодиса ксантогенатда кучсизроқ. Бошқача қилиб айтганда, фосфор билан олтингугурт кучли боғ ҳосил қилган, углерод билан олтингугурт кучсизроқ боғланган. Шунинг натижасида дитиофосфатдаги олтингугурт минерал юза билан кучсизроқ ксантогенатдаги олтингугурт эса минерал билан кучлироқ боғ ҳосил қилади ва ўз навбатида дитиофосфатга қараганда ксантогенатда йиғувчанлик қобилияти каттароқ бўлади.

Юқорида айтилганлардан ташқари, бошқа омиллар ҳам, жумладан, углеводород занжири қисқа бўлган реагентларнинг солидофил гуруҳи минералга тезроқ боғланиши, реагент концентрацияси юқори бўлса, адсорбцион қатлам зичлиги тезроқ шаклланиши ва натижада флотация натижалари яхшиланиши кузатилади. Ҳароратни таъсири айтарли катта бўлмасада, ҳар ҳолда ҳароратни ортиши флотация жараёнининг кўрсаткичларини кўтариши мумкин. Флотациянинг асосий объекти сульфидли минераллар бўлганлиги сабабли, сульфидларни флотацион муҳитда ўзини қандай тутишини таҳлил қилиб чиқамиз.

Флотацион бўтанада (эритмада) эриган кислород бор бўлиши, сульфидли минералларни қисман бўлса ҳам кислород билан оксидланишини юз беришига олиб келади. Чунки, сульфид (MeS) тўғридан-тўғри реагент аниони билан реакцияга кириша олмайди:

Термодинамик ҳисоблар шуни кўрсатадики, металл сульфидини этилксантогенат билан оксидланиш реакцияси мувозанат доимийсининг қиймати жуда кичик сон, яъни 10^{-5} га тенг. Сульфидни кислород билан таъсирланиши бир нечта босқичда ўтиши, тадқиқотлар (И.Н. Плаксин, С.В. Бессонов) натижасида исботланди.

а) кислород сульфидга физикавий шимилиб, сульфид юзасидаги гидрат қатламни юпқалаштиради ва қисман минерални сув юқмаслигини оширади, бу эса реагент анионининг юпқалашган гидрат қатламни ёриб ўтиб, минерал юзасига яқинлашишини осонлаштиради.

б) физикавий шимилган кислород минералнинг эркин зонасидан (ўтказувчан зонадан) электронларни ютиб ионлашади ва потенциал тўсиқ (барьер) даражасини камайтиради. Сульфид минерални оксидлайди ва оксидланиш натижасида сульфиддаги олтингугурт SO_4^{2-} ҳолда эритмага ўтади, панжарада металл катиони $(\text{Me}^n)^+$ ҳосил бўлади. Бу вақтда реагент аниони сульфидни кристаллик панжарасида ҳосил бўлган катион билан кимёвий бирикади.

Назария ва тажриба натижаларига асосланиб, минерал билан кимёвий шимилиш ҳисобига боғланадиган ионоган йиғувчи реагентларга қуйидаги талаблар ишлаб чиқилган:

1) йиғувчи реагент молекуласи гетрополяр қурилишга эга бўлиши;

2) йиғувчи реагентнинг солидофил гуруҳи флотацияланувчи минерал зарра билан танлаб ва мустаҳкам боғ ҳосил қилишни таъминлаш;

3) йиғувчи реагентнинг молекуласи углеводород радикалининг узунлиги — минерал юзани сув юқмаслик даражасини ошириш эффе́ктини беришга етарли бўлиши;

4) йиғувчи реагент арзон, сувда яхши эрийдиган ва иложи бори́ча заҳарсиз бўлиши керак.

Йиғувчи реагентларнинг биргаликда таъсири

Флотация амалиёти кўрсатадики, иккита реагентни биргаликда ишлатилганда битта реагентни ишлатилгандагига нисбатан флотация кўрсаткичлари юқори бўлади. Масалан, галенитни бутилксантогенат билан флотацияланганда ажратиб

олиш 50%, олеат билан флотациялаганда 60% ташкил қилган. Иккаласини 1:1 нисбатда олиб, уларни сарфи 75 г/т бўлганда эса ажратиб олиш 90% ташкил қилган.

Бу реагентларни бир-биридан фарқи катта. Ксантогенат – сульфгидрил йиғувчи реагент, олеат эса оксигидриллар тоифасига мансуб. Углеводородлар сони – ксантогенат молекуласида 4 та, олеат молекуласининг углеводород радикали занжирида 17 тани ташкил қилади. Ҳар хил синфга мансуб реагентларни биргаликда ишлатилганда бунчалик катта эффект бериш сабабини қуйидагича тушунтириш мумкин:

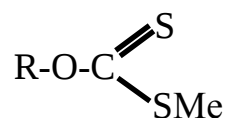
Маълумки, минерал юза энергия нуқтаи назаридан бир хил эмас. Битта реагент ишлатилса, у энергиясига мос келган минерал юза участкасига шимилади, бошқа жойлар эса бўш қолади. Агар, иккита реагентни (масалан, кучли ва кучсизни) биргаликда ишлатилганда ҳар бир реагент минерал юзадаги ўзига мос бўлган участкаларга жойлашади. Бу эса реагентларни минерал юзада тенг тарқалишига олиб келади ва адсорбцион қатлам зичлиги ошади. Ўз навбатида флотация кўрсаткичлари юқори бўлади.

Сульфгидрилли йиғувчилар

Қутбланган сульфгидрил гуруҳи (-SH) бўлган моддаларга сульфгидрилли йиғувчилар дейилади. Буларга ксантогенатлар, дитиофосфатлар, меркантобензтиозол ва бошқалар киради.

Ксантогенатлар

Ксантогенатларнинг умумий кимёвий формуласи қуйидагича:



Бу ерда, Me – катион K^+ , Na^+ , H^+ ёки бошқалар;

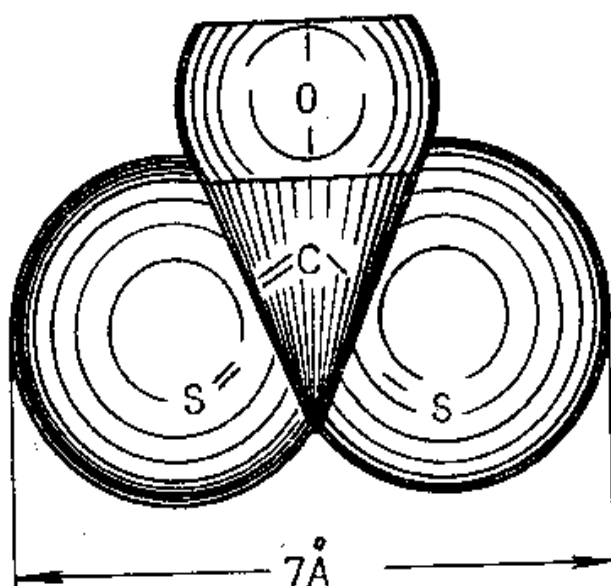
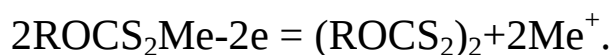
R – алифатик углеводород радикали, масалан, C_2H_5 – этил, C_4H_9 – бутил ва бошқалар.

Ксантогенатлар – ўзига хос ҳидга эга бўлган қаттиқ кристал модда, ранги оқдан сариққача ўзгаради, зичлиги $1,3\div 1,7 \text{ г/см}^3$, сувда яхши эрийди.

Солидофил гуруҳи учбурчак шаклида бўлиб, учбурчак марказида углерод, учбурчакнинг чўққисида битта кислород ва пастки учларида иккита олтингугурт жойлашган (2.9-расм). Солидофил гуруҳининг кенглиги 7×10^{-10} м, углерод занжирининг кенглиги 4×10^{-10} м, битта анионни минерал юзада эгалланган майдонни 28×10^{-20} м² га тенг (агар, чизиқли қурилишга эга бўлса).

Ксантогенатлар анионларининг узунлиги 2.3-жадвалда келтирилган.

Ксантогенатлар оксидланиб, диалкилдиксантогенидларга айланади.



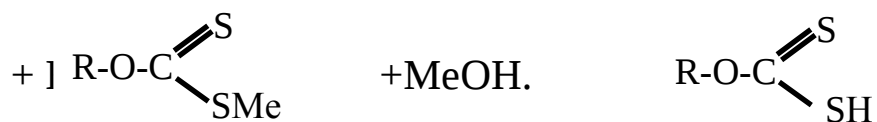
2.9-расм. Солидофил гуруҳидаги ксантогенатларнинг стерео-
кимёвий модели

2.3.-жадвал

Чизиқли углерод занжирига эга бўлган ксантогенатлар
анионларининг узунлиги (В.А. Макроусов ҳисобича)

Ксантогенатлар	Анионларининг узунлиги, $\times 10^{-10}$ м	Ксантоге натлар	Анионларининг узунлиги, $\times 10^{-10}$ м
Мети	7,1	Бутил	10,9
Этил	8,4	Амил	12,2
Пропил	9,7	Цетил	26,0

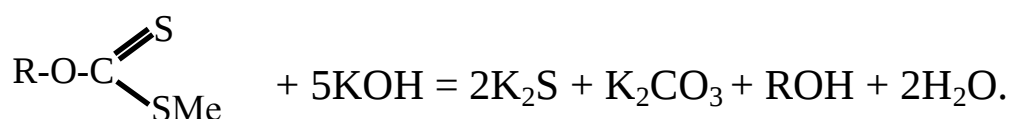
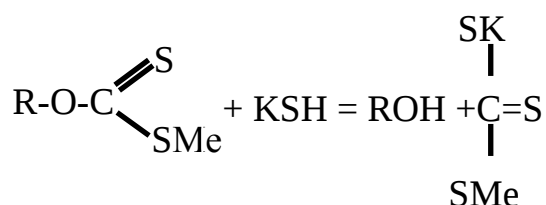
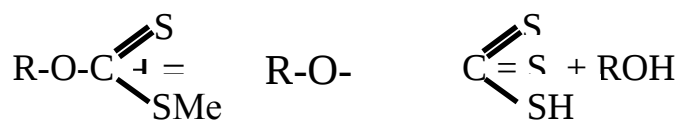
Улар намлик таъсирида гидролизланиб, ксантогенат кислотасини ҳосил қиладилар:



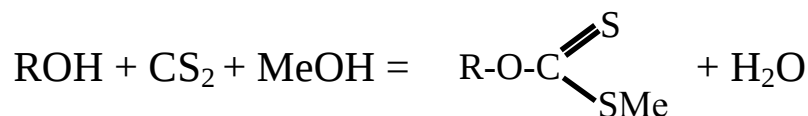
Ҳароратни, муҳит нордонлигининг ортиши ва уларнинг эритмадаги концентрациясининг камайиши гидролиз жараёнини тезлаштиради.

Ксантогенат кислотаси ўз-ўзидан парчаланиб спирт ва серауглеродни ҳосил қилиши мумкин. Нордон муҳитда ксантогенатларни парчаланиш тезлиги углеводород радикалининг калта-узузлигига боғлиқ.

Ишқорли муҳитда ксантогенатларнинг сувли эритмалари етарлича барқарор, аммо ишқор ортиқча бўлса, улар парчаланиб бир қатор янги моддалар ҳосил қилади:



Саноатда ксантогенатларни ишлаб чиқариш эквимолекуляр нисбатда олинган, спирт ва серауглеродларни бириктириш реакциясига асосланган:



Масалан, ушбу реакция натижасида этил ксантогенатни чиқиши 63 % ни ташкил қилади.

Саноатда энг кўп ишлатиладиган ксантогенатларга қуйидагилар киради:

Этилксантогенат - $\text{C}_2\text{H}_5\text{OCSSK}$ ёки $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OCSSK}$,

Пропил ксантогенат - C_3H_7OCSSK ёки $CH_3CH_2CH_2OCSSK$,

Изопропил ксантогенат - C_3H_7OCSSK ёки $\begin{array}{c} CH_3 \\ \diagdown \\ CHOCSSK \\ \diagup \\ CH_3 \end{array}$

Бутил ксантогенат - C_4H_9OCSSK ёки $CH_3(CH_2)_3OCSSK$

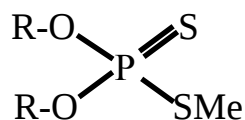
Амил ксантогенат - $C_5H_{11}OCSSK$ ёки $CH_3(CH_2)_4OCSSK$

Бу ксантогенатларни саноатда кўп ишлатилишига сабаб, сульфидли ва баъзи бир оксидланган рангли металллар минераллар учун энг яхши йиғувчи реагент ҳисобланишидир. Оғир рангли металлларнинг (Cu, Pb, Zn, Ni, Bi ва бошқалар) ионларини реагент таркибидаги олтингугурт билан реакцияга киришишга мойиллиги катта ва ҳосил қилган бирикмаларининг эрувчанлиги жуда кичик бўлиши, реагентни юқори танловчанлигини, адсорбцион қатламни турғунлигини ҳамда флотация жараёнининг самарадорлигини таъминлайди.

Юқори молекуляр ксантогенатлар нисбатан кам ишлатилади, метил ксантогенат эса кучсиз йиғувчи бўлгани учун ишлатилмайди.

Дитиофосфатлар (аэрофлотлар)

Дитиофосфатларнинг тузилиши куйидагича:

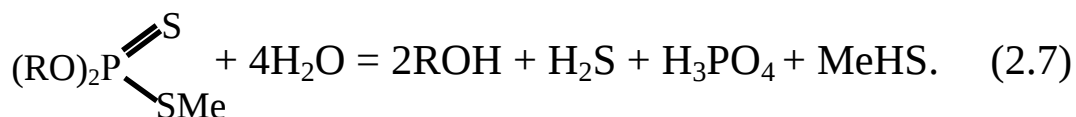


Бу ерда, R - ароматик ёки алифатик углеводород радикали;

Me - ишқорий металл атоми.

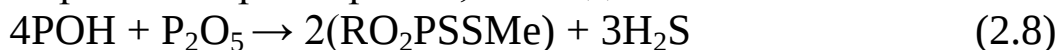
Дитиофосфатлар дитиофосфат кислотаси $(RO)_2PSSH$ тузлари бўлиб, саноатда ишлатилиш ҳажми бўйича ксантогенатлардан кейин туради.

Дитиофосфатлар осон ҳаракатланувчи суюқлик бўлиб, сераводород ҳидга эга, ишқорий эритмада ва органик эритувчиларда яхши эрийди. Сув таъсирида дитиофосфатлар секин парчаланади:



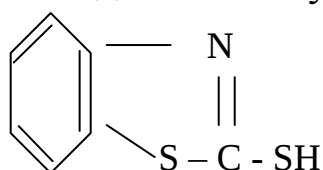
Шунинг учун ажралиб чиққан H_2S ва $MeHS$ рудадаги рангли металллар оксидларини сульфидлаш эҳтимоли бор.

Дитиофосфатларни форфор (V) сульфидига фенол ёки спиртларни таъсир эттирилиб, олинади.

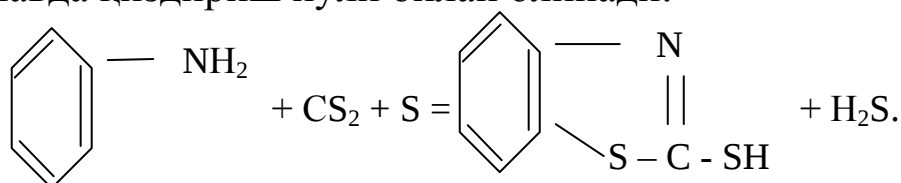


Дитиофосфатлар (масалан, крезол) йиғувчи реагент бўлиб, кўпик ҳосил қилиш қобилятига ҳам эга. Улар кўрғошин, рух, мис рудаларини бойитишда қўлланилади. Ишлаб чиқаришда аэрофлотларни сарфи ксантогенатлар сарфи даражасида, яъни 20-40 г/т ташкил қилади.

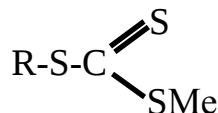
2-меркаптобензтиозол техникада «каптакс» деб аталади ва у саноатда каучукни вулканизациялашда тезлаштирувчи сифатида ишлатилади. Унинг тузилиши қуйидагича:



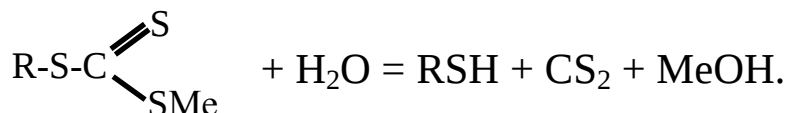
Каптакс сариқ рангли, майда кристалли кукун бўлиб, 178-179°C ҳароратда эрийди. У сувда эримайди, аммо ишқорий эритмада осон эрийди. Саноатда каптаксни эквимолекуляр нисбатда анилин, серауглерод ва олтингугурт аралашмасини автоклавда қиздириш йўли билан олинади:



Алкилтиритиокарбонатларнинг тузилиши қуйидагича:



Алкилтиритиокарбонатлар – оқ кристалли модда бўлиб, сувда осон эрийди, ҳидсиз модда, сув таъсирида гидролизланади.

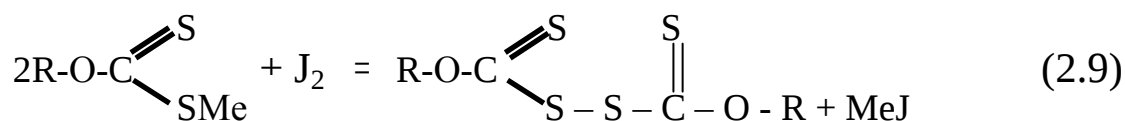


Ионоген бўлмаган йиғувчи реагентлар

Диалкилсульфидлар синфига мансуб моддаларнинг умумий формуласи $\text{R}-\text{S}-\text{S}-\text{R}$ кўринишида бўлади, уларга қуйидагилар киради: диэтилдисульфид - $\text{C}_2\text{H}_5\text{SSC}_2\text{H}_5$,

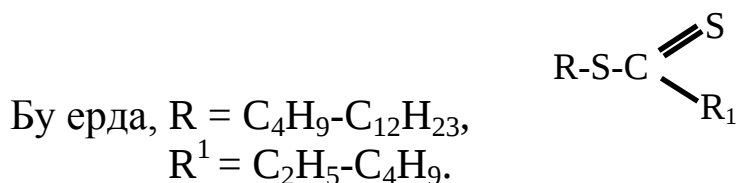
дибутилдисульфид - $C_4H_9SSC_4H_9$ ва бошқалар. Улар ўзига хос ҳидли, рангсиз бўлиб, сувда эримайди.

Диалкилдиксантогенатлар тоифасидаги реагентлар ксантогенатларни йод ёки нитрат билан оксидлаб олинади.



Диалкилдиксантогенидлар - сариқ-жигар ранг, ёғсимон суюқлик бўлиб, сувда эримайди. Дисульфидлар мис, мис-молибден, мис-қўрғошин-руҳ рудаларини бойитишда ва мис кукунини флотациялашда ишлатилади.

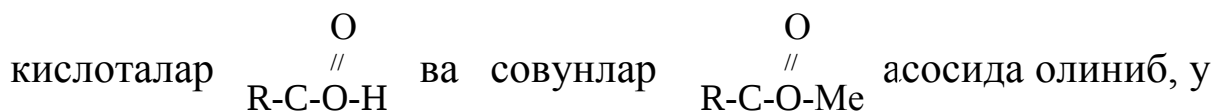
S, N - диалкилдитиокарбоматларнинг умумий тузилиши қуйидагича:



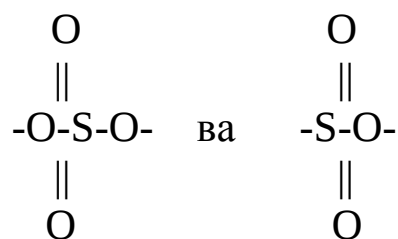
S, N - диалкилдитиокарбоматлар ўзига хос ҳидли, ёғсимон суюқлик бўлиб, сувда эримайди, нордон эритмаларда барқарор. Мис, қўрғошин, руҳ ва никель ионлари билан оқиш чўкма беради, шу сабабли мис, мис-молибден, мис-никель рудаларини бойитишда қўлланилади.

Оксигидриль йиғувчилар

Оксигидриль йиғувчилар синфига бир қатор ионларга диссоциаланувчи органик гетерополяр бирикмалар киради. Улар солидофил гуруҳи таркибига қараб карбоксил ва сульфоксилларга бўлинадилар. Карбоксил йиғувчи органик



Сульфоксил йиғувчининг солидофил гуруҳи сульфат кислота анионидан ташкил топган:



Оксигидрил йиғувчилар ишқорий ер металлари (Ca, Mg, Ba, Sr) ҳамда оғир рангли металллар катионлари билан барқарор, сувда қийин эрувчан бирикмалар ҳосил қилади ва кварц, силикатлар ва оксидларни ҳам флотациялаш мумкин. Шунинг учун уларда танловчилик сульфгидралларга нисбатан анча паст. Аммо, оксигидрилъ йиғувчи реагентлар носульфгидрили минераллари флотациялашда жуда қўл келади.

Карбоксил йиғувчиларни минераллар билан таъсирлашиши бўтананинг рН га боғлиқ. Ишқорий муҳитда органик кислоталар совунга айланиб, минераллар билан ион формасида реакцияга киришади, нордон шароитда молекуляр формада таъсирланади. Карбоксил йиғувчиларни ҳаммаси ҳам ишлаб чиқаришда қўлланмайди, амалда қўлланилиши мумкин бўлган карбоксил йиғувчиларга қуйидагилар киради:

Олеин кислотаси $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOH}$ - мойни таркибий қисми бўлиб, мойни совунга айлантириш жараёнида олинади. У 14°C да қотадиган рангсиз суюқлик бўлиб, сувда кам эрийди.

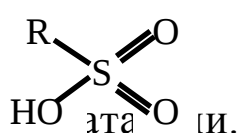
Олеат натрий $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COONa}$ - сувда яхши эриб, оддий совуннинг асосини ташкил қилади. Қиммат ва топилиши қийин бўлганлиги учун амалда кам ишлатилади. Носульфид минералларни флотациялашда юқори самара беради.

Нафтен кислоталари олеин кислотасига ўхшайди, факат структура тузилиши билан фарқ қилади. Уни таркибида парафин миқдори кам бўлган нефт маҳсулотидан олинади. Нафтен кислотасининг натрийли тузлари милонафт деб аталади. У малҳам сифат модда бўлиб, сувда яхши эрийди, нефть хиди келади. Шу тоифадаги йиғувчиларга оксидланган керосин мансуб бўлиб, у кўмирни флотациялашда қўлланилади.

Талло мойи таркибида олеин, линол, линолен кислоталари бўлиб, целлюза ишлаб чиқаришда оралик маҳсулот ҳисобланади. У олеат натрийни ўрнини боса олувчи реагент бўлиб, аппатит, барит, шеелит, темир, марганец ва қалай рудаларини бойитишда ишлатилади.

Сунъий мой кислоталари - монокарбон кислоталарига мансуб бўлиб, қаттиқ парафинни оксидлаш йўли билан олинади, таркибида $C_7 \div C_9$; $C_{10} \div C_{16}$; $C_{17} \div C_{20}$ углерод бўлади.

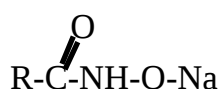
Сульфоксил йиғувчилар сульфат кислотасини ҳосиласи бўлиб, сульфат кислотасини битта OH - молекуласига радикал алмаштирилишидан



ҳосил бўлади: ва булар сульфокислоталар деб

Водород ўрнини металлга алмаштирилса, туз ҳосил бўлади ва радикални қўшиб, алкил-, арил-сульфанатлар деб номланади. Улар ишқорий ер металлари барит, шеелит минералларини флотациялашда ишлатилади.

Алкилгидроксил кислоталари ва уларнинг тузлари



(масалан, ИМ-50) титан, ниобий, тантал ва қалай

билан комплекс бирикма ҳосил қилганлиги учун ушбу металл минералларни бойитишда ишлатилади.

Катионли йиғувчилар

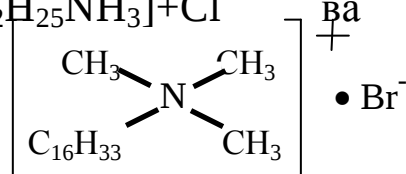
Катионли йиғувчилар - ионоген реагентлар синфига мансуб бўлиб, минерал юза билан катион боғ ҳосил қиланади. Катионли йиғувчилардан алифатик аминлар ва тўртламчи аммоний асослари аҳамиятлидир. Улар нордон муҳитда ионларга парчаланиб ион шаклида, ишқорли муҳитда - молекула ҳолда бўлади.

Йиғувчи сифатида - углеводород радикалида углеродни сони 6-8 дан юқори (хатто 24-26 тагача) бўлган реагентлар флотациялашда яхши натижалар беради, улар кўпроқ туз ҳолида ишлатилади:



Лауриламмингидрохлорид $[C_{12}H_{25}NH_3]^+Cl^-$ ва

цетилтриметил-аммоний бромид



катионли йиғувчиларга мисол бўлади.

Катионли йиғувчилар ҳар хил минералларни, жумладан, кварцни, оксидланган рух минералини, силикатларни флотациялаши, кварцни фосфоритлардан ажратишда ва хоказо қўлланиши мумкин ва улар ни сарфи 0,05-0,25 кг/т ташкил қилади. Саноатда энг кўп қўлланиладиган йиғувчилар ИМ-II ва АНП ҳисобланади.

Йиғувчи ИМ-II - занжирида углеводород атоми 13-16 бўлган алифатик бирламчи амингидрохлоридлар аралашмаси бўлиб, сувда эрувчан жигарранг суюқлик, темир ва фосфорит рудаларини, берил, дала шпати минералларини флотациялашда ишлатилади.

Йиғувчи АНП - занжирида углеводород атоми 14 та бўлган бирламчи аминлар хлоргидратлар аралашмаси бўлиб, сувда эрувчан жигарранг суюқлик, кварц, силикатлар, дала шпати, литий, бериллий, темир ва камёб металллар минераллари ҳамда слюдаларни бойитишда ишлатилади.

Аполяр йиғувчилар

Аполяр йиғувчиларга сувда эримайдиган, ноиноген бирикмалар киради. Улар органик суюқлик бўлиб, нефтдан олинадиган таркиби ва структураси углеводородлардан иборат бўлиб, молекуласида кутбланган гуруҳи бўлмайди, шунинг учун сув билан таъсирланмайди. Молекуладаги атомлар ўзаро ковалент боғ ҳосил қилади. Аполяр йиғувчилар ўз таркибида солидофил гуруҳи йўқлиги учун минерал юзага адгезия ёки физикавий шимилиш йўли билан боғланади ва улар кўпроқ сув юзаларга шимилади. Масалан, кўмир, графит, олтингугурт, олмос ва молибденит (MoS_2)ларни флотациялашда ишлатиш мумкин.

Юқорида айтилганидек, аполяр йиғувчилар асосан нефтни қайта ишлаш жараёнида олинадиган. Саноатда ишлатиладиган аполяр йиғувчиларга керосин, веретен ва трансформатор мойлари, хатто нефтни ўзини кўрсатиш мумкин. Бундан ташқари, нефтни қайта ишлашда ҳосил бўлган чиқиндиларни ҳам аполяр реагентлар сифатида ишлатса бўлади.

2.4.3. Кўпик ҳосил қилувчи реагентлар

Кўпик ҳосил қилувчи реагентларнинг асосий вазифаси флотацияланувчи минерал заррачалар ёпишиб олган ҳаво пуфакчаларини мустаҳкамлигини ошириш, пуфакчаларни бир-

бирига қўшилиб кетишидан асраш, бўтанада ҳаво пуфакчаларини бир ўлчамда ушлаб туриш ва пуфакчаларни ҳаракат тезлигини камайтиришдан иборатдир.

Кўпик ҳосил қилувчи реагентлар сирт фаол моддалар (СФМ) бўлиб, сув-ҳаво чегара сиртларига ўз-ўзидан шимилиш (адсорбцияланиб), сирт энергиясини камайтириш қобилиятига эга. Шимилишда поляр (кутбланган) гуруҳ сув томонда, суюқмас, углеводород радикали эса унинг сиртида бўлади. Кўпик ҳосил қилувчи реагентларнинг молекулалари гетерополяр қурилишга эга бўлиб, уларнинг поляр гуруҳи, гидроксил (-ОН), карбоксил (COOH), карбонил (-CO), аминогуруҳ (NH₂), сульфогуруҳларга (-OSO₂OH ёки SO₂OH) бўлиниши мумкин.

Амалда, гидроксил поляр гуруҳига эга бўлган реагентлар кўпроқ. ишлатилади, Сабаби, улар минералларга кучсиз боғланади ва флотацияни танловчанлигини оширади. Карбоксил, амина- ва сульфогуруҳли реагентлар эса қисман йиғувчи реагент хоссасига эга. Кўпик ҳосил қилувчи реагентларнинг хоссалари кўпроқ гидрофоб радикалининг тузилишига ва узунлигига боғлиқ,. Энг оддийси алифатик радикал (- CH₂ - CH₂ -... CH₂ - CH₃). Радикал узунлиги ошиб борган сари кўпик ҳосил қилиш яхшиланиб боради, аммо бу маълум узунликкача боради. Радикал ҳаддан ташқари узун бўлса, уларнинг кўпик ҳосил қилиш қобилияти йўқолиб боради, чунки узун радикалли реагент молекулалари ўзаро тортишиб, ассоциатлар (агрегатлар) - йирик молекулалар ҳосил қилади, бу эса кўпик ҳосил қилиш қобилиятини йўқотади.

Кўпик ҳосил қилувчилар маълум даражада сувда эрувчанликка эга бўлиш керак. Алифатик кўпик ҳосил қилувчилар орасида кислоталар, аминлар ва спиртлар, ароматик бирикмалар ичида - спиртлар, аминлар ва кислоталар сувда эрийди.

Кўпик ҳосил қилувчи реагентларни таъсир қилиш механизми

Кўпик ҳосил қилувчи реагент молекулалари ҳаво пуфакчаларига шимилиб, (адсорбцияланиб) пуфакчанинг гидрат пардасини мустаҳкамлигини оширади. Сабаби, реагентнинг поляр (гидрофил) томони сув молекулалари билан фаол реакцияга киришишади ва ўз навбатида гидрат пардадаги сув молекулалари ҳажмидаги сув молекулаларига нисбатан бетараф

бўлиб қолади (яъни. гидрат пардадаги сув молекуласи билан ҳажмдаги сув молекуласи орасидаги тортишиш кучи камаяди). Реагент шимилган иккита пуфакча ўзаро тўқнашса, улар қўшилиб йирик пуфак ҳосил қилмайди, чунки уларнинг сирти бетараф, девор мустаҳкам. Агар. реагент шимилмаган пуфакчалар тўқнашса, гидрат парда ёрилиб, улар бирлашади ва йирик пуфакча ҳосил бўлади.

Сувли муҳитда кичик пуфакчалар секинроқ, катталари эса тезроқ ҳаракат қилади. Ўлчамлари бир хил бўлсада, реагент шимилган пуфакча реагент шимилмаган пуфакчага нисбатан секинроқ ҳаракат қилади. Бунга сабаб, юқорига кўтарилаётган пуфакчадаги реагентни сув оқими «ювиб» пастки қисмига тўплайди ва пуфакчанинг таг қисмига ўзига хос «қаттиқлик» ҳосил қилади ва бу ходиса пуфакча ҳаракатини секинлаштиради.

Пуфакчага флотацияланувчи минерал заррачалар келиб ёпишиши учун маълум вақт керак. Демак, пуфакча қанча секин кўтарилса, шунча кўпроқ минерал келиб ёпишади. Бундан ташқари, тез кўтарилаётган пуфакча муҳит қаршилигига учраб, унга ёпишган заррачалар сув оқимида «ювилиб», йўлда ёрилиб қолиши мумкин.

Кўпик ҳосил қилувчи реагентлар кўпинча, йиғувчи реагентларга ўхшаш қобилятини намоён этади. Бунинг сабаблари ҳар хил бўлиши мумкин:

1. Баъзида кўпик ҳосил қилувчи реагентнинг поляр гуруҳи минерал юзага (кимёвий ёки физикавий) шимилиб, апполяр гуруҳи сув томонга йўналган бўлади. Бу эса минерал заррани сув юқмаслик даражасини оширади.

2. Кўпик ҳосил қилувчилар капилляр босимни камайтириш ҳисобига пуфакчага минералларни мустаҳкамроқ, ёпишишига имкон яратади.

3. Баъзи бир ҳолларда, кўпик ҳосил қилувчи реагентлар йиғувчи реагент эритмасини дисперслигини ошириб, аппарат ҳажмида (муҳитда) тенг тарқалишини таъминлайди.

Кўпик ҳосил бўлиши - реагент молекулаларининг таркиби ва тузилишига ҳамда унинг сувдаги концентрациясига боғлиқ, Бундан ташқари, яхши кўпик ҳосил бўлиши учун бир нечта омиллар бор, жумладан:

1) муҳитнинг рН даражаси. Реагент молекуласи қанча кам диссоциацияланса, шунча яхши кўпик ҳосил қилади. Асос

хоссасига эга бўлган реагентлар ишқор муҳитда яхши кўпик беради, кислота хоссасига эга бўлган реагентлар эса кислотали (нордон) муҳитда яхши кўпик ҳосил қилади;

2) муҳит ҳарорати. Ҳарорат ортиши билан кўпикланиш яхшиланади, айниқса, реагентнинг эрувчанлиги ҳароратга боғлиқ бўлган ҳолларда.

Икки ёки ундан кўп ҳар хил кўпик ҳосил қилувчи реагентлар бирга ишлатилса флотация жараёнини бошқариш осон бўлади.

Саноатда ишлатиладиган кўпик ҳосил қилувчи реагентлар

Саноатда кўпроқ кимё саноатида ва нефтни қайта ишлашдан олинadиган қўшимча маҳсулотлар кўпик ҳосил қилувчи реагент сифатида фойдаланилади. Бундай реагентларни синтез қилиб олиш ҳам мумкин:

ИМ-68 реагенти - алифатик спиртлар аралашмаси, радикалдаги углерод атомларини сони 6-8, асосан изоқурилишга эга бўлиб, темир рудасини флотациялашда ишлатилади.

Э - 1 ва Э - 1А реагентлари - паст полиэтиленгликоллар монобутил эфирларининг аралашмаси кўп метали рудаларини коллектив флотациялашда қўлланилади. Бутил спиртини олишдаги қолдиқ радикалида 8 тадан кўп углеводород атоми бўлган спиртлар, октил, бутил спиртлари ва альдегидларнинг аралашмаси кўмирни флотациялашда ишлатилади.

Пенореагент - радикалида 4-8 тагача углерод атоми бўлган спиртлар аралашмаси, гексил спиртига ҳисоблаганда 45 % спирти бор бўлиб, кўмирни бойитишда ишлатилади.

Циклогексано́л - цикли спирт, қуйидаги қурилишга эга:

бўлиб $\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH-OH} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{CH}_2 \quad \text{CH}_2 \end{array}$ кўп метали рудаларни селектив флотациялашда ишлатилади.

Диметилфталат (Д-3 реагенти) – фтал кислотасининг

эфири $\begin{array}{c} \text{O} \\ || \\ \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 \\ | \\ \text{C} - \text{O} - \text{CH}_2 \\ || \\ \text{O} \end{array}$ бўлиб, кўп метали мисс рудасини

бойитишда қўлланилади.

Т-66 – кўп моддалар аралашмаси, 60-80 % диоксан ва пиран сипиртларидан ташкил топган, кўмир ва бир қанча рудаларни бойитишда ишлатилади.

Сосна ёғи – терпен қаторидаги ароматик сипртлар аралашмаси, таркибида 40-60 % терпенол бўлиб, универсал кўпик ҳосил қилувчи реагент ҳисобланади.

ОПСБ реагенти – полипропиленгликоларнинг монобутил эфирлари, умумий тенгламаси $R-O-(C_3H_6O)_n-H$ кўринишида бўлади (бу ерда $n = 2, 3, 4, 5 \dots$), мис–молибден рудаларини бойитишда фойдаланилади.

ОП-7 ва ОП-10 реагентлари – моно- ва дионтилфеноларнинг полиэтиленгликол эфирлари, $R-O-(CH_2CH_2O)_nH$ (бу ерда $n = 7$ ва 10) темир рудасини бойитишда ишлатилади.

Метилизобутилкарбинол (МИБК) – иккиламчи спирт бўлиб

$$\begin{array}{ccccccc} CH_3 & - & CH & - & CH_2 & - & CH & - & CH_3 \\ & & | & & & & | & & \\ & & CH_3 & & & & OH & & \end{array}$$

кўмир ва рудаларни бойитишда ишлатиладиган истиқболли реагент ҳисобланади.

2.4.4. Мословчи реагентлар

Мословчилар (регуляторлар) деб, минерал юза билан реакцияга киришиб, унинг сиртида сувюқар (гидрофил) ёки сувюқмас (гидрофоб) қоплама ҳосил қилиш йўли билан ёки танланган минерал юзасининг хоссаларини ўзгартириб, йиғувчи реагент билан реакцияга киришиш қобилятини ошириш ёки камайитириш йўли билан флотация натижаларини яхшилашга хизмат қилувчи реагентларга айтилади. Мословчи реагентлар хизмат вазифасига қараб фаоллантирувчилар (активаторлар), тазиқловчилар (подавителлар, депроссорлар), муҳит рН ни мословчилар ва бетарафловчи (пептизаторлар) гуруҳларига бўлинадилар.

Тазиқловчи реагентларнинг тазиқлаш механизми

Тазиқловчи реагентларнинг тазиқлаш механизми қуйидагича бўлади:

1. Минерал юзага шимилган йиғувчи реагентни эритиб, эритмага ўтказиш йўли билан; масалан, мис минералларини

(халкопирит, ковелин, халькозин ва бошқалар) CN^- иони билан тазиқлаш.

Флотация даврида мис минераллари ксантогенат билан бирикиб, бир валентли мис ксантогенатини ҳосил қилади. Бу бирикма сувда эрийди:

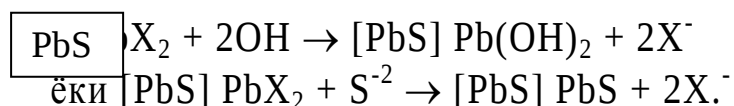


Эритмага ўтган мис иони билан CN^- иони билан бирикиб комплекс ион ҳосил қилади:



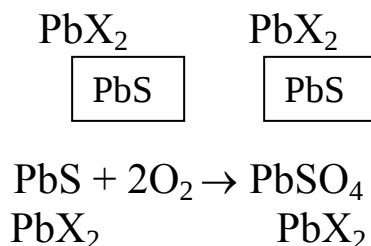
Эритмада мис ионининг концентрациясини камайиши (2.3) реакциянинг мувозанатини бузади ва яна CuX эритмага ўтади. Агар, эритмада синил ионлари етарлича бўлса, минерал юзадаги ксантогенатни тўлиқ эритмага ўтказди ва минералнинг сирти сувюқар бўлиб қолиб, флотацияланмайди.

2. Тазиқланувчи минерал иони билан реакцияга киришиб, қийин эрувчан бирикма ҳосил қилувчи тазиқловчининг иони билан йиғувчининг ионини сиқиб чиқаради, масалан:



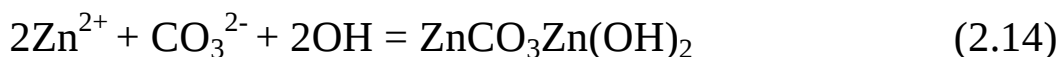
бу ерда, X^- - йиғувчининг иони.

3. Минерал юзадаги йиғувчи реагент шимилган жойларда тазиқловчи сувюқар бирикма ҳосил қилиб флотацияни ёмонлаштиради, масалан, галенит минералини $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ билан тазиқланиши



Хромат иони концентрацияси кўпроқ, бўлса галенит юзасидан ксантогенат ионини сиқиб чиқариши ҳам мумкин.

4. Минерал юзадаги йиғувчи реагент шимилмаган жойларга катта сувюқар бирикмаларни жойлашиб олиши, масалан,



Ҳосил бўлган бирикма сфаллеритнинг юзасига ёпишиб олиб уни флотацияланишини ёмонлаштиради.

Тазиқловчи реагентни самарали ишлаши учун муҳитда маълум шароит яратиш керак. Буларга тазиқловчи ва йиғувчи реагентлар концентрацияларининг маълум нисбатлари, муҳит нордонлиги (pH), ажратилаётган минералларни хоссалари ва ҳоказо киради, масалан: натрий снил тузи сувда гидролизланиб, снил кислотасини ҳосил қилади:



Муҳит нордон бўлса (pH=6) снил иони тўлиқ HCN ҳолда бўлади. муҳит ишқорли бўлса (pH=12) тўлиқ CN⁻ шаклида бўлади. Демак, снил иони тазиқловчилик вазифасини ишқорли муҳитда ўтайди.

Саноатда ишлатиладиган тазиқловчи реагентлар

Натрий сульфиди (Na₂S) - сувда эриб гидролизланади ва муҳит нордонлиги (pH) га қараб, S²⁻, HS⁻ ионларини ҳосил қилади. Бу ионлар сульфидлар юзаларига кучли шимилиш қобилятига эга бўлганлиги сабабли, минерал юзадан йиғувчи реагентларни сиқиб чиқаради. Бундан ташқари, S²⁻ ва HS⁻ ионлари шимилган минерал юзаси манфий зарядланиб, йиғувчи реагент анионини шимилишига йўл қўймайди.

Сниллар (NaCN) ва рух тузлари. Сниллар ZnS, FeS₂ ва мис, кумуш, симоб, кадмий, никел сульфидларини тазиқлаш учун ишлатилади. Снил иони билан қайси металл иони мустаҳкам комплекс бирикма ҳосил қилса (масалан, Me(CN)_n⁻ турдаги) ўша металл минералларини тазиқлашда фойдаланилиш мумкин.

ZnSO₄ тузи сувда эриб (ишқор муҳитда) Zn(OH)₂ ҳосил қилади ва ZnS минерали юзасини парда билан қоплайди, флотацияланишини тўхтади. Zn(CN)₂ ишлаш принципи ҳам худди шундай.

Хром тузлари ($K_2Cr_2O_7$ ва K_2CrO_4) - сувда диссоциацияланиб CrO_4^{2-} ионини ҳосил қилади. Бу ион минерал юзага кимёвий шимилади ва юзани сувюқар қилиб қўяди.

Суюқ шиша (Na_2SiO_3) - сувда гидролизланади:

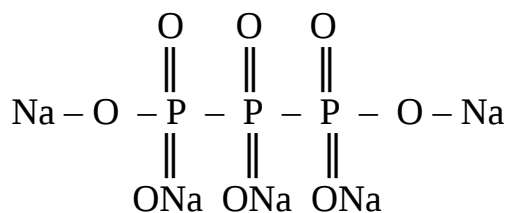


Суюқ шишани ёпиқ, идишда узоқ вақт сақласа бўлади, ҳаво таъсирида, айниқса қиздирилса аморф SiO_2 ажралиш билан парчаланади. SiO_2/NO_2O - нисбат суюқ, шиша модули дейилади. Суюқ шишани модули қанча катта бўлса, у шунча тез парчаланади. Флотацияда ишлатиладиган суюқ шишани модули 2 дан 3 гача бўлади. Унинг сувли эритмасида Na_2SiO_3 , Na_2SiO_4 , Na_2SiO_5 ва гидратланган SiO_2 заррачалари бўлиши мумкин.

Суюқ шиша мословчи реагент сифатида кварц ва силикатларни тазиқлашда, хоссалари яқин бўлган кальцит ва флюорит, кальцит ва шеелатларни бир-биридан ажратишда ишлатилади. Суюқ, шишани танловчанлиги уни сода ёки кўп валентли металллар тузлари билан бирга ишлатилса янада ҳам ошади. Ундан ташқари, юқори ҳароратда ($60^\circ C$) ва юқори сарфда (8-15 кг/т) шеелитни кальцитдан тўлиқ ажратиб олиш усули ишлаб чиқаришда қўлланади.

Суюқ, шишанинг минералларини, тазиқлаш механизми унинг таркибида бўлган H_2SiO_3 ва аморф SiO_2 ларни заррача юзасини қоплаб олиши ҳисобига бориш аниқланган.

Фосфор тузлари ва полифосфор кислоталари – учнатрийфосфат ($Na_3PO_4 \cdot 12H_2O$) натрий гексаметафосфат ($Na_6P_6O_{18}$) ва учнатрийполифосфат ($Na_5P_3O_{10}$) ларни тазиқловчи реагент сифатида ишлатса бўлади. Полифосфатларни тузилиши қуйидагича бўлиб:



қарийб ҳамма минералларни тазиқлаш қобилиятига эга.

Сульфат кислота (H_2SO_4) ва сульфатлар – (K_2SO_4), (Na_2SO_4) таркибида сульфат ионлари (SO_4^{2-}) бўлган минераллари (барит, целетин ва ангелезит) тазиқлаш хоссасига эга.

Органик тазиқловчи реагентлар. Органик тазиқловчиларни тўртта гуруҳга бўлиш мумкин:

1) Ноионогенлар - таркибида ноионоген поляр гуруҳлари (OH , $>\text{CO}$) бўлган полимерлар (крахмал, оксиэтилцеллюлоза);

2) Анионлилар - таркибида анион поляр гуруҳлари ($-\text{COOH}$, $-\text{SO}_3\text{H}$, $-\text{OSC}_3\text{H}$) бўлган полимерлар (карбоксиметилцеллюлоза, лигносульфонатлар ва х.к.);

3) Катионлилар - таркибида катион поляр гуруҳлари ($-\text{NH}_2$, $=\text{NH}$) бўлган полимерлар (поливиниламин, хитозан ва х.к.);

4) Амфотерлар - таркибида ҳам катион. ҳам анион поляр гуруҳлари бўлган полимерлар (полиакриламид. казеин ва бошқалар).

Ноионоген реагентларнинг поляр гуруҳлари кўпинча гидросил гуруҳи минерал юзасида бўлган кислород, азот, олтингугурт ёки фтор атомлари билан водород боғ билан боғланадилар.

Анионли реагентларнинг поляр гуруҳлари минерал юза билан мустақкам кимёвий боғ билан бирикадилар-. Катионлилар эса кучсизроқ боғланади.

Органик реагентларнинг минералларни тазиқлаши комплекс ходисалар асосида юз беради: минерал юзадан йиғувчи реагентларни сиқиб чиқариши, йиғувчи реагент минерал юзага шимилишига халақит бериши ёки минерал юзасини сувюқар қилиб қўйиши. Бу ходисалар бир вақтда содир бўлиши мумкин. Бу жараёнларнинг қайси бири кўпроқ аҳамиятга моликлиги реагент турига боғлиқ.

Сувда яхши эрийдиган полимерлар ўта гидрофил. Уларнинг молекулаларини ўлчамлари йиғувчи реагентлар молекулалари ўлчамларидан анча катта. Шунинг учун ҳам йиғувчи реагент шимилган минерал юзага сорбцияланган органик полимерлар заррачани сувюқар қилиб қўяди.

2.4.5. Фаоллантирувчи реагентлар

Бу тоифадага реагентларни вазифаси керакли минерал юзасини йиғувчи реагент билан реакцияга киришишига тайёрлаб беришдир.

Фаоллантирувчи реагентларни минералларга таъсир қилиш механизми қуйидагича:

1. Минерал юзада йиғувчи реагент билан реакцияга киришувчи парда ҳосил қилиши. Бу механизм билан оксидланган минералларни натрий сульфиди билан сульфидлаш киради.

2. Минерал. юзага фаоллантирувчи ионларни шимилиши ва бу ионлар билан йиғувчи реагентларини бирикиши. Бунга мисол қилиб сфалерит (ZnS) минералини мис иони билан фаоллантириш киради.

3. Минерал юзада ҳосил бўлган оксид пардани эритиб юбориш (пирит юзасини кислота билан ювиш).

Амалиётда кенг ишлатиладиган фаоллантирувчиларга қуйидагилар киради:

Натрий сульфид (Na_2S) - рапгли металллар оксидини сульфидлаш учун ишлатилади. Натрий сульфид сувда гидролизланади:



Ишқор эритмада S^{2-} иони, нордон эритмада HS^- ва Na_2S кўпроқ бўлади, чунки



Олтингугурт иони сульфид минералларни тазйиклайди, оксидларни эса сульфидлаб, фаоллантиради.

Мис купороси ($CuSO_4 \times 5H_2O$) асосан сфалеритни фаоллантириш учун ишлатилади.

Сульфат кислота (H_2SO_4) сульфид юзасида ҳосил бўлган оксид пардани ювиб ташлаш учун ишлатилади.

Муҳит рНни мословчи реагентларга ишқорлар, кислоталар киради. Энг арзон ишқор охак ҳисобланиб, сўндирилган ҳолда ($Ca(OH)_2$) ишлатилади. Унинг сувдаги эрувчанлиги 1,26 г/л.

Пептизаторлар

Рудаларни флотация жараёнига тайёрлаш даврида (майдалаш, янчишда) жуда майда заррачалар ҳосил бўлади ва улар шлам деб аталади. Ўта майда заррачалар муҳитда (сувда) чўкмайди, бетартиб ҳаракатда бўлади, чунки уларнинг юзалари кутбланган электр зарядга эга. Бу заррачалар

флотацияланувчи минерал юзаларга ёпишиб олиб (электростатик тортилиш ёки оддий механик йўл билан) йиғувчи реагентни шимилишига йўл қўймайди.

Флотация жараёнига шламларни салбий таъсирини камайтирувчи (йўқотувчи) реагент - мословчиларни **пептизаторлар** дейилади.

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

2.5. Флотацияда минералланган пуфакчаларни ҳосил бўлиши

Минералланган пуфакчаларни ҳосил бўлиши икки хил йўл билан боради:

1. Минерал заррачаларни пуфакча билан тўқнашганда унга ёпишиб қолади;

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 чиқиши бошланади. Уларнинг умумий ҳажми ҳаво юборилиб ҳосил қилинган пуфакчалар миқдори таққослаганда жуда кичик. Минералланган пуфакчаларни ҳосил бўлиш жараёнини ўрганишни ва таҳлил қилишни термодинамик ва кинетик усуллари бор.

Маълумки, термодинамика. нуқтаи 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 камайтишига олиб борса, ўз-ўзидан содир бўлиши мумкин.

Кўрилаётган ҳодисанинг тенгламасини қуйидагича фикрлаш йўли билан аниқланади.

Пуфакчага заррачани ёпишгунга қадар, системанинг эркин энергияси қуйидагича бўлади:

$$W_1 = S_{c-g} \delta_{c-g} + S_{k-c} \delta_{k-c} \quad (2.18)$$

Бу ерда, S_{c-g} , ва S_{k-c} - суюқлик-газ ва қаттиқлик-суюқлик 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:

$$W_2 = (S_{c-g} - 1) \delta_{c-g} + \delta_{k-g} + (S \delta_{k-c} - 1) \cdot \delta_{k-c} \quad (2.19)$$

Системани эркин энергиясининг камайиш миқдори қуйидагича бўлади:

$$\Delta W = W_1 - W_2 = \delta_{c-g} + \delta_{k-c} - \delta_{k-g} > 0 \quad (2.20)$$

ёки

$$\Delta W = \delta_{c-g} + \delta_{k-c} > \delta_{k-g}. \quad (2.21)$$

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

$$\delta_{k-g} - \delta_{k-c} = \delta_{c-g} \cdot \theta \quad (2.22)$$

у ҳолда,

$$\Delta W = \delta_{c-g} (1 - \cos \theta) \quad (2.23)$$

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

$$\Delta W = \frac{W_1 - W_2^1}{S_{r-u}} = \delta_{c-u} \left(\frac{S_{c-u} - S_{c-u}^1}{S_{r-u}} - \cos \theta \right) \quad (2.24)$$

бу ерда, w_2^1 -заррача ёпишгандан кейин пуфакчани деформацияланиши ва унинг сиртини ўзгаришини ҳисобга олинган системанинг эркин энергияси;

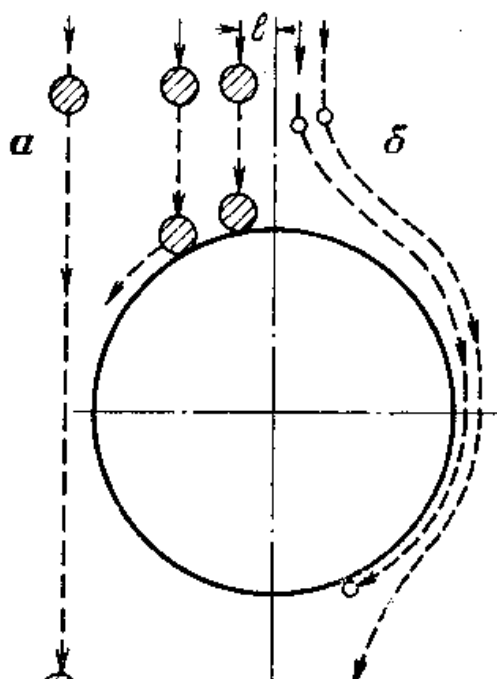
S_{c-u}^1 -заррача ёпишгандан кейинги пуфакчанинг юзаси.

(2.24) тенгламадан кўриниб 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 (2.10-расм).

Майда (вазни кичик) заррачалар оғирлик кучи кичик бўлгани сабабли, сув қатламини ёриб юқорига ҳаракат қилаётган



2.10-расм. Турли ўлчамдаги заррачаларнинг пуфакчалар билан тўқнашиш схемаси:

а) йирик; б) майда

пуфакча атрофидан ўтиб кетаётган суёқлик оқими таъсирида пуфакча билан тўқнашмаслиги мумкин. Аммо, тадқиқотлар шуни кўрсатадики, майда заррачалар ҳам пуфакчанинг таг қисмига ёпишиши мумкин экан. Сабаби, пуфакча орқасида суёқлик қуюн ҳаракат қилиб, майда заррачани пуфакчага яқинлашишига имкон яратар экан.

Заррачани пуфакчага ёпишиб қолиши 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.

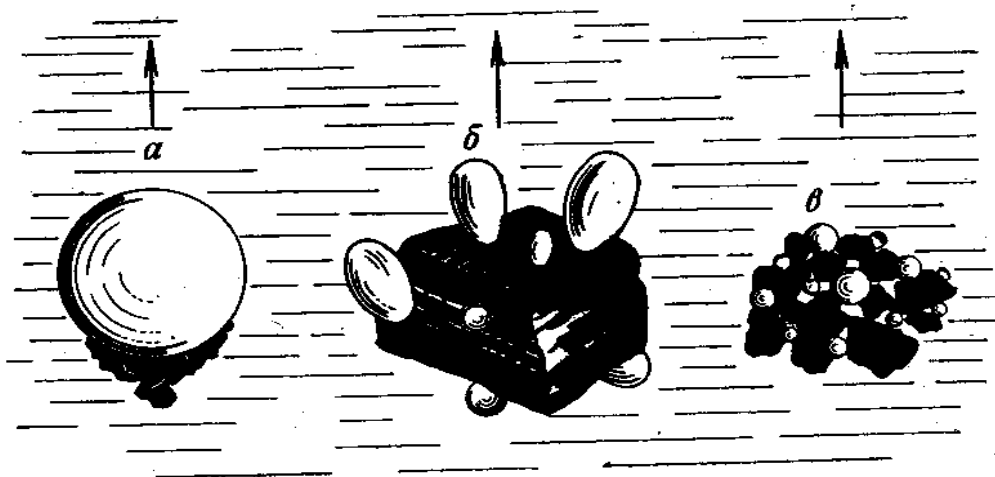
Бундан ташқари, флотация жараёни учун маълум вақт керак, чунки пуфакча билан оралиғидаги сув бошқа томонга сурилишга улгуриши керак, Бу ходисаларни тезроқ ўтиши заррача шаклига ҳам боғлиқ. Агар заррача учли бўлса, сув пардаси осонроқ йиртилади, ўтмас томони билан тўқнашса, сув, пардасини ёриб ўта олмаслиги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

Юқорида айтилганлардан ташқарида, заррачани пуфакчага ёпишиб қолишига 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 (айниқса, майдалари) ёпишиши мумкин.

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

Флотацион муҳитда пуфакча билан заррача ҳар хил турдаги агрегатлар ҳосил қилиши мумкин (2.11-расм). Шулардан энг оддийси, битта пуфакчанинг таг қисмига битта заррача ёпишгани. Пуфакча юзасининг 1-2 фоизинигина заррача қоплаган (бу ходиса камбағал рудаларни флотация қилганда юз беради, бой рудаларни флотациялаганда эса пуфакчанинг 20-30 % юзасини заррача қоплаши мумкин).

Битта катта заррачага бир нечта пуфакча ёпишган бўлиши мумкин (2.11 б-расм) ва ниҳоят, йир нечта пуфакча ва кўпгина заррачалар агрегат ҳосил қилиш мумкин (2.11 в-расм) бўлган ҳодиса аэрофлокил деб аталади.



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

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 қийинроқ 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, тегирмонларнинг 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 қолдирмайди.

Майда шламларни флотацияга кўрсатаётган салбий 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 қобилиятини 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. 2.4-жадвалда флотацияланувчи заррачалар ўлчамларини юқори чегаралари келтирилган.

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.

2.4- жадвал

Флотацияланувчи заррачалар ўлчамларини юқори чегаралари

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

Катта заррачаларни флотациялаш учун қуйидаги шароитларни яратиш керак:

1. Энг фаол йиғувчи реагентларни сарфини кўпайтириб заррачани сувюқмаслик 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 юқorigа кўтарилади.

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

5. Флотомашинанинг юқори қисмида қалинлиги унча катта бўлмаган, сокин кўпик қатлам ҳосил қилиш, флотомашинадан кўпикни эҳтиётлаб сидириб олиш (заррача тўкилиб кетмаслиги учун).

Флотацияланувчи заррачаларни йириклигини ошириш йўлида жуда кўп олимлар (Н.Б. Матвеев, 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 катталикгача флотацияланиши исботланган.

2.5. 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 жараёнини 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:

$$\varepsilon(t) = \sum_{i=1} \varepsilon_i = \sum_{i=1} \varepsilon_i (1 - e^{-k_i t}) = \sum_{i=1}^s a_i E(k) \quad (2.25)$$

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

x - t вақтда флотацияланиб, кўпик фазасига ўтган заррачалар сони бўлса, шу вақтда бўтанада қолган 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:

$$dx = N(n-x) \varphi dt \quad (2.26)$$

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

$$\int_0^x \frac{dx}{n-x} = \ln \frac{x}{n-x} = \int_0^t N\varphi dt \quad (2.27)$$

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

$$\ln \frac{l}{l-\varepsilon} = \int_0^t N\varphi dt \quad (2.28)$$

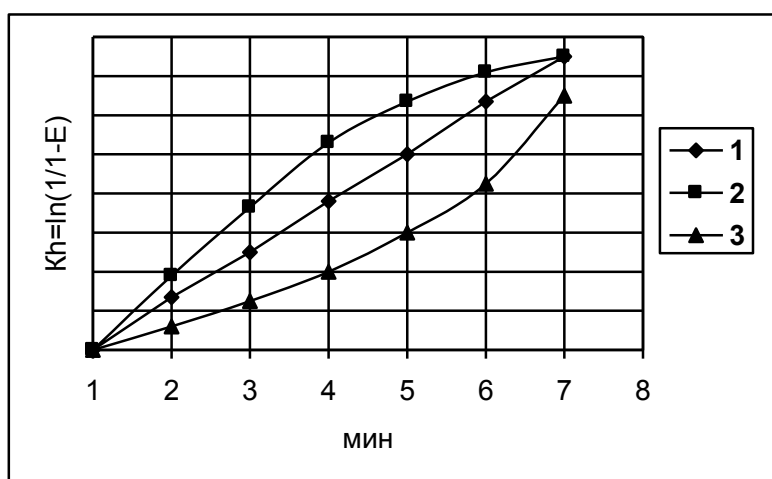
$\ln \frac{l}{l-\varepsilon}$ - флотациянинг солиштирма тезлиги коэффиценти деб аташ мумкин.

$\ln \frac{l}{l-\varepsilon}$ - t координаталарда қурилган, флотациянинг солиштирма тезлиги коэффицентининг ўзгариш эгри чизиклари уч хил кўринишга эга бўлиши мумкин (2.12-расм):

1) тўғри чизикли боғлиқлик (1-тўғри чизик) флотация вақт давомида бир хил тезлик билан ўтади;

2) қаварик кўринишдаги (2) эгри чизик 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 флотореагентларни озайганидан деб тушунса бўлади;

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



2.12-расм.
Флотациянинг
солиштирма тезлик
коэффицентини
ўзгариши

(2.28) тенглама идеаллаштирилган флотация жараёни учун мос келади, чунки, бу тенгламада пуфакчалар сони керагидан ортикча ва уларнинг юзалари бўш (ёпишиб олган заррачалар ёпишмоқчи бўлган заррачага ҳалақит 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 таъсири инобатга олинмаган.

Шу сабабли, жуда кўп илмий тадқиқотлар олиб борилган ва бир қанча флотация жараёнини кинетик моделлари яратилган.

2.7. Флотация жараёнида кўпиклар

Флотациялаш жараёнида кўпиклар қуйидаги хоссаларга эга бўлиш керак:

- пуфакчалар билан юқорига сузиб чиққан флотацияланувчи минерал заррачаларни ушлаб қолиши (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.

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 тузилиши 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 флотокамерададан новга ўтганда ўзига хос овоз чиқариб, осонгина парчаланади.

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.

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

Агар флотацияда ўта минералланган «қуруқ.» кўпик ҳосил бўлса, бу кўпик турғун ва қовушқоқ бўлади.

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

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

Кўпикнинг турғунлиги

Кўпикнинг 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 қўшилишиб катта пуфакча ҳосил бўлишидандир. Пуфакчаларни қўшилиши 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).

Флотацион кўпикларни парчалаш

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

Кўпикларни парчалаш учун қуйидаги усуллар қўлланилади:

- **Механик усул.** Сувни кучли тузилмаси билан таъсир қилиш, чўктириш варонкасидан ёки сеткали центрафугадан ўтказиш, ультра товуш ёки товуш тўлқини таъсир қилиш усуллари билан;

- **Физик-кимёвий усул.** Кўпинча, ҳар хил реагентлар (кислоталар, керосин ва бошқалар) қўшиш.

2.8. Флотациянинг бошқа турлари

Ионларни флотациялаш. Сувда эриган моддаларни флотация усули билан ажратиб олишга «ионларни флотациялаш» деб айтилади. Фаннинг бу соҳасида илмий-тадиқот ишларини Ф. Себба, А.М. Голдъман, 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, цетилэтилдиметиламмоний бромид радиактив металллар катионини, алкил сульфатлар ураннитрокарбонат анионини, катионли йиғувчилар, олийин снили эса аминлар, симоб катиони - каптакс билан ажратиб олиниши амалда кўрсатилган.

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 қаттиқ моддалар ҳосил қилади. Ҳосил бўлган бу моддалар яхши флотацияланади.

Оддий суспензия катталикидаги 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 катталикидаги қаттиқ заррачаларни флотациялаганда гап «сув юқмаслик» ва адгезия тўғрисида, ион ва молекулаларни флотациялаганда эса сирт-фаоллик ва шимилиш ҳақида боради.

Ионларни флотациялаш жараёнининг механизми

Ионларнинг флотацияланиши икки хил йўл билан бориши мумкин:

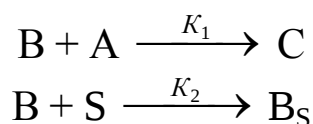
1) Ажратилаётган ион «А» йиғувчи реагентнинг иони «В» билан реакцияга киришиб, кам эрувчан, сирт-фаол қаттиқ модда «С» ни ҳосил қилади. Сўнгра «С» ҳаво пуфакчаларига ёпишиб олиб, эритманинг юзига сузиб чиқади. Бу йўл билан ионларнинг флотацияланиши сувюқмас қаттиқ заррачаларнинг флотациялаш механизми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

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

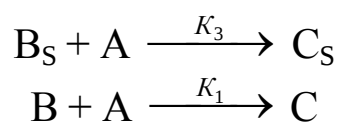
Ҳозир иккала механизмнинг бирортасига ҳам имтиёз бермай туриб жараённинг босқичларини таҳлил қилиб чиқамиз.

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

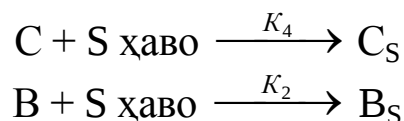
Яъни:



Эритмада «В» ҳаво пуфакчаларига шимилган «В_С», «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 флотадиаланиш 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 пуфакчаларининг миқдорини аниқлаймиз. Пуфакчаларнинг радиуси r , унинг юзаси:

$$S = 4\pi r^2, \text{ см}^2 \quad (2.29)$$

унинг ҳажми

$$V = \frac{3}{4}\pi r^3 \quad (2.30)$$

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

$$S \text{ г-моль} = N \cdot 10^{-16}$$

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

a - молекула ўлчами.

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

$$n = \frac{N \cdot 10^{-16}}{4\pi r^2} \quad (2.31)$$

бўлади.

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

$$V_x = n \cdot \frac{3}{4}\pi r^3 = \frac{N \cdot 10^{-16} 4\pi r^3}{4\pi r^2 3} = \frac{N \cdot 10^{-16} 4\pi r}{3}, \text{ см}^3 \quad (2.32)$$

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

$$V_{\text{хаво}}^{\text{кр}} = \frac{6,23 \cdot 10^{23} \cdot 70 \cdot 10^{-16} \cdot 0,1}{3} = 140,8, \text{ м}^3 \quad (2.33)$$

этил ксантогенати учун эса:

$$V_{\text{хаво}}^{\text{кр}} = \frac{6,23 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot 10^{-16} \cdot 0,1}{3} = 58,2, \text{ м}^3 \quad (2.34)$$

Келтирилган ҳисоблар шуни кўрсатадики, эритмага қўшилган 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 флотациялашдаги 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 (қувурда) катта тезлик билан ҳаракатланаётган металл эритмасига қўшиш

керак, чунки концентрациянинг эритманинг бутун ҳажмда бир хил бўлиш вақти тизим ўлчамига боғлиқ бўлади, яъни:

$$\tau = \frac{l^2}{D} \quad (2.35)$$

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

D - диффузия коэффиценти.

3) эритмани аралаштириш.

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

Электрофлотация

Электрофлотация минералларни саралаш, майин заррачалардан сувни тозалаш учун қўлланиладиган 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, ҳатто гидрофил (сув юқар) зарраларни ҳам флотациялаш мумкин экан.

Бу соҳада ҳали тадқиқотлар тугалланмаган.

2.9. Флотомашиналар

Флотомашиналар 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 минералланган 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 минералланган 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.

2.9.1. 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 оқимиға (струя) механик таъсир қилиш, ҳавони кичик тешикчалардан ўтказиш, сувда эриган газларни ажратиб чиқариш (вакуумда) ва сувни электролизлаш усуллари қўлланилади.

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:

$$\Delta h = \frac{30}{\pi} \varphi \frac{QH}{nzs b} \quad (2.36)$$

бу ерда, φ – коэффицент;

Q – суюқлик сарфи;

H – босим (босим) баландлиги;

n – айланиш частотаси;

z – куракчалар частотаси;

b – куракча баландлиги;

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

Эритмадан ажралаётган газлар ҳисобига пуфакчаларни ҳосил бўлиш жараёни тоза сувға нисбатан заррачалар қатнашган 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 турғун пушт ҳосил бўлади. Унинг ўлчами В.И. Класс ва Я.Н. Френкел тенгламаси билан аниқланади:

$$R_{\min} = \frac{2\delta_{c-z}}{K_1(C - C_1)} = \frac{2\delta_{c-z}}{P - P_1} \quad (2.37)$$

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. Кўпик 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:

$$n = \frac{bD}{R_{\min}^4} \sqrt{\frac{8\pi 2\delta_{c-z}}{K_2 T}} \quad (2.38)$$

Бу ерда, b - коэффициент;

D - диффузия коэффициенти;

K_2 - Больцман доимийлиги;

T - абсолют ҳарорат.

(2.37) тенгламадаги R қийматини (2.38) тенгламага қўйсак, қуйидаги тенгламани оламиз:

$$n = \frac{K_1(C - C_1)}{2\delta_{c-z}} \sqrt{\frac{8\pi 2\delta_{c-z}}{K_2 T}} \quad (2.39)$$

Демак, пуштлар 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 асосий 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 суюқ-қаттиқлигига, пуфакчаларнинг катта-кичиклигига, уларни минералланганлик 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:

$$V = \frac{H}{T} = \frac{Hq}{QM} \quad (2.40)$$

Бу ерда, H - бўтана қатлами баландлиги, см;

T- вақт, с;

q - бўтанага берилаётган ҳаво миқдори, л/с;

Q - аэрациаланган бўтана ҳажми, л;

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

Механик турдаги радиал импеллерли флотамашинада ҳаво пуфакчаларини ўртача ҳаракат тезлиги 2.5-жадвалда келтирилган.

2.5-жадвал

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.

2.9.2. Флотомашиналарнинг турлари

Ҳозирги вақтда саноатда бир неча юзлаб ҳар хил конструкцияга эга бўлган флотомашиналар ишлатилмоқда. Флотомашиналарни асосан бўтанани аэрациялаш усулига қараб таснифлаш қабул қилинган. Флотомашиналарнинг турлари 2.6-жадвалда келтирилган.

Бундан ташқари, флотомашиналарни бўтананинг машиналарда ҳаракат йўналишига қараб таснифлаш мумкин. Улар уч турга бўлинади: тоғара (карета) шаклидаги машиналар, умумий сатҳли ва камерали флотомашиналар (2.13-расм).

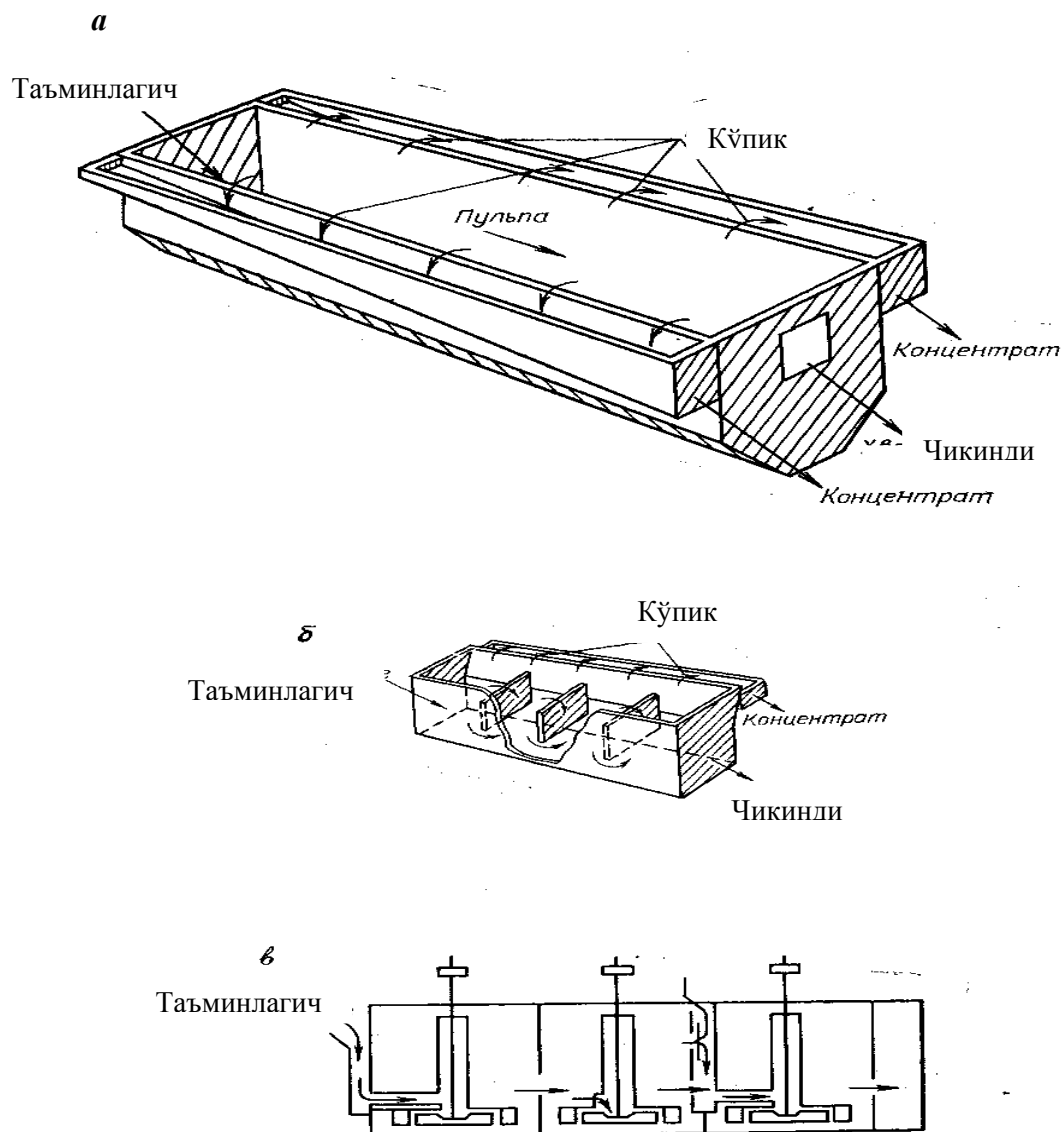
Тоғара шаклидаги машиналар яхлит бўлиб, узунасига чўзилган. Флотацияга тайёрланган бўтана машинани бир томонидан берилади ва у қарама-қарши томонга ҳаракат қилади, чиқинди иккинчи томонидан чиқиб кетади. Кўпик эса тоғаранинг узунаси бўйича ҳамма еридан, унинг иккала қирғоғи (борти) га ўрнатилган новга туширилади. Бўтананинг сатҳи камеранинг ҳамма ерида бир хил бўлади (2.13-расм, а).

Умумий сатҳли машиналарни, тоғара машиналардан фарқи – узун тоғара тўсиқ билан бўлинма (отсек) ларга бўлинган. Ҳар бир бўлинмада аэроцияловчи қурилмалар ўрнатилган (2.13-расм, б).

2.6-жадвал

Флотацион машиналарнинг классификацияси

№	Тури	Бўтанани аэрациялаш усули	Конструктив жиҳати	Машиналар
I	Механик	Бўтанани импеллер айланишидан сўрилган ҳаво ёрдамида	1.Парракли импеллер. 2.Роторли импеллер	«Механобр» МФУ-63, «Гумбольд», «Минамет», «ФаГерГрен»
II	Пеновматик	Бўтанага ҳаво пуркаш йўли билан	1.Аэролифт. 2.Бўтанани кўпик қатламига бериш. 3.Калонна туридаги камерали. 4.Ҳавони майда тешикчалар орқали бериш	Чукур «Механобр», кўпикни саралагич калоннали «Апатит».
III	Пеновомеханик	I ва II усуллар биргаликда	1.Бармокли аэратор. 2.Қалтирама аэратор. 3.Бўтанани девор олди қатламини парчаловчи қурилма	«Механобр» бармокли аэратор билан титратувчи (вибраторли) аэратор, учли аэратор
IV	Бўтанада босимни камайтирувчи	Эритмадан газларни ажратиш йўли билан	1.Бўтанани устида вакуум ҳосил қилиш. 2.Бўтанани босим остида ҳаво билан тўйинтириш ва босимни камайтириш	Вакуумли, компрессорли
V	Электрофлотация	Сувни электролизлаш	-	Электрофлотацион

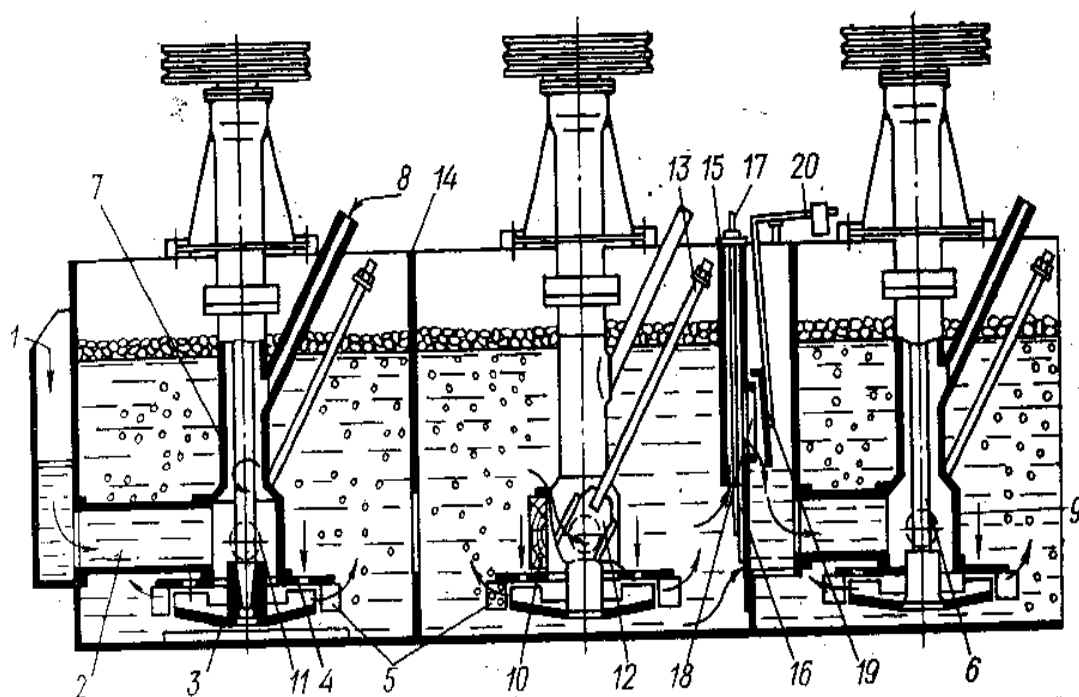


2.13-расм. Флотацион машиналар турлари:
 а)- карета туридаги машина; б) – умумий сатҳли машина;
 в) – камера туридаги машина

Тоғарали турдаги машиналар, жуфтланган ёки алоҳида камералардан иборат бўлиб, махсус қурилмали туйнуклар ёрдамида бўтана биринчисидан иккинчисига ўтиши ва ҳар бир камерадаги бўтана сатҳини кўтариши ёки пасайтириши мумкин.

Тоғарали машиналар - пневматик, компрессорли ва электрофлотация машиналарига бўлинади.

Камерали машиналарни - пневматик ва механик турлари мавжуд (2.14-расм).



2.14-расм. Механик типдаги «Механобр» флотацион 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 - рычаг

2.9.3. Флотамашиналарнинг ҳажмини ҳисоблаш

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

1. Фабриканинг унумдорлиги ва флотацияни давомийлиги маълум бўлганда, технология учун маълум ҳажмли флотамашиналарнинг сонини;

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

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

Ҳисоб-китобларни бажариш учун асосий кўрсаткич флотациянинг 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:

$$n = \frac{V_b t}{V_K K} = \frac{V_c t}{1440 V_K K}. \quad (2.41)$$

Бу ерда: n - керак бўлган камералар сони;

V_b - бўтананинг ҳажми, м³/мин;

t , - флотацияни давомийлиги, мин;

V_K - камеранинг ҳажми, м³. $K = 0,65-0,75$;

V_c - бўтананинг кунлик ҳажми, м³/кун.

Тоғара туридаги машина узунлиги қуйидаги тенглама билан ҳисобланади:

$$L = \frac{V_b t}{SK} = \frac{V_c t}{1440 SK}. \quad (2.42)$$

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:

$$m = \frac{60}{t}. \quad (2.43)$$

Бир соатда флотацияга тушаётган бўтананинг миқдори қуйидаги тенглик билан ҳисобланади:

$$M_q = \frac{M_c}{24}. \quad (2.44)$$

Бўтана бўйича камеранинг умумий ҳажми қуйидаги тенглик билан ҳисобланади:

$$V_v = \frac{V_q}{m} = \frac{V_q \cdot t}{60} \quad (2.45)$$

Камералар сони қуйидаги тенглик билан аниқланади:

$$n = \frac{V_g}{V_K K} \cdot \quad (2.46)$$

Флотацияга тушаётган бўтананинг миқдори ва зичлигини аниқлашда қуйидаги тенгликдан фойдаланилади:

$$V_C = Q(R + \frac{1}{\delta}). \quad (2.47)$$

Бу ерда, Q - руда миқдори, т/кун;

δ - руданинг зичлиги, кг/м³.

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

Юқоридагиларни ҳисобга олиб, қуйидаги тенгликларни келтириб чиқарамиз:

$$Q = \frac{V_C \delta}{\delta R + 1} \text{ ёки } R = \frac{V_C \delta - Q}{Q \delta} \quad (2.48)$$

УЧИНЧИ БЎЛИМ

РУДАЛАРНИ МАГНИТ МАЙДОНИДА САРАЛАШ

Рудаларнинг магнит майдонида бойитиш минерал заррачаларнинг магнит сингдирувчанлик қобилиятлари фарқига асосланган. Бу усул билан қора, рангли ва камёб металл рудаларни бойитишда, озиқ-овқат саноатида, тиббиётда ҳамда суспензиялардан феррослицит заррачаларини ажратиш олишда фойдаланилади.

3.1. Магнит майдони ва унинг хоссалари

Магнит майдони деб, ҳаракатланаётган электр зарядига магнит кучлари таъсир қилаётган фазога айтилади. Магнит кучларини жисмга таъсири жисмда тез ҳаракатланувчи ички молекуляр электр зарядларнинг мавжудлиги билан тушунтирилади.

Магнит майдони куч чизиқлари ҳолда ифодаланиб, уларнинг умумий сони магнит оқими (Φ) деб аталади. Магнит оқимининг ўлчов бирлиги СИ системасида Вебер ($Вб$).

Магнит майдонинг асосий тавсифи- магнит индукцияси B ҳисобланиб, у сон жиҳатдан 1 см^2 юзани кесиб ўтувчи магнит чизиқлари сонига тенг.

$$B = \Phi / S, \quad (3.1)$$

Магнит майдонида жисмнинг магнитланганлигини тавсифлаш учун магнит моменти (P_m) деган тушунчадан фойдаланилади. У сон жиҳатидан 1 тл индукцияли магнит майдонида жисм томонидан хис қилинадиган механик моментга тенг.

Магнит моментининг математик ифодаси:

$$P_m = M / B \sin \alpha, \quad (3.2)$$

бу ерда, M - жисм хис қилаётган механик момент;

α - индукция вектори билан магнит моменти вектори билан оралиғидаги бурчак.

Бир ҳажм бирлигидаги (1м^3 , 1см^3) жисмнинг магнит моменти унинг магнитланувчанлиги деб аталади ва қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$I = P_m / V, \quad (3.3)$$

бу ерда, V - жисмнинг ҳажми.

Магнит майдонининг яна бир муҳим хоссаси унинг кучланганлигидадир. Магнит майдонининг кучланганлиги (ммк) деб, шу майдоннинг берилган нуқтасида мусбат магнит массаси бирлигига таъсир қилаётган кучга айтилади. ММК H билан белгиланади ва A/M билан ўлчанади. ММК – вектор катталики бўлиб, унинг маълум йўналишдаги ўзгаришини тавсифловчи катталик кучланганлик градиенти ҳисобланади. Унинг ўлчов бирлиги A/m^2 бўлиб, қуйдагича ифодаланади:

$$\text{grad } H = dH / dx, \quad (3.4)$$

бу ерда, dH - x йўналишдаги dx масофада магнит майдонининг кучланганлиги ўзгариши.

Учта вектор катталик қуйидаги математик ифода билан боғланган:

$$\vec{B} = \mu_0 (\vec{H} + \vec{I}), \quad (3.5)$$

бу ерда, μ_0 - вакуумни магнит ўтказувчанлиги бўлиб, магнит доимийлиги дейилади ва у $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} = 1,256 \times 10^{-6} \text{ Г / м}$ га тенг.

Магнит майдонининг кучланганлигининг умумий йиғиндиси берилган контурнинг магнит юритувчи кучи $F_{\text{мюк}}$ деб аталади ва у қуйидаги ифода билан аниқланади:

$$F_{\text{мюк}} = 4\pi nI, \quad (3.6)$$

бу ерда, n - ёпиқ контурдаги ўрамлар сони;

I - ўрамлар орқали ўтаётган ток.

Модданинг магнит хоссаси унинг магнит сингдрувчанлиги η бўлиб, у жисм магнитланувчанлигини магнит майдонининг кучланганлигига нисбати билан аниқланади, яъни $\eta = J / H$.

Магнит сингдирувчанлик ўлчами СИ тизимида сон жиҳатидан кучланганлиги (H) =1 А/м² бўлган магнит майдонида жойлашган 1м² юзали модданинг магнит моментиға тенг.

$H=1\text{А/М}$ бўлган магнит майдондаги 1кг модданинг магнит моменти модданинг солиштира магнит сингдирувчанлиги χ_c дейилади ва у қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$\chi_c = \frac{\chi}{\delta} = \frac{I}{H} \quad (3.7)$$

Магнит майдонинг берилган нуқтасига жойлаштирилган солиштира сингдирувчанлиги $\eta_n=1$ бўлган заррачаға таъсир қилаётган куч магнит кучи (F) деб аталади. Унинг математик ифодаси қуйидагича бўлади:

$$F=H \text{ grad } H. \quad (3.8)$$

Магнит майдонида жисмға таъсир қилаётган куч магнитли куч $F_{\text{маг}}$ деб аталади. Унинг математик ифодаси:

$$F_{\text{маг}} = \mu_0 \eta H \text{ grad } H. \quad (3.9)$$

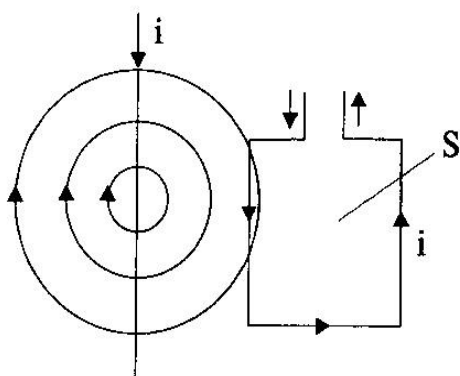
Магнит саралагичларда магнит майдони доимий магнит тизимлари ёки ўрамлар тизимиға берилган ўзгармас ёки ўзгарувчан ток ёрдамида, кучли магнит майдони эса ўта кучли ўтказувчан материаллардан ясалган магнит тизими ёрдамида ҳосил қилинади.

Магнит майдони ўзгармас ва ўзгарувчан қутбли бўлиши мумкин.

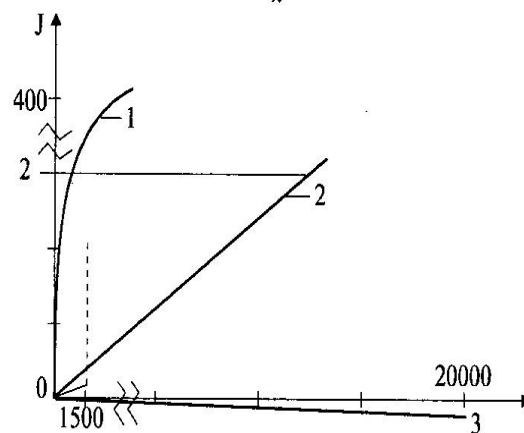
Магнит майдони бир текис ($dH / dx = 0$) ва нотекис ($dH/dx>0$) бўлиши мумкин. Бир текис магнит майдони магнит қутблари текис ва япалоқ ва параллел бўлган юзаларда кузатилади.

Бир текис майдон (магнит кучи $H \text{ grad } H = \text{const}$) изодинамик майдон деб аталиб, майдоннинг ҳар қандай нуқтасида магнит кучи миқдори бўйича ҳам, йўналиши бўйича ҳам бир хил бўлади.

.



3.1-расм. Токли рамкага магнит майдонини таъсири:
I – ток кучи; s – рамка майдони



3.2-расм. Магнитланиш эгри чизиғи: 1 – ферро; 2 – пара; 3 – диамагнит материаллар

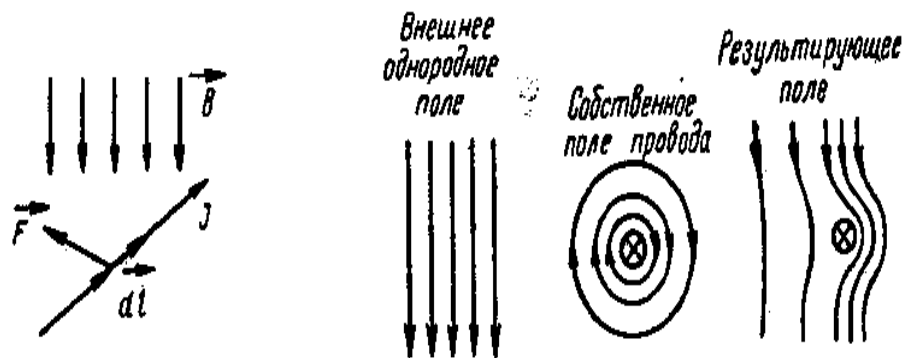
Магнит майдонининг асосий хоссаларидан бири, электромагнит индукцияси ходисасидир. Буни маъноси шуки, қандайдир контурни кесиб ўтаётган магнит оқимининг ҳар қандай ўзгариши, унда электр юритувчи кучини (Э.Ю.К.) пайдо қилади.

Магнит майдонинг яна бир хоссаси унинг электр токига таъсиридир. Ўтказувчининг ток кучи бўлган элементиға таъсир қилаётган магнит кучи J , бўлган dl элементиға таъсир қилаётган магнит кучи F (вектор) Ампер тенгламаси билан аниқланади:

$$\vec{F} = J [d\vec{l} \times \vec{B}]. \quad (3.10)$$

Бу куч берилган майдон нуқтасида индукцияға ҳам ток элементи $J \times dl$ га ҳам перепендикуляр йўналган. Агар индукция B (вектор) ва элемент dl (вектор) параллел бўлса, ток элементи магнит майдони томонидан ҳеч қандай механик таъсир сезмайди. Агар B (вектор) ва dl (вектор) ўзаро перепендикуляр бўлса, ток элементиға магнит майдоннинг механик таъсири энг юқори бўлади.

Магнит майдони токка қилаётган механик таъсирини физикавий моҳиятини қуйидаги мисол билан тушинтириш мумкин (3.3-расм).



3.3-расм. Магнит майдони характери ни ток уланган сим ўтказилганда ўзгариши:

- а) магнит майдони кучи чизиклари;
- б) токли ўтказгич (ўтказгични ўз майдони);
- в) магнит майдонига токли ўтказгич жойлаштирилгандан кейинги магнит майдони.

3.3-расмни (в) кўринишини таҳлил қилсак, ўтказгични чап томонида ўтказгични ўз майдонинг куч чизиклари ташқи магнит майдони куч чизикларига қарама –қарши йўналган, ўнг томонда эса шу майдонни куч чизиклари йўналиши бўйича шунинг учун натижавий майдон ўтказгични чап томонида сийраклашган, ўнг томонида эса қуйиқлашган. Тўғирланишига (қаддини рослашга) интилган куч чизиклари ўтказгичнинг ўнг томонидан чапга қараб механик таъсир қила бошлайди.

Қандай сабабга кўра (ўтказгичдан ток ўтиш ҳисобига ҳосил бўлган майдонми ёки магнит майдонига ўрнатилган заррачада молекуляр микротоқлар оқими пайдо бўлиши ҳисобига ҳосил бўлган магнит майдоними) магнит майдони ҳосил бўлишидан қатъий назар магнит майдони токка таъсир қилади.

Магнит майдонига жойлаштирилган моддада элементар тоқлар оқими пайдо бўлади, натижада қўшимча магнит майдони ҳосил бўлади. Ўз навбатида ташқи магнит майдонига таъсир қилиб уни ўзгартиради.

Магнит майдонига тушган минерал заррачалар майдон куч чизикларининг ҳолатига таъсир қилади. Магнитли заррачалар магнит оқимиға унчалик қаршилиқ кўрсатмайди уларнинг магнит ўзгарувчанлиги юқори. Шунинг учун улар магнит майдонига тўпланишади. Номагнит заррачалар магнит оқимиға катта қаршилиқ қилади шунинг учун магнит куч чизиклари уларни

айланиб ўтишга ёки уларни майдондан чиқариб ташлашга ҳаракат қилади.

Механик тортилиш кўринишига эга бўлган электр ва магнит кучлари пондероматор кучлар деб аталади. Ана шу кучлар электр ва магнит хоссалари ҳар хил бўлган минералларни бир-биридан ажратиш усулини физикавий асоси (моҳияти) ҳисобланади. Баъзида магнит майдонида ҳосил бўладиган механик кучларни электродинамик кучлар деб аталади. Чунки шу кучлар таъсирида заррачалар ҳаракатга келади - динамик жараён пайдо бўлади.

Магнитли саралашнинг физик моҳияти шундан иборатки, бошқарилувчи магнит майдони кучлари таъсирида магнит заррачалар ўз оғирлик кучи ҳисобидаги ҳаракат йўналишини (троекториясини) ўзгартириб, номагнит минераллардан ажралиб чиқади.

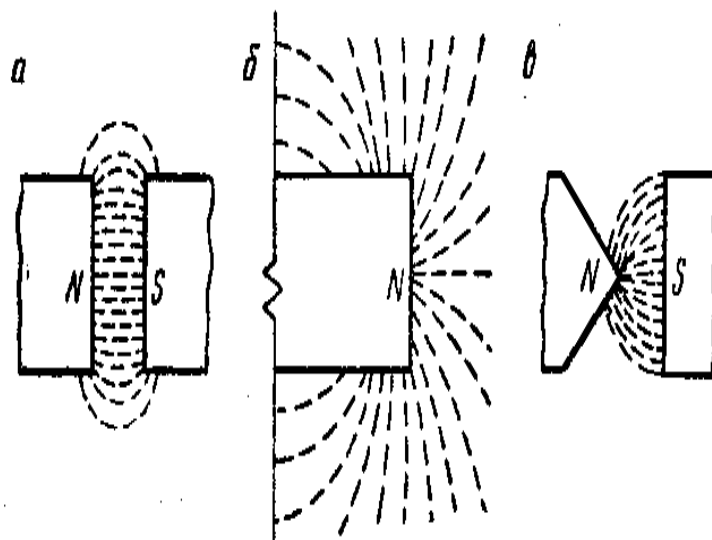
3.2. Руда ва минералларнинг магнит хоссалари

Магнит – грекча сўз бўлиб (magnetis), кичик осийдаги қадимги шаҳар магнес номидан олинган ва «магнес тоши» деган маънони билдиради. Фанда эса, магнит майдони ҳосил қилиш қобилиятли жисм маъносини беради. Демак, магнетизм ходисаси табиат (Оллох) томонидан яратилган мўжизалардан биридир.

Ампер магнетизм ходисасини тадқиқ қилиш натижасида шундай хулосага келади: Ҳар қандай жисмнинг магнит хоссалари уларнинг ичидаги берк электр тоқлари билан аниқланади. Ампер гипотезиясига асосан молекула ва атомлар ичида элементар электр тоқлари айланиб юради. Агар бу тоқлар айланиб юрадиган текисликлар молекулаларнинг иссиқлик (таъсирдаги) ҳаракати туфайли бир-бирига нисбатан тартибсиз (хаотик) жойлашган бўлса, бу тоқларнинг таъсири бир-бири билан мувозанатлашади (компенсациялашади) ва жисмнинг ҳеч қандай магнит хоссалари бўлмайди.

Агар жисмдаги элементар тоқлар айланаётган текисликлар бир-бирига нисбатан маълум тартибда жойлашган бўлса, уларнинг таъсирлари кўшилишиб магнит майдонини ҳосил қилади (3.4-расм).

Моддаларни магнит хоссалари билан чуқурроқ танишиш учун магнетизм моҳиятини атомдан бошлаб кўриб чиқамиз. Маълумки атом ядроси атрофида (орбита бўйича) электронлар



3.4-расм. Магнит майдонини ҳосил бўлиш схемаси:
а) – бир текис майдон; б ва в – нотекис майдонлар

айланади. Масалан: водород атоми ядроси атрофида битта электрон, гелийда-иккита. Бошқа элементларда электронлар маълум орбита тизимини ҳосил қилади. Элементлардаги электронлар сони Менделеев жадвалидаги тартиб рақамига тенг. Масалан: водородда -1, гелийда – 2, темирда – 26 ва ҳақозо. Бу электронлар атом ядроси атрофида ўз орбиталарига эга бўлиб электронлар сони кўпайган сари электрон орбиталарини сони (қобиклар) кўпайиб боради. Ядрога энг яқин масофада биринчи қобиғ, ундан кейин иккинчи, учинчи ва ҳақозо қобиклар жойлашган. Биринчи орбитада – 2 тагача, иккинчи орбитада – 8 тагача, учинчи орбитада – 18 тагача электрон айланиши мумкин. Бундан ташқари атом тузилишида қобикча (орбитача) деган тушунча бор, яъни, орбиталар орбитачаларга бўлинади, масалан иккинчи орбита – 2 та, учинчи орбита – 3 та орбитачадан иборат. Ҳар бир қобик ўз энергия даражасига эга. Электронлар аввало энг паст энергия даражасига эга бўлган ички (масалан, биринчи) қобик (орбитага) жойлашишга ҳаракат қиладилар. Аммо, баъзи элементларда ички қобиғлар электронлар билан тўлмаган. Масалан : темирдаги 26 та электрон 4 та қобиғига жойлашган (1-2; 2-8; 3- 14; 4- 2), бўлиб 3- қобиғда 18 та электронга жой бўлсада 14 таси жойлашган, қолган 2 та электрон тўртинчи қобикқа ўтган. Буни магнетизм ҳодисасига қандай алоқаси бор деган савол туғилади. Алоҳида атомни – магнит моменти бўлиб, уни магнит диполи деб қараса ҳам бўлади.

Магнит диполи учта таркибидан, яъни ядро моменти, электронларнинг орбитал ва сипин магнит моментлардан ташкил топган. Ядро магнит моменти электронлар ҳосил қилган магнит моментидан анча кичик. Маълумки, электронлар электр зарядига эга. Улар орбита бўйлаб айланганда орбитал магнит моменти, ўз ўқи атрофида айланганда сипин магнит моменти ҳосил қиладилар. Демак, электронларнинг магнит моменти уларнинг айланишидан ҳосил бўлади.

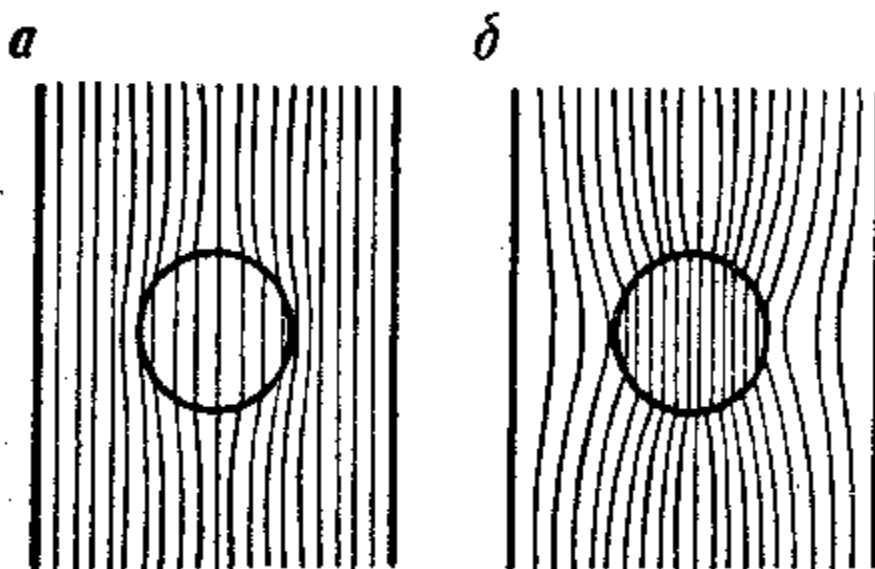
Атом магнит моментига қўйилган ташқи магнит майдонининг таъсирини кўриб чиқамиз. Лармор процесси деб аталувчи жараён ҳамма элементларга хос. Бу электрон магнит моменти билан механик моменти узвий боғлиқлиги билан тушинтирилади.

Худди механик пилдирокка (волчокка) ўхшаб, айланиш ўқиға перпендикуляр кучлар таъсирида ташқи майдон йўналиши атрофида «атом пилдирок» қўшимча ҳаракат қила бошлайди. Бу қўшимча ҳаракат қўйилган майдон йўналишиға қарама-қарши йўналишға эға бўлган магнит моменти ҳосил қилади.

Табиатда шундай элементлар борки, атомларнинг магнит моменти борлиги билинмайди. Сабаби бундай элементларнинг ҳамма электрон орбиталари тўлган бўлиб орбитал ва сипин моментлари ўзаро бир-бири билан мувозанатлашган бўлади. Бундай элементлардан ташкил топган жисм, қўшимча ҳаракат ҳисобига (момент процесси) ҳосил бўлган магнит момент таъсирида, нотекис магнит майдонида чиқариб ташланади. Бундай хусусиятға эға моддалар диамагнетиклар дейилади (3.5-расм).

Диомагнетизм ҳамма моддаларнинг атом ва молекулаларига хос. Ташқи магнит майдони улар манфий қутбланадилар. Бундай моддаларға, олтин, кумуш, рух, симоб, қўрғошин, сурма, углеводород ва бошқалар мисол бўлади. Диомагнит майдонларда манфий магнитланиш унча кучли эмас ҳамда магнит ўзгарувчанлиги харорат ва майдонининг кучланганлигига боғлиқ бўлмайди.

Юқорида айтиб ўтилганидек, баъзи-бир элементларда ички орбиталар электронлар билан тўлган эмас. Ташқи магнит майдони бўлмаганда, иссиқлик таъсиридаги ҳаракат моментлари тартибсиз йўналишға эға бўлиб, ўзларини диомагнетиклардай тутуди.



3.5-расм. Турли таъсирланувчи моддалардаги магнит майдони кучланиш чизиклари: а) диамагнит модда; б) парамагнит мода

Аммо кучли магнит майдонида уларнинг атом моментлари маълум тартибда майдон бўйича бир йўналишга эга бўлиб, магнитланадилар. Бундай моддалар парамагнетиклар деб аталади ва улар магнит майдонига тортиладилар.

Бу моддалар мусбат ишора билан магнитланадилар, диомагнетиклардан фақли ўлароқ, уларнинг магнитланувчанлиги хароратга боғлиқ бўлади. Буларга калий, натрий, магний, алюминий, қалай, платина, кислород ва бошқалар мисол бўлади. Яна бир гуруҳ элементлар борки, уларни ферромагнитлар деб аталади. Уларнинг атом кўриниши парамагнитларга ўхшаш. Уларда сипин моментлари мувозанатлашмаганлиги сабабли, кучсиз магнит моментини ҳосил қилади.

Уларнинг парамагнитлардан фарқи шундаки, баъзи бир атомлар орасида иссиқлик ҳаракати ҳисобига содир бўладиган тартибсизликка қарши кучлар мавжуд. Бу кучлар таъсирида қўшни атомлар магнит моментлари бир —бирига нисбатан параллел йўналган бўлиб, элементлар ҳажмини ташкил қилади ва тўйингунча бирданига магнитланади. Бундай атомлар тўплами домен деб аталади. Домен магнит моменти, алоҳида атом магнит моментидаан ўртача 10^{15} маротаба каттадир.

Ташқий магнит майдони таъсирида ферромагнит жисмлар кучли магнитланувчанликка эга ҳамда ташқи майдон олиб

ташланганда ҳам уларда магнитланганлик хусусияти қисман сақланиб қолади.

Парамагнитларнинг магнит сингдирувчанлиги (магнитланувчанлиги) ташқи магнит майдони кучланганлигига тўғри пропорционал, диомагнитлар учун тескари пропорционал, ферромагнитлар учун экспоненциал кўринишда бўлади:

$$\eta_c = \eta \times H \quad (3.11)$$

Бундай моддалардан магнитланганликни олиб ташлаш учун қарама-қарши йўналишда магнит майдони ҳосил қилиш керак. Магнит индукциясини (В) нольга тенглаштириш учун керак бўлган магнит майдони кучланганлигини коэрцит кучи деб аталади.

Коэрцит кучининг қиймати 0,002-2,0 А/см гача (қаттиқ магнитли моддалар учун) атомда бўлади.

Ферромагнитларнинг асосий намоёндалари 4та Fe, Ni, Co ва Gd (гадолиний); 55 элемент паромагнит хусусиятига эга бўлиб, булардан 32таси кимёвий бирикмаларда ҳам парамагнитик хоссасини сақлаб қолади. 16таси эса соф ҳолда парамагнит, бирикма ҳолда-диомагнит: Li, O, Na, Mg, Al, Ca, Ga, Sr, Zr, Nb, Sn, Ba, La, Lu, Hf, Th.

Минерал заррачаларини магнит майдонида бир-биридан ажратиш нуқтаи назаридан уларни қуйдагича таснифлаш қабул қилинган. Бу заррачаларнинг магнит сингдирувчанлик хоссасига (μ) га асосланган:

1. Кучли магнитланувчилар:

$$\eta_n = 4 \times 10^{-5}, \quad (3.12)$$

буларга, Fe, Fe₃O₄, Fe₂O₃, FeS, FeS₂, Fe(Ti)₃O₄ киради.

Бундай моддаларни кучланганлиги 70-120 ка/м бўлган магнит майдонида ажратиб олса ҳам бўлади.

2. Кучсиз магнитланувчилар:

$$\eta_n = 7,5 \times 10^{-6} - 1,26 \times 10^{-7}, \quad (3.13)$$

буларга темир ва марганецни оксидлари, гидроксидлари, карбонатлари ҳамда ильменит, вольфрамит, биотит ва бошқалар.

Бундай моддаларни кучланганлигини 480-1600 кА/м бўлган магнит майдонида ажратиб олинади.

3. Магнитланмайдиганлар:

$$\eta_n < 1,26 \times 10^{-7}, \quad (3.14)$$

буларга кварц, дала шпатлари, циркон, рутил ва бошқалар киради.

Магнит майдонида минералларини саралашнинг асосий шароитларидан бири магнит кучининг заррача оғирлик кучига нисбати ҳисобланади. Масалан, магнетит ва гематит оғирлик кучига нисбатан соленоидга 15,8-0,006 марта кучлироқ тортилади, кварц эса оғирлик кучига нисбатан 0,0001 марта кучлироқ майдондан итарилади.

Кучли магнитли заррачаларнинг магнитга тортилиш кучи ҳамма механик кучларга йиғиндисидан катта. Кучсиз магнитли заррачалар учун эса буни тескариси. Минералларни самарали ажралиши учун уларнинг магнит сингдирувчанлик (магнитланувчанлиги)лари нисбати $\eta_1/\eta_2 = 1,6-2,4$ атрофида бўлиши керак.

Магнит майдонида бойитишнинг уч хил усули бор:

-ҳаволи ёки сувли муҳитда, ҳар хил магнит хоссаларига эга бўлган минераллар оқимини доимий ёки ўзгарувчан магнит майдонида турли троектория билан ҳаракатланишлари ҳисобига саралаш;

-кучли индукцион магнит майдонида юқори градиентли саралаш;

-кибернетик қурилмалар ёрдамида йирик материалларни саралаш.

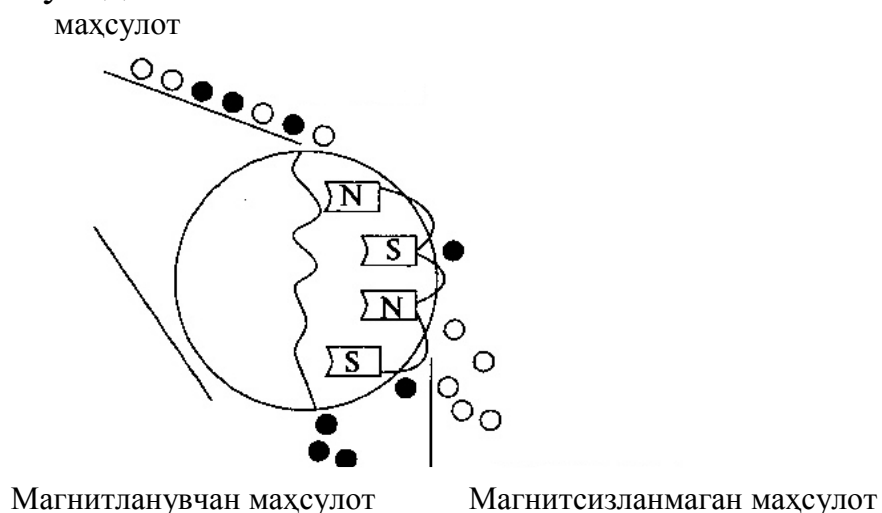
3.3. Магнит саралагичларни турлари

Магнит саралагичларни магнит майдонинг кучланганлиги кучига қараб икки турга бўлинади.

1. Кучсиз магнит майдонли (80-120 кА/м) саралагичлар. Бундай саралагичлар кучли магнитли рудаларни бойитишда қўлланилади.

2. Кучли магнит майдонли (800-1600 кА/м) саралагичлар. Булар кучсиз магнитли рудаларни бойитиш учун ишлатилади (3.6-расм).

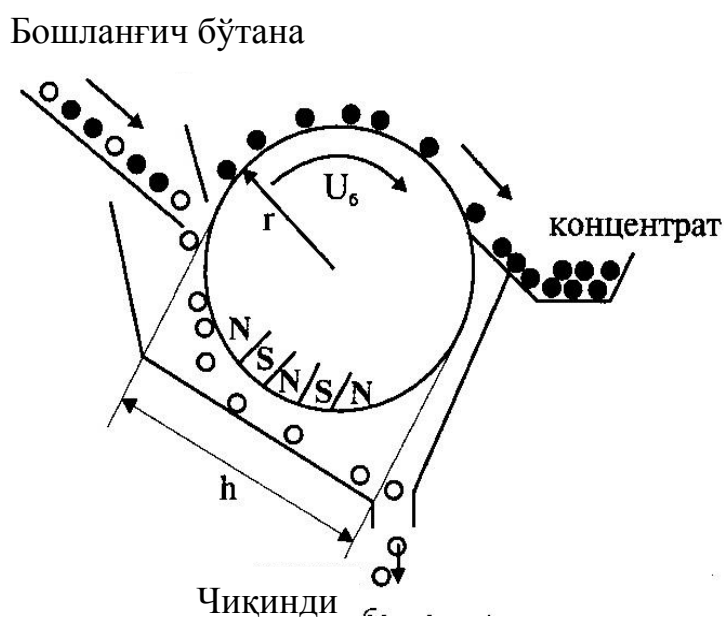
Қоида бўйича кучсиз магнит майдони очик кўп қутибли магнит тизими билан, кучли майдон эса – берк магнит тизими билан ҳосил қилинади. Бунда бир-бирига қарама-қарши йўналган қутиблари бўлади.



3.6-расм. Барабан саралагичнинг ишчи зонаси схемаси

Берк магнит тизими саралагичнинг схемаси 3.7-расмда келтирилган.

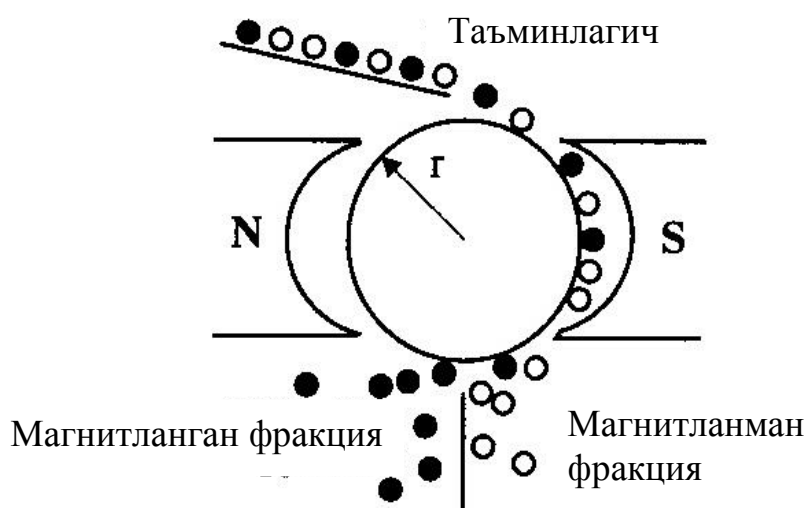
Очик магнит тизими саралагичнинг схемаси 3.8-расмда келтирилган.



3.5-расм. Берк магнитли саралагичнинг схемаси

Саралаш жараёни олиб бориладиган муҳитга қараб саралагичлар—қуруқ (ҳаволи) муҳитда бойитиш саралагичлари ва хўл (сувли) муҳитда бойитиш саралагичларига бўлинади. Йириклиги 3(6) мм дан катта бўлган материаллари ҳаволи муҳитда, 3(6) мм дан кичик бўлган материаллар бўлган материаллар эса сувли муҳитда бойитилади. Бунда бўтанани таркибидаги қаттиқ заррачаларнинг миқдори 20-40% бўлиши меъёрий ҳисобланади.

Майин заррачаларни ҳаволи муҳитда бойитиш унчалик самара бермайди, чунки заррачалар бир-бирига ёпишиб, сараланиш яхши ўтмайди, иккинчидан чанг-тўзон бўлиб цех экологиясини бузади.



3.6-расм. Барабан магнитли саралагичда оқим схемаси

ТЎРТИНЧИ БЎЛИМ

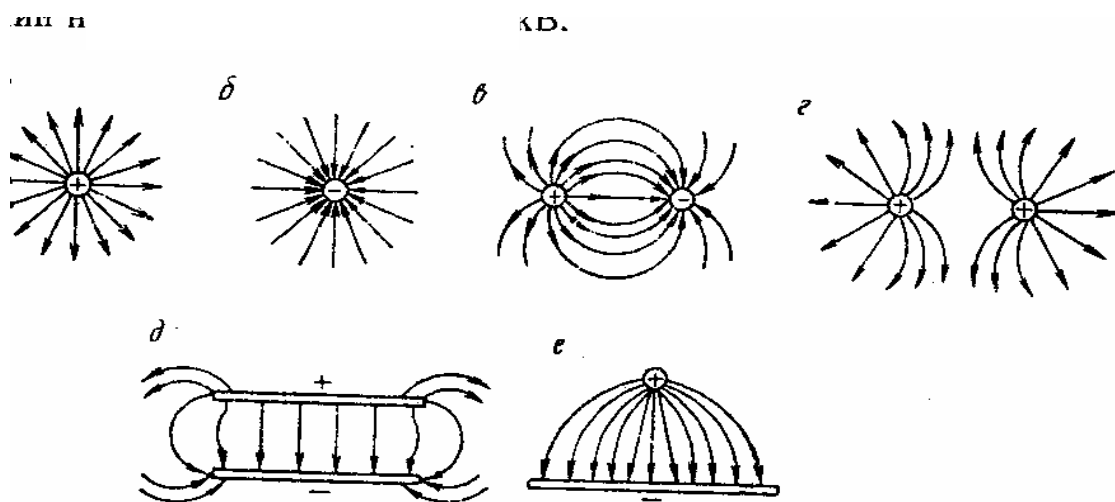
ФОЙДАЛИ ҚАЗИЛМАЛАРНИ ЭЛЕКТР УСУЛИ БИЛАН САРАЛАШ

Фойдали қазилмаларни электр усули билан саралаш минерал заррачаларни электр майдонида таъсирланишига асосланган. Минералларни ажралиши заррачаларнинг электр ўтказувчанликлари фарқи ҳисобига амалга ошади.

Бу усул кўпинча титан-цирконий, титан-ниобий, қалай-вольфрам (оғир фракцияли) ва бошқа концентратларни сифатини яхшилаш учун ва норуда материаллар (кўмир, фосфарит, каолин, кум) бойитиш учун ишлатилади.

4.1. Электр майдони ва унинг хоссалари

Электр майдони деб, зарядланган жисмга электр кучлари таъсир қилаётган фазога айтилади. Электр майдонидаги жисмнинг ҳаракат йўллари электр куч чизиқлари деб аталади. Электр майдонининг электр куч чизиқлари бир-бирига уланган. Улар мусбат заряддан бошланиб, манфий зарядга тугайди. 4.1-расмда хар-хил кўринишдаги электр майдонлари кўрсатилган.



4.1-расм. Ҳар-хил кўринишдаги электр майдонлари:
а-нуқтали мусбат зарядли; б- нуқтали манфий зарядли; в-
иккита турли номли зарядлар; г-иккита бир номли зарядлар;
д-турлича зарядланган пластиналар ўртасидаги; е-турлича
зарядланган сим (провода) ва пластина ўртасидаги

Электр куч чизиқларининг зичлиги майдонинг кучланганлиги деб аталади. У, шу майдонга жойлаштирилган мусбат зарядга (q) майдон томондан таъсир қилаётган кучга тенг, яъни $E=F/q$, бу ерда E -электр майдони кучланганлиги; F - зарядга таъсир қилаётган куч; q -заряд миқдори.

Майдоннинг ҳамма нуқталарида кучланганлик бир хил бўлса, текис майдон, ҳар хил бўлса нотекис майдон деб аталади. Нотекис майдонда кучланганликни ўзгариш градиенти (4.1) тенглама билан аниқланади:

$$\text{grad}E = \frac{dE}{dx} \quad (4.1)$$

Заррачанинг электр майдонида олган заряд миқдори Q (4.2) тенглама билан аниқланади:

$$Q = I t \quad (4.2)$$

бу ерда, Q -ток кучи I бўлганда t вақт ичида заррача кўнгдаланг кесим юзасидан ўтган электр заряди.

Электр зарядлари билан таъсирланаётган муҳит диэлектрик киритувчанлиги билан характерланади ва у заряднинг муҳитга кўрсатган кучи, вакуумдагига нисбатан қанча кичиклигини кўрсатади:

$$E = \frac{F_0}{F},$$

бу ерда, F_0 -зарядларнинг вакуумда ўзаро таъсирланиш кучи;
 F -зарядларнинг берилган муҳитдаги таъсирланиш кучи.

Диэлектрикнинг мутлоқ диэлектрик киритувчанлиги

$$E_a = \epsilon E_0 \quad (4.3)$$

бу ерда, E_0 -электр доимийлиги ($E_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ Ф/м}$);
 ϵ - диэлектрикнинг диэлектрик киритувчанлиги.

Жисмларнинг асосий хоссаларидан бири уларнинг электр ўтказувчанликларидир, яъни электр токини ўтказиш

қобиятидир. Электр ўтказувчанликнинг ўлчов бирлиги сименс (См) бўлиб, у 1 А ток ўтаётганда учларида кучланганлиги 1 В бўлган ўтказувчининг электр ўтказувчанлигига тенг бўлади.

Ом қонунига биноан минерал заррачанинг электр ўтказувчанлиги:

$$G = \frac{J}{U} = g \frac{S}{\ell}, \text{ См (А/В)} \quad (4.4)$$

бу ерда, G - ўтказувчанлик, См;

J - ток миқдори, А;

U - потенциаллар айримаси, В;

g - солиштирма электр ўтказувчанлик, См/м;

S - заррачанинг кесим юзаси, м²;

ℓ - заррача узунлиги, м.

Кўпинча солиштирма электр ўтказувчанлик деган тушинча ишлатилади. Бу жисмдаги ток зичлигини электр майдони кучланганлиги нисбатига тенг (ўлчов бирлиги См/м), $\sigma = i / E$.

Жисмнинг солиштирма қаршилиги деб, шу жисмнинг солиштирма электр ўтказувчанлигининг тескари қийматига тенг (ўлчов бирлиги Ом · м)

Саралагичларда электр майдонини ҳосил қилиш учун, электродларни бирига юқори кучланганликка (110-50кВ) эга бўлган ўзгармас ток берилади, тожли-электростатик саралагичларда эса, қўшимча ҳаво ионлаштирилади.

4.2. Руда ва минералларнинг электр хоссалари

Минераллар электр ўтказувчанликлари бўйича уч турга бўлинади:

1. Солиштирма электр ўтказувчанликлари 10^2 - 10^3 См/м бўлган минераллар - ўтказгичлар деб аталади (уларнинг солиштирма қаршилиги 10^9 Ом · м дан кичик бўлади);

2. Солиштирма электр ўтказувчанлиги 10 - 10^{-8} См/м бўлган минераллар- ярим ўтказгичлар деб аталади; Уларнинг асосий хусусияти, ҳароратни ортиши билан электр ўтказувчанлиги ошиб боради;

3. Солиштирма электр ўтказувчанлиги 10^{-8} с_м/м дан кичик бўлган минераллар ўтказмаслар диэлектриклар деб аталади. уларнинг солиштирма қаршилиги 10^{12} Ом · м дан юқори бўлади.

Маълумки, ҳар қандай қаттиқ жисмда электронлар бўлади. Улар аввало атомнинг ядрога яқин турган электроорбиталарини тўлдирадилар. Бундай электронлар жисмнинг электр ўтказувчанлигига қатнашмайдилар. Электр ўтказувчанликка ядродан узокроқда жойлашган тўлдирилмаган орбиталарда айланувчи электронлар қатнашадилар. Бундай электронларни ўтказувчанлик зонасидаги электронлар деб аталади. Агар, тўлдирилган орбитадан тўлдирилмаган орбитага электронларни ўтиши катта энергия талаб қилмаса, улар ташқий электр майдони таъсирида атомдан – атомга ўтадилар. Бундай атом кўринишга эга бўлган минераллар ўтказувчилар деб аталади.

Бошқача қилиб айтганда, электр майдонига жойлаштирилган ўтказгичларда маълум қисм электронлар атомдан чиқиб кетади ва ўтказгичда мусбат зарядланган ионлар синчи (каркас) ҳосил бўлади ва уларда «эркин зарядлар» – электронлар ҳаракат қилади ва электр токи оқими дейилади.

Агар ўтказгични электр майдонига жойлаштирилса, унинг сиртида электр зарядлари пайдо бўлади. Бир учи мусбат (электронлар етишмайди), бошқа учи манфий (электронлар ортикча) зарядланади. Ўтказгич электр майдонидан чиқарилса қарама-қарши зарядлар мувозанатлашиб, зарядсизланади. Агар ўтказгични зарядланган жисмга текизилса, ўтказувчанлиги яхши бўлганлиги сабабли, жисм заряди ишораси билан бир хил бўлган зарядга эга бўлади ва жисмдан қочади.

Иккита зарядни ўзаро таъсир кучи Кулон қонунига бўйсунди

$$F_K = \frac{q_1 q_2}{\epsilon r^2}, \quad (4.5)$$

бу ерда, q_1 ва q_2 -зарядлар миқдори;

r -зарядлар орасидаги масофа;

ϵ - муҳитнинг диэлектрик киритувчанлиги.

Агар, электронлар тўлган орбита билан электронларга тўлмаган орбита орасидаги энергия даражасининг фарқи катта бўлса ташқи электр майдони таъсирида электронлар бир поғонадан бошқа поғонага ўта олмайди. Бундай атом кўрилишига эга бўлган минераллар ток ўтказмайдилар. Уларни ток ўтказмаслар ёки диэлектриклар деб аталади.

Диэлектрикни ҳар-бир молекуласида ҳам манфий, ҳам мусбат зарядлар мавжуд. Диэлектрикнинг ҳар қандай ҳажмидаги манфий заряд мусбат зарядга тенг шунинг учун диэлектрикнинг молекуласини электр диполи деса ҳам бўлади.

Агар, диэлектрикни электр майдонида жойлаштирилса, майдон таъсирида, майдон кучланганлиги йўналиши бўйича электр диполарнинг тартибли жойланиши юз беради. Диэлектрик сиртида электр заряди ҳосил бўлади: бир учида манфий, иккинчи учида мусбат. Диэлектрик сиртида ҳосил бўлган зарядларни боғланган зарядлар деб аталади. Боғланган зарядлар модда (атом, молекула, ион) таркибига кирувчи ва ички малокуляр кучлар билан маълум ҳолатда ушлаб турилган зарядлардир.

Диэлектрикларда «эркин зарядлар» бўлмагани учун улар электр токини ўтказмайдилар. Диэлектрикларни электр хоссалари, унинг таркибига кирувчи молекулаларнинг дипол моментлари билан баҳоланади.

$$P = q l \quad (4.6)$$

бу ерда, q - молекулаларнинг мусбат (манфий) зарядлари сони;

l - манфий ва мусбат зарядлар оғирлик марказлари орасидаги масофа.

Ташқи электр майдони таъсирида диэлектрикдаги боғланган зарядларни ҳолатини тартибли ўзгартиришига диэлектрикни қутбланиши деб аталади.

Диэлектрик қутбланишининг ўлчами ҳажм бирлигидаги молекулалар (атомлар) дипол моментларининг вектор йиғиндиси билан белгиланади.

$$P = \varepsilon_0 h E \quad (4.7)$$

бу ерда, h - ҳажм бирлигидаги диэлектрикнинг қутбланувчанлиги;

E - майдон кучланганлигининг вектор йиғиндиси.

$$E = E_0 + E_p \quad (4.8)$$

бу ерда, E_0 - ташқи электр майдони кучланганлиги;

E_p - боғланган зарядлар майдони кучланганлиги.

Минералларни электр хоссалари

№	Минерал	Электр хоссалари		
		Солиштира қаршилиги, Ом · м	Диэлектрик киритувчанлик	Электр ўтказиш қобилияти
1.	Олмос	10^{14}	16,5	Ўтказмас
2.	Апатит	10^{16}	7,4-10,5	Ўтказмас
3.	Биотит	-	10,3	Ярим ўтказгич
4.	Вольфрамит	$7 \cdot 10^7$	15,0	Ярим ўтказгич
5.	Галенит	$3 \cdot 10^5$	81,0	Ўтказгич
6.	Гематит, мартит	$3 \cdot 10^6$	81,0	Ўтказгич
7.	Гипс	-	6,8	Ўтказмас
8.	Графит	$7 \cdot 10^4$	81,0	Ўтказгич
9.	Дистен	-	5,7-7,2	Ўтказмас
10.	Олтин	-	-	Ўтказгич
11.	Ильменит	-	33,7-81,0	Ўтказгич
12.	Кальцит	$10^{11}-10^{16}$	7,8-8,5	Ўтказмас
13.	Касситерит	$8 \cdot 10^{14}$	27,7	Ўтказгич
14.	Кварц	$10^{16}-10^{21}$	6,5	Ўтказмас
15.	Магнетит	$1 \cdot 10^2$	33,7-81,0	Ўтказгич
16.	Монацит	10^{14}	12,0	Ўтказмас
17.	Молибден	10^8	-	Ўтказгич
18.	Пирит	$4 \cdot 10^3$	33,7-81,0	Ўтказгич
19.	Платина	-	-	Ўтказгич
20.	Рутил	-	81	Ўтказгич
21.	Сидерит	10^4	7,4	Ўтказгич
22.	Силлиманит	-	9,3	Ўтказмас
23.	Ставролит	-	6,8	Ўтказмас
24.	Сфалерит	-	7,8	Ўтказгич
25.	Смитсонит	10^{14}	8,0	Ярим ўтказгич
26.	Сфен	-	4,0-6,6	Ярим ўтказгич
27.	Танталит	10^6	-	Ўтказгич
28.	Титаномагнетит	$1,2 \cdot 10^2$	-	Ўтказгич
29.	Турмалин	-	6,9	Ўтказмас
30.	Флюорит	$5 \cdot 10^{14}$	6,7-7,0	Ўтказмас
31.	Халькопирит	$1,5 \cdot 10^4$	-	Ўтказгич
32.	Хромит	-	-	Ўтказгич
33.	Циркон	10^{14}	17,6	Ўтказмас
34.	Церуссит	-	23,1	Ўтказгич
35.	Шеелит	$4 \cdot 10^{15}$	8-12,0	Ўтказмас

Қутубланганувчанлик-физик миқдор бўлиб, кучланганлиги E бўлган электр майдони таъсирида атом (молекула, ион) электрон қобигини деформацияланиш қобиляти билан тавсифланади.

Натижада атом (молекула, ион) қўшимча электр дипол моменти ҳосил қилади.

$$P = \alpha \varepsilon_0 E \quad (4.9)$$

Диэлектрикнинг қутбланувчанлиги унинг диэлектрик ўтказувчанлиги ε билан баҳоланади. Бу миқдорнинг физик маъноси зарядларни диэлектрикка кўрсатаётган таъсир кучи вакуумдагига нисбатан қанча кичиклигини кўрсатади.

Тахминан жисмнинг электр ўтказувчанлиги қанча яхши бўлса, унинг диэлектрик киритувчанлиги шунча юқори бўлади. (4.1-жадвал).

Ўтказгичлар билан диэлектриклар оралиғида ўртача ток ўтказувчанликка эга бўлган жуда кўп минераллар бўлиб, уларни ярим ўтказгичлар деб аталади. Уларнинг асосий хоссаларидан бири паст ҳароратда электр токини ўтказмасаларда, озгина ҳароратни ортиши уларни ўтказувчан қилиб қўяди. Бундан ташқари, ярим ўтказгичларга, ёруғлик ёки босим таъсир эттирилса, ёки тез ҳаракатланувчи заррачалар билан нурлантирилса улар ток ўтказадиган бўлиб қоладилар.

Ярим ўтказгичларнинг яна бир аҳамиятга молик хоссаларидан бири «тешик» (дырочной) ток ўтказувчанлигидир. Унинг физик маъноси шундан иборатки электронларга тўлган орбитадан электронларга тўлмаган орбитага электронлар ўтиши натижасида, бу орбита тўлмаган бўлиб қолади ва бўш жой «тешик» ҳосил бўлади. Ташқи электр майдони таъсирида бўш жойга эса пастки поғонадан электронлар ўта бошлайдилар ва улар ток ўтказиш жараёнига қатнашадилар.

Демак, ярим ўтказгичларнинг электр ўтказувчанлиги «электрон» ва «тешили» электр ўтказиш хоссаларидан иборат экан.

4.3. Зарраларни зарядлаш усуллари

Минерал заррачаларини саралаш самарадорлигини ошириш мақсадида уларни ҳар хил йўл билан зарядланади.

1. Заррачаларни бевосита электрод билан учрашиши натижасида унда заряд ҳосил бўлади:

$$q = \frac{2}{3} \pi^3 \varepsilon_0 r^2 E \quad (4.10)$$

бу ерда $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ – вакуумни диэлектрик киритувчанлиги,
 r – заррача радиуси.

2. Тож – разряд майдонида (минералга ионлашган заррачалар билан таъсир этиш).

$$q_{\max} = 12 \pi \varepsilon_0 r^2 E_{\text{ток}} \quad (4.11)$$

3. Заррачани материал юзасига ишқаланиши натижасида ҳосил бўлган заряд.

$$q = q_{\Gamma} S_{\text{ишқ}} \quad (4.12)$$

Бу ерда, q_{Γ} - контакт зонаси қўш электр қаватдаги заряд зичлиги.

Шуни айтиш керакки, заррача заряднинг ишораси, ишқаланаётган материал хоссасига боғлиқ. Масалан: эбонит юзасига ишқаланган кварц минерали мусбат зарядга, шишага ишқаланса-манфий зарядга эга бўлади.

4.4. Электр усули билан саралашга таъсир қилувчи кучлар

Заррачага механик ва электр кучлари таъсир қилади.

Саралагичнинг ишчи зонасида заррачага таъсир кўрсатаётган электр кучлари уч хил бўлади:

1. Кулон электр кучи:

$$F_{\kappa} = q E, \quad (4.13)$$

Бу ерда, F_k – зарядларни таъсирлашишидаги кулон кучи;

E – электр майдон кучланганлиги, В/м;

q – заррача заряди, Кл.

Кулон кучи электрод ишораси билан бир хил бўлган заррачани ўзидан итаради, ҳар хил бўлса ўзига тортади. Агар, заррача электродга тегса, ўз зарядини ишорасини ўзгартиради.

Заррачадан зарядларни электродга оқиб ўтиш тезлиги қуйидагича ифодаланади:

$$q = q_0 \exp(1/RC) \quad (4.14)$$

бу ерда, R - контакт қаршилиги;

C – заррача - электрод контакт сифими;

q_0 - бошланғич заряд.

Заррачаларни зарядсизланиш тезлиги электр ўтказувчанлигига боғлиқ. Электр ўтказувчи заррачалар дарров электрод заряди ишорасини олиб ундан қочадилар.

2. Диэлектриклар қутбланганда пондероматор кучлар ҳосил бўлади.

$$F_{\Pi} = 4\pi\epsilon_0\epsilon_M r^3 [(\epsilon_Z - \epsilon_M)/(\epsilon_Z + \epsilon_M)] \cdot E \text{grad} E \quad (4.15)$$

Бу ерда, ϵ_Z - заррачанинг диэлектрик киритувчанлиги

ϵ_M - муҳитнинг диэлектрик киритувчанлиги (хаво учун $\epsilon_M=1$).

Пондероматор кучлар ϵ_Z билан ϵ_M қийматлари ҳисобига пайдо бўлади. $F_{\Pi} \ll F_k$.

3. Қайтарувчи кучлар, зарядсизланган заррачада қолган заряд ҳисобига ҳосил бўлади (диэлектрикларга хос):

$$F_3 = q^2_k / (16\pi\epsilon_0\epsilon_3 r^2) \quad (4.16)$$

Бу куч ҳам Кулон кучидан анча кичик.

4.5. Минералларни электр усули билан саралашга тайёрлаш

Ҳар хил хоссали минерал заррачаларни бир-биридан ажралишларини яхшилаш учун уларни олдин чангсизлантириш,

ўлчамлари бўйича таснифлаш ва қуриштириш ишлари бажарилади. Қуриштириш жараёни – материалларини оқувчанлигини оширади, чангсизлантириш жараёни заррачаларни ўз электр хоссасини тиклайди (заррача сиртига ўтириб қолган чанг - унинг электр хоссасини ўзгартириши мумкин). Ўлчамлари бир-бирига яқин бўлган заррачаларни саралаш ижобий натижа беради, чунки жараёнга оғирлик кучи ҳам таъсир қилади. Материалларни ўлчамлари бўйича жараёнга тайёрлашда «ажралиш фактори» тушунчасига амал қилиш керак:

$$\eta = [1 + 2(E - 1)/(E + 2)]/(r\rho) \quad (4.17)$$

бу ерда r ва ρ - заррачанинг радиуси ва зичлиги.

η_1 ва η_2 ларнинг нисбатлари (η_1/η_2) ошган сари сараланиш яхшиланиб боради.

Минералларнинг табиий электр ўтказувчанликларини фарқини ошириш мақсадида қиздириш ёки реагентлар билан қуйидаги ишлов бериш ишлари бажарилиши мумкин:

- ўтказувчанликлар фарқини ошириш учун қуриштириш (заррача сиртидаги намлик уни электр ўтказувчан қилиб қўяди);
- ҳажмий электр ўтказувчанликлари қуруқ бўлган ҳолатда, бир-бирига яқин бўлса уларни намлаб, сирт электр ўтказувчанликлари фарқини ошириш мумкин;
- материалларни сирт-фаол реагентлар билан ишлов бериш йўли билан ўтказувчанлик фарқларини ошириш.

Қиздириш жараёнида бир вақтда заррачаларнинг сирт ва ҳажмий электр ўтказувчанлиги ўзгаради. Бу ҳодиса ўтказгичларда - озяди, ярим ўтказгичларда – ошади.

4.6. Минералларни электр ўтказувчанликлари бўйича саралаш

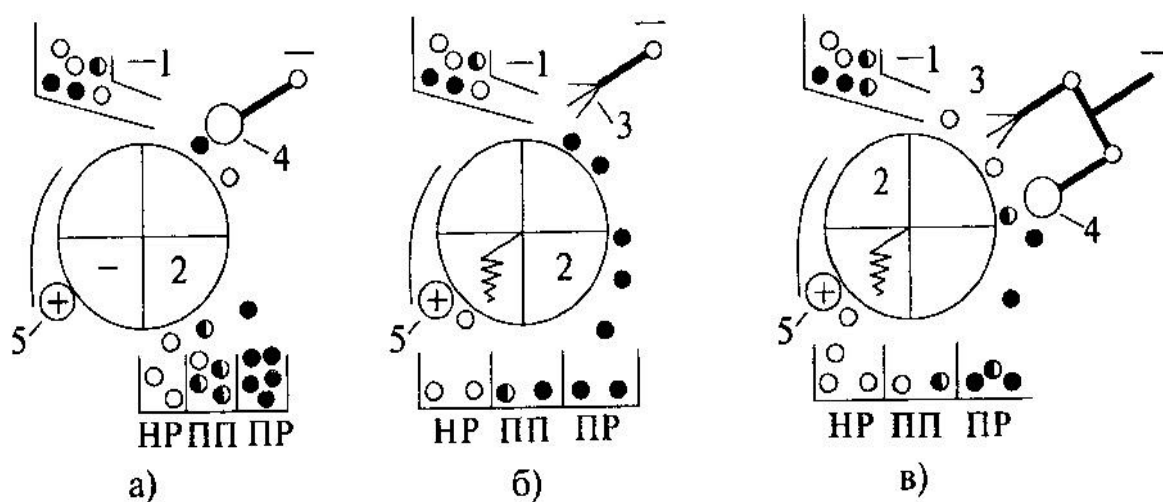
Минералларни электр ўтказувчанликлари бўйича саралаш барабанли электр саралагичлар олиб борилади (4.2-расм).

Электростатик саралагичларда электр ўтказувчи заррачалар барабан электроддан заряд олиб, ундан қочади. Диэлектриклар эса ўз оғирлик кучлари ҳисобига траекториясини ўзгартирмасдан,

барабанга ёпишиб пастга тушади. Саралашда тўсиқларни мослаб, заррачаларни ажратади олиш мумкин (4-2 расм, а).

Тожли саралагичларда ўтказгичлар тожли электродда зарядланиб, барабан электродида зарядсизланади ва ундан қочади. Диэлектриклар эса, қолдиқ заряд ҳисобига барабан электродга ёпишиб олиб, у билан бирга айланадилар, ярим ўтказгичлар эса диэлектриклар билан ўтказгичлар орасида тўпланадилар (4.2-расм, б).

Тожли-электростатик саралагичларда зарядланиш-зарядсизланиш жараёнида ўзига тортувчи электрод ҳам қатнашади. Тожли электрода зарядланган ўтказгич заррача барабан электродида зарядсизланиб ундан қочади ва кўшимча манфий зарядланган электродга тортилади. Бу минералнинг ҳаракатланиш траекториясини кенгайтиришга олиб келади.



4.2-расм. Барабан саралагичларнинг схемалари:

а) электростатик; б) тожли; в) тожли - электростатик саралагичлар; 1- бункер; 2- барабан; 3 – электрод; 4 – электрод; 5- барабанни тозалаш щетки.

БЕШИНЧИ БЎЛИМ

МИНЕРАЛЛАРНИ МАХСУС УСУЛЛАР БИЛАН

САРАЛАШ

Оддий саралаш - ажратилаётган минералларнинг ташқи кўриниши; ранги, ялтироқлиги, шакли ва баъзи-бир минералларнинг ўзига хос хусусиятлари - радиофаоллиги, нурни қайтарувчанлиги, нурда ўз рангини ўзгартирувчанлиги каби хоссаларга асосланган.

Бу усул билан минералларни бир-биридан ажратиш қўлда ёки замонавий асбоб-ускуналар ёрдамда бажарилиши мумкин.

5.1. Қўл билан саралаш

Қўлда саралаш қуйидагича амалга оширилади: ишчилар ҳаракатланаётган тасма (конвейер) атрофида туришиб, унда келаётган зараларни ранги, ялтироқлиги ёки шаклига қараб, қўл билан танлаб оладилар ва ёнида турган махсус идишга соладилар. Заррачаларнинг ранги ялтироқлигидаги фарқни ошириш мақсадида рудани сув билан ювилади (зарра юзасини чангдап тозаланади) ёки ҳар хил рангли ёритгичлар билан ёритилади. Масалан, қурғошин-руҳ рудасига кўк рангли ёруғлик туширилса PbS минерали бинафша (сиёҳ) ранг билан товланади.

Қўлда саралаш - машаққатли, самарасиз ва рудаларнинг ўлчами 50-250 мм бўлганда бажариладиган жараёндир. Аммо баъзи бир минераллар фақат қўл билан ажратилиши мумкин. Масалан, узун толали асбест, катта варақли слюда ҳамда қимматбаҳо тошлар. Бошқа усуллар билан ажратилган маҳсулот сифатсиз бўлади.

5.2. Радиометрик саралаш

Радиометрик саралаш - минералларнинг нурланиш даражаси ёки ташқи манбанинг нурланишини камайтирувчанлик қобилиятлари фарқига асосланган.

Ҳозирги замон саноат радиометрик саралаш дастгоҳлари ажратилаётган минералларнинг табиий радиофаолликлари, товланувчанлик ёки нурни қайтарувчанликлари фарқига асосланган.

Радиометрик саралаш қуйидагича олиб бориладн. Тасма ёки титрама новларда келаётган юпқа қатламли рудаларнинг нурланиш шиддатини махсус қурилма билан ўлчанади ва сигнални кучайтириб берувчи асбоб орқали бажарувчи механизмга узатиладн. Бажарувчи механизм керакли руда бўлагини ушлаб қолади (5.1, 5.2-расм). Бунинг учун қуйидаги усуллар қўлланилади:

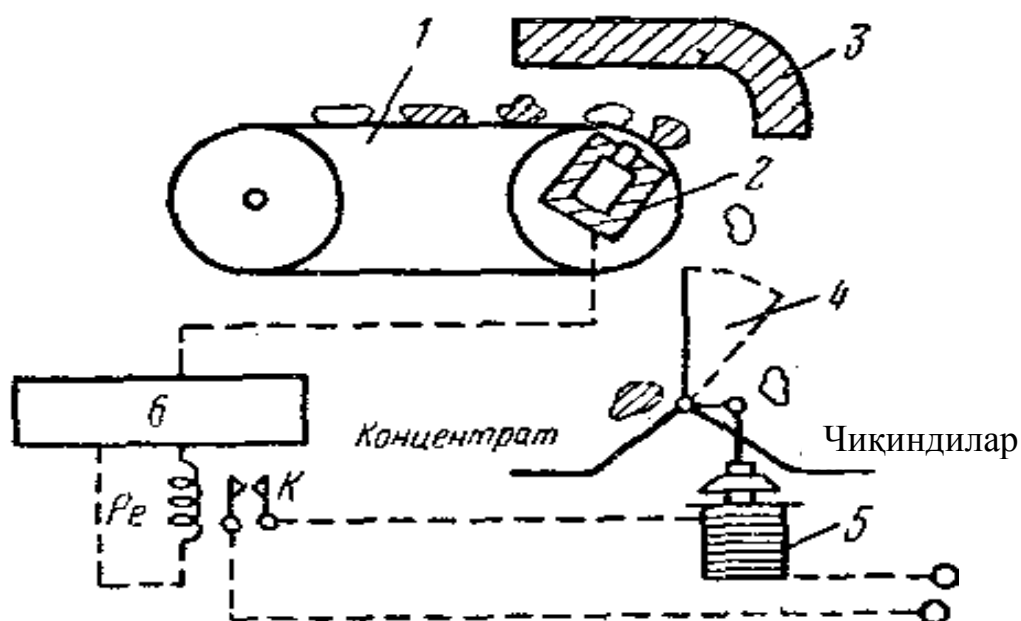
1. Авторадиометрик усул. Гамма нурланишни ўлчаш усули табиий радиофаоллик хоссасига эга бўлган минераллар учун (масалан, уран) ишлатилади.

2. Фотонейтрон усул. Ажратилаётган минералларнинг гамма нур билан нурлатилганда, улардан чиқаётган нейтрон нурланиш даражасини ўлчаш учун қўлланилади. Бу усул берилий минералини ажратиб олиш учун қўлланилади.

3. Люминесцент усул. Рудаларни гамма - рентген ёки ультра бинафша нурлари билан таъсирлашда товланиш даражасини ўлчаш учун қўлланилади. Бу усул олмос ва шеелитни бойитишда ишлатилади.

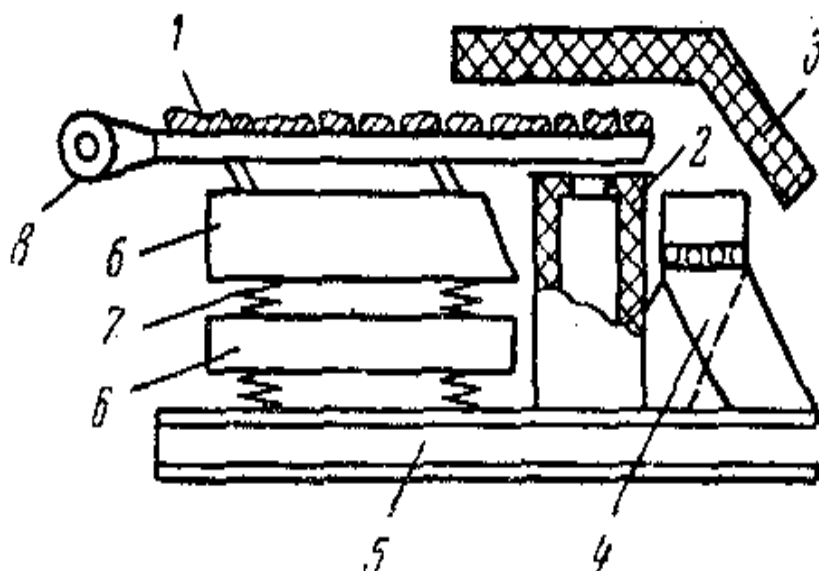
4. Фотометрик усул. Ажратилаётган минералларнинг ёруғлик нурини қайтарувчанлигини ўлчаш учун қўлланилади. Бу усул билан кварц, бор, магнетит, слюда ажратиб олинади.

5. Нейтрон билан фаоллантириш усули. Рудаларни нейтрон оқими билан нурлатилганда ундаги минераллардан чиқаётган радиофаол изотопларнинг нурланиш даражасини ўлчаш.



5.1-расм. Тасмали радиометрик саралагич схемаси.

1- лентали конвейр; 2- датчик; 3- экран; 4 – шибер; 5 - электромагнит; 6 –радиометр



5.2-расм. Титрама радиометрик саралагич схемаси:
1-титрама конвейер; 2-датчик; 3-экран; 4-ажратиш курилмасы;
5-рама; 6-титрамани сўндиргич; 7-пружина; 8-титратгич

6. Гамма нурлари билан фаолантирилганда ҳосил бўлган радиоизотоплар миқдорини ўлча учун қўлланилади. Бу усул билан олтин рудалари бойитилади.

7. Гамма нурини юттириш усули (гамма абсорбцияси). Минералларнинг гамма ёки рентген нурларини ютиш қобилиятларини фарқини ўлчаш учун қўлланилади. Бу усул кўмир ва темир минералларин ажратиш олиш учун ишлатилади.

8. Нейтрон юттириш усули (нейтрон абсорбцияси). Минераллардаги кимёвий элементлар ядросида нейтронларни ушлаб қолиш ҳисобига нейтронлар оқимини камайтириш фарқини ўлчаш учун қўлланилади. Бу усул бор ва коалин минералларини ажратиш учун ишлатилади.

8. Радиометрик саралагичлар қуйидаги қисмлардан иборат бўлади: конвейер, нурланиш манбаи, электрон система (радиометр), сараловчи механизм.

Рудаларни саралашдан олдин улар ўлчамлари бўйича (+150; -150+75; -75+50; -50+25; -25) таснифланади. Ҳар бир гуруҳ, алоҳида саралаш жараёнига юборилади.

ОЛТИНЧИ БЎЛИМ

БОЙИТИШ МАҲСУЛОТЛАРИНИ СУВСИЗЛАНТИРИШ

Бир тонна рудани флотация усули билан бойитишда $2,5 \div 3,5$ м³; гравитация усулида $-3,5-4,5$ м³; магнит усулида $-3,0-3,5$ м³ сув сарфланади. Хозирги вақтда, дунёда йилига $2 \cdot 10^9$ т руда бойитилади ва бойитиш жараёнига эса тахминан $6 \cdot 10^9$ м³ сув ишлатилади.

Сув сарфини камайитиш мақсадида, бойитиш фабрикаларида сувни қайта ишлатиш (оборотное водоснабжение) йўлга қўйилган. 90-95% сув маҳсулотлардан ажратиб олинади ва қайта бойитиш жараёнига юборилади. Бундан ташқари, бойитиш жараёнида олинган маҳсулотларни қайта ишлаш учун сувсизлантириш талаб этилади. Бунинг учун қуюлтириш, сузиш ва қуриштириш жараёнлари амалга оширилади.

6.1. Қуюлтириш

Тиндириш жараёнида таркибида 5-20 % гача қаттиқ заррачалар бўлган бўтанани сувсизлантириланади. Тиндириш қаттиқ заррачаларни оғирлик кучи ёки марказдан қочма куч ҳисобига чўктириш демакдир. Тиндиришнинг мақсадига қараб жараён икки турга бўлинади: сувни тиниқлаштириш ва бўтанани қуйилтириш. Сувни тиниқлаштиришдан мақсад технологик жараёнга қайтарилаётган сувни қаттиқ заррачалардан тозалашдир. Бўтанани қуюлтиришдан мақсад жипслашган чўкма олишдир. Қаттиқ заррачани муҳитда чўкиш тезлиги унинг ўлчамига, зичлигига концентрациясига ва муҳит қовушқоқлигига боғлиқ. Заррачани чўкиш тезлиги Стокс тенгламаси билан аниқланади:

$$V_0 = \sqrt{\frac{\pi d(\delta - \Delta)g}{8\psi\Delta}} \quad (6.1)$$

бу ерда, d - заррача диаметри;

δ - заррача зичлиги;

Δ - муҳит зичлиги;

ψ - қаршилиқ эффициенти, ламинар оқим учун $\psi = \pi/16$.

(6.1) тенламага маълум қийматларни қўйсак (6.2) тенгламани оламиз:

$$V_0 = k_1 d^2 (\delta - 1000) \quad (6.2)$$

бу ерда, $k_1=554$

(6.1) тенгламани қаттиқ заррача концентрациясини (0,1-1%) оз бўлган бўтаналар учун қўлласа бўлади. Концентрацияси юқори бўлган бўтаналар учун эса тенглик қуйидагича бўлади:

$$V_{CT} = V_0 \sqrt{\theta^\Pi}, \quad (6.3)$$

бу ерда, θ - ғоваклик коэффиценти, $\frac{V_C}{V_C + V_K} = \theta$ бўтанадаги суюқликни ҳажмий улуши.

n - даража кўрсаткичи, заррача ўлчамга боғлиқ, 0,1 мм дан кичик заррача учун $n = 1,5$; 2 мм дан катта заррача учун $n=6$.

Аммо (6.2-6.3) тенгламалар ёрдамида аниқ натижа олиб бўлмайди. Амалда, реал бўтанада заррачани чўкиш тезлигини тажриба йўли билан аниқлаш осонроқ. Бунинг учун бўтана баландлиги бўйича даражаланган цилиндрга жойлаштирилади чўкиш жараёни кузатилади ва чўкиш графиги қурилади (6.1-расм). Вақт ўтиши билан цилиндрда суюқлик билан қаттиқ моддаларни ажралиш (зоналари) қатламлари пайдо бўлади: тиник сув қатлами, оралик қатлам, критик қатлам, жипслашган чўкма қатлами. Бунда икки хил қатламланиш юз бериши мумкин: ажралиш қатламларини аниқ чегараси бўлган қатламланиш ва чегараси бўлмаган қатламланиш. Бу бўтанадаги қаттиқ заррачалар ўлчамига, гранулометриқ таркибига боғлиқ. Ўта майин заррачалар бўлганда қатламланишни аниқ чегарасини кузатиш қийин. Чўкиш жараёни бошланишида, заррачани чўкиш тезлигини энг юқори, $V=h/t$ оралик қатламда тезлик секинлашади, критик қатламда яна ҳам секинлашади. Критик чегарада чўкма ҳосил бўлиш тугаб, чўкмани жипсланиши бошланади. Чўкиш графиги бўйича тиндиргичларни унумдорлиги, ҳажми ва бошқа кўрсаткичлари ҳисобланади. Масалан: қатламланишни бошланғич тезлиги билан тиндиргични слив (тиник сув) бўйича солиштирма унумдорлиги аниқланади.

$$q = \frac{R_6 - R_0}{\rho \nu k}, \text{ м}^2 \cdot \text{сут/т} \quad (6.4)$$

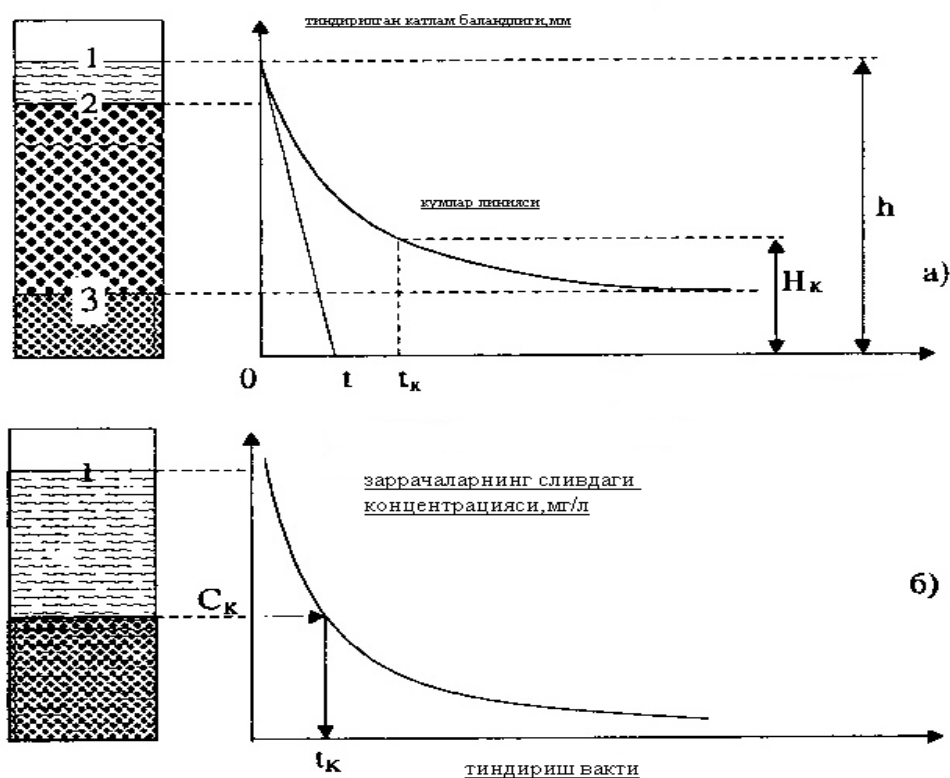
бу ерда, R_6 , R_0 – бошланғич ва охирги суюқлик билан қаттиқ фазаларни нисбати қуюқлик даражаси;

k -0,8-0,9;

ρ - заррачанинг зичлиги;

ν - чўкиш тезлиги.

1 т қаттиқ моддага тўғри келадиган сувни $[(R_6 - R_0)/\rho, \text{м}^3]$ бошланғич чўкиш тезлигига тенг тезлик билан чиқариб туриш мумкин экан.



6.1-расм. Бўтананинг сифат бўйича тиндирилиш кўриниши:
 а) – аниқ чегара ҳосил қилиши; б) – чегара ҳосил қилмаслик;
 1 – бўтана – ҳаво чегараси; 2 – қаттиқ – суюқлик чегараси;
 3 – чўктиришдаги 24 соатдан кейинги чўкманинг баландлиги

Тиндиргични ҳажми ва баландлигини қуйидагича мулоҳаза юритиш билан топамиз: охирги қуюқлик даражаси (R_0)ни билган ҳолда, шу қуюқланиш даражасига кетган вақтни (t_k) топамиз. Бўтанани ҳажмий унумдорлигини (Q) қуюлтиришга кетган

вақтни кўпайтириб тиндиргични ҳажми (V_T) ни топамиз: ($V_T = Q t_k$)
массалар сакланиш қонунига асосланиб ($H_6 C_6 = H_0 C_0$).

Чўкиш графиги ёрдамида чўкмани баландлигини топамиз.

$$H_0 = H_6(R_0 + 1) / (R_6 + 1) \quad (6.5)$$

$$R_0 = (100 - C_6) / C_0 \quad (6.6)$$

Керак бўлган қуйилтириш юзаси S , тиндиргични ҳажми ва унинг баландлиги бўтананинг ҳажмий унумдорлиги Q билан маълум нисбатларда боғланган:

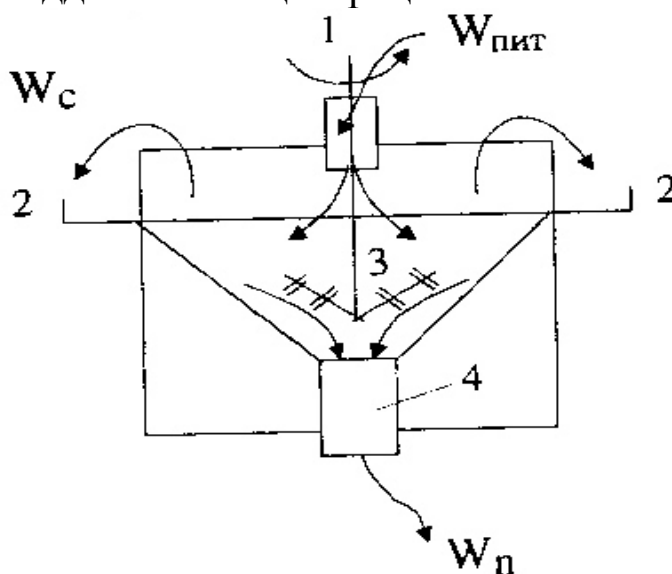
$$S = Q q \quad (6.7)$$

$$V_T = t_k Q \quad (6.8)$$

$$H = V_T / S \quad (6.9)$$

Тиндиргичлар уларнинг стандартлаштирилган диаметрлари бўйича танланади. 10,20,40,...100 м гача

Тиндиргичлар (6.2-расм) цилиндр шаклидаги идиш бўлиб, таг қисми конус симон бўлади. Бўтана марказий қувурга (1) берилади. Тиндирилган сув цилиндрининг юқори қисмининг ташқи гардишига ўрнатилган нов (2) орқали, чўкма эса айланувчи курак (3) ёрдамида конус учи бўлган қувурга (4) туширилиб ундан насос ёрдамида тиндиргичдан чиқарилади. Олинган чўкмада қаттиқ модданинг концентрацияси 45-55 % бўлади.



6.2-расм. Қуюлтиригичдаги оқимлар схемаси: W_c – бўтананинг слив оқими, $W_{пит}$ – юкланаётган бўтана оқими; $W_п$ – қум оқими

Чўкиш жараёнини тезлаштириш ва тиникроқ сув олиш мақсадида бўтанага ҳар хил сирт фаол моддалар – флокулянтлар қўшилади. Флокулянтлар ўта майда заррачаларни бир-бирига ёпишиб йирик зарра ҳосил бўлишига ёрдам беради.

6.2. Сузиш

Куюлтирилган чўкмаларда 50% атрофида сув бўлади чўкмалардаги бу намлик капилляр, сиртки ва кимёвий кучлар билан ушлаб турилади. Капилляр намлик- заррачалар орасидаги бўшлиқларда бўлади. Гидроскопик намлик заррача ғовакларида бўлади. Заррача кристологидрат бўлса сув молекуласи билан бирга кристалланади ва ҳоказо. Капилляр намликни сузиш (филтрация) йўли билан чўкмада ажратиб олса бўлади. Бошқа тур намликларни эса чўкмани қиздириш йўли билангина ундан чиқариб юбориш мумкин.

Чўкмани (суспензия)ни босимлар фарқи таъсирида ғовак тусиқлар ёрдамида суюқ ва қаттиқ фазаларга ажратиш (филтрлаш) деб аталади. Босимлар фарқи хавони сийраклаштириш ёки ортикча босим бериш йўли билан ҳосил қилинади. Суюқлик тўсиқнинг ғоваклардан ўтиб кетади, қаттиқ заррачалар эса тўсиқ сиртида ушланиб қолади ва у чўкма деб аталади. Сузиш жараёнида тўсиқ сифатида пахта ва сунъий толалардан тўқилган матолардан фойдадланилади.

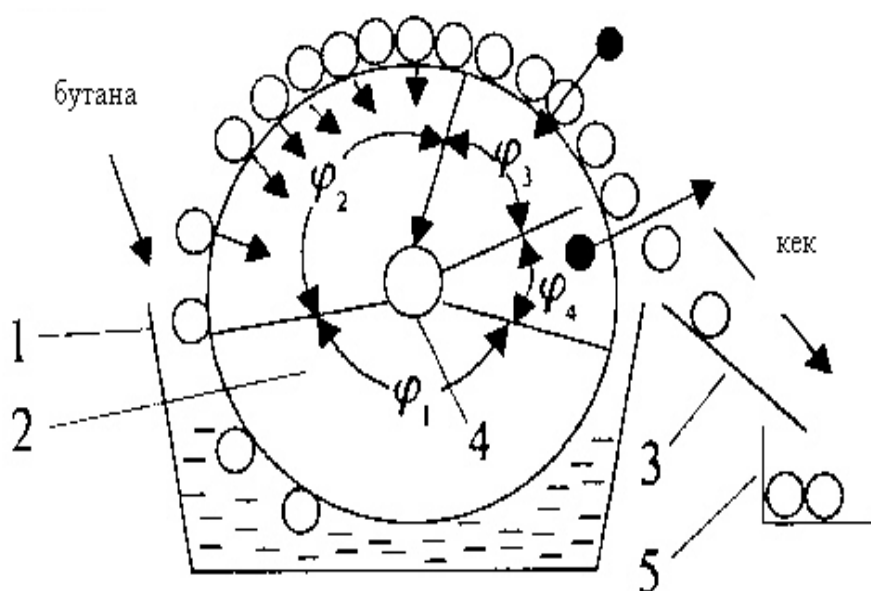
Сузиш жараёнининг бошланғич даврида суюқлик фақат мато ғовакларидан ўтади, кейинчалик эса мато юзасига ўтирган чўкма қатламидан ҳам сузиб ўтиши керак. Чўкма қатлами қалинлашган сари суюқликни сизиб ўтиш тезлиги секинлашади, чунки қаршилиқ кўпаяди. Аммо ўта майда заррачалар ҳам ушланиб қолганлиги сабабли сув тиниқ чиқади.

Ҳозирги вақтда саноатда энг кенг тарқалган сузгич дасгоҳлардан вакуум филтрлардир. (6.3-расм).

Барабан вакуум филтрларда мато юзасига бўтана буриш, чўкмани тўплаш уни ювиш қуриштириш ва ажратиб олиш ишлари навбат билан автоматик бажарилади. 6.3-расмда кўрсатилгандек, маълум вақт давомида барабаннинг маълум қисми бўтанага чўктирилган бўлади (φ_1 -бурчак). Бу даврда филтр юзасида чўкма қатлами ҳосил булади. Бу давр чўкма тўплаш ва филтрлаш цикли дейилади. Барабанни узлуксиз секин айланиши

натижасида барабанинг чўкма тўплаган қисми юқорига кўтарилади ва φ_2 бурчак ҳолатга ўтади, сўнг ҳолатга ўтади.

Бу икки цикл чўкмани куритиш деб аталади. Чунки , чўкма катламидан сув ўрнига ҳаво сузиб ўтади. Ҳолатга ўтганда барабан ичида (шу φ_4 -қисмида) босим ҳосил қилиниб, чўкмани мато юзасидан «пуфлаб» туширилади ва мато тозаланади. Цикл бошидан бошланади. Сувсизлантирилган чўкма кек деб аталади. Кекдаги намлик миқдори 10-20% бўлади. Сузиш тезлиги (V) босимлар фарқига тўғри мутаносиб (пропарционал), гидравлик қаршиликка ва суюқликнинг қовушқоқлигига тескари мутаносибдир:



6.3-расм. Барабанли ваакум филтр иш цикллари ва оқимлар схемаси: 1-тоғара; 2-филтрматולי тешикли барабан; 3-чўкма олиш учун кирғич; 4-чўкмани йўқотиш учун трубка; 5-кек учун транспортер

$$V = \frac{dv}{sdt} = \frac{\Delta\rho}{\mu(R_r + R_\phi)} \quad (6.10)$$

бу ерда, V - S юзадан dt вақт ичида ўтган филтратнинг ҳажми;

R_r , R_ϕ - чўкма ва филтр матоларнинг гидравлик қаршиликлари.

6.10- тенглама билан дастгоҳларни аниқ унумдорлигини аниқлаб бўлмайди. Чунки R_r ва R_ϕ ларни қийматлари вақт ўтиши билан ўзгариб боради. Реал бўтана учун тажриба натижаларга асосланиб филтрлаш юзаси (S) ва солиштирма юк

(q) топилади. Дастгоҳнинг унумдорлиги қуйидаги тенглама билан аниқланади:

$$Q = S \cdot q \quad (6.11)$$

Юқорида айтилганидек, сузиш жараёнидан олинган кекда 10-20% намлик бўлади. Бу кекни яна ҳам сувсизлантириш, маҳсулотни қаерда, қандай усул билан қайта ишлов берилишига қаралади. Агар гидрометаллургия йўли билан ишлов бериладиган бўлса (узок масофага юборилмай) қуритишни хожати йўқ. Агарда олинган маҳсулот пирометаллургия усули билан қайта ишлов бериладиган бўлса, кекни иссиқлик ёрдамида тўлиқ (1-2% намлик қолгунча) сувсизлантириш керак. Бунинг учун кек айланувчи труба печларда қуритилади. Печни иситиш учун табиий газ ёки мазутни ишлатилади.

Фойдаланилган адабиётлар рўйхати

1. Самыгин В.Д., Филипов Л.О., Шехиров Д.В. Основы обогащения руд. М.: Альтекс. 2003, 304 с.
2. Шохин В.Н., Лопатин А.Г. Гравитационные методы обогащения. М.: Недра. 1993, 350 с.
3. Умарова И.К. Фойдали қазилмаларни бойитиш технологияси. Ўқув қўлланма. ТошДТУ, Тошкент. 2004, 243 б.
4. Егоров В.Л. Магнитные, электрические специальные методы обогащения руд. М.: Недра, 1977, 200 с.
5. Абдурахмонов С.А. Гидрометаллургия жараёнлари назарияси ва дастгоҳлари. Навоий, НДКИ, 2001, 288 б.
6. Глембоцкий В.В. Флотационные методы обогащения М.: Недра, 1981, 304 с.
7. Митрофанов С.И. , Барский Л.А., Самыгин В.Д. Исследование полезных ископаемых на обогатимость. М.: Недра. 1984, 68.
8. Справочник по обогащению руд. М.: Недра. 1985, 348 с.
9. Разумов К.А. Проектирование обогатительных фабрик. М.: Недра. 2000, 519 с.
10. Степанов Б.А. Расчёты технологических схем золотоизвлекательных заводов и выбор оборудования. Учебное пособие. Ташкент. ТГТУ. 2001, 119 с.
11. Шубов Л.Я., Ставровский М.Е., Шехерев Д.В. Технология отходов мегаполиса. М: Альтекс. 2002, 376 с.

МУНДАРИЖА

	бет
Кириш	3
БИРИЧИ БЎЛИМ	
Минералларни гравитация усули билан саралаш жараёнлари назарияси.....	6
1. Умумий тушунчалар.....	6
1.1. Қаттиқ жисм ва муҳитнинг хоссалари.....	7
1.2. Жисмларни муҳитда ҳаракатланиши.....	16
1.2. Фойдали қазилмаларни гидравлик таснифлаш.....	27
1.2.1. Механик таснифлагичлар.....	29
1.2.2. Гидроциклонларда таснифланиш.....	34
1.3. Фойдали қазилмаларни оғир муҳитда саралаш.....	41
1.4. Фойдали қазилмаларни чўктириш усули билан саралаш.....	43
1.5. Минералларни қия текисликда босимсиз оқаётган сув оқимида саралаш.....	57
1.5.1. Концентрацион столда саралаш.....	65
1.5.2. Шлюзларда саралаш.....	71
1.5.3. Винтли сепараторларда саралаш	74
1.6. Минералларни ҳаво ёрдамида саралаш.....	81
ИККИНЧИ БЎЛИМ	
Фойдали қазилмаларни флотация усули билан саралаш жараёнлари назарияси.....	85
2.1. Умумий тушунчалар.....	85
2.2. Ҳозирги замон флотация жараёнинг шаклланиши.....	88
2.3. Сувнинг флотация жараёнидаги аҳамияти.....	90
2.3.1. Сув ва унинг хоссалари.....	90
2.3.2. Минералларни сув билан таъсирланиши.....	93
2.3.3. Газ ва минералларни сувда эриши.....	96
2.3.4. Сувни минерал юза билан таъсирланишида жуфт электр қаватни ҳосил бўлиши.....	97
2.3.5. Минераллар юзаларининг ҳар хиллиги.....	100
2.3.6. Минералнинг кристаллик панжараларида изоморф ўрин алмашилишни флотацияга тасири.....	101
2.3.7. Турли минералларни бирга учраши, уларни кисло-род ва сув билан реакцияга киришиш натижасига таъсири.....	101
2.4. Флотореагентлар.....	103
2.4.1. Флотореагентларнинг таснифланиши ва уларнинг вазифалари.....	103

2.4.2. Йиғувчи реагентлар.....	107
2.4.3. Кўпик ҳосил қилувчи реагентлар.....	125
2.4.4. Мословчи реагентлар.....	129
2.4.5. Фаоллантирувчи реагентлар.....	133
2.4. Флотацияда минералланган пуфакчаларни ҳосил бўлиши.....	135
2.6. Флотация жараёнининг кинетикаси.....	142
2.7. Флотация жараёнида кўпиклар.....	144
2.8. Флотациянинг бошқа турлари.....	147
2.9. Флотомашиналар.....	151
2.9.1. Бўтана аэрациялаш жараёни.....	152
2.9.2. Флотомашиналарнинг турлари.....	156
2.9.3. Флотомашиналарнинг ҳажмини ҳисоблаш.....	159
УЧИНЧИ БЎЛИМ	
Рудаларни магнит майдонида саралаш.....	162
3.1. Магнит майдони ва унинг хоссалари.....	162
3.2. Руда ва минералларнинг магнит хоссалари.....	167
3.3. Магнит саралагичларни турлари.....	172
ТЎРТИНЧИ БЎЛИМ	
Фойдали қазилмаларни электр усули билан саралаш.....	175
4.1. Электр майдони ва унинг хоссалари.....	175
4.2. Руда ва минералларнинг электр хоссалари.....	177
4.3. Зарраларни зарядлаш усуллари.....	182
4.4. Электр усули билан саралашга таъсир қилувчи кучлар.....	182
4.5. Минералларни электр ёрдамида саралашга тайёрлаш.....	183
4.6. Минералларни электр ўтказувчанлиги бўйича саралаш.....	184
БЕШИНЧИ БЎЛИМ	
Минералларни махсус усуллар билан саралаш.....	186
5.1. Қўл билан саралаш.....	186
5.2. Радиометрик саралаш.....	186
ОЛТИНЧИ БЎЛИМ	
Бойитиш маҳсулотларини сувсизлантириш.....	189
6.1. Қуюлтириш.....	189
6.2. Сузиш.....	193
Фойдаланилган адабиётлар рўйхати.....	196

Муҳаррир: Алланазарова С.Х. Навоий давлат кончилик институти
Навоий шаҳри Жанубий кўч. 27а.

2008 й «26» 03 чоп этишга рухсат берилди.
Формат 60x84 1/16. Адади 100. Буюртма № 64

Navoiy Gold Servis матбаа бўлимида чоп этилди