

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI OLIY VA O'RTA MAXSUS
TA'LIM VAZIRLIGI ALISHER NAVOIY NOMIDAGI
SAMARQAND DAVLAT UNIVERSITETI**

**FIZIKA FAKULTETI
“5140200 – FIZIKA” TA'LIM YO'NALISHI
“Umumiy fizika va magnetizm” kafedrası**

OCHILOV AKBAR AHMADOVICH

**MINERALLAR (XAL'KOZIN, GYOTIT, PIRIT, PENTLANDIT) NING
DIFFERENSIAL TERMIK TAHLILINI QILISH**

**“5140200 – Fizika” ta'lim yo'nalishi bo'yicha bakalavr
darajasini olish uchun**

BITIRUV MALAKAVIY ISHI

Ilmiy rahbar: prof. Quvondiqov. O.

Bitiruv malakaviy ish “Umumiy fizika va magnetizm” kafedrasida bajarildi.
Ish kafedraning 2015 yil _____ iyundagi majlisida muhokama qilindi va
himoyaga tavsiya etildi (_____-bayonnoma).

Kafedra mudiri: _____ dots. Rajabov R. M.

Bitiruv malakaviy ish YaDAK ning 2015 yil “_____” _____dagi
majlisida himoya qilindi va _____ball bilan baholandi (_____-bayonnoma).

YaDAK raisi: _____

A'zolari: _____

Samarqand - 2015

MUNDARIJA

KIRISH.....	3
I.BOB. MAVZUGA OID ILMIY ADABIYOTLAR SHARHI.....	6
§1.1 Termik tahlil haqida umumiy ma'lumotlar.....	6
§1. 2 Differensial – termik tahlil.....	8
§1.3 Differensial termik tahlil usuli yordamida sulfidli rudalarni boyitish effektivligini baholash.....	9
§1.4 Minerallarning fazaviy termik tahlilini o'rganishda differensial termik tahlilin usulining qo'llanilishi.....	11
§1.5 Minerallarning erishi va parchalanishi.....	20
§ 1.6 Qattiq jismlarning issiqlik sig'im va issiqlik o'tkazuvchanligi. Holat diagrammasi.....	21
§1.7 Birinchi va ikkinchi tur fazaviy o'tishlar.....	27
§1.8. Tadqiqot muammosining qo'yilishi.....	29
I-bobga doir xulosalar.....	30
II.BOB. O'lchash qurilmasi.....	31
§2.1 Oddiy (temperaturaviy) va differensial qizdirish egri chizig'ini olish usuli.....	31
§2.2 Differensial termik tahlil egri chizig'ining o'zgarishini baholash.....	35
§2.3 Darajalash egri chizig'i. Differensial termik tahlilning termograviometrik usuli.....	42
§2.4 STA 409 PC Luxx differensial termik tahlil qurilmasining ish prinsipi.....	45
II-bobga doir xulosalar.....	47
III.BOB. TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI...48	48
§3.1 Xal'kazin va gyotitning DTT va TG egri chizig'i.....	48
§3.2 Pirit va pentlanditning DTT va TG egri chizig'i.....	49
XULOSALAR.....	51
FOYDALANGAN ADABIYOTLAR RO'YXATI.....	52

KIRISH

Mavzuning dolzarbligi. Yildan – yilga metallurgiya sanoatiga bo'lgan ehtiyoj ortib bormoqda. Natijada yangi mineral konlarni qidirish, razvedka ishlari hamda minerallarni qayta ishlashga talab oshmoqda. Bu esa minerallarning kristall tuzilishi, fazaviy o'tishi, issiqlik effektlarini bilish, tog' jinslari tarkibidagi turli minerallarning sifatiiy va miqdoriy tarkibi kabi muhim ma'lumotlarni aniqlashni talab qiladi. Bugungi kungacha minerallarni o'rganishning bir qancha (rentgen mikrotahlil, elektron mikroskopiya) metodlari ishlab chiqilgan bo'lsada, 1903 – yilda akademik N. S. Kurnakov g'oyasi asosida olib boriladigan differensial termik tahlil (DTT) o'zining ahamiyatini yuqotgani yo'q. Chunki, birinchidan bu metod tezroq amalga oshadi va arzonroq, ikkinchidan tabiiy qorishmalarning mineral tarkibini aniqlashda, alohida minerallarni yani tog' jinslaridan maxsus ajratilmaydi. Shuning uchun termik tahlil uzoq vaqt davomida mineralogiya – petrografik tadqiqotlar amaliyotida minerallarni diagnozlash va ular tuzilishi xususiyatlarini o'rnatish kesimlari bo'yicha namunalar seriyalarini taqqoslash, stratigrafik qiyoslash uchun minerallarning paragenezisini aniqlash, turli xil mineral xomashyoni sifatini aniqlashda an'anaviy metodlardan biri bo'lib xizmat qilib kelmoqda.

Bu metodning yana afzal tomoni shundaki, bunda differensial termik tahlil (DTT), differensial termik graviometriya (DTG) va termograviometriya (TG) singari bir necha grafiklar bir vaqtning o'zida parallel holda yozib olinadi. Grafiklarning shakli minerallarning qizdirilish temperatura oraligidagi effektlar soni va bu effektlarning borish tezligi hamda o'zaro tasiriga bo'g'liq. Bundan tashqari asbobning holati va tashqi muhit ham grafiklarga sezilarli tasir qiladi. Sodir bo'layotgan endotermik va ekzotermik effektlarni o'rganib kristallarning fazaviy o'tish jarayoni, massaning o'zgarishi va bu jarayonlardagi ajralib chiqayotgan yoki yutilayotgan issiqlik miqdori haqida aniqroq ma'lumot olish mumkin. Xalkozin, gyotit, pirit, pentlandit minerallari tarkibida mis, temir, nikel kabi sanoatbob metallar bo'lgani hamda bu minerallar zahirasi hududimizda

mavjudligi uchun ham ushbu tahlilning amaliy va ilmiy ahamiyati dolzarb hisoblanadi.

Tadqiqotning maqsadi: Ushbu malakaviy bitiruv ishida xalkozin, gyotit, pirit va pentlanditning 20–600⁰C temperatura oralig'idagi massaning foizlarda kamayishi hamda endotermik va ekzotermik effektlarni fazaviy o'tishlarga bog'lab o'rganish.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilardan iborat:

1. Xal'kozin, gyotit, pirit va pentlanditning 20–600⁰C temperatura oralig'ida differensial termik tahlil (DTT) va termograviometriya (TG) egri chizig'ini olish.
2. (DTT) va (TG) egri chizig'ini bir – biriga bog'lab tushuntirish.
3. Xal'kozin, gyotit, pirit va pentlanditdagi endotermik va ekzotermik effektlarni o'rganish.
4. Olingan grafiklardan tegishli xulosalar chiqarish.

Tadqiqod obyekti: Xalkozin, gyotit, pirit va pentlandit minerallari.

Tadqiqot pretmeti: Xalkozin, gyotit, pirit va pentlandit minerallarining 20–600⁰C temperatura oralig'idagi differensial termik tahlil (DTT) va termograviometriya (TG) egri chizig'i.

Tadqiqod usuli: differensial termik tahlil (DTT) va termograviometriya (TG) egri chizig'i chizig'ini akademik N. S. Kurnakov g'oyasi asosida Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG (Germaniya) asbobi yordamida olish.

Tadqiqoning natijalarining ilmiy va amaliy ahamiyati: Bu malakaviy bitiruv ishida xalkozin, gyotit, pirit va pentlanditning 20–600⁰C temperatura oralig'ida DTT va TG egri chizig'i birinchi marta olinib tahlil qilindi.

Tog' jinslari tarkibidagi minerallarni sifatiy va miqdoriy aniqlashga hamda minerallar tuzilishi va xossalari haqida nazariy bilimlarni boyitishga hizmat qiladi.

Himoya qilinadi:

1. Minerallar xalkozin, gyotit, pirit va pentlanditlarning 20–600⁰C temperatura oralig'ida DTT va TG egri chizig'ini tajribada olish;
2. Minerallarning tajribaviy DTT va TG egri chizig'ini tushuntirish

Bitiruv ishining tuzilishi va hajmi. Malakaviy bitiruv ishi kirish, uchta bob, xulosalar va 24 ta nomdagi foydalanilgan adabiyotlar ro'yxatidan tashkil topgan bo'lib, 53-bet lotin alifbosida bosma shaklda bayon qilingan. Uning mazmuni 10 ta rasm va 2 ta jadval yordamida ko'rgazmali bayon qilingan.

I.BOB. MAVZUGA OID ILMIY ADABIYOTLAR SHARHI.

Ushbu bobda dastlab differensial termik tahlil (DTT) metodi umumiy hamda DTT va TG egri chizig'ini olish hamda uning nazariy ma'lumotlari bayon qilingan. Shu bilan birga termik tahlilning samaradorligi ma'lum darajada tadqiqotning barcha bosqichlarida qo'llaniladigan metodik usullarga ham bog'liq.

§1.1 Termik tahlil haqida umumiy ma'lumotlar.

Termik tahlil turli ilmiy sohalarning tadqiqot amaliyotida ishlatiladi, shu jumladan geologiyada ham. Bu tahlilning asoschisi deb fransuz olimi Le-Shatelin ko'rsatish mumkin. U 1886 – yil termoparalar yordamida temperatura o'lchashni taklif qiladi. Termoparalar yordamida bu usulni loy va oxakni o'rganishda termik xususiyatlarni belgilashda qo'llagan [1, 2]. Termik tahlilning prinsipial asosi modda va jarayonlarni belgilangan dastur bo'yicha qizitish yoki sovitishda ro'y beradigan o'zgarishlarni o'rganish. Bunda moddalarning qaysi xususiyati yoki qaysi jarayonni o'rganishga qarab tahlilning bir necha variantlari farqlanadi. Ular orasida eng ahamiyatlilari:

- Differensial termik tahlil (DTT) yuqori temperatura ta'sirida ro'y beradigan kimyoviy reaksiyalar va fizik o'zgarishlar kuzatiladigan issiqlik effektlarini belgilashga asoslanadi.

- Termograviometrik tahlil (TG) isitishda moddalar og'irligini o'rganishga asoslangan.

- Gazovolyumetrik tahlil issiqlik tasirida moddadan gaz ajralib chiqishi tezligi va miqdorini o'rganadi.

- Dilatometrik tahlil issiqlik tasirida moddani kengayishini o'rganadi.

- Termoluminescentrik tahlil (TL) isitish tasirida ajraladigan yorug'lik energiyasini o'rganadi.

Ba'zi hollarda issiqlik tasirida ro'y beradigan boshqa fizik o'zgarishlarni ham o'rganadi. Kamdan – kam holda magnit qarshilik – Kyuri nuqtasida (termomagnit tahlilda), optik konstanta (termooptik tahlilda), elektr qarshilik (termoelektrik tahlilda) aniqlanadi.

Mineralogik – petrografik izlanishda mineral xomashyoni umumiy amalyotda ikkita an'anaviy metod qo'llaniladi yani differensial termik tahlil (DTT) va termograviometriya (TG). Qolgan metodlarni ham kuzatilishi kompleks termik tahlil deb nomlanadi. Bu tahlil moddada yuz beradigan barcha o'zgarishlarni aniqlaydi.

Termik tahlilning asosiy natijasi termik egri chiziqlar hisoblanadi – termogrammlar namunani bir necha fizik xususiyatlarining issiqlik tasirida o'zgarishiga qarab quyidagi ma'lumotlarni olishga yordam beradi:

a) Ayniqsa bu tahlilni yuza holida va tabiiy mexanik qorishmalar orasida uchraydigan ingichka dispersli, kolloidli, metamikli minerallarga qo'llash yuqori samara beradi.

b) Polimineral to'plamlarni monomineral fraksiyalarga bo'lmasdan miqdoriy tahlil o'tkaziladi. Bu uni turli joylar va konlarni kuzatish va tadqiq qilishda qo'llash imkonini yaratadi, stratigrafik tuzilishiga ega minerallar paragenezisini aniqlashda yordam beradi.

v) Asosiy va ultraasosiy tog' jinslarini gidrotermal o'zgarish darajasini aniqlashtiradi

g) Mahsulotlar tarkibidagi asosiy vulqonli oynalarini (palagonitlar, perlitlar, absidianlar) va nordon kristallashishni aniqlaydi.

d) Tog' jinslarida tarqoq organik moddalarni joylarini, shakllarini aniqlaydi, strukturali va stratigrafik korrelyasiya o'tkazilishini taminlaydi, metamorfoza darajasi va turini aniqlaydi, tarqoq organik moddaga ega bo'lgan tog' jinslari metamorfizmini aniqlaydi.

e) Minerallarning ba'zi bir tuzilishi bilan bog'liq xususiyatlarini aniqlaydi, eng avvalo suvning joylashish shaklini (adsorbsion, seolit, konstitutsion) polimorf o'zgarishlarning xarakterini, magmatik holatdan kristallik holatga o'tishini aniqlashtiradi.

j) Minerallarning fazaviy holat diagrammasini tuzishda va yuqori temperaturada yangi minerallar tashkil topish sharoitini aniqlaydi.

z) Termik qurilmalarning yangi turini kiritishda (skanerlovchi kalorimetrlar, mikrokolorimetrlar) kimyoviy reaksiyalar va fazaviy o'zgarishlar, entalpiya, issiqlik sig'imi kabi muhim termokimyoviy konstantalarni aniqlaydi, vaqt omilini hisoblaganda kinetik ma'lumot ham olish mumkin.

60 – yillar boshidan geologiyada asosiy usul sifatida termoluminescentli tahlil keng tarqaldi [1, 6, 16]. Bu tahlil temperaturaga nisbatan yorug'lik tezligini bog'liqligini ifodalovchi termoyorug'lik egri chizig'ini tadqiq qilishga asoslangan. Bu tahlil yordamida empirik o'rganilgan qonuniyatlar asosida amaliy geologik – mineralogik masalalar samarali hal qilinadi.

§1. 2 Differensial – termik tahlil.

Differensial termik tahlil (DTT) moddalarni kimyoviy tarkibi va kristall tuzilishi bilan bog'liq bo'lgan fundamental xususiyatlarni o'zgarishiga asoslangan. Ma'lumki har qanday mineral ma'lum doimiy temperaturada xarakterli tuzilishga ega bo'ladi [1, 3, 4]. Temperatura ko'tarilishi yoki pasayishi minerallarda fazali va tarkibiy o'zgarishlarga olib keladi, ba'zi hollarda ularning kimyoviy tarkibini o'zgarishiga olib keladi.

Umumiy holatda har qanday mineral qizitish jarayonida fizik va kimyoviy xarakterli o'zgarishlarga uchraydi. Bu uning tarkibi, tuzilish, xususiyati, o'zgarishlarining mexanizmi va kinetikasiga bog'liq. Namunada yuz beradigan har bir o'zgarish termik effektga to'g'ri keladi. Issiqlik ajralib chiqish holatiga ekzotermik deb nomlanadi va ((+) belgisi bilan belgilanadi), issiqlik yutilish jarayoni bilan boradigan jarayoniga endotermik jarayon deyiladi va ((–) belgisi bilan belgilanadi). Barcha termik effektlar yig'indisi ma'lum temperaturalarda minerallarning individual xarakteristikasi hisoblanadi, bu unda yuz beradigan barcha o'zgarishlar xususiyatlarini ifodalaydi (1 – jadval).

DTT usulini amalga oshirishning texnik asosida issiqlik effektlarini turli usullar yordamida yozib olinishi yotadi. Turli ko'rinishda o'rganilayotgan namunalardagi qizdirish egri chiziqari modda temperaturasi o'zgarishini ifodalaydi.

Minerallarning termik effektlaridagi fazaviy o'tishlar. 1.1 –jadval.

Jarayon turi			
Fizik		Kimyoviy	
Nomi	Issiqlik o'zgarishi	Nomi	Issiqlik o'zgarishi
Erish	(-)	Yoyilish (dissosiatsiya va degidratsiyada)	(-)
Erish, qattiq jismni bug'ga aylantirish, bug'lanish	(-)	Blrikmalar va o'zarotasirlashuv (almashuv)	(+)
Absorbsiya, adsorbsiya	(+)	Oksidlanish - qaytarish	(+),(-)
Polimorf o'zgarish	(+),(-)	Izomerizatsiya	(+)
Amorf holatdan kristall holatga o'tishi ()	(+)	Qattiq fazali reaksiya	(+),(-)
Qattiq holatning yemirilishi	(+)		

§1.3 Differensial termik tahlil usuli yordamida sulfidli rudalarni boyitish effektivligini baholash.

Differensial termik tahlil (DTT) va termograviometriya (TG) tahlillari geologiya sohasida mineral va tog' jinslarini identifikatsiya qilishda keng foydalaniladi, bundan tashqari tabiiy aralashmalar tarkibidagi yarim minerallarni monomineral fraksiyaga bo'lmasdan o'rganishga katta imkon yaratadi [5,6,7].

Sulfidlar sinfiga mansub minerallar uchun umumiy termik diagnostik belgisi bu intensiv ekzotermik effekti hisoblanadi [5] xususiyl holda, sulfidlar uchun, masalan o'rganilayotgan minerallar pirit va arssiopiritlar uchun quyidagi termik effektlar keltirilgan: pirit–FeS₂: (+) 380 –700⁰C (piritning oksidlanishi va

gematitning hosil bo'lish jarayoni bilan amalga oshadi, $\alpha - Fe_2O_3$); (–) 450⁰; (–) 610⁰C – (piritning murakkab dissosialanish jarayoni hisoblanadi).

Arsenopirit – FeAsS: (+) 440 – 600⁰C (arsenopiritning oksidlanish jarayoni $\alpha - Fe_2O_3$ gematitning hosil bo'lish jarayoni bilan amalga oshadi.) differensial termik tahlilni olib borish sharoitidan bog'liq holda (qizdirish tezligi, namunalarni tayyorlash, namuna massasi va boshqalar) termik effektlar maksimumida u yoki bu tomoniga siljish holatlari kuzatilishi mumkin. Namunalar (minerallar) tarkibida oltingurgurt miqdorining oshishi DTT egri chizig'i maksimumining ekzotermik effekt oxirida yuqori temperatura sohasida o'ngga siljishini kuzatish mumkin, ekzotermik cho'qqining o'zi esa qiyalikka erishadi, yani cho'zilgan ko'rinishga va ensiz (tor) cho'qqidan farqli bo'lishi, tarkibida oltingurgurt miqdorining kam bo'lishidan dalolat beradi.

Shuni alohida qayd etish joizki, termik effektlardagi maksimumlarning joylashishi, xuddi shunday DTT egri chizig'ining ko'rinishi, qizdirilish jarayonining o'tkazilishidan va ruda (mineral) tarkibidagi moddalarning tarkidan bog'liq.

Sulfidli–kvars tipidagi rudalarga pirit, arsenopiritli rudalar tarkibida 10–12% sulfid mavjud bo'ladi. Rudalardagi sulfidli minerallarning asosiy qismini pirit ($\leq 10,0\%$) va arsenopirit ($\leq 2,0\%$) tashkil qiladi. Tipogen minerallarining asosiy vakili asosan pirit (FeS₂), arsenopirit (FeAsS) va xal'kopirit (CuFeS₂) lar hisoblanadi [8,9,15]. Ba'zan gipergen minerallarda temir gidrooksidi (geyotit FeOOH, limonit) ham uchraydi.

Kimyoviy tahlillarga ko'ra sulfidli minerallarning asosiy vakili bu pirit bo'lib, qisman kam miqdorda arsenopirit ham uchrab turadi.

Shunday qilib, rudalarni mineralo – kimyoviy tahlil qilish orqali o'rganishda DTT usuli katta yordam beradi. Termograviometriya natijasiga ko'ra dastlabki rudaga massaning o'zgarishi bir necha etapga bo'lingan holda boradi, termograviometriya 200⁰C gacha ko'tarilganda massaning kamayishi asosan fizik

adsorbsion suvning kamayishiga taalluqlidir (umumiy massaning 10% gacha kamayadi), bu kamayish bir tekis amalga oshadi va hech qanday termik effekt intensivligida o'zgarish kuzatilmaydi [8,11]. Massa kamayishining keyingi etabi 440–500⁰C temperatura oralig'ida amalga oshadi va umumiy massa kamayishining 12% ni tashkil qiladi va bu ekzotermik effekt jarayoni orqali amalga oshadi. Dastlab ushbu ekzotermik cho'qqi 443⁰C temperaturaga to'g'ri keladi, 473⁰C da maksimum kuzatiladi. Namuna massasining 550–850⁰C temperatura oralig'ida kamayishi muskovit va sersit degidratsiyasiga bog'liq bo'lib, keyin esa kalsiy va sideritlarga parchalanadi.

Adabiyotlarda berilgan ma'lumotlarga qaraganda [5,10] muskovitga degidratsiya va panjaraning qayta qurilishi 800–1000⁰C temperatura oralig'ida amalga oshadi, ammo namuna tarkibida Fe₂O₃ va SiO₂ larning mavjudligi muskovit degidratatsiya temperaturasini temperaturaning past temperatura tomonga siljishiga sababchi bo'ladi, keying endotermik effekt jarayoni 1064–1114⁰C temperatura oralig'ida amalga oshadi, bu esa o'z navbatida muskovit panjarasining buzilishi bilan bog'liqdir va bu dalil rentgenofazaviy tahlillarda o'z tasdig'ini topgan.

§1.4 Minerallarning fazaviy termik tahlilini o'rganishda differensial termik tahlilin usulining qo'llanilishi.

Tog' jinslari va minerallarni DTT usuli orqali o'rganish samarali imkoniyat beradi: a) termik tahlil uchun tanlangan va tayyorlangan nomalum mineralni sifatli fazali tahlildan o'tkaziladi; b) sonli tahlil o'tkaziladi ya'ni polimineral topilmalarda bir yoki bir nechta mineral prosentini aniqlaydi.

Mineral va ularning tabiiy qorishmasini sifatli fazali termik tahlili. DTT metodi sifatli fazali termik tahlili deganda DTT egri chizig'i termik xarakteristikasi bo'yicha tabiiy agregatli yig'ilmalar yoki monofraksiyalar tarkibidagi minerallar turlarini aniqlash nazarda tutiladi. Tahlil shunga asoslanganki moddada yuz beradigan ko'pchilik issiqlik effektlari va ularda xarakterli temperaturalar

o'zgarishsiz qoladi. Har bir mineral issiqlik effektlari bilan o'ziga xos reaksiyaga kirishadi.

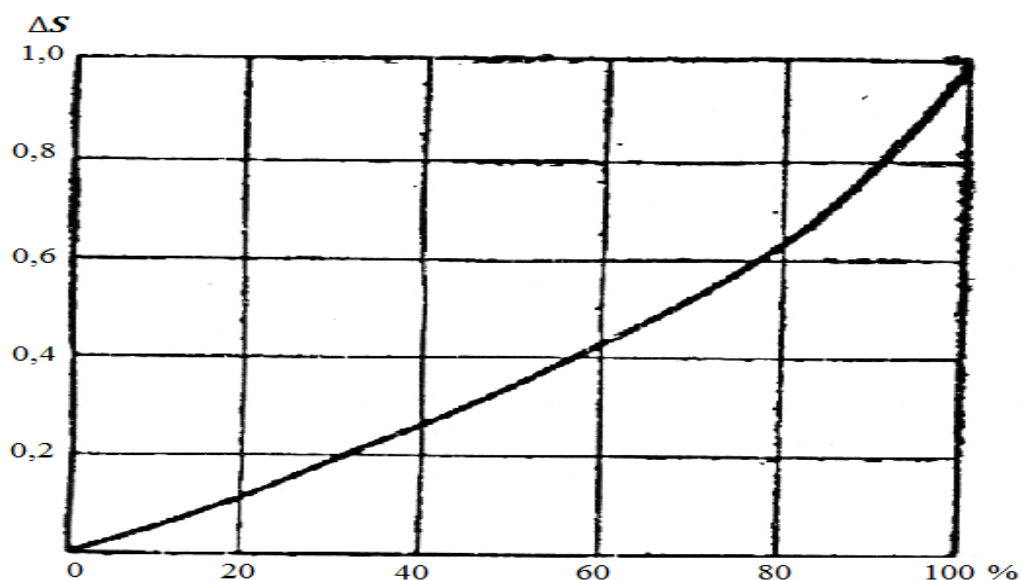
Nomalum mineral diagnostikasi DTT mineral fazasining egri chizig'i etalon bilan solishtirish usuli orqali aniqlanadi. Tahlil qilinayotgan DTT egri chizig'i etalon DTT egri chizig'i bilan solishtirganda ikkala egrini tashqi o'xshashligiga etibor berish zarur analogik effektlar temperaturasi va ular maydoni razmeri mosligiga etibor kerak [12]. Monomineral namunani termogrammasini xarakter va belgi bo'yicha etalonli DTT egri chizig'i bilan to'liq mos kelishi o'rganilayotgan mineralni bir xil deb aytishga asos bo'ladi. Polekomponentli topilmalarni tahlilida bunday asos keltirish qiyin. Bu holatda minerallar qorishmasining umumiy termogrammasi har bir fazaga bo'linadi. Bunda termik effektlar kattaligi tahlil qilinayotgan namunaning minerallari o'rtasida bo'ladi. Bu ko'p hollarda termik effektlar temperaturasi turli minerallarga bo'linishiga olib keladi.

Murakkab polimineral qorishmada alohida minerallar sonini aniqlashda termik effektlar kattaligi mineral og'irligiga teng degan bog'liqlik mavjud.

$$\Delta S = km \quad (1.1)$$

Termik effekt kattaligi o'lchami sifatida nol chiziq va differensial egri chiziq orasidagi soha kengligi qabul qilinadi. Sohaning kengligi termogrammada turli metodlar bilan planimetr yordamida o'lchanadi.

Darajalash egri chizig'ining tuzilishi quyidagicha. Mineralogo – petrografik tarkibli qorishma etaloni tayyorlanadi. O'rganilayotgan namunalarda ma'lum komponentni o'sishi kuzatiladi. 10, 20, 30 % eksprementni bir xil sharoitida har bir etalon uchun termogramma olinadi. Unda ma'lum termik effekt sohasi aniq o'lchanadi. Sonli termik tahlilning boshqa metodlari ham ishlab chiqilgan. DTT egri chiziqlari yordamida sonli fazali termik tahlil metodlari qiyin va nisbatan noaniq bo'lishiga qaramasdan tezligi va arzonligi sababli ko'pchilik geologik obyektlarda mineralogik tarkibni o'rganish uchun amalda qo'llaniladi.



Rasm-1.1 Minerallarda kristallangan fazolarning hosil bo'lishi va o'sishi .

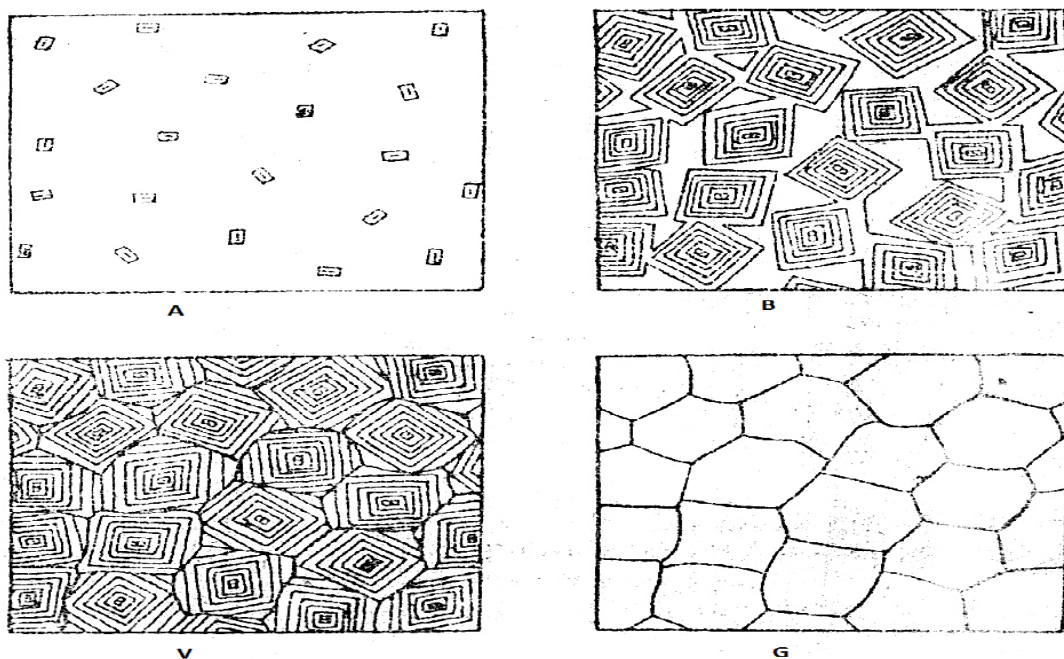
Kristallangan fazalarning hosil bo'lishi va o'sishi. Kristallangan moddalar turli yo'llar: a) suyuqliklarning (qizib erib turgan yoki eritma) kristallanishi, b) chiqayotgan gazsimon mahsulotlarning bo'shliq devorlarida kristall holida yotqizilishi va v) qattiq massalardan (jumladan kolloidlardan) qayta kristallanish yo'li bilan yuzaga kelgan bo'lishi mumkin. Tabiiy kristallangan jinslarning asosiy massasi erib turgan silikat qotishmalarning va suvda erigan moddalarning kristallanishi natijasida yuzaga kelgandir. Bunga kristallangan magmatik jinslarning katta – katta massalari, foydali qazilma konlarining juda ko'pchili, sho'r suvli havzalarning kristallangan cho'kindilari va boshqalar kiradi.

Har qanday sovib borayotgan qotishmaning kristallanishi nazariy jihatdan shu moddaning erish temperaturasiga mos keladigan muayyan temperaturada boshlanishi kerak. Xuddi shuningdek eritmaning kristallanishi ham erituvchini o'sha modda bilan to'yinishi bilanoq boshlanishi kerak edi [13,14]. Biroq tajribalarning ko'rsatishicha, suyuq fazaning kristallanishi birmuncha o'ta soviganidan keyin yoki o'ta to'yinganidan keyin boshlanadi.

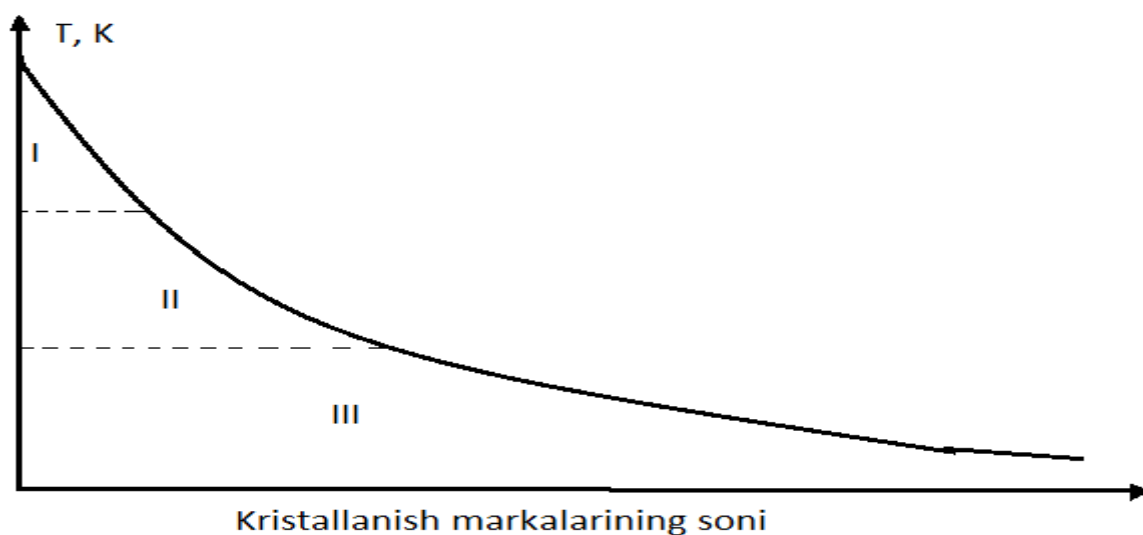
Suyuq muhitning o'ta sovushi yoki o'ta to'yinish darajasi kristallanayotgan suyuqlikning kimyoviy tarkibiga va ma'lum darajagacha bosimga ham bog'liqdir. Kristallarning sovib borayotgan gazlardan hosil bo'lishi paytida bosimning o'zgarishi muhim ahamiyatga ega.

O'ta sovugan suyuq qotishma bilan o'ta to'yingan eritmalaridagi kristallarning o'sish proseslari mutlaqo bir xildir. Kristallarning hosil bo'la boshlashi, agar eritmaning o'zining kristallokimyoviy xususiyatlari bilan <<achitqilik>> vazifasini o'tay oladigan biron zarracha yoki jism parchasi tushib qolgan bo'lsa, majburan yoki shunday <<achitqisi>> bo'lmagan o'ta to'yingan, yoki o'ta sovigan eritmalar bilan erigan moddalarda o'z – o'zidan boshlanishi mumkin.

O'z– o'zidan kristallanishda erigan modda yoki eritmalarining turli nuqtalarida kristallanish markazi deb ataladigan kristallangan kurtakchalardan iborat markazlar yuzaga keladi. Kristallanish prosesining dastlabki paytlarida (faraz qilaylik, qandaydir bir komponentli suyuqlikda bo'lsin) erkin taraqqiy etish mumkin bo'lgan sharoitlarda shu kristallanish markazlari atrofida to'g'ri tuzilgan kristallchalar kristallografik shaklning keyingi taraqqiy etish uchun yetarli sharoit qolmaguncha o'saveradi [8]. Kristallanishning bundan keying davom etishida qolgan bo'shliqni ishg'ol etish uchun shu kristallchalar orasida kurash boshlanadi va nihoyat tashqi chegaralari notekis bo'lgan kristallangan donalardan iborat agregatga ega bo'lamiz (1.2, B va G rasmlar). Ba'zi hollarda shunday donalarning ayrimlarida, xattoki ularning asta – sekin o'sishidan dalolat beruvchi zonal (yo'l – yo'l) kristallangan tuzilishini ko'rish mumkin.



1.2 – rasm. gomogen suyuqlikning kristallanish sxemasi.



1.3– rasm. O'ta sovush yoki o'ta to'yinish darajasi bilan kristallanish markazlari soni orasida bog'lanish.

Suyuqlikning o'ta sovush yoki o'ta to'yinish darajasi bilan boshlang'ich qotish paytida o'z-o'zidan yuzaga kelgan o'sha suyuqlikdagi kristallanish markazlarining soni orasida to'g'ri mutonosiblik borligi aniqlangan: suyuqlik qanchalik ko'p o'ta sovigan yoki o'ta to'yingan bo'lsa, uning ma'lum hajmida muayyan vaqt birligi ichida shunchalik ko'p kristallanish markazlari yuzaga keladi (1.3–rasm), binobarin, suyuqlikning qotib qolishi natijasida yuzaga kelgan kristallangan donalar shunchalik mayda bo'lib qoladi.

Agar kristallanish birmuncha kam darajada o'ta to'yingan eritmada, faraz qilaylik k_1 nuqtada boshlangan bo'lsa (1.3–rasm), u holda shunday sharoitlarda yuzaga kelgan nisbatan kam sonli kristallanish markazlaridan, nihoyat, ancha yirik donalari agregatlar hosil bo'ladi. Agar kristallanish ancha o'ta to'yingan (yoki o'ta sovigan) paytlarda, masalan, k_2 nuqtasida (1.3–rasm) sodir bo'lsa, u holda tabiiyki, biz natijada kristallangan donalardan iborat mayda donador agregatga ega bo'lamiz [18,19,21]. Eritmaning kristallanishi natijasida eritma juda ko'p o'ta to'yingan sharoitlarda yashirin kristallangan yoki kolloid jinslar olamiz.

Suyuqlikda kristallarning yuzaga kela boshlash payti eksperimental tekshirishlardan olingan ma'lumotlarga qaraganda juda ko'p sabablarga: moddaning kimyoviy tabiatiga; kristall kurtaklarning paydo bo'la boshlashini tezlashtiruvchi yoki sekinlashtiruvchi aralashmalarga; mexanik kuchga (eritmani

tebratish – chayqatish, idish devorlariga ishqalanishiga); ba'zan tovush, yorug'lik tasiriga va x. k. ga bog'liqdir.

Tajribalarning ko'rsatishicha, erkin muhitda o'sayotgan kristallar atrofida konsentrasyon oqimlar yuzaga keladi: kristallga yondoshib – tegib turgan o'ta to'yingan eritma o'zining ortiqcha erigan moddasini o'sha kristallga berib ancha yengil bo'lib qoladi va yuqoriga ko'tarilib o'ta to'yingan eritmaning yangi qismi oqib kelishi uchun joy bo'shatadi. Eritma qanchalik ko'p o'ta to'yingan bo'lsa, kristallning o'sish tezligi ham shunchalik ortiq bo'ladi.

Agar o'sayotgan kristall yonlarining har biri uchun o'sish sharoitlari u yuzaga kelgan paytdan boshlab bir xilligicha qolaversa, u holda kristallning shakli o'sish bilan birga o'zgarmasdan faqat kattalashar edi. Biroq har bir kristall yonlarining vaqt birligi ichida o'sish tezligi ko'pincha bir xil bo'lavermaydiki, bu kristall yonlari sonining kamayishiga olib keladi. SHunisi ham ma'lumki, kristallarning shakliga shu eritmada erigan boshqa moddalar ham ancha o'zining tasirini ko'rsatadi. Masalan, natriy xlorid odatda kub shaklida kristallanadi, biroq tarkibida $NaCl$ dan boshqa $CaCl_2$ va $MgSO_4$ ham ishtirok etuvchi eritmalaridan esa oktaedr shaklidagi kristallar bo'lib cho'kadi.

Tez o'sish paytida noto'g'ri shaklli kristallar hosil bo'ladi. Bu asosan ma'lum sabablarga ko'ra ta'minlab turuvchi eritma oqimining (masalan, yopishqoqligi ortib ketgan muhitda, kolloid eritmalarida va boshqa sharoitlarda) bir tekis kelib turishi buzilgan paytlarda yuz beradi. Bunday paytlarda o'sayotgan kristallning uchlari va qirralari, yani kristall strukturaning valentligi eng kam to'yingan qismlari modda bilan ko'proq tamin etiladi. Bu ba'zan kristall yonlarida voronkaga o'xshash chuqurchalar hosil qilish bilan uning egri, ko'pincha esa kristallchalarning ustma – ust (asosan uchlari) bo'lib o'sishga olib keladi [20,22]. Buning natijasida shoxchalari fazoda muayyan tartib bilan joylashgan kristall skeletlari yoki dendritlar deb aytiladigan kristall shakllari hosil bo'ladi. Ko'pincha shu kristallangan shoxchalarning uchlari yo'g'onlashgan bo'lib, shu joyda birmuncha yirik ham ancha to'g'ri tuzilgan kristall donalari yuzaga keladi. Extimol bu kristallanish paytida kristallanayotgan moddaga tegib turgan eritma

konsentratsiyasining kamayib ketishi va shuning natijasida o'sha kristallning o'sishi uchun normal sharoit yaratilishi bilan bog'liq bo'lsa kerak.

SHuni ham aytib o'tish kerakki, kristallar faqat suyuq muhitda, yana o'ta to'yingan eritmalar bilan diffuziya orqali taminlanish hisobiga emas, balki to'yingan eritma va kapillyar kanallar orqali taminlangan hollarda havo yoki gazsimon muhitda ham o'sa olishi mumkin. Quydagi tajriba buning ishonchli dalilidir. Agar osh tuzining to'yingan eritmasi solingan stakanga eritmani yaxshi shima oladigan paxta ipining uchi tishirilib qo'yilsa, ma'lum vaqt o'tgandan keyin o'sha ipda kapillyar kuchlar tasirida yuqoriga ko'tarilayotgan eritma hisobiga havo muhitida kristallangan agregat hosil bo'ladi. Xavo muhitida shu eritma suvning bug'lanishi hisobiga juda tez o'ta to'yinadi, bu eritmadagi moddani ip ustida kristallanishi uchun sabab bo'ladi.

Hech shubha yo'qki, shunday yo'l bilan erituvchining sekin-asta bug'lanishi paytida to'g'ri tuzilgan kristallarning ham yuzaga kelishi mumkin. SHuningdek bulutsiz sovuq tunlarda ham tuproqli yerda o'sadigan muz kristallari ignachalarining o'sishi hollari ko'pchilikka ma'lum bo'lsa kerak. Suvda oson eriydigan tuzlarning, masalan, kalsiy xloridning shunday ignalari ham kukinning sekin – asta qurishi natijasida havoda o'sadi. Juda ko'p minerallarning bo'shliqlarda topiladigan cho'ziq ignasimon kristallarning ham shu yo'l bilan yuzaga kelgan bo'lishi mumkin.

Nihoyat, kristallarning hosil bo'lishi gazsimon muhitda va suyuq eritma bilan taminlanmasdan, ya'ni moddaning bug' holatdan to'g'ridan – to'g'ri qattiq holatga o'tishi paytida muayyan temperatura (erish temperaturasidan past) va bosimda sodir bo'lishi mumkin. Havoda yulduzsimon kristallar shaklida hosil bo'lgan qorning yoki boshqa har xil minerallarning vulkan faoliyati davom etayotgan tumanlarda yer yuziga qo'yilgan mahsuloti sifatida hosil bo'lishi bunga misol bo'ladi.

Ko'p hollarda kristallar bilan kristallangan donalar tarkibida boshqa moddalarning (qattiq, suyuq, gazsimon) juda mayda arlashmalar bo'lib ishtirok etishi, ularning xarakterli xossalari bo'ladi. Kristallarning xira yoki shaffof

emasligi ko'pincha shular bilan bog'liqdir. Yupqa qilib jilolangan shliflarni mikroskopda qaraganda ular osonlikcha bilinadi. Faqat shaffof emas minerallardagi suyuq va gazsimon aralashmalarni aniqlash ancha qiyin bo'ladi.

Shu chetdan kelib qolgan moddalarning fazoviy taqsimlanishini tekshirishdan ma'lum bo'lishicha, ular kristallning ichiga tez o'sishi paytida mexanik ravishda kirib qolgan bo'lsa kerak. Ular kristallning ichida ko'pincha muayyan kristallografik yo'nalishlar bo'ylab joylashdi. Masalan, kristallangan zonal (yo'l – yo'l) plagioklazlardagi vulkan shishasi (magmaning qotib qolgan tomchilari) yoki kvars, kalsit, topaz va boshqa minerallardagi K, Na, Ca va boshqa elementlar tuzlarining suvdagi quyuq eritmasi yoki ko'pincha suyuqlik bilan aralashgan holda bo'ladigan gaz pufakchalaridir.

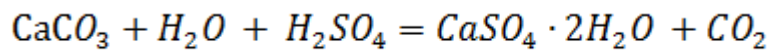
Shunisi qiziqki, gaz–suyuqlik aralashmalari qizdirilganda muayyan temperaturada bir jinsli suyuqlikka aylanib qoladi (gaz suyuqlikda erib ketadi), soviganda esa gaz pufakchasi yana ajralib qoladi. Shunday yo'l bilan ko'p hollarda o'sha mayda–mayda eritma tomchilarini o'z ichiga olgan mineralning qanday temperaturalarda kristallanganligini taxminan aniqlash mumkin.

Ayrim hollarda gaz–suyuqlik aralashmalarida xattoki uchinchi–qattiq faza (masalan, NaCl kristalchalari) ham bo'ladi. Qizdirilgan paytda shu kristallchalar N. P. Ermakovning ko'rsatishicha, suyuqlikda birinchi bo'lib erib ketadi, undan keyin gaz pufakchalari ham yo'qoladi.

Kristallarda birlamchi gaz–suyuqlik aralashmalardan boshqa ancha keyin paydo bo'lgan kristallarning <<bitib qolgan>> darzlarida joylashgan ikkilamchi gaz–suyuqlik aralashmalari ham topiladi (G. G. Lemmleyn). Shunisi xarakterliki, ikkilamchi gaz–suyuqlik aralashmalaridagi gaz pufakchalarining qizdirilganda yo'qolishi–erib ketishi birlamchi aralashmalardagiga qaraganda avvalroq boshlanadi [23]. Bundan keying qizdirish paytida kristallangan massaning yorilib – yorilib darz ketishi boshlanadi (suyuq aralashmalarda shunchalik kuchli bosim yuzaga keladi).

Ma'lum bir jinsga shimilgan qandaydir eritma o'sha jins bilan almashib parchalanish reaksiyasi bo'yicha o'zaro tasir ko'rsatsa, u holda o'sha jins hisobiga

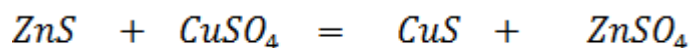
yoki jins tashkil etuvchi bazi bir minerallar hisobiga odatda yangi mahsulotlar yuzaga keladi. Bunday proses almashinish prosessi yoki metasomatoz prosessi deb ataladi. Tarkibida sulfat kislota bo'lgan suv bilan quyidagicha reaksiyaga kirishgan paytda kalsitning gips bilan almashinishi:



kalsit

gips

yoki mis sulfati eritmasi bilan quyidagi reaksiyaga kirishgan paytda sfaleritning kovellin bilan almashinishi



sfalerit

eritma

kovellin

eritma

bunga misol bolib hizmat qilishi mumkin.

Tanlab metasomatik almashinish (ya'ni jins tarkibidagi qandaydir muayyan mineral bilan almashinish) paytlarida yangidan yuzaga kelgan mineral eski mineralning tashqi shakli, ba'zan esa ichki tuzilish xossalarini ham o'ziga olgan bo'lib, ularni metasomalar deb ataladi. Jumladan, qandaydir kristall shunday almashinish tasiriga berilsa, psevdomorfozlar, ya'ni shu mineral uchun hos bo'lmagan kristall shakllari bilan ish ko'ramiz. Organik qoldiqlarning, masalan, yog'ochlarning opal yoki tekir sulfidlari bilan kolloidal almashinishlari paytida ko'pincha o'sha yog'ochlarning hamma tuzilish xossalari saqlanib qoladi.

Bu bilan bir qatorda metasomatik yo'l bilan to'g'ri tuzilgan bo'lib, qattiq muhitda (jinslarda) taraqqiy etgan kristallarning yuzaga kelishi tabiatda keng tarqalgan holdir. Bunday kristallar metakristallar deb aytiladi va bu faqat ba'zi minerallar uchungina xosdir. Slanelarda, marmarlarda va boshqa jinslarda juda ham to'g'ri tuzilgan kubik kristallar bo'lib pirit buning misoli bo'ladi. Bular ko'proq jinslardagi bilinear – bilinmas nozik darzlar yo'nalishi bo'ylab yuzaga kelgan bo'ladi, bu ularning jinslarga qaraganda shubhasiz keyinroq paydo bo'lganligini ko'rsatadi.

Qattiq muhitda sodir bo'ladigan minerallarning qayta kristallanish va yangidan hosil bo'lish prosesslari sistemalar muvozanatining fizik – kimyoviy

faktorlarini birmuncha o'zgarishi tasirida, jumladan regional metamorfizm deb aytiladigan sharoitlarda yuzaga keladi.

§1.5 Minerallarning erishi va parchalanishi.

Ko'pgina minerallarning paydo bo'lganidan keyin tashqi muhitdagi sharoitlarning o'zgarishi tasirida biror almashinishlarga uchrab, bazan butunlay erib ketib yoki parchalanib kimyoviy reaksiyalarning suvda erimaydigan mahsulotlardan hosil qilishi ko'rsatib o'tilgan edi.

Boshlang'ich erish davrini alohida – alohida kristallarda osonlikcha ko'rish mumkin bo'lib, ular quyidagi holatlari bilan xarakterlanadi:

1) agar kristall o'sayotgan paytda uning qirralari bilan uchlari taz taraqqiy etish tendensiyasiga ega bo'lsa, eriyotgan paytda ular juda tez eritmaga o'tish hususiyatiga ega bo'ladi, shunga ko'ra kristall qirralari bilan uchlari erib ketgandek shaklga ega bo'lib qoladi;

2) agar kristall o'sayotgan paytda uning sekin o'suvchan yoni ko'proq barqaror bo'lsa, u holda erish paytida o'sha juda tez erish hususiyatiga ega bo'lgan yonlari yuzaga chiqadi.

3) kristallning sekin o'sayotgan yonlari odatda silliq yaltiroq yuzaga ega bo'ladi; erish paytida kristallning sekin eriydigan yonlari ko'pincha xira bo'lib ko'rinadi;

4) dastlabki erish paytida ko'pincha kristall yonlari erish shakllari deb aytiladigan juda mayda ko'p burchakli chuqurchalar hosil bo'ladi.

Tabiiy sharoitlarda minerallarning qisman yoki butunlay parchalanishi asosan oksidlanish va kimyoviy qaytarilish proesslari bilan bog'liqdir. Bu ayniqsa tarkibida tabiiy sharoitlarda har xil valentli bir necha ionlar hosil qila olish qobiliyati bo'lgan elementlar (masalan Fe^{2+} , Fe^{3+} , Mn^{3+} , Mn^{4+} , S^{2-} , S^{6+} va boshqalar) ishtirok etuvchi minerallar uchun mansubdir [8,17].

Agar mineral tarkibida avval kichik valentli kationlar bo'lsa, ular oksidlantiriluvchi sharoitlarda (tog' jinslari yoki rudalarning oksidlanish zonasiga) tushib qolganda tabiiyki, yuqori valentli ionlarga aylanishga intiladi. Bunda kationlar radiusi kichiklashib, bu odatda kristall strukturalarni buzilishiga olib

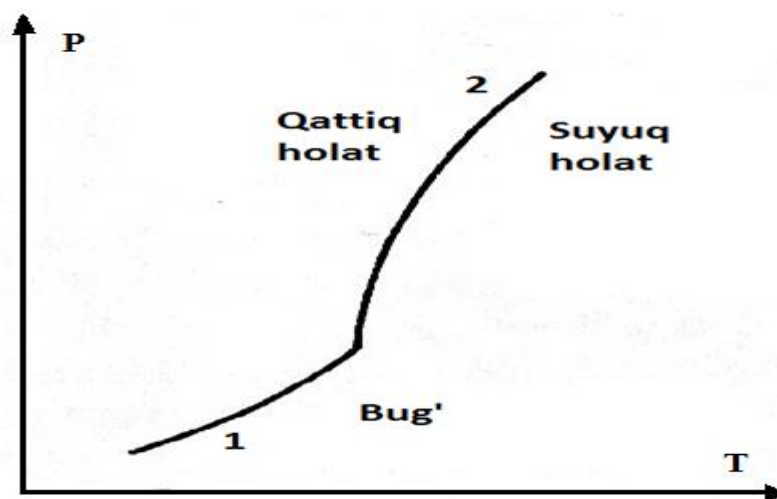
keladi. Masalan, FeS (pirrotin) birikmasida ikki valentli temir kationi kislorid va suv bilan to'yingan muhit sharoitlarida osonlikcha uch valentli kationga aylanib, qiyin eruvchan temir gidrooksidlari hosil qiladi; ikki valentli oltingurgurt anioni esa olti valentli kationga aylanadi va vodorod bilan birikib eritmaga o'tib ketadigan sulfat kislotasi hosil qiluvchi $[SO_4]^{2-}$ kompleks anioni yuzaga keltiradi. Shunday qilib, pirrotinning o'rnida xususiyatlari bilan pirrotinga hech ham o'xshamaydigan boshqa modda yuzaga keladi. Xuddi shunga o'xshab ikki valentli marganes karbonati $MnCO_3$ shunday sharoitlarda osonlikcha to'rt valentli marganes gidrooksidlarini hosil qiladi.

Agar temir va marganesning shu gidrooksidlari geologik proseslar natijasida yer po'stining kimyoviy qaytaruvchi muhit hukm surgan chuqurlik sharoitlariga tushib qolsa, elementlarning yuqori valentligi kationlari ko'pincha kichik valentli kationlarga aylanadi va bu aylanish shu birikmalarning suvsizlanishi bilan yuz beradi. Yuzaga kelgan yangi sharoitlarda yangi minerallar yuzaga keladi: gematit Fe_2O_3 yoki magnetik ($Fe \cdots Fe_2 \cdots O_4$), braunit ($Mn \cdots Mn \cdots O_3$), gausmanit ($Mn \cdots Mn_2 \cdots O_4$) va boshqalar.

§ 1.6 Qattiq jismlarning issiqlik sig'im va issiqlik o'tkazuvchanligi.

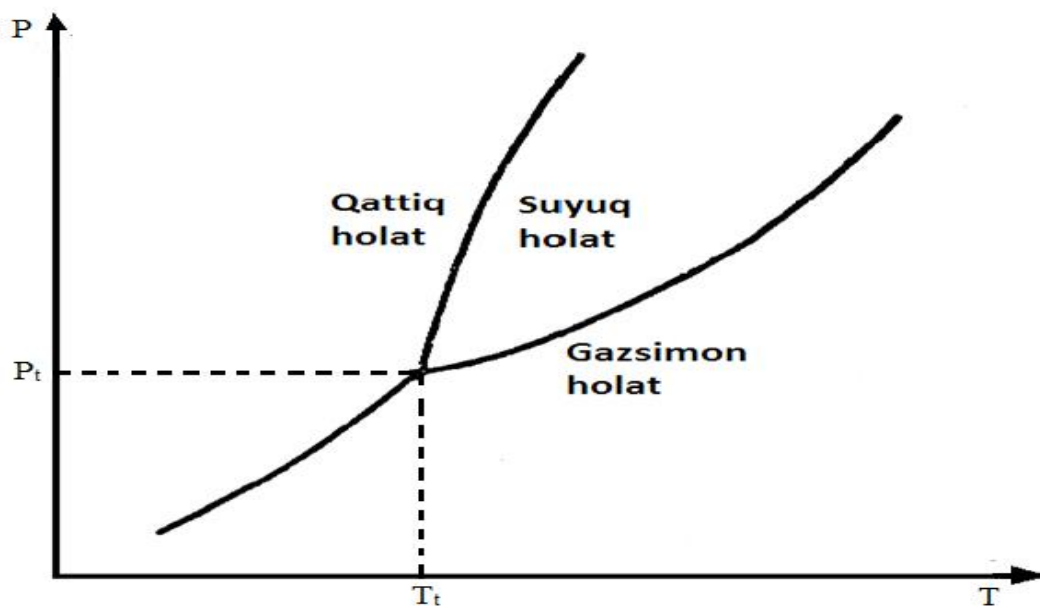
Holat diagrammasi.

Endi p va T koordinatalarda ayni bir grafikda erish va sublimatsiya egri chiziqarini tasvirlaylik. 1.4 – rasmdan ko'rinib turibdiki, har ikkala egri chiziq ham tikligi turlicha (buning sababi erish va sublimatsiya yashirin issiqliklarining turlicha bo'lishligidir) bo'lgani holda ma'lum p bosim va T temperaturaga tegishli bo'lgan biror nuqtada kesishadi. Erish egri chizig'i 2, ma'lumki, qattiq va suyuq fazalarning muvozanat egri chizig'idir [10,8,5]. Xuddi shuningdek, sublimatsiya egri chizig'i 1 qattiq va gazsimon holatlarning (fazalarning) muvozanat egri chizig'idir. Binobarin, 1 va 2 egri chiziqardan chapda bosim va temperaturalarning shunday sohasidirki, bu sohalarda moddaning barqaror holati qattiq holat bo'ladi. Bu egri chiziqardan o'ngdagi soha esa suyuq va gazsimon holatlar sohasidir.



1.4 – rasm.

O'z navbatida suyuq va gazsimon fazalar $p(T)$ diagrammada bug' hosil bo'lish egri chizig'i, ya'ni suyuqlik va bug'ning muvozanatda bo'lish egri chizig'i bilan ajratiladi. Bug' hosil bo'lish issiqligi sublimasiya va erish issiqligidan farq qilgani uchun, bug' hosil bo'lish egri chizig'i albatta erish va haydash egri chiziqari tomonidan kesilishi kerak. Agar 1.4– rasmda bug' hosil bo'lish egri chizig'i ham tasvirlansa, bu egri chiziq erish va sublimatsiya egri chiziqarini p_t va T_t koordinatali biror nuqtada kesib o'tadi (1.4– ram). Bu uchala egri chiziqning kesishish nuqtasi moddaning uchala fazalari–qattiq, suyuq va gazsimon fazalarining muvozanat nuqtasi bo'ladi. Binobarin, T_t temperatura va p_t bosimda moddaning uchala fazasi bir – biriga tekkan holida muvozanatda turadi, bunda suyuqlik bug'lanmaydi ham, kristallanmaydi ham, qattiq jism erimaydi, gaz (bug') kondensasiyalanmaydi. Boshqa biror bosim va temperaturada moddaning uchala fazasining bunday muvozanati mumkin emas.



1.5 – rasm Xolat diagrammasida moddaning uchala fazasining muvozanatiga mos keluvchi nuqta uchlanma nuqta deb ataladi.

Turli moddalar uchun uchlanma nuqtaning p_t bosimi va T_t temperaturasi turlicha bo'ladi. Masalan, suv uchun $p_t=4,6$ mm.sim.ust. va $T_t=0,01^{\circ}\text{C}$. 1.2–jadvalda bazi moddalar uchun uchlanma nuqta parametrlarining qiymatlari berilgan. Holat diagrammasidan ko'rinib turibdiki (1.5–rasm), qattiq jismni qizdirish bilan hamma vaqt ham suyuq holatga o'tkazish mumkin bo'lavermas ekan. Agar jismni p_t dan past bosim ostida qizdirilsa, bu jism erimaydi, balki suyuq fazani chetlab o'tib bevosita gazsimon holatga o'tadi, modda erimaydi, birato'la haydaladi.

1.2 – jadval.

Modda	Uchlanma nuqtadagi temperaturasi, K	Uchlanma nuqtadagi bosim, atm
Karbon kislotasi	216,5	5,11
Ammiak	195,4	$6 \cdot 10^{-2}$
Suv	273,16	$6 \cdot 10^{-3}$
Efir	152,9	$8,5 \cdot 10^{-6}$

Erish, ya'ni suyuq holatga o'tish uchun albatta jismni p_t bosimdan ortiq bosim ostida qizdirish kerak.

Ko'plab moddalar uchun uchlanma nuqtaga mos keluvchi bosim 1 atm dan kichik bo'ladi. Bunday moddalar atmosfera bosimida qizdirilganda eriydi. Biroq shunday moddalar ham borki, ularda p_t bosim 1 atm dan yuqori bo'ladi. Odatdagi bosimda qizdirilganda bu jismlar erimaydi, sublimasiyalanadi. Masalan, karbon kislotasi (CO_2) uchun bosim $p_t=5,1$ atm va temperatura $T_t=-57^\circ\text{C}$. SHuning uchun atmosfera bosimida qattiq karbon kislotasi faqat past temperaturalardagina mavjud bo'la oldi. Bunda karbon kislotasi atmosfera bosimida -800°C da o'z bug'i bilan muvozanatda bo'la oladi. Karbon kislotasi qattiq holatda ishlatiladi. Bu hammaga ma'lum bo'lgan <<quruq muz>> dir, biroq bu <<muz>> hech vaqt erimaydi, faqat bug'lanadi.

Uchta muvozanat chizig'idan ikkitasi – sublimasiya egri chizig'i va bug' hosil bo'lish egri chizig'ining boshi va oxiri bor. Sublimasiya egri chizig'i absolyut nolda boshlanadi va uchlanma nuqtada tamom bo'ladi; bug' hosil bo'lish egri chizig'i esa uchlanma nuqtada boshlanib, kritik nuqtada tugallanadi. Erish egri chizig'i ham uchlanma nuqtadan boshlanadi, biroq uning oxiri yo'q. Xar holda erish egri chizig'ining biror nuqtada <<tabiiy>> tugallanishini ko'rsatuvchi tajribalar ma'lum emas. Aksincha, tajribalar bosim ortishi bilan erish temperaturasi hamma vaqt ortib borishini ko'rsatadi. Anomal moddalar, ya'ni bosim ortishi bilan erish temperaturasi pasayadigan moddalarda, erish egri chizig'i ekstrapolyasiyada bosimlar o'qini kesib o'tadi. Bu yetarlicha katta bosimlarda moddaning juda past temperaturalarda erishi kerakligi va xatto absolyut nolda suyuq holida qolishi mumkin ekanligining ifodasidir.

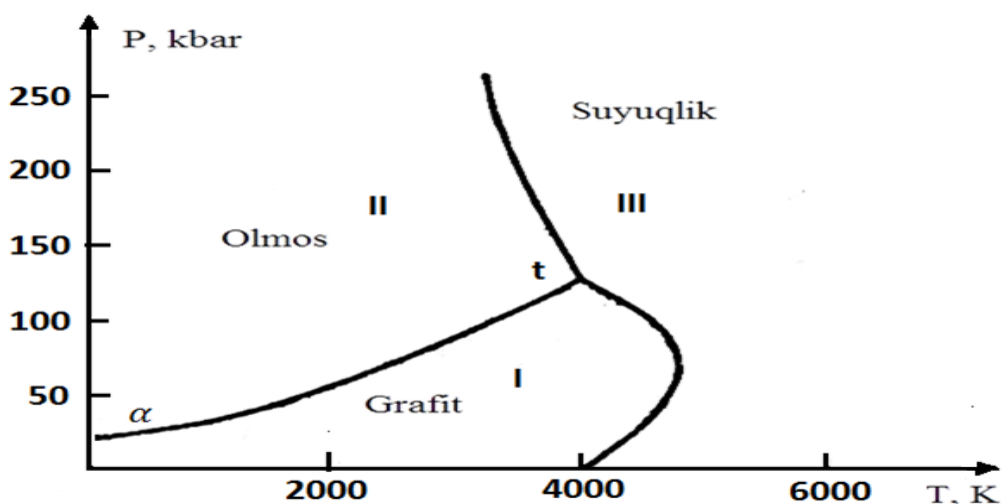
Masalan, tajribalar bosimning 180 000 atm gacha ortishi germaniyning erish temperaturasi 986 dan 2760 ga pasaytirganini ko'rsatib beradi.

Xulosa qilib shuni qayd qilish kerakki, yagona bir komponentadan tashkil topgan moddada uchtdan ortiq faza muvozanatda bo'la olmaydi (fazalar qoidasi). SHuning uchun bunday tur moddada uchtdan ortiq turli fazalar mavjud bo'lsa, u holda uchlama nuqtalar ham bittadan ortiq bo'ladi, biroq baribir ularning har birida

faqat uchta muvozanat egri chizig'i birlashadi. Yagona moddaning turli bosim va temperaturalarda barqaror bo'ladigan bir necha kristall modifikatsiyalari mavjud bo'lgan vaziyatlarda shunday holga duch kelamiz. Kristallarning bir necha turli modifikatsiyaga ega bo'lish xossasi polimorfizm deb ataladi; bir bunday modifikatsiyadan ikkinchisiga o'tish polimorf o'tish deb ataladi.

Polimorf o'tish xususiyatiga ega bo'lgan moddalarning holat diagrammasiga ajoyib va muhim misol qilib uglerodning holat diagrammasini ko'rsatish mumkin: uglerod ikki modifikatsiyaga—grafit va olmos ko'rinishida uchraydi [4,10,16]. Holat diagrammasi 1.6—rasmdagi ko'rinishda bo'ladi. Bu yerda t uchlanma nuqta suyuq, qattiq va gazsimon fazalarning muvozanatiga emas, ikki qattiq (grafit va olmos) va bitta suyuq fazaning muvozanatiga mos keladi. Uchlanma nuqtaga kbar (taxminan 130 ming atmosfera) bosim va 4000 K temperatura mos keladi.

Polimorf o'tish xususiyatiga ega bo'lgan moddalarning holat diagrammasiga α uglerod ikki modifikatsiyaga—grafit va olmos ko'rinishida uchraydi. Holat diagrammasi 1.6—rasmdagi ko'rinishda bo'ladi. Bu yerda t uchlanma nuqta suyuq, qattiq va gazsimon fazalarning muvozanatiga emas, ikki qattiq (grafit va olmos) va bitta suyuq fazaning muvozanatiga mos keladi. Uchlanma nuqtaga kbar (taxminan 130 ming atmosfera) bosim va 4000 K temperatura mos keladi.



1.6—rasm.

Diagrammadagi 1 soha uglerodning barqaror modifikatsiyasi grafit bo'ladigan bosim va temperaturalar sohasi, 2 sohada barqaror modifikatsiya – olmos va 3 soha

esa suyuq holdagi uglerod sohasidir. at chiziq ikki qattiq faza – olmos va grafit ning muvozanat chizig'idir.

Diagrammadan past bosim va temperaturalarda grafit barqaror modifikasiya bo'lish, olmos esa yuqori –15 ming atmosferadan past bo'lmagan bosimlar (a nuqtaga mos keluvchi bosim) da barqaror bo'lishi kelib chiqadi. Biroq bundan olmos 1 sohaga mos keluvchi bosim va temperaturalarda mavjud bo'la olmaydi degan xulosa chiqmaydi. Olmosning odatdagi bosim va temperaturalarda faqat mavjudgina emas, shu bilan birga tamomila barqaror bo'lishi yaxshi ma'lum. Biroq aslida olmos bu sharoitlarda metastabil, ya'ni beqaror muvozanat holatida bo'ladi. Biroq olmosning <<beqarorligi>> shundaki, bu sharoitlarda u cheksiz uzoq muddat mavjud bo'la oladi va faqat 1000K dan ortiq temperaturagacha qizdirilgandagina barqaror grafitga o'ta boshlaydi. Xuddi shuningdek, 2 sohada beqaror bo'lgan grafit ham, aslida bu sohada cheklanmagan muddat davomida tura oladi. Bu agar yuqori bosim va temperaturani orttirib grafitni 2 sohaga o'tkazilsa, bunda albatta grafit olmosga aylanadi degan ma'noni bildirmaydi.

Lekin shunga qaramay, ko'p uchraydigan va arzon grafitni haddan tashqari yuksak ahamiyatli olmosga aylantirish vazifasi keyingi 20 yil davomida faqat hal qilindigina emas, shu bilan birga suniy olmos ishlab chiqaruvchi alohida sanoat sohasi paydo bo'ldi. 60-100 ming atmosferaga yaqin bosimlar va 1500–2000K temperturalarda grafit (yoki uglerodni boshqa modda) olmosga aylanadi, biroq bunda katalizatorlar bo'lishi shart, bunday katalizatorlar rolini temir, tantal, nikel singari ba'zi metallar o'ynashi mumkin, aftidan, bu metallar grafitni eritib bersa kerak. Shu bilan birga, 200 ming atmosferaga yaqin bosim va 3000K ga yaqin temperaturalarda grafit katalizatorlarsiz ham olmosga aylanadi. Bunda shu narsa muhimki, bosimni olish va sovitish natijasida, ya'ni 1 qaytish endi ancha grafitning olmosga aylanishiga olib kelmaydi.

Suniy olmos sanoatida buyumlarga ishlov berish uchun mo'ljallangan asboblarning kesuvchi qismlari sifatida keng ishlatiladi.

Polimorf aylanish ham fazaviy o'tishdir. Bu aylanish ham o'tish yashirin issiqligi chiqarish (yoki yutish) bilan sodir bo'ladi, chunki har bir bunday o'tishda

kristall panjara o'z tuzilishini qayta o'zgartiradi, shubxasiz bu kristalldagi zarralarning energiyasi o'zgarishi bilan bog'liqdir. Polimorf aylanishlar bo'lganida erish egri chizig'ining boshi va oxiri bo'ladi: bu egri chiziq bir uchlama nuqtada boshlanib ikkinchi uchlama nuqtada tugallanishi mumkin.

§1.7 Birinchi va ikkinchi tur fazaviy o'tishlar.

Barcha fazaviy o'tishlarda jism yoki tegishli o'tishning yashirin issiqligi (erish issiqligi, bug'lanish issiqligi va xakazo) sifatida energiya ajraladi yoki energiya yutiladi. Energiyaning yoki energiya bilan bog'liq bo'lgan boshqa kattaliklar, masalan, zichlikning sakrashsimon o'zgarishi bilan bo'ladigan fazaviy o'tishlar birinchi tur fazaviy o'tishlar deb ataladi [1,6,7].

Birinchi tur fazaviy o'tishlar uchun modda xossalarining sakrashsimon, ya'ni juda qisqa temperaturalar intervalida o'zgarishi xarakterlidir. Binobarin, aniq o'tishlar temperaturasi yoki o'tish nuqtasi haqida, masalan, qaynash nuqtasi, erish nuqtasi va xakazo gapirish mumkin. Fazaviy o'tishlar temperaturalari tashqi parameter – p bosimga bog'liq; berilgan temperaturada o'tish sodir bo'ladigan fazalar orasida aniq bosimda muvozanat sodir bo'ladi. Fazaviy muvozanat chizig'i bizga ma'lum bo'lgan Klapeyron – Klauzius tenglamasi bilan ifodalanadi:

$$\frac{dp}{dT} = \frac{L}{T(V_2 - V_1)} \quad (1.2)$$

bu yerda L – o'tish molyar issiqligi, V_1 va V_2 har ikkala fazaning molyar hajmlari.

Birinchi tur fazaviy o'tishlarda yangi faza birato'la butun hajmda paydo bo'lmaydi. Dastlab yangi fazaning markazlari hosil bo'lib so'ngra ular o'sib butun hajmga tarqaladi.

Kondensasiya uchun chang zarralari, ionlar va xakazo ko'rinishidagi kondensasiya markazlari bo'lishi zarur. Xuddi shuningdek, suyuqlikning qotishi uchun kristallanish markazlari bo'lishi zarur. Bunday markazlar bo'lmaganda bug' va suyuqlik o'ta sovigan holatda bo'lishi mumkin. Masalan, -10^0 C temperaturada ham, agar suv toza bo'lsa, uzoq muddat muzlamasligini kuzatish mumkin.

Biroq shunday fazaviy o'tishlar ham bo'ladiki, ularda aylanish butun hajmda kristall panjaraning uzluksiz o'zgarishi, ya'ni panjarada zarralarning o'zaro qayta

joylashishi natijasida darhol ro'y beradi. Bu ma'lum temperaturada panjara simmetriyasining o'zgarishi, masalan, past simmetriyali panjaraning yuqori simmetriyali panjaraga aylanishiga olib kelishi mumkin. Bu temperatura fazaviy o'tish nuqtasi bo'lishi mumkin, bu holda bunday fazaviy o'tish ikkinchi tur fazaviy o'tish deb ataladi. Ikkinchi tur fazaviy o'tish sodir bo'ladigan bu temperatura Kyuri nuqtasi deb ataladi. Bu birinchi marta ferromagnetiklarda ikkinchi tur fazaviy o'tishlarini kashf qilgan olim Per Kyuri sharafiga shunday nomlanadi.

Biroq o'tish nuqtasidan yuqori va past temperturalarda modda turli kristall modifikasiyali bo'lgani uchun ularning issiqlik sig'imi, turlicha bo'ladi. Demak, fazaviy o'tish nuqtasida issiqlik sig'imi ya'ni ichki energiyadan vaqt bo'yicha olingan hosilasi $\frac{dU}{dT}$ sakrashsimon o'zgaradi. Garchi o'tish nuqtasida hajmning

o'zi o'zgarsa-da, hajmiy kengayish koeffisienti $\frac{1}{V} \frac{dV}{dT}$ sakrash bilan o'zgaradi.

Shunday ikkinchi tur fazaviy o'tishlar ham borki, ularda holatning uzluksiz o'zgarishi kristall strukturasi o'zgarishini bildirmaydi, biroq bu o'tishlarda holat birdaniga butun hajmda o'zgaradi. Bunday tur o'tishlarning eng mashhuri moddaning ferromagnit holatdan ferromagnit bo'lmagan holatga o'tishidir, bunday o'tish Kyuri nuqtasi deb atalgan temperaturada sodir bo'ladi [19]; bazi metallarning normal holatdan o'ta o'tkazuvchan holatga o'tishi ham shunday o'tishga misol bo'ladi, bunda moddaning elektr qarshiligi yo'qoladi. Ikkala holda ham o'tish nuqtasida kristallning strukturasi o'zgarmaydi, biroq har ikkala holda ham holat uzluksiz va birdaniga butun hajmda o'zgaradi. Suyuq geliyning He I holatdan He II holatga o'tishi ham ikkinchi tur o'tishga misol bo'ladi. Bu barcha hollarda o'tish nuqtasida issiqlik sig'imining sakrashi kuzatiladi.

Fazaviy aylanishlarda asosiy rol ni fizikaviy kattaliklarning fluktuasiyalari o'ynaydi. Fluktuasiyalar – energiyaning, zichlikning va u bilan bog'liq bo'lgan boshqa kattaliklarning tasodifiy o'zgarishlari – hamma vaqt mavjud bo'ladi. Biroq fazaviy o'tishdan uzoqroqda ular juda kichik hajmlarda yuzaga keladi va shu zahotiyoq yuqolib ketadi. Moddaning bosimi va temperaturasi kritik qiymatlarga yaqin bo'lganida esa fluktuasiya bilan qamrab olingan hajmda yangi faza hosil

bo'lishi mumkin. Birinchi va ikkinchi tur fazaviy o'tishlar orasidagi farq shundan iboratki, o'tish nuqtasi yaqinida fluktuasiyalar turlicha rivojlanishi mumkin.

Birinchi tur o'tishda yangi fazaning eski faza ichida markazlar tarzida yuzaga kelishini yuqorida aytib o'tdik. Ularning paydo bo'lishiga sabab energiya va zichlikning tasodifiy fluktuasiyalaridir. O'tish nuqtasiga yaqinlashgan sari yangi fazaga sabab bo'ladigan fluktuasiyalar tez-tez bo'lib turadi, garchi har bir fluktuasiya juda kichik hajmda ro'y bersa ham, ularning hammasi bir bo'lib, agar ularning hosil bo'lish joylarida kondensasiya markazi bo'lsa, yangi fazaning makroskocho'qqi markazi paydo bo'lishiga sabab bo'lishi mumkin.

Ikkinchi tur fazaviy o'tishlar holida vaziyat ancha murakkabroq bo'ladi. Yangi faza birdaniga butun hajmda paydo bo'lgani sababli odatda mikroskocho'qqi fluktuasiyalar o'z-o'zicha fazaviy o'tishga olib kela olmaydi [24]. O'tish nuqtasidan pastda, yangi faza qaror topganidan so'ng ular yana qaytadan so'na boshlaydi va yana asta – sekin qisqa tasirli hajmda qisqa muddatli bo'lib qoladi. Ikkinchi tur fazaviy o'tishi hamma vaqt sistemaning simmetriyasi o'zgarishi bilan bog'liq bo'ladi: yangi fazada yo dastlab bo'lmagan tartib yuzaga keladi (masalan, ferromagnit holatga o'tishda alohida zarralarning magnit momenti tartibga tushadi), yo avval mavjud bo'lgan tartib o'zgaradi (kristall strukturaning o'zgarishi tufayli bo'ladigan o'zgarishlarda). Bunday yangi tartib fazaviy o'tish yaqinidagi fluktuasiyalarda mavjud bo'ladi.

§1.8. Tadqiqot muammosining qo'yilishi

Bugungi kungacha minerallarni o'rganishning bir qancha (rentgen mikrotahlil, elektron mikroskopiya) metodlari ishlab chiqilgan bo'lsada, 1903 – yilda akademik N. S. Kurnakov g'oyasi asosida olib boriladigan differensial termik tahlil (DTT) o'zining ahamiyatini yuqotgani yo'q. Shuning uchun termik tahlil uzoq vaqt davomida mineralogiya – petrografik tadqiqotlar amaliyotida minerallarni diagnostlash va ular tuzilishi xususiyatlarini o'rnatish kesimlari bo'yicha namunalar seriyalarini taqqoslash, stratigrafik qiyoslash uchun minerallarning paragenezisini aniqlash, turli xil mineral xomashyoni sifatini aniqlashda an'anaviy metodlardan biri bo'lib xizmat qilib kelmoqda.

Bu metodning yana afzal tomoni shundaki, bunda differensial termik tahlil (DTT), differensial termik graviometriya (DTG) va termograviometriya (TG) singari bir necha grafiklar bir vaqtning o'zida parallel holda yozib olinadi. Grafiklarning shakli minerallarning qizdirilish temperatura oraligidagi effektlar soni va bu effektlarning borish tezligi hamda o'zaro tasiriga bo'g'liq. Bundan tashqari asbobning holati va tashqi muhit ham grafiklarga sezilarli tasir qiladi. Sodir bo'layotgan endotermik va ekzotermik effektlarni o'rganib kristallarning fazaviy o'tish jarayoni, massaning o'zgarishi va bu jarayonlardagi ajralib chiqayotgan yoki yutilayotgan issiqlik miqdori haqida aniqroq ma'lumot olish mumkin. Yuqoridagi fikrlarni inobatga olgan holda ushbu malakaviy bitiruv ishida quyidagi vazifalarning bajarilishi asosiy maqsad qilib qo'yildi:

1. Xal'kozin, gyotit, pirit va pentlanditning 20–600⁰C temperatura oralig'ida differensial termik tahlil (DTT) va termograviometriya (TG) egri chizig'ini olish.
2. (DTT) va (TG) egri chizig'ini bir – biriga bog'lab tushuntirish.
3. Xal'kozin, gyotit, pirit va pentlanditdagi endotermik va ekzotermik effektlarni o'rganish.
4. Olingan grafiklardan tegishli xulosalar chiqarish.

I-bobga doir xulosalar

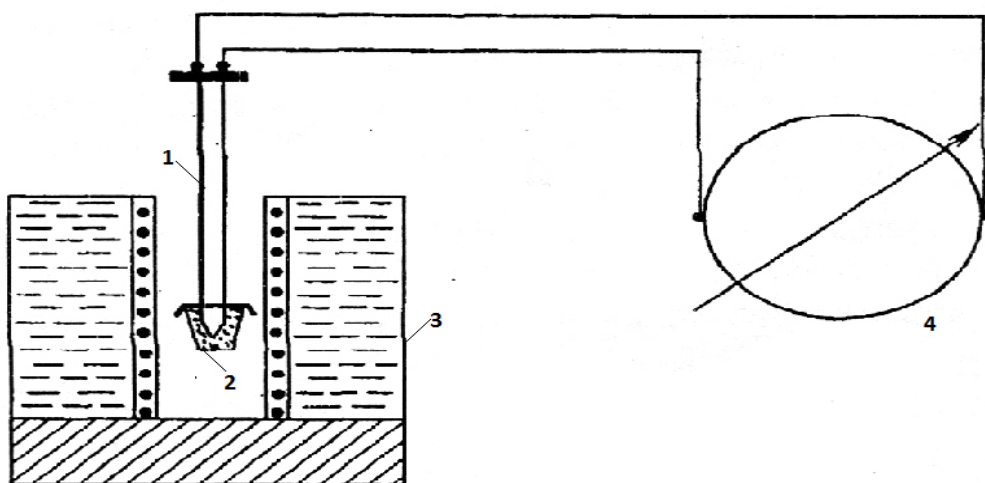
Malakaviy bitiruv ishida tadqiq qilinadigan obektlarga dahldor bo'lgan quyidagi xossalarini ilmiy adabiyotlarda o'rganilganlik darajasiga sharh berilgan:

1. Differensial termik tahlil va termograviometriya egri chiziqlarining fizik mohiyatini tushuntirish;
2. Temperatura oshishi bilan minerallar massasining o'zgarishini mavjud nazariyalar asosida talqin qilish;
3. Birinchi va ikkinchi tur fazaviy o'tishlar.

II.BOB. O'LCHASH QURILMASI VA UNING ISHLASH PRINSIPI

§2.1 Oddiy (temperaturaviy) va differensial qizdirish egri chizig'ini olish usuli.

Oddiy qqizdirish egri chizig'ini olish uchun quyidagi tajriba o'tkaziladi. O'rganilayotgan modda (mineral) maxsus tig'lga joylashtiriladi, elektr isitgich pechga qo'yilib bir xil va tekis qizdiriladi (2.1– rasm). Qizitish jarayonida ma'lum temperatura oralig'ida (25°C dan 1000°C gacha) doimiy vaqt oralig'ida o'rganilayotgan namunaning temperaturasi o'lchanadi.



2.1 – rasm. Oddiy termoparali termik asbobning sxemasi.

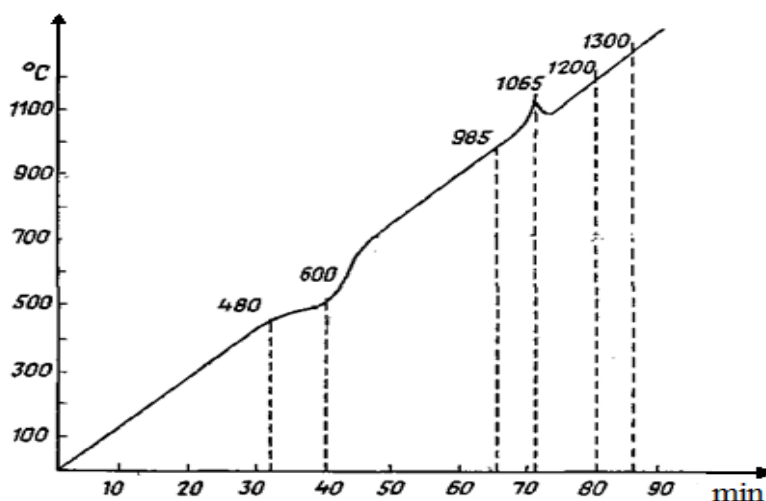
1 – termopara; 2 – tekshirilayotgan modda solingan tig'l; 3 – elektrli qizdirish pechi; 4 – temperaturali galvanometr.

Namunadagi temperaturani Le–Shatele tomonidan ilk bor tavsiya etilgan oddiy termopara yordamida tez va aniq o'lchash mumkin [12,17]. Termopara bir xil qalinlikdagi turli metallardan iborat simlardir, qorishmalardan (termoelektrodlar) iborat bo'lib ikki kanalli farfor trubkaga joylashtirilgan va ularning oxiri birlashtirilgan. Termopara elektrodlarining ulangan joyi qizitiladigan moddaga qo'shilgan joyi "issiq ulanma" kiyiladi, simlarning qarama-qarshi tomoni o'lchagich galvanometrlarga ulangan, bu o'zgarmas temperaturada (0 yoki $+25^{\circ}\text{C}$) joylashgan bo'lib "sovuq ulanma" deyiladi.

Sanoatda qo'llaniladigan ko'pchilik termoparalardan (xromel – alyumel, nikel – nixrom, xromel – kopel) termik tahlil amalyotida ko'proq platinarodiy – platinali termopara ishlatiladi, uning bitta elektrodi platina va 10% rodiiy qorishmasidan

iborat, ikkinchisi faqat platinadan iborat. Bu termoparaning yutug'i katta idell EYUK ga ega.

O'rganilayotgan modda temperaturasi o'lchovlari natijasi grafikka tushirilib absissa o'qi bo'yicha qizdirilish vaqti va ordinata o'qi bo'yicha esa modda temperaturasi joylashtiriladi. Shu tartibda olingan $T=f(t)$ bog'lanish egri chizig'i olinadi. Umumiy hollarida u to'g'ri chiziq (2.2–rasm) holatiga ega bo'lib ma'lum burchak ostida absissaga qarab boradi. Namunaning temperaturasi ko'tarilishini uzluksiz ifodalab turadi. Faqat alohida hollardagina oddiy qizdirish egri chizig'ining o'sishi to'g'ri chiziqli bog'lanishdan chetlashish hollari kuzatiladi. Bu hollar temperaturaning oshishi yoki kamayishidan dalolat beradi. Bu paytda moddada endotermik yoki ekzotermik o'zgarishlar va reaksiyalar sodir bo'ladi. Bitta mineralga bir necha o'zgarish va reaksiyalar xarakterli bo'lib bu issiqlik ajralish va yutilish bilan bog'liq bo'lib oddiy qizdirish egri chizig'ining shakliga tasir qiladi.

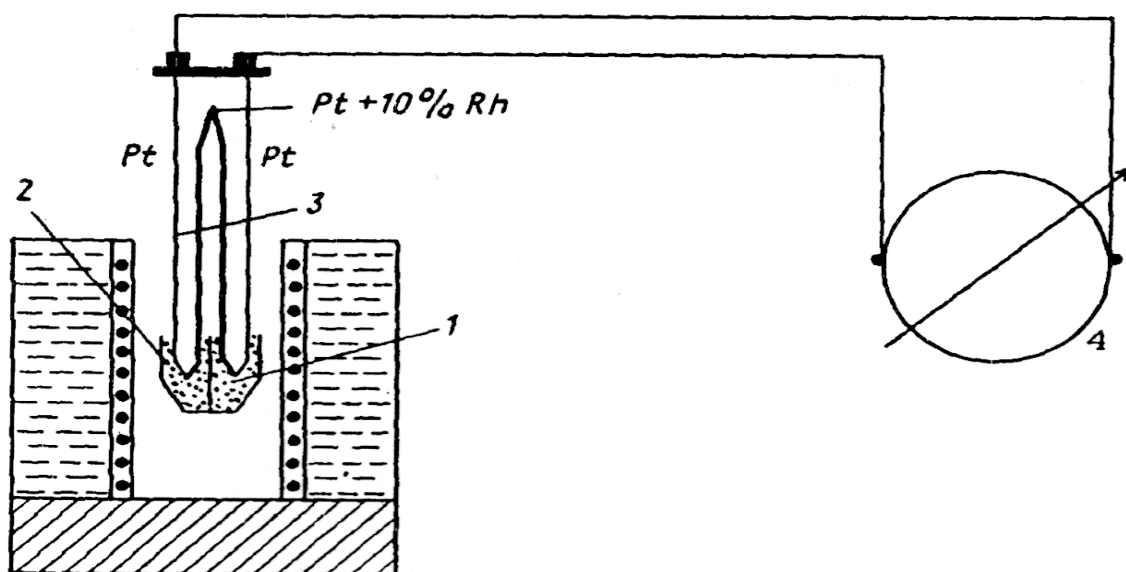


2.2 – rasm. Kaolinning oddiy (temperaturaviy) qizitish egri chizig'i.

Termik jarayonlar tabiiy moddalarda ko'p hollarda issiqlik o'zgarishining kamligi natijasida qizdirish egri chizig'idagi o'zgarishlar yetarlicha ifodalanmaydi. O'rganilayotgan obyektga aniq ifodani aks ettirish uchun DTT usuli qo'llaniladi. Bu holatda eksperiment quyidagicha o'tkaziladi. Pechda bir vaqtda turli simmetrik joylashgan tigllardagi o'rganilayotgan modda va etalon qizdiriladi. Ikkala sinovning ham temperatura o'zgarishi differensial termoparalar yordamida

o'lchab boriladi va ularning farqi vaqt funksiyasi ko'rinishida ($\Delta T = f(t)$) ifodalanadi.

R. Austen (1899) va A.A. Baykovlar (1910) tomonidan taklif etilgan termoparalar galvanometr orqali bir-biriga to'g'ri ulangan ikkita oddiy termopardan iborat [18]. Bitta oddiy termoparaning issiq kovshari umumiy holatda differensialining bir qismi bo'lib o'rganilayotgan moddaga, ikkinchi kovshari esa – etalon joylashgan muhitga joylashtiriladi. Etalon sifatida turli kimyoviy birikmala ishlatiladi. Etalon termoinertli modda bo'lishi kerak. (2.3 – rasm)

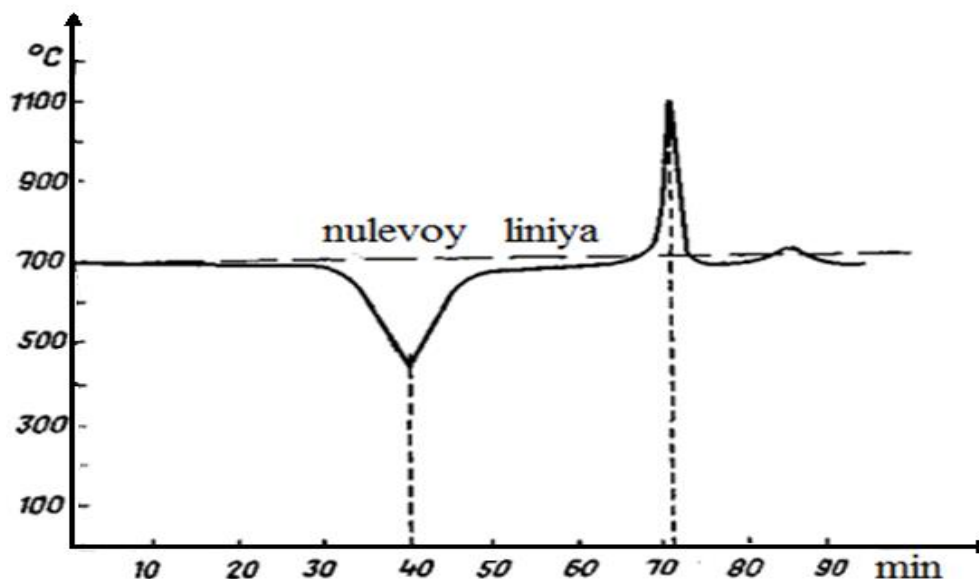


2.3 - rasm. Differensial termoparali termik asbobning sxemasi.

1 – o'rganilayotgan modda; 2 – etalon (termik jihatdan inert bo'lgan modda);
3 – differensial termopara; 4 - galvanometr.

Agar qizitish jarayonida o'rganilayotgan namuna va etalon sifatida ishlatilayotgan modda bir xil temperaturaga ega bo'lsa differensial termoparaning ikkala tomonidan ham hosil bo'layotgan termotoklar (EYUK) bir – birini kompensatsiyalaydi va galvanometr hech qanday o'zgarish ko'rsatmaydi. Galvanometr termopara zanjirida elektrotok borligini namunadagi issiq kovshar temperaturasi etalondagi issiq kovshar temperaturasidan farq qilganda ko'rsatadi. Elektrotok kattaligi namuna va etalon o'rtasidagi temperatura farqi kattaligiga bo'g'liq .

Odatda differensial egri chiziq yani temperaturaning vaqtga bog'lanishi potensiometr yordamida qayd qilib boriladi va 2.4-rasmda keltirilgan.



2.4 - rasm. Qizdirilgan kaolinnig differensial egri chizig'i (DTT).

Differensial qizdirish egri chizig'i termik effektlar borishi bilan xarakterlidir, bu esa shartli nol holatdan boshlab temperaturaning oshishi bilan yuqoriga yoki pastga egri chiziqdan chetlanishiga bog'liq. Issiqlik yutishi bilan bog'liq bo'lgan termik effektlar egri chiziqdan pastga chetlanish bilan, issiqlik ajralib chiqishi bilan boradigan chetlanishlar esa yuqoriga chetlanish bilan bog'liq [11,17,6]. Differensial egri qizdirish egri chizig'i ko'pincha mineral termogrammasi yoki DTT – deb nomlashadi.

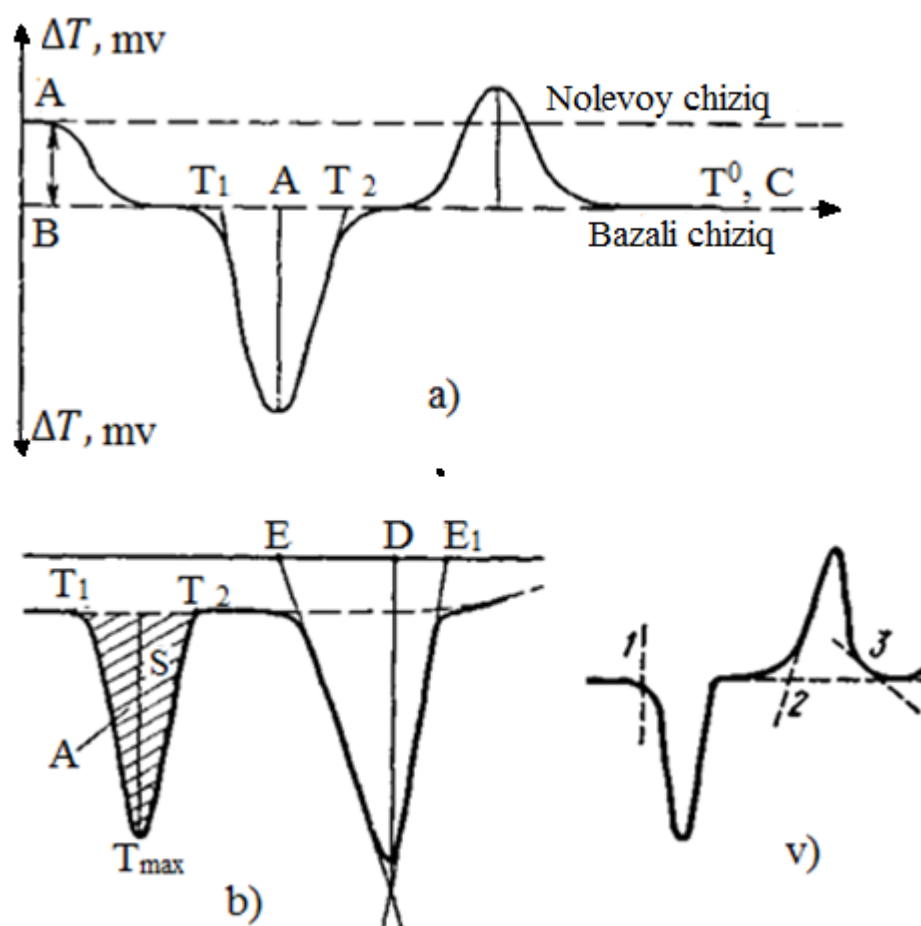
Shuni aytish kerakki oddiy DTT egri chizig'i vaqt koordinatasi absissda ifodalanadi, ularning tahlilini temperatura bilan bog'liq holda o'tkazish qulay. Vaqt koordinatasidan temperatura koordinatiga o'tish oson bajariladi ichki temperatura vaqt funksiyasi hisoblanadi. Ko'p hollarda termik qurilmalarda qizitish temperaturasini har 100°C zarur holatda 50°C yoki 20°C oralig'ida o'lchash imkoniyati mavjud. Bu qo'shimcha strelkali pirometrli millivoltmetr yordamida amalga oshiriladi. Temperatura o'lchashning u yoki bu usuli tadqiqotning aniq masalalari bilan belgilanadi. Agar termik effektlarda boshlang'ich va oxiri temperaturalarini aniq olish kerak bo'lsa temperatura o'lchami namunalarda o'tkaziladi. Etalondagi qizitish temperaturasini aniqlashdagi

o'zgarishlar temperaturasi ahamiyati aniqligini aniq aniqlab bo'lmaydi. Bu holatda faqat termik effektlar o'tish temperaturasi aniqlanadi. Differensial egri qizitish faqat namuna va etalon o'rtasidagi reaksiya tezligi yuqori darajaga erishgan vaqtdagi temperatura farqini ko'rsatadi (2.4 – rasm).

§2.2 Differensial termik tahlil egri chizig'ining o'zgarishini baholash.

DTT egri chizig'i va termogrammalarning termik xarakteristikasini olish tadqiq etilayotgan moddalarda bor bo'lgan endotermik va ekzotermik o'zgarishlarni fizik–kimyoviy xususiyatini o'rnatish uchun solishtiriladi. Birinchi masala nisbatan oson hal etiladi va standart usullar ishlatiladi. Ikkinchi masalani hal etishda tahlillarning kimyoviy rentgenografik, termograviometrik, optik turlariga murojaat etishga to'g'ri keladi.

Har qanday termogrammaning geometrik xususiyati birinchi navbatda endotermik va ekzotermik effektlarning soni va joylashishiga bog'liq [2,16]. Nol yoki tayanch chiziqqa nisbatan qizdirish egri chizig'ining (yuqoriga yoki pastga) chetlanishi qayd etiladi. Yozishning bosh nuqtasi ordinata o'qiga nisbatan chizilgan perpendikulyar to'g'ri chiziq nolinchi chiziq deyiladi. Ba'zali yoki ekspremental nol chiziq (2.5–rasm) DTT egri chizig'i gorizonta qismi bilan to'g'ri keladigan qismi hisoblanadi, bu nolinchi chiziqqa parallel bo'lib unung darajasidan bir qancha pastda yoki yuqorida tajribaning real sharoitida joylashadi. Bazali chiziqning holati nolga nisbatan qizdirish tezligiga, o'rganilayotgan namuna va etalonning og'irligi hamda ularning fizik xususiyatiga bog'liq.



2.5 – rasm. DTT egri chizig'ining geometrik elementlari.

a) nolinni va bazali chiziqlar; b) temperatura: T_1 – termik effekt boshlanadigan temperatura, T_2 – termik effekt tugaydigan temperatura, $T_{\max}$ – termik effektning maksimal temperaturasi, T_1 – T_2 termik effekt temperatura intervali, S – yuza; A – amplityda; E_1D/ED – termik effekt shaklining belgisi; v) cho'qqi boshlanadigan va tugaydigan temperaturani aniqlash.

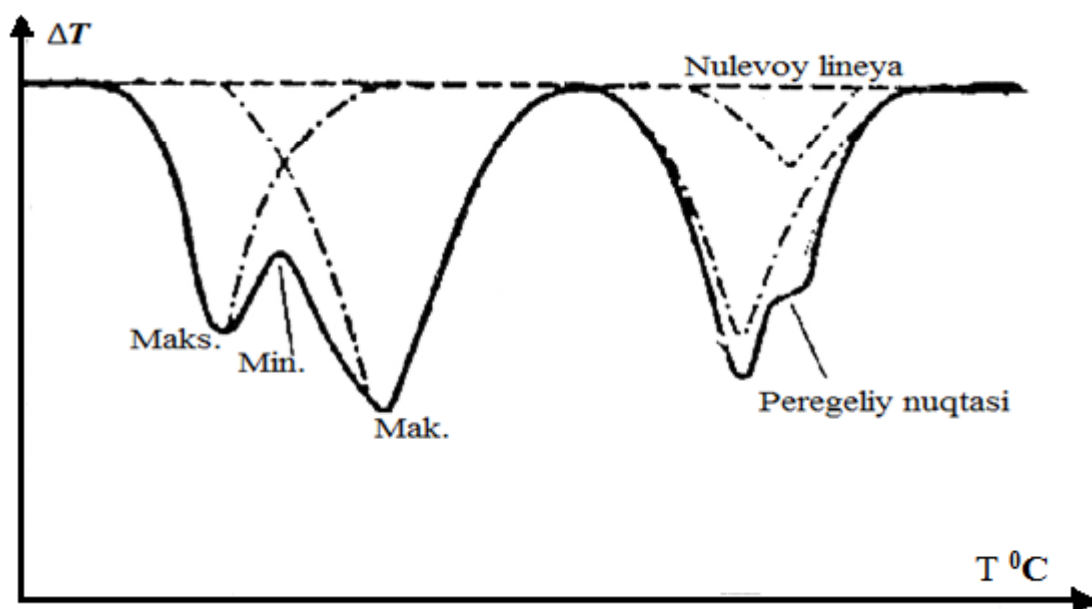
Har qanday termik effekt qizdirish egri chizig'ining nolinni yoki bazali chizig'iga nisbatan aniqlanadigan geometrik elementlar bilan xarakterlanadi (2.5b – rasm)

Termik effektning boshlang'ich temperaturasi va nuqtasi (T_1) va oxiri (T_2), ya'ni chetlanish nuqtasi bo'lib DTT qizdirish egri chizig'ining dastlabki nol (bazali) chiziqqa qaytish darajasini ifodalaydi. Bu nuqtalarning o'rnatish cho'qqi shakliga bog'liq bo'lgan turli usullari mavjud. Termik effektning maksimal nuqtasi va temperaturasi ($T_{\max}$) ya'ni DTT egri chizig'ining bazis nol chiziqdan maksimal chetlanish nuqtasi.

Effekt aks ettirilgan T_1 - T_2 temperatura intervalining boshi va oxiridagi oraliq masofa – cho'qqining kengligini xarakterlaydi.

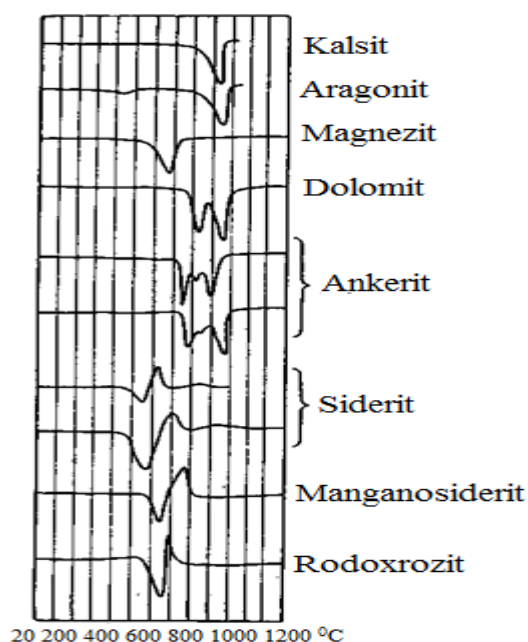
Termik effekt kattaligi DTT egri chizig'ining va nolinchi (bazisli) chiziq oralig'ida joylashgan cho'qqi yuzasi bilan aniqlanadi.

Yuqorida qayd etilganlardan tashqari DTT egri chizig'ining xususiyatlaridan kelib chiqib termogrammalarning geometrik elementlari kattaligiga minimal va egrilanish nuqtalarini kiritish mumkin. Ikkita endotermik va ekzotermik effektlar egrilik oralig'ida joylashgan, nolinchi (bazisli) chiziqqa yaqinlashtirilgan nuqta minimal hisoblanadi (2.6–rasm). Termogrammada aks ettirilgan termik effektlarni geometrik nuqtalarni belgilab, so'ngra ularni olingan yozuvda ko'rsatilgan temperaturalarini aniqlashga kirishiladi.



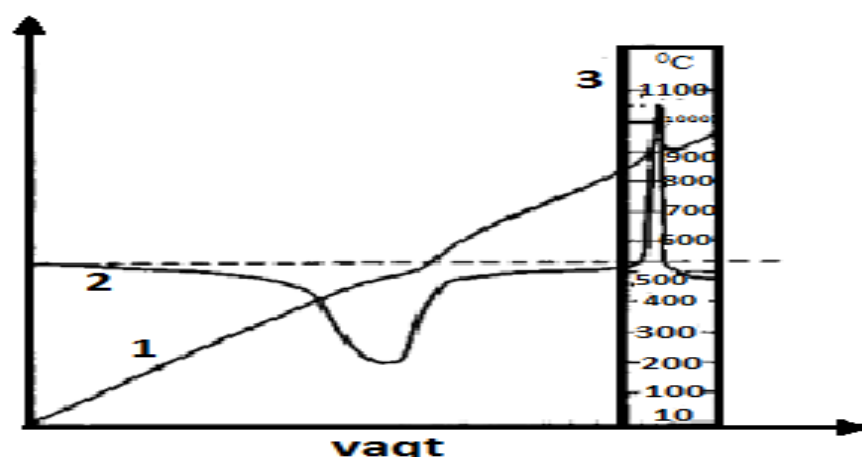
2.6 –Rasm. Differensial qizdirish egri chizig'ining egrilanish va minimum nuqtasi. $^\circ\text{C}$

Faqatgina bitta differensial egri chiziq aks ettirilganda ya'ni qizidirish temperaturasi har 100°C dan keyin parallel o'qlarda vertikal chiziqar ko'rinishida aks ettirilganda termik effektlarning temperaturasi boshi maksimal va oxirgi temperatura chiziqlari orasidagi masofa interpretatsiya yo'li bilan hisoblanadi.



2.7 – rasm. Karbonatning Differensial termik tahlil (DTT) egri chizig'i.

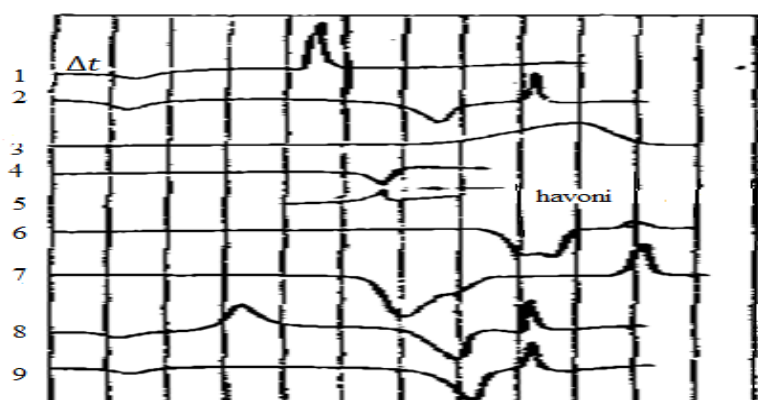
Differensial qizdirish egri chizig'i va temperatura bir vaqtda yozilayotganda temperatura nuqtalarini aniqlash temperaturali chizg'ich yordamida amalga oshiriladi. Temperatura chizg'ichi har bir termik qurilma uchun ekspremental olinadi va baholash vaqtida ishlatiladi. Ko'pgina termik qurilmalarda termogrammaning o'rnatilishi bo'yicha u yoki bu usul bilan odatda optik (temperatura chizg'ichi) usulda o'tkazish imkoniyati ko'zda tutiladi. Termik effektlarning differensial egri chizig'ida turli nuqtalarning temperaturasi aniqlash quyidagicha amalga oshiriladi [22,23]. Temperatura chizg'ichi shunday joylashtiriladiki, chizg'ichning boshlang'ich bo'limi temperaturaning boshlang'ich nuqtasidan o'tishi kerak (2.8–rasm). Termik egri chiziq temperaturasi oddiy yozuvli temperatura chizg'ichi bilan kesishgan nuqtadan qaraladi. Bu kesishgan nuqta DTT egri chiziq temperaturasi ko'rsatadi. Termogramma boshqa nuqtalarining temperaturasi aniqlash uchun temperatura chizg'ichsini ordinata o'qiga parallel suriladi.



2.8 – rasm. Termik effektlardagi temperaturalarini darajalash chizg'ichi yordamida aniqlash.

1 – oddiy qizdirish egriligi; 2 – differensial egri chizig'i; 3– temperatura chizg'ichi.

Minerallarni qizdirish jarayonida qizdirishning egri chizig'ining umumiy ko'rinishi termik effektlar shakli, xarakteri, ularning tezligi, amplitudasi, shakllar indeksi, shuningdek temperatura intervali darajada bo'ladigan o'zgarishlar tabiati haqida tasavvur uyg'otadi. Tezkor simmetrik va o'tkir asosli cho'qqilar temperaturaning tor intervalida aks ettirilgan ekzotermik effektlar odatda amorf holatdan kristall holatga o'tishi bilan tushuntiriladi [12,13]. Ekzotermik effektlarni assimetrikligi va uzunligi atrof muhitning oksidlanish imkoniyatiga bog'liq bo'lgan sekin kechuvchi oksidlanish – qaytarish jarayonidan dalolat beradi.



2.9 - rasm. Ba'zi minerallarning termogrammalari.

1 – metamiktli mineral; 2 - klinoxrizotil takomillashmagan strukturali; 3 – grafit ; 4 – kvars (qizdirilgan); 5 - kvars (sovitilgan); 6 – pirit ; 7 – kaolinit; 8 – organik serpantin.

Enantiomorf va polimorf o'zgarishlarni endotermik effekt nuqtalari kichik soha va amplitudalar bilan xarakterlanadi. Ko'p hollarda assimetrik bo'lib kristallik panjara buzilish effekti uchuvchi komponentlarining yo'q qilinishisiz yoki ajralib chiqishisiz ro'y beradi. Bu holat termogrammalarda yorqin cho'qqilar bilan ifodalanadi. Qattiq faza yuzasi kattaligi o'zgarishi kuzatiladi. Buni tasdiqlash uchun ba'zan termogrammalarni turli sharoitlarda olish tavsiya etiladi a) oddiy havoli yoki inert muhitda b) turli tashqi bosimda. Bazi hollarda DTT egri chizig'ida termik effektlarning yoyilishi kuzatiladi. Bu minerallarning tarkibida turli strukturali pozitsiyalarda suv ajralib chiqishi bilan asoslanadi.

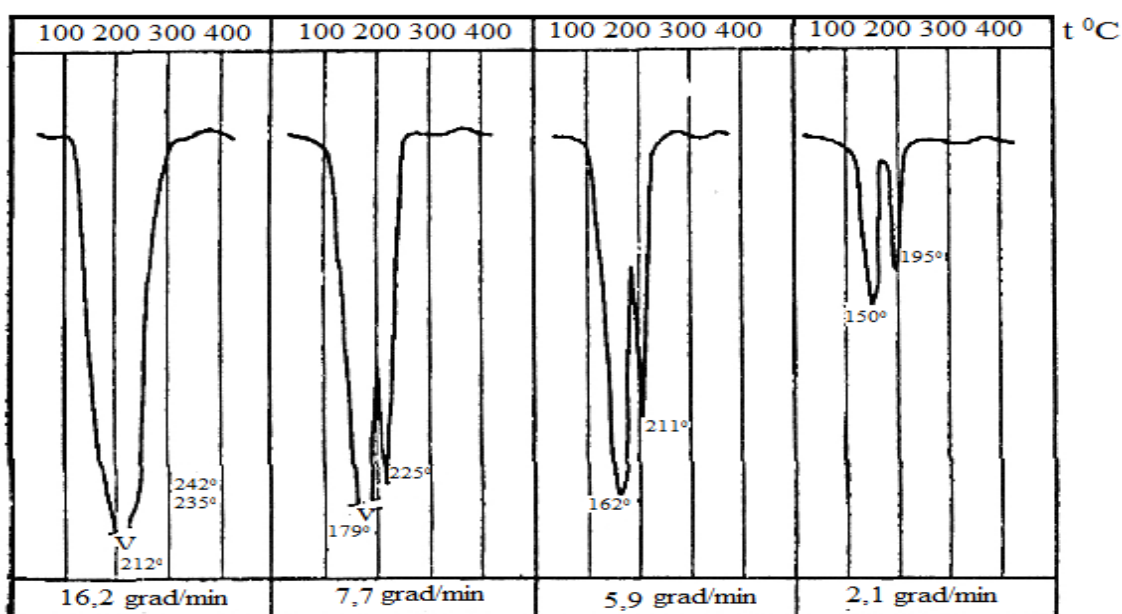
Qizidirish jarayonida moddada bo'ladigan ko'pchilik jarayonlar bir xil. Differensial termograviometrik va termogramma tahlili natijasi asosida interpretatsiyalanadi. Qator o'zgarishlar modda og'irligi o'zgarishi bilan xarakterlanadi.

Masalan dissotsiatsiya, degidratsiya reaksiyalari (CO_2 , SO_3 , F, Cl, H_2O va boshqa uchuvchi komponentlarning yo'q bo'lishi) massa yo'qolishi bilan kechadi. Oksidlanish esa (past valentli metallarni yuqori valentli turlarga aylanishi: $\text{Fe}^{2+} \rightarrow \text{Fe}^{3+}$) og'irlikni ortishi bilan kechadi. Shu bilan birga bir qatorda yangi fazalarni tashkil topishi bir agregatli holatdan boshqasiga o'tishi, qattiq qorishmalarning tutilishi kabi holatlarda polimorfli o'zgarishlar yani modda og'irligi o'zgarishsiz kechadi. Termogrammalarda aks ettirilgan effektlarni fizik–kimyoviy mohiyati aniq tushuntirish boshlang'ich moddaga o'zgarishlardan oldin, shuningdek uning qizdirilishi oraliq va oxirgi mahsulotlarini kompleks tadqiq qilish yo'li bilan o'tkaziladi.

Ideal sharoitlarda DTT egri chizig'ining shakli mineralni qizdirish vaqtidagi holatini va uning kristall strukturasi tuzilishidagi xususiyatlarini aniqlaydi. Bu holatda termik tahlil o'tkazish, sharoitni optimallashtirish asosiy vazifa hisoblanadi. Shuni takidlash kerakki termik egri chiziqlar shakli xarakteriga tasir

qiluvchi qator omillar o'zaro ma'lum aloqada bo'ladi. Quyida ba'zilarining tasiri ko'rib chiqiladi.

Namunaning og'irligi, termik effekt sohaning kattaligi temperaturaga tasir etadi. Oxirgi qoidaga ko'ra namuna og'irligi proporsional bo'lib ekspremental sharoitlarga unchalik bog'liq emas. Zamonaviy termik qurilmalar uchun namunaning optimal og'irligi 10–50 mg. Shuni takidlash kerakki qizitish tezligi qancha ko'p bo'lsa namuna og'irligi shuncha kam bo'ladi. Qizdirish tezligi termik tahlillar ishlab chiqish uchun vaqtni belgilaydi. Termogramma shaklida aks etadi. Termik effektlar sohasi qizdirish tezligiga unchalik bog'liq emas. Ammo qizdirish tezligi juda sekin bo'lmasligi kerak.



2.10 – rasm. Gipsning differensial egri chizig'i. (qizdirish tezligi 2 dan 16 grad/min gacha olingan).

Qizdirish tezligi va osma kattaligi o'rtasida T. V. Sromatnikov tomonidan matematik bog'liqlik o'rnatilgan bu chiziq quyidagi xarakteristikalarga ega: $t=km$, bu yerda t –xona haroratidan 1000°C gacha bo'lgan isitish davomiyligi; m – o'rganilayotgan mineral massasi, mg; k – doimiy bo'lib u 0,3 ga teng. Tahlil qilinayotgan namunalarning o'lchami termoanalitik egri chiziqlarga sezilarli tasir ko'rsatadi. Materiallarning ko'p maydalanishi endotermik va ekzotermik effektlar tezligi pasyishiga olib keladi. Tahlil uchun to'g'ri keladigan bo'lak 0,74 mm dan kattaroq bo'lak noto'g'ri effekt berishi mumkin.

Tahlil qilinayotgan modda va etalonning issiqlik hajmi va issiqlik o'tkazishi differensial egri chiziq shakliga tasir ko'rsatadi.

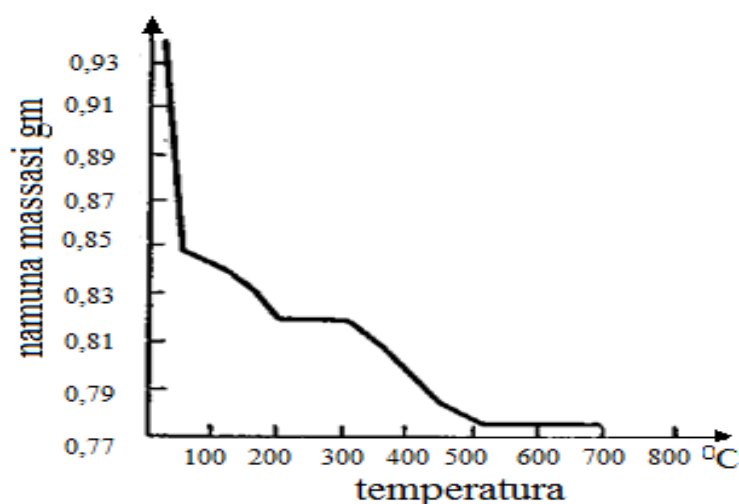
Termik qurilma pechi atmosferasi statik yoki dinamik bo'lishi mumkin. Tarkibi bo'yicha – neytral oksidlovchi. Bu tahlil qilinayotgan moddani og'irligining o'zgarishi va DTT egri chizig'i xarakteristikasiga tasir etadi. Ma'lumki degidratsiya reaksiyalarining boshi va davomiyligi suv parlarining parsial bosimiga bog'liq. Muhit parametrlarini o'zgartirib o'rganilayotgan moddani degidratsiya va dissotsiatsiya temperaturasini boshqarish mumkin. Shuning uchun eksprementni dinamik sharoitda o'tkazish yaxshiroq.

Yuqorida ko'rsatilganlardan tashqari differensial egri chiziqlar shakliga texnik xarakterga ega bo'lgan nosozliklar tasir etishi mumkin. Ular bir necha tajribadan so'ng aniqlanib yo'q qilinishi kerak. Ularga quyidagilar kiradi. Pechning ishchi muhitida temperaturani noto'g'ri taqsimlanishi, tigl va termopara ushlagichlarini nosimmetrik joylashishi.

§2.3 Darajalash egri chizig'i. Differensial termik tahlilning termograviometrik usuli.

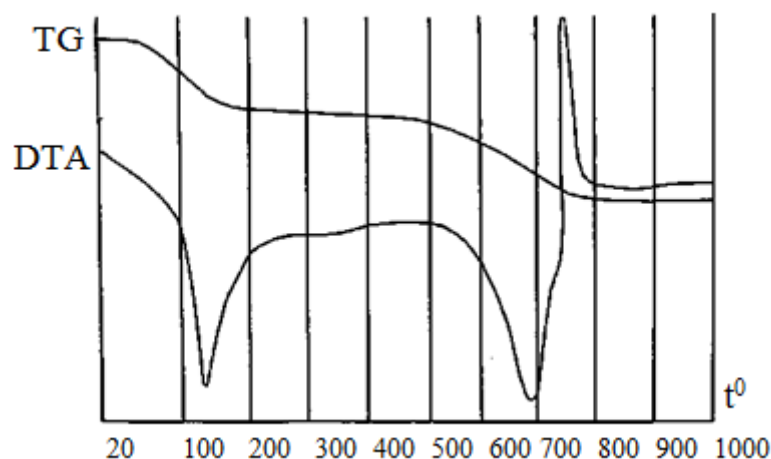
O'rganilayotgan moddalarni og'irligini inobatga olib yuqori temperaturalarda qizitib o'rganiladigan fanni turli sohalarida keng qo'llaniladigan metodlardan biri termograviometrik tahlil. Qizitish vaqtida minerallar og'irligi o'zgarishi ulardan suvni yo'q qilinishi bilan tushuntiriladi. Gazoobrazli (degidratsiya) fazalar (CO_2 , SO_3 , F, Cl) ajralib chiqishi mahsulotlarni oksidlanishi (Fe^{2+} , Fe^{3+}) og'irligini kamayishiga olib keladi.

Olingan jadvalli ma'lumotlar asosida massa o'zgarishini o'lchashning egri chizig'i (2.11–rasm) chiziladi: abscissa o'qiga – temperatura, ordinate o'qiga esa – namuna massasining o'zgarishi qo'yiladi [24]. Termik tahlil amalyotida bunday egri chiziqni tinimsiz qizdirish jarayonida dinamik o'lchash yordamida olish mumkin. Massa o'zgarishining uzluksiz qayd qilib borilishi yuqori aniqlik darajasida ko'pchilik fizik–kimyoviy jarayonlarning moddalarda kechuvchi xarakterini belgilashda yordam beradi.



2.11-rasm. Massa egriligini o'rganish.

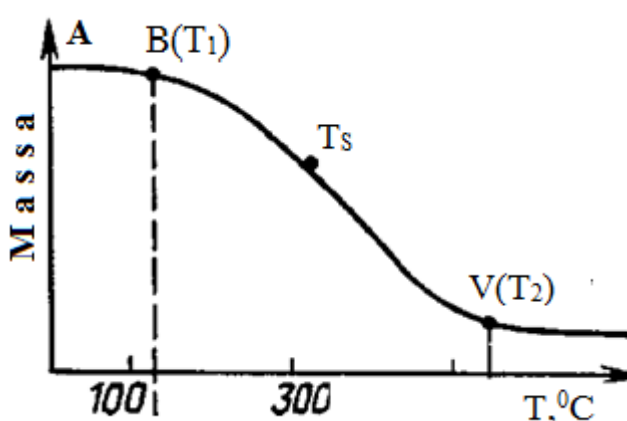
O'rganilayotgan moddani qizdirish egri chizig'i boshidan oxirigacha massasi o'zgarishini ko'rsatadigan bunday TG egri chizig'i normal yoki integral deb nomlanadi. Ba'zan uni massaning yo'qolish egri chizig'i ham deb ataladi. Termograviometriya egri chizig'i bilan DTT egri chizig'i parallel tarzda bitta fotog'ozga yozib boriladi (2.12–rasm). Integral TG egri chizig'i tashqi ko'rinishi o'rganilayotgan moddani stabil yoki barqarorligi haqida fikr yuritishga imkon beradi.



2.12 – rasm. TU–Im qurilmasida namuna massasi o'zgarishining egriligi (TG) va differensial qizdirish egri chizig'i (DTT).

O'rganilayotgan modda massasining o'zgarish egri chizig'i (TG) va differensial egri chizig'i (DTT) bir bosqichli bo'linishli geometrik (2.14 – rasm) elementlardir. B nuqtada bo'linish boshlanadi, ya'ni bunda massani umumiy

o'zgarishi seziladi: C nuqtada massa o'zgarishi maksimal qiymatga yetadi va T_2 temperatura reaksiyaning tugashiga mos keladi. T_s – nuqta BV sohaning egrilanish sohasi hisoblanadi. Tegishli reaksiyada yuz berayotgan temperatura intervali boshlang'ich va oxirgi temperatura farqini aniqlaydi ya'ni $T_1 - T_2$. Bo'linishni endotermik reaksiyalari uchun $T_1 - T_2$ qizitish tezligi oshishi bilan oshib boradi. $T_2 - T_1$ ga nisbatan o'sadi.



2.13 – rasm. Ideal termograviometriya egriligi (TG).

Bu o'rganilayotgan moddalarning massa o'zgarish funksiyasidan hosil bo'luvchi temperatura bo'yicha grafik hisoblanadi. $\frac{dp}{dT} = f(T)$

Hozirgi vaqtda shunday termografik qurilmalar mavjudki (Derivatograflar) ular TG egri chizig'i bilan bir vaqtda elektron – mexanik yoki signallarni elektro differensiallash yo'li bilan DTG – ni avtomatik tarzda yozib boradi. TG va DTG ni bir vaqtda yozilishi qator ko'rinishlarga ega: yaxshi hosil bo'lishi bilan birga ajralib turuvchi DTG egri chiziqlari bo'yicha termik bo'linish sharoitini boshlanish va oxirgi temperaturasini aniqlaydi. DTG egri chizig'i cho'qqisi bo'yicha reaksiyalar maksimal tezligi temperaturasini o'rganadi. DTG egrilarida jarayonlar ochilishi yaxshi farqlanadi. Mineral va tog' jinslari komponentalari sonini aniqlaydi.

§2.4 STA 409 PC Luxx differensial termik tahlil qurilmasining ish prinsipi.



2.14 – rasm. STA 409 PC Luxx differensial termik tahlil qurilmasining umumiy ko'rinishi

Termograviometriya va DSK egri chizig'ini xarakterlovchi faktorlarga quyidagilar kiradi.

1. Pechning qizdirish tezligi; 2. Yozib olish tezligi; 3. Qizdirgich va namunani tutib turish formasi; 4. Qizdirgich muhitning atmosferasi; 5. Yozib olish qurilmasining sezgirlik darajasi; 6. Joylashtiriladigan namuna uchun konteyner materialining kimyoviy tarkibi. Namunaning xarakteristik belgilari: 7. Namunaning massasi; 8. Namunaning gazda eruvchanligi; 9. Namuna zarrachalarining o'lchami; 10. Reaksiya issiqligi; 11. Namunalarda zarrachalar joylashish zichligi; 12. Namuna tarkibi; 13. Namunalar issiqlik o'tkazuvchanligi.

Namunalarni tayyorlashda quyidagilarga amal qilinadi.

1. Namuna massasini aniq o'lchash (~3-20 mg), 2. Namunalarning kimyoviy tarkibidan bog'liq holda tigl tanlanadi (0.1 mL) Al, Pt, Ni, kabilar bo'lishi mumkin, 3. Tanlangan tigl og'zi ochiq bo'lishi mumkin yoki germetik jihatdan mahkam yopiladi, ammo qapqoqchasida mayda – mayda teshiklar mavjud bo'lishi kerak. 4. Namuna va etalon uchun aynan bir xil tigl tanlanishi shart. 5. O'lchanadigan namuna tigl tagligini to'liq qoplagan bo'lishi kerak ya'ni termik kontakt yaxshi bo'lishi kerak. 6. Namuna massasining kamligi, qizdirish tezligining sekinligi tajribada asbob sezgirligini kamaytiradi. 7. Skanerlash tezligi

kichik bo'lishi kerak. 8. Ajralib chiqayotgan gazlar korroziya tasirini oldini olish maqsadida inert gaz (N_2 yoki He) dan foydalaniladi.

Termik tahlil uchun namunalarni tayyorlash

Tadqiqot maqsadiga qarab turli yo'llar bilan geologik xizmat mutaxassislari tomonidan amalga oshiriladi. Agar tahlil vazifasi mineralni ba'zi tipogen xususiyatini yoki diagnostika bo'lsa uning toza bir xil konsentrat – monofraksiyasini olish talab qilinadi. Mineral monofraksiyani tanlash ko'p vaqt va moddiy xarajat talab (qiladi) etadi, shuning uchun kichkina namunani tahlil qilish maqsadga muvofiq. Bu holatda zamonaviy termoanalitik asbobsozlik samarali hisoblanadi 10 mg dan kam emas, odatda 50 – 60 mg gacha turli tarkibli mineral qorishmalarining sonli va sifatli tahlil qilishda namunaning minimal o'g'irligi 1 – 2 gr bo'ladi. Termik tahlil uchun namuna tayyorlashning muhim elementi tanlangan blok oxirigacha maydalash hisoblanadi. Amalyotda shu narsa aniqlanganki mineralni termik holatiga kam tasir qiluvchi blok 0,074 mm hisoblanadi. Bundan katta mineral DTT va TG egrilarida yolg'on effekt berishi mumkin. Juda mayin maydalangan namunalarni o'rganishda 0.001 mm bo'lakli namunalardan ishlatish maqsadga muvofiq.

Namunalarning mineral tarkibidan kelib chiqib namunalarni maydalashni bir necha usuli mavjud: ishqalash, qaychilash va kesish.

Termik tahlil qilinayotgan barcha namunalar bir xil namlikka ega bo'lishi kerak. Shuning uchun ular bir necha kun vakuumli eksikatorida $Mg(NO_3)_6H_2O$ yoki $Ca(NO_3)_4H_2O$ qorishmalarida ushlab turiladi.

II bobga doir xulosalar.

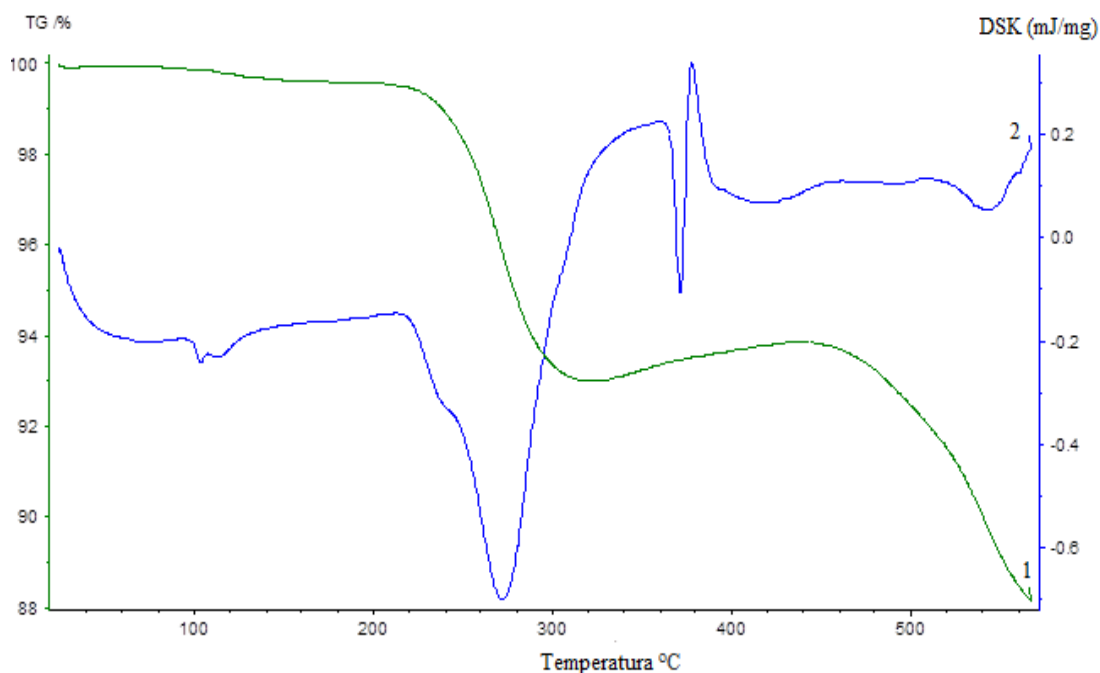
1. Tadqiqod ob'ektlarining DTT va TG egri chizig'ini olish qurilmasining o'lchash usullari, xususan ushbu ishda foydalanilgan STA 409 PC Luxx differensial termik tahlil qurilmasining mohiyati bayon qilindi.
2. STA 409 PC Luxx differensial termik tahlil qurilmasida tajriba o'tkazish uchun talab qilinadigan chora tadbirlar haqida bayon qilingan.
3. Namunalarni tayorlash usuli barafsil yoritilgan

III.BOB. TADQIQOT NATIJALARI VA ULARNING MUHOKAMASI

§3.1 Xal'kozin va gyotitning DTT va TG egri chizig'i.

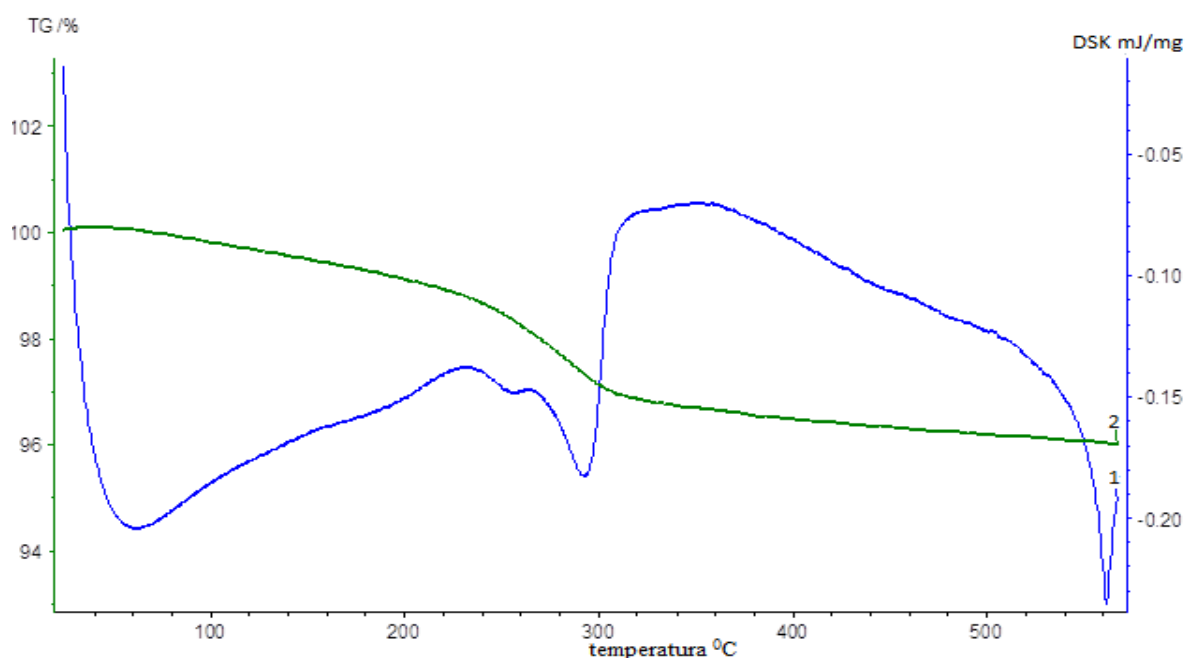
Xalkozin – misli, yaltiroq, sulfidlar sinfiga oid mineral.

Xalkozinni 20⁰C dan 600⁰C gacha qizdirilib, uning termografi olindi. Rasmdan ko'rinib turibdiki 100–105⁰C temperatura oralig'idagi endotermik jarayonda T=103,9⁰C bo'lganda eng katta cho'qqi yuzaga keladi. Xalkozinni uchta polimorf modifikasiyasi bor. Eng ko'p tarqalgan rombik modifikasiya, bu 103⁰C temperaturada geksoganalga o'tadi [24]. Ushbu birinchi endotermik jarayonda shu fazali o'tish kuzatiladi. 370–379⁰C temperatura oralig'ida ikkinchi fazali o'tish (endo- va ekzatermik cho'qqilar) geksoganal xalkozinni kubikli kristalli shaklga o'tishiga mos keladi. Namunaning 229–300⁰C temperatura oralig'ida massasi $\Delta m=6.84\%$ ga o'zgarishi hamda endotermik cho'qqiga mos keluvchi temperatura T=272,4⁰C bo'lishi namunani malaxit aralashmasiga ($\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$) va uni tenoritgacha CuO parchalanishidan dalolat beradi.



3.1-rasm. Xal'kozinning termografi.

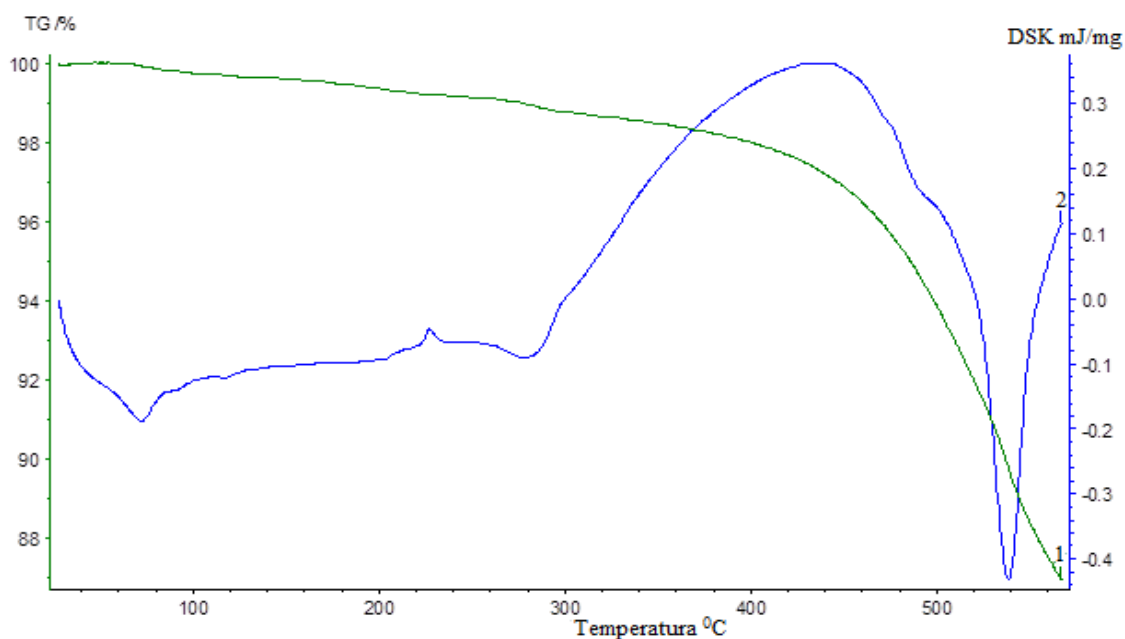
Gyotit (qo'ng'ir temir) rombik singoniyaga ega. Mazkur namuna 243°C temperaturagacha termik o'zgarmas. Qizitish davom ettirilganda T=292.8°C da massa yuqotishi 3.09% bo'lar ekan. Mazkur cho'qqi gematitni Fe₂O₃ gacha kristalli suv ajralib chiqishi bilan parchalanishiga to'g'ri keladi. Biroq suv hisoblanganda kamroq ajralib chiqadi. Balki bu ferrit qorishmasining mavjudligi bilan bog'liqdir. Parchalanish temperaturasini past temperaturali doiraga (400°C dan 250°C gacha) aralashib ketishi, shuningdek piritning 540°C temperaturada parchalanishini endotermik cho'qqisi termogrammada mavjudligi yuqoridagi farazni tasdiqlaydi.



3.2-rasm. gyotitning termografi.

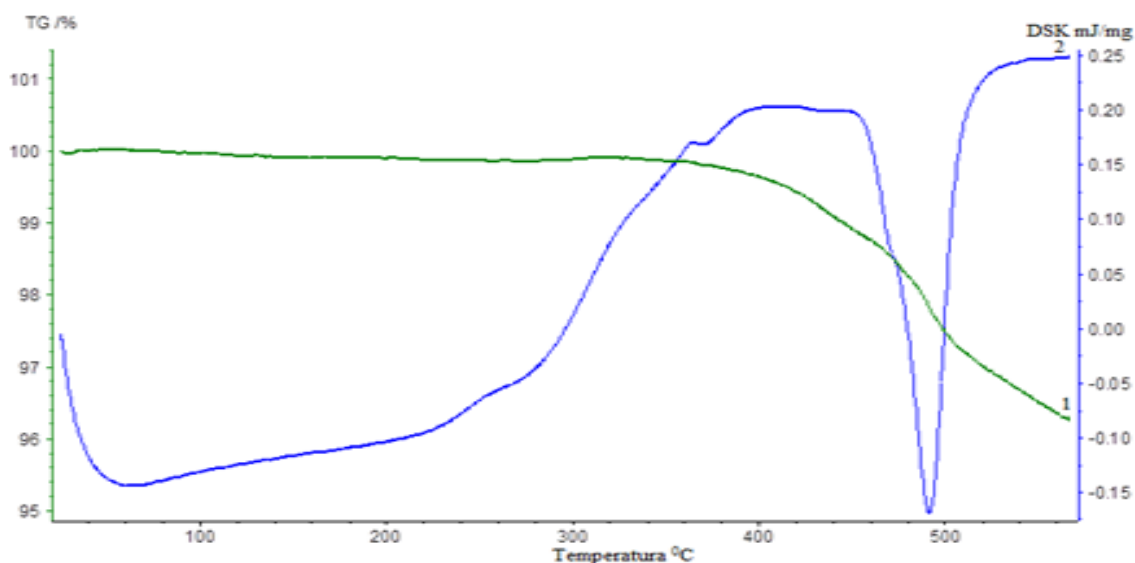
§3.2 Pirit va pentlanditning DTT va TG egri chizig'i.

3.3-rasmda piritning termik holati ko'rsatilgan. Termogrammadan ko'rinib turibdiki namuna 490°C temperaturagacha sezilarli o'zgarmagan. Bundan so'ng esa piritni temir sulfidi FeS₂ va oddiy oltingurgurtga parchalanish jarayoni boshlanadi. Bu endotermik jarayonni tashkil etadi [8,20]. Bundagi cho'qqiga T=539,0°C to'g'ri keladi.



3.3-rasm. piritning termografi.

Pentlandit $(\text{Fe, Ni})_9\text{S}_8$ temir va nikel sulfide. Pentlandit mavjud unsurlar eritilgan nikelning asosiy manbai. Pentlandit kubik singoniyali minerallarga mansub. 20-600⁰C temperatura oralig'idagi pentlanditning termografi olindi. 420⁰C temperaturagacha hech qanday o'zgarish kuzatilmaydi. Biroq bundan yuqori temperaturada namunaning og'irligini yuqotish (parchalanish) va unga mos keluvchi endotermik cho'qqi $T=491,7^0\text{C}$ bilan kuzatiladi. Pentlandit parchalanish entalpiyasi -61.67J/g ni tashkil etadi.



3.4-rasm. pentlanditning termografi.

Yuqoridagi namunalarning termoanalitik tadqiqoti Netzsch Simultaneous Analyzer STA 409 PG (Germaniya) asbobida o'tkazildi. Asbobning termoparasi K-turli (Low RG Silver) va alyumen tigllari mavjud. Barcha o'lchovlar azot oqimining tezligi 50 ml/min bo'lgan inertli azot atmosferasida o'tkazildi. O'lchovlarning temperatura diapazoni 20-600°C ni tashkil etadi. Kuzatish tezligi 10K/min ga teng. Namunalarnng bir o'lchovdagi miqdori 20-30 mg ni tashkil etadi. O'lchov sistemasi moddalar to'plamida tebranadi: KNO₃, In, Bi, Sn, Zn, CsCl.

Xulosalar

Ushbu malakaviy bitiruv ishida qo'yilgan maqsad va vazifalar bo'yicha bajarilgan ishlarni umumlashtirib quyidagi xulosalarni keltirish mumkin.

1. Namunalarning Differensial termik tahlili va termograviometrik tahlillari 20-600°C temperaturalar oralig'ida o'lchandi. Xalkozinda 100–105°C temperatura oralig'idagi endotermik jarayonda $T=103,9^{\circ}\text{C}$ da eng katta cho'qqi kuzatildi. Xal'kozinda uchta polimorf modifikasiya borligi aniqlandi. Xal'kozin rombik modifikasiyadan 103°C temperaturada geksoganal modifikatsiyaga o'tadi. Ushbu birinchi endotermik jarayonda shu fazali o'tish kuzatildi. 370–379°C temperatura oralig'ida ikkinchi fazali o'tishda (endo- va ekzatermik cho'qqilar) geksoganal xalkozin kubik kristall strukturaga o'tishiga mos keladi. Namunaning 229–300°C temperatura oralig'ida massasi $\Delta m=6.84\%$ ga o'zgarishi kuzatildi.

2. Gyotit 243°C temperaturagacha termik o'zgarishsiz qoldi. Qizdirish davom ettirilganda $T=292.8^{\circ}\text{C}$ da massa kamayishi 3.09% ni tashkil etdi. Mazkur cho'qqi gematitni Fe_2O_3 gacha kristalli suv ajralib chiqishi bilan parchalanishiga to'g'ri keladi. Balki bu ferrit qorishmasining mavjudligi bilan bog'liqdir.

3. Termogrammadan ma'lum bo'ldiki pirit 490°C temperaturagacha sezilarli o'zgarmaydi. Bundan so'ng esa piritni temir sulfidi FeS_2 va oddiy oltingurgurtga parchalanish jarayoni boshlanadi. Bu endotermik jarayonni tashkil etadi. Bundagi cho'qqiga esa $T=539,0^{\circ}\text{C}$ to'g'ri keladi.

4. Pentlanditda 420°C temperaturagacha hech qanday o'zgarish kuzatilmadi. Biroq bundan yuqori temperaturada namunada massa kamayishi unga mos keluvchi endotermik cho'qqi $T=491,7^{\circ}\text{C}$ da kuzatildi.

Foydalanilgan adabiyotlar

1. Топор Н.Д. Дифференциально-термический и термовесовой анализ минералов. -М.: Недра, 1964. - 160 с.
2. Термический анализ минералов и горных пород/ В.П. Иванова, Б.К. Касатов, Т.Н. Красавина, Е.Л. Розина - Л.: Недра, 1974. - 399 с.
3. Лапин В.В. Термический анализ минералов. – М.: Наука, 1978, – 142 с.
4. А.В. Падинин, Физические свойства горных пород. Новосибирск, 2010.
5. Топор Н.Д., Огородова Л.П., Мельчакова Л.В. Термический анализ минералов и неорганических соединений. -М.: Изд-во МГУ, 1987. -190 с.
6. Иванова В.П., Касатов Б.К., Красавина Т.Н., Розина Е.Л. Термический анализ минералов и горных пород. – Л., «Недра», 1974. – 399 с.
7. Mackenzic R.C. Differential Thermal analysis. Fundamental aspects. London-New-York Acad. Press., 1970; V.1,2, Application, 1972.
8. А.Г.Бетехшин. Минерология курси“Ўқитувчи”нашриёти, Тошкент-1969.
9. Ерцева Л.Н., Дьяченко В.Т., Сухарев С.В., Цемехман Л.Ш. Изучение физико-химических закономерностей процесса термического обогащения халькопиритовой руды//Цветные металлы.–2001.–№3. С. 31-33.
10. Чепуштанова Т.А., Луганов В.А. Кинетическая модель термического разложения пирита//Докл.акад.наук МОН РК.–2007.–№5. –С. 76-80.
11. Горбунова И.Е., Григорьева В.М.и др. Поведение пентландита при нагреве в различных средах// Металлы. – 1978. - №4. – С. 35-38.
12. Чепуштанова Т.А., Луганов В.А. Термический анализ. Методическое указание к лабораторным работам (для студентов специальностей 05.16.02 «Металлургия»). – КазНТУ. – 2006. – С. 45.
13. Волков С.А., Косьяненко Е.С., Подгородецкая А.В., Пономарева М.А. Термокинетический анализ окисления угля в кислороде воздуха// Изв. вузов. Физика. Т. 56, №9/3. 2013. С. 144–146.
14. Е.С. Косьяненко, А.В. Подгоредецкая, М.А. Пономарева Использование методов термического анализа для исследования углей./ Актуальные

- проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики.
- III Всероссийская молодёжная научная конференция. 27-29 ноябр, 2013.
15. Чепуштанова Т.А., Мамырбаева К.К., Луганов В.А. Изучение термического разложения халькопирита //Комплексное использование минерального сырья. – 2011. - №2(275). – С. 91-97.
16. Саибова М.Т., Парпиев Н.А.,Бадалова Э.К., Набиев М.Н. Термографический анализ монокальцийфосфата и его смеси с нитратом кальция// Узб. хим. журн. – 1966. – № 4. – С. 58-61.
17. Калориметрия. Теория и практика: Пер. с англ./ В. Хеммингер, Г. Хёне. - М.: Химия," 1990. -. Пер. изд.: ФРГ, 1984. - с. 176.
18. Методы минералогических исследований: Справочник/Под ред. Л.И. Гинзбурга - М.; 1985. - С. 275-277, 310-323.
19. Т. Нагата. Магнетизм горных пород. Издательство. “Мир”, Москва, 1965.
20. Чепуштанова Т.А., Мамырбаева К.К., Луганов В.А. Изучение термического разложения халькопирита//Комплексное использование минерального сырья. – 2011. - №2(275). – С. 91-97.
21. Л.Берри, Б. Мейсон, Р.Дитрих, Минерология, Издательство. “Мир”, Москва, 1987.
22. Метод дифференциально-термического анализа в оценке эффективности обогащения сульфидных руд Маркосян С.М., Анциферова С.А., Тимошенко Л.И. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химии и химической технологии Сибирского отделения Российской академии наук, г. Красноярск, Россия(660036, Красноярск, Академгородок, 50, строение24), E-mail: smarkosyan@rambler.ru.
23. Луганов В.А., Сажин Е.Н., Килибаев Е.О., Чепуштанова Т.А. Термогравиметрия условно-отвальных арсенат-кальциевых продуктов. Труды II Междун. научно-практической конференции «Горное дело и металлургия в Казахстане» Труды, том 2. –Алматы, 2006, -с. 165-168.
24. www.science-education.ru/117-13389