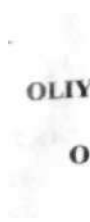


On 22
249
Q. 94

QO'SHIMURODOV OCHIL

MINERALOGIYA



**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
OLIIY VA O'RTA MAXSUS TA'LIM VAZIRLIGI
MIRZO ULUG'BEK NOMIDAGI
O'ZBEKISTON MILLIY UNIVERSITETI**

QO'SHMURODOV OCHIL

MINERALOGIYA

Toshkent
"Universitet"
2016

UDK 821.512.133

26.31

K.99

Qo'shmurodov O, "Mineralogiya" darslik Toshkent – Universitet, 2016, 280 bet.

BBK.26.31ya7

Mazkur darslik uch bo'limdan iborat. Birinchi bo'limga kristallar, ikkinchi bo'limda mineralogiya fanining maqsad va vazifalari, uchinchi bo'limga mineralogiya nazariyasi kiritilgan.

Mineralogiya darsligi fanning namunaviy dasturiga mos holda tayyorlagan. Darslik Oliy o'quv yurtlarining talabalar, magistrlar, doktorantlar va geolog-mutaxassislar uchun mo'ljallangan.

Mas'ul muharrir: X.D.Ishbayev – Geologiya-mineralogiya fanlari doktori, professor

Taqrizchilar: X.A.Akbarov – Geologiya-mineralogiya fanlari doktori, professor, akademik. Toshkent

Davlat Texnika Universiteti

M.K.Turapov – Geologiya-mineralogiya fanlari

doktori, O'zbekiston Geologiya qo'mitasi

mineral resurslari institutining bo'lim boshlig'i

Ushbu darslik O'zbekiston Respublikasi Oliy va o'rta maxsus ta'lim vazirligining 2014-yil 9 iyundagi 220-sonli buyrug'iga asosan tasdiqlangan.

Bakalavr 5441200 – Geokimyo, mineralogiya va Petrografiya 5140800 – Geologiya

Magistr 5A140804 – Mineralogiya, kristallografiya, petrografiya

Darslik Mineral resurslar ilmiy-tadqiqot instituti Davlat korxonasi homiyligida chop etildi.

ISBN 978-9943-4585-3-6

© "Universitet" nashriyoti, 2016

SO'Z BOSHI

Sanoatning biron sohasi yo'qki, unda foydali qazilmalarni tashkil qiluvchi minerallar bevosita yoki qaytadan ishlangan mahsulot sifatida qo'llanilmagan bo'lsa. Masalan, temir-metallurgiya, mashinasozlik, kemasozlik, temir yo'l, baland inshootlar, asbob-uskunalar, keng iste'mol mollari uchun asosiy manba hisoblanadi.

Sanoatning tez sur'atlar bilan rivojlanishida, suyuq mineral yoqilg'i neft va uning qayta ishlangan mahsulotlari katta rol o'ynaydi. Rangli metallurgiya, elektr sanoati, samolyotsozlik va boshqa turli tarmoqlarda (mis, rux, qo'rg'oshin, alyuminiy, nikel, kobalt) zarur hisoblanadi. Nodir metallar volfram, molibden, sirkoniy, gafniy, niobiy-tantal, germaniy, reniy, kadmiy va boshqalar Mudofaa qurollarini tayyorlashda muhim ahamiyatli. Qishloq xo'jaligining taraqqiyotida mineral o'g'itlar – kaliy minerallari, fosforli o'g'itlar (apatit, fosforit), azotli selitralar va boshqalar asosiy manba hisoblanadi.

Kimyo sanoatining takomillanishi mineral xomashyolarga bog'liq. Masalan, sulfat kislota oltingugurtga boy temir kolchedani (pirit)dan olinadi. Bulardan tashqari, sof tug'ma elementlardan tashkil topgan minerallar – oltingugurt, simob, galoid birikmalar selitra, flyuorit hamda boshqa kimyoviy elementlar – kaliy, natriy, magniy, bor elementlarining minerallari kimyoviy preparatlar tayyorlashda qo'llaniladi. Rezina sanoatida oltingugurt, talk, barit va boshqalar ishlatiladi. O'tga chidamli mahsulotlar tayyorlashda asbest, grafit, magnezit qo'llaniladi. Buyoqchilikda emal va glazurlar (sirlash) tayyorlashda galenit, sfalerit, barit, mis, temir, margimush minerallaridan foydalaniladi. Yozuv qog'ozlar tayyorlashda talk, kaolin, oltingugurt, achchiqtosh, magnezitlar ishlatiladi.

Inson hayotida bezak va qimmatbaho minerallarning ahamiyati katta. Ko'pincha bezak va badiiy buyumlarda ishlatiladigan minerallar pushti rangli rodonit, rang-barang yashma, marmar, kvartsit va boshqalar bilan bezatiladi. Keyingi yillarda radioaktiv elementlardan reaktor qozonlardan olinadigan ulkan yadro ichki energiyasidan foydalanish jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda.

Geologlar tabiat sirlarini o'rganib, yer bag'rida yashirinib yotgan son-sanoqsiz boyliklarni izlab topish va xalq xo'jaligi hamda sanoatini

kerakli bo'lgan xomashyo bilan ta'minlash yo'lida salmoqli ishlar qilishgan. Bugungi kunga kelib, geologlar mustaqil respublikamizning mustahkam mineral xomashyo bazasini yaratishda katta xizmat qilishmoqda. O'lkamiz zaminidagi oltin, mis, volfram, qo'rg'oshin, rux, uran, fosforit, tuz hamda neft va gaz foydali qazilmalarning zaxirasi bo'yicha dunyoda etakchi o'rinlarga erishdik.

Bulardan tashqari, kristallar va kristallik xususiyatiga ega bo'lgan minerallar yer po'sti va mantiyaning ichki tuzilishida ham muhim rol o'ynaydi. Ularning hosil bo'lishi, o'sishi, yemirilish jarayonlarini o'rganish va undan amaliy hamda nazariy xulosalar chiqarish uchun mineralogiya va kristallografiya fanlariga murojaat qilmasdan iloj yo'q. Shuning uchun ushbu qo'llanma nafaqat yer haqidagi fanlar bo'yicha mutaxassislar uchun, balki boshqa sohadagilar uchun ham zarur. A.G.Betextinning mineralogiya kursi 1969 yilda o'zbek tiliga tarjima qilingan yakkayu-yagona qo'llanma hisoblanadi va ularning soni kutubxonalarda sanoqli. Bunday vaziyatni bartaraf etish uchun O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining oliy o'quv yurtlarida ta'lim tarbiya ishlarini davlat tilida olib borish to'g'risidagi qarorni amalga oshirish uchun ushbu darslik tayyorlandi. Darslik oliy o'quv yurtlarining geologiya, foydali qazilma konlar geologiyasi va razvedkasi, neft-gaz konlari, kimyo-texnologiya, kon metallurgiyasi va boshqa yo'nalishlar bo'yicha kunduzgi bo'limda ta'lim olayotgan talabalar uchun tayyorlangan. Umumiy mineralogiya darsligi uch bo'limdan iborat: birinchi bo'limda kristall va kristallografiya fani xususidagi ma'lumotlar, ikkinchi bo'limda minerallarning fizik xususiyatlari, ichki tuzilishi, kimyoviy tarkibi va ular oralaridagi bog'lanishlarni, minerallarning hosil bo'lish jarayonlarini va minerallarning xalq xo'jaligida ishlatilishi haqidagi ma'lumotlar va nihoyat, uchinchi bo'limda Yerning mineralogik modeli, minerallarning paydo bo'lish jarayonlari, endogen-magmatogen va metamorfogen jarayonlar va ekzogen jarayonlarning fizik-kimyoviy omillari, minerallarning hosil bo'lish sharoitlari, minerallar paydo bo'lish paragenetik assotsiatsiyalari haqidagi ma'lumotlar o'z aksini topdi. Darslik fanning namunaviy dasturiga mos holda tuzilgan. Unda asosiy e'tibor minerallarni aniq tekshirish va ularning tabiatda topilish sharoitlarini aniqlash uchun yo'l ochib beradigan ma'lumotlar beriladi. Shu bilan birga, talabalar uchun minerallarning diagnostik belgilarini bilishgina emas, balki shu minerallarning fizik-kimyoviy sharoitlarda yuzaga kelishi haqida so'z yu-

ritiladi. Bulardan tashqari, ushbu kursning nazariy qismida yer qobig'idagi mineral hosil qiluvchi jarayonlar qisqacha tariflanadi.

Endogen jarayonda hosil bo'lgan minerallar assotsiatsiyalari:

- magmatik minerallarining assotsiatsiyalari;
- pegmatit minerallarining paragenetik assotsiatsiyalari;
- kontakt-metasomatik (skarn) mahsulotlari minerallarining assotsiatsiyalari;
- gidrotermal jarayonlarning minerallar assotsiatsiyalari;
- regional metamorfizm jarayonida yuzaga keladigan minerallar assotsiatsiyalari;
- ekzogen jarayon minerallar assotsiatsiyalari haqida yetarli darajada ma'lumotlar keltiriladi.

Mineralogiya'ning hozirgi vaqtdagi eng muhim vazifalari quyidagilardan iborat:

Minerallarni sanoatning turli tarmoqlarida amalda ishlatish va ularning yangi turlarini ochish maqsadida fizik va kimyoviy xususiyatlarini, ularning tarkibi va kristall tuzilishi bilan bog'liqligini batafsil o'rganish.

Minerallarning hosil bo'lish sharoitlarini va mineral hosil qiluvchi jarayonlarni (genezisi) aniqlash, shuningdek, bu jarayonlarning xilma-xil foydali qazilma konlarini qidirish va bashorat qilish ishlarida qo'llash maqsadida minerallarning birga topilishi va mineral uyushma yoki majmualarining ruda hamda tog' jinslarida ketma-ket hosil bo'lishi qonuniyatlarini tadqiq etish va boshqalar.

Bu vazifalarni hal qilishda mineralogiya tekshirishlari aniq fanlar – fizika, kimyo, kristallografiya, kristallokimyo, koloidkimyo qonunlariga asoslanadi. Mineralogiya to'plagan ma'lumotlar o'z navbatida geokimyo, petrografiya, foydali qazilmalar haqidagi ilmda, shuningdek, qidiruv-razvedka ishlarida va bir qancha texnik fanlarda, metallurgiyada, foydali qazilmalarni boyitish tog' geologiyasida ishlatiladi.

Ushbu darslik muallifning 45 yillik o'qituvchilik faoliyatida orttirgan tajribasi va yaratgan qator o'quv qo'llanmalari natijasida yaratildi.

Darslikni tayyorlash, jadallashtirish va tahrir qilishda beqiyos yordami uchun fakultet dekani geologiya-mineralogiya fanlari doktori professor, X.D.Ishbaevga muallif o'z minnatdorchiligini izhor etadi.

KIRISH

Mineralogiya – tabiiy kimyoviy birikmalar to'g'risidagi fan bo'lib, mineralogiya geologiya'ning eng qadimiy tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Dastlabki ma'lumotlar eramizdan avvalgi yunon olimi Teofrastning toshlar haqidagi va Katta Pliniyning kitoblarida berilgan. O'rta asrda Sharqda mineralogiya faniga Abu Ali Ibn Sino, Abu Rayhon Beruniy va boshqalar katta hissa qo'shgan. Ayniqsa, Abu Rayhon Beruniyning "Kitob al Javohir fi Marifat al-Javohir" deb nomlangan qimmatbaho toshlarni bilib olish bo'yicha ma'lumotlar to'plami diqqatga sazovor. Bu kitobda Beruniy 300 dan ortiq minerallar va ular turlari, xususiyatlari, hosil bo'lish sharoitlari, rangi, qattiqligi va solishtirma og'irligi to'g'risida ma'lumot beradi. XVII asming birinchi yarmida yozilgan "Baxr ul-Asror" (Sirlar dengizi) asarining muallifi Mahmud Ibn Vali ham mineralogiya taraqqiyotiga katta hissa qo'shadi, bu asarda qimmatbaho metall va minerallarning sifatini tekshirish usullari haqida ko'p ma'lumotlar keltiriladi.

Mineralogiya Yevropada XVI asming boshlarida fan bo'lib shakllandi. Bu davrda Leonardo da Vinchi, keyinroq R.Dekart, N.Steno (1638–1686), X.Gyuygens, R.J.Gayui (1733 – 1822) va rus olimlaridan M.V.Lomonosov, V.M.Severgin, N.I.Kashkarovlar mineralogiyaga ko'proq e'tibor bera boshladilar. Shved olimlaridan K.Linney va A.Kronstedtlar minerallarning tarkibini kimyoviy tahlil usuli bilan o'rganishni yo'lga qo'ydi. XX asming boshlarida yuzaga kelgan yangi ikki yo'nalish mineralogiya'ning yanada rivoj topishini ta'minladi. Bulardan biri genetik yo'nalish bo'lib, Yer qobig'ining turli qatlamlardagi minerallarning hosil bo'lish jarayonlari har tomonlama to'liq o'rganildi. Bu yo'nalishga V.I.Vernadskiy, A.E.Fersmanlar asos soldilar. V.I.Vernadskiy minerallarning fazoviy panjarasida elementlarning o'zaro izomorf holda joylashish qonuniyatlarini ishlab chiqdi.

Ikkinchi yo'nalish E.S.Fedorov tomonidan geometriya usulida isbotlangan kristallokimyo tahlil nazariyasidir. Uning nazariyasi bo'yicha, har bir mineral kristall tarkibidagi kimyoviy elementlarning o'zaro joylashishi qat'iy simmetrik qonuniyatlarga bo'ysungan bo'lib, elementlarning joylashishi bilan kristallarning tashqi ko'rinishi (shakli) bir-biriga mos ekanligini aniqladi.

Bundan tashqari, XX asming 20-yillarida har bir mineral o'ziga xos ichki tuzilishga ega ekanligi rentgen nurlari yordamida amalda isbot qilindi.

Keyingi yillarda fizika, kimyo fanlari yutuqlarining samarasi texnika va xalq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan mineral xomashyolar izlab topish zaruriyati mineralogiya'ning tez sur'atda o'sishiga zamin tayyorladi. Hozir mineralogiya'ning quyidagi tarmoqlari mavjud.

Tasnifiy (sistematik) mineralogiya'ning asosiy vazifasi minerallarning tashqi ko'rinishi, fizik xususiyatlari, kimyoviy tarkibi, paragenetik assotsiatsiyasi, tarqalishi va shular asosida minerallar sistematikasini yaratishdan iborat. Hozirgacha 2500 dan ortiq minerallar va ularning turlari aniqlangan. Har yili dunyo miqyosida 20-30 dan ortiqroq yangi minerallar topilmoqda.

Genetik mineralogiya, minerallarning paydo bo'lish jarayoni, fizik va kimyoviy sharoiti, o'zgarishi, paragenetik assotsiatsiyalarining yuzaga kelishini aniqlaydi. Genetik mineralogiya taraqqiyoti V.I.Vernadskiy nomi bilan chambarchas bog'langan. U minerallarni Yer qobig'ida gi molekulalar tarixi deb hisoblagan. D.P.Grigorev tomonidan genetik mineralogiya yangi yo'nalish sifatida rivojlantirildi.

Eksperimental mineralogiya'ning vazifasi sun'iy usulda laboratoriya sharoitida ayrim kimyoviy elementlarni bir-biriga qo'shish natijasida minerallarni, yangi kristallarni olishdan iborat. Bunda texnika va xalq xo'jaligi uchun zarur bo'lgan minerallar va kristallar ishlab chiqarish hamda sintez qilinayotgan mineralning hosil bo'lish jarayonini tabiiy sharoitga tadbiq etish asosiy maqsad hisoblanadi. Hozirgacha 2000 ga yaqin minerallar sun'iy usulda olingan.

Kosmik jinslar mineralogiyasi. Oy jinslaridan namunalar keltirilgach, bu sohaning rivojlanishiga imkoniyat tug'ildi. Oy jinslari tekshirilganda Oy sirtqi qismlarida mineral hosil bo'lishining o'ziga xos xususiyatlari haqida dastlabki ma'lumotlar olindi. Meteoritlarning mineral tarkibini o'rganish ham katta ahamiyatga ega.

Minerallar – xilma-xil jarayonlar natijasida hosil bo'lib, kimyoviy tuzilishi va fizik xususiyatlari jihatdan deyarli bir xil bo'lgan tabiiy jism, asosan tog' jinslari, ma'dan va meteoritlarining tabiiy qismidir. Ba'zan suyuq minerallar ham (masalan, tug'ma simob) uchraydi. Suvning mineralga mansubligi munozarali masala, ammo muz ham mineral hisoblanadi. Amorf – metakolloidlar tashqi ko'rinishi kristallarga o'xshash, lekin amorf, shishasimon holatidagi minerallar. Har bir mineral faqat o'ziga xos kristall tuzilishiga ega bo'lgan aniq tabiiy birlikma'dan iborat. Bir xil tarkibli (masalan, olmos-grafit, kalsit-aragonit), lekin turlicha tu-

zilishiga ega. Kimyoviy tarkibiga yoki morfologik xususiyatlaridagi uncha katta bo'lmagan o'zgarishlar minerallarning ichki tuzilishida keskin farqlarga olib kelmasa, ular minerallarning turlari deyiladi (masalan, kvars turida – tog' billuri, ametist, sitrin, xalsedon). Bir-biridan yuza bilan ajralib turuvchi yakka kristallar, donachalar mineral individlarini, ularning o'simtalari mineral agregatlarini tashkil etadi. Mineral tuzilishida ionlari tartibli joylashgan ideal tuzilishidan chetlashish hollari tez-tez uchrab tura-di. Mineral kristall panjarasining tuzilishidagi ayrim elementlari (qatlam, paket, zanjirlar va b.), ichki tuzilishi to'liq saqlangan holda, bir-biriga nisbatan bir oz siljigan bo'lishi mumkin. Buning natijasida mineralning ko'p turli hosilalari yuzaga keladi.

Mineral tarkibini belgilovchi formulalarda transuran va geliy, ksenon va argon kabi gazlardan tashqari, barcha kimyoviy elementlar bo'lishi mumkin, lekin ularning miqdori turlicha: bir yoki bir necha element asosiy hisoblanadi va mineralning tarkibini belgilaydi, qolganlari mineralda izomorf aralashma (masalan, seriy, indiy, kadmiy, galliy, selen, talliy, reniy, rubidiy va h.k. ko'pgina nodir – kam tarqoq yer elementlari) holida uchraydi. Mineral tarkibining murakkabligi va o'zgaruvchanligi faqat izomorf hodisasi bilangina emas, balki ayrim atom va ularning guruhlaridan iborat aralashmani, shuningdek, submikroskopik qo'shilmalarning mineral tarkibiga kirishga ham bog'liqdir. Mineralda submikroskopik qo'shilmalar quyidagi hollarda hosil bo'lishi mumkin:

a) eritma, qotishma va boshqalarning kristallanish jarayonida dispers aralashmalarni ushlab qolishi natijasida (masalan, kvarsdagi suyuq gaz qo'shimchalari, dala shpatdagi gematit qo'shimchalari);

b) haroratning o'zgarishi bilan qattiq qorishmalarning – kaliyli dala shpatlarda pertitlarning hosil bo'lishi, murakkab sulfid va murakkab oksidlar parchalanishi natijasida;

v) metamikt o'zgarishda;

g) bir mineral o'rniga boshqasining joylashuvi va boshqalar.

Muayyan strukturali mineralning tarkibi, uning izomorfizmidagi qonuniy o'zgarishlari, atomlarning tuzilishi, kristalloximik xususiyati, ulardagi atomlar radiusi, koordinatsion soni va kimyoviy bog'lanish turi bilan belgilanadi.

Mineral konstitutsiyasi (tarkibi va tuzilishi) formulalarda ifodalanadi. Unda:

a) ionning valentligi (agar turli valentlikdagi elementlar bo'lsa);

b) kompleks anionlar (kvadrat qavslarda), masalan $[\text{SiO}_4, \text{AlO}_4]$;

v) elementlarning izomorf guruhlari (qavslarga olingan va bir-biridan vergul bilan ajratilgan holda bunda ko'p uchraydigan element birinchi o'rinda yoziladi):

g) qo'shimcha anionlar ON, F, SI va boshqa anion radikallaridan so'ng joylashadi;

d) kristallogidratlardagi suv molekullari (formula oxirida va nuqta orqali u bilan bog'lanadi);

e) seolit yoki absorbtсион suv ham formula oxirida nuqta orqali yoziladi va N2O tarzida belgilanadi.

Minerallarning tashqi shakli ularning ichki tuzilishi va paydo bo'lish sharoiti bilan belgilanadi. Ayrim mineral individlarning kattaligi 1–100 mm dan bir necha metr gacha bo'lishi mumkin. Kristall tuzilishi va o'sish sharoitiga bog'liq holda turli ko'rinishidagi izometrik bargsimon va tangasimon (masalan, molibdenit, slyudalar, talk), taxtasimon, ustunsimon va ignasimon (rutil, aktinolit, turmalin) mineral kristallari vujudga keladi. Mineralning ayrim kristallarida mansub chiziqlar, belgilar, shuningdek, o'sish va erish shakllari kuzatiladi. Mineral morfologiyasi va qirralar tuzilishini batafsil o'rganib, ya'ni kristallomorfologik tekshirishlar o'tkazib, mineral individlarning paydo bo'lish tarixini yaratish mumkin.

Mineralning fizik xususiyati ularning kristall tuzilishi va kimyoviy tarkibiga bog'liq. Mineralning fizik xususiyatlariga ularning solishtirma og'irligi, mexanik, optik, lyuminissent, magnit, elektr, termik va boshqa kiradi. Mineral solishtirma og'irligiga qarab yengil ($1-2,5 \text{ g/sm}^3$) va og'ir (8 g/sm^3) turlarga bo'linadi. Mineralning solishtirma og'irligi kristall tuzilishiga kiruvchi qismlarning atom og'irligi, ularning joylashish holati, qo'shimcha holati, anionlar va suvning bo'lish-bo'lmashligiga bog'liq. Mineralning solishtirma og'irligini o'rganish ular nomini to'g'ri aniqlash, ma'danlarni boyitish, bir-biridan ajratib olishga imkon beradi. Mineralning bu fizik xossasiga Abu Rayhon Beruniy ham katta e'tibor bergan va o'sha davrda ma'lum bo'lgan mineral va javohirlarning solishtirma og'irligini aniqlab, shu asosda mineral tasnifini tuzgan. Beruniy keltirgan ma'lumotlar hozirgilardan deyarli farq qilmaydi.

Mineralning mexanik xususiyatlariga qattiqlik, mo'rtlik, egiluvchanlik, qayishqoqlik kiradi.

Ulanish tekisligi – mineral yoki kristallarning haqiqiy yoki taxmin qilinadigan tomonlariga parallel tekisliklar bo'ylab sinish yuzasi hisoblanadi. O'ta mukammal, mukammal, o'rta va nomukammal bo'lib, ma'lum

yoʻnalish boʻylab atomlarning pishiqligi, ularning ulanish kuchi mineral ajralish, ushalish kabilar bilan ifodalanadi.

Optik xususiyatlari. Mineralning rangi, yaltiroqligi, shaffoflik darajasi, nur sindirish, numi ikkilanib sinish koʻrsatkichi, pleoxroizm va boshqa xossalari optik mikroskoplar yordamida oʻrganilishi mumkin.

Mineralning yaltiroqligi uning sirtida aks etadigan, nur miqdori va uning nur sindirish koʻrsatkichi bilan bogʻliq boʻlib, odatda metall, yarim metall, nometall, olmos, shishasimon, yogʻli, ipaksimon kabi turlarga boʻlinadi. Mineralning boshqa fizik xususiyatlari (lyuminessensiya, magnitlik, termik) qattiq jismlar fizikasida mukammal oʻrganilgan.

Mineralni tadqiq qilish uchun tabiiy ochilmalardan namunalar va burgʻu quduqlaridan kernlar olinadi. Kompos yordamida mineralning magnitlik xususiyati aniqlanadi. Karbonat tarkibli minerallar xlorid kislotasining kuchsiz eritmasi bilan oson aniqlanadi. Baʼzan biror kimyoviy elementning bor yoki yoʻq ekanligiga ishonch hosil qilish maqsadida kimyoviy reaksiyalardan foydalaniladi. Mineralning dala sharoitida maʼlum bir guruhga mansubligini belgilashda maxsus aniqlagichlardan foydalaniladi. Baʼzi kam tarqalgan hamda gillar guruhiga mansub minerallarni dala sharoitida aniqlash birmuncha mushkul. Mineralning kimyoviy tarkibi laboratoriya sharoitida fizik va kimyoviy tahlil yordamida aniqlanadi. Shaffof va yarim shaffof mineral qutblangan nurlar bilan ishlatiladigan (polyarizatsion) mikroskop yordamida tekshiriladi, nur oʻtkazmaydigan maʼdan minerallar esa, maxsus qaytgan nurlar bilan ishlatiladigan mikroskopda oʻrganiladi. Faqat rentgen analiz yoʻli bilan mineralning ichki kristall panjarasi tuzilishini toʻliq aniqlash mumkin. Juda mayda dispers minerallar elektron mikroskop bilan tekshiriladi. Karbonat va tarkibida suv boʻlgan minerallar termik analiz yoʻli bilan oʻrganiladi.

Tabiatda tarqalishiga koʻra, barcha minerallar jins hosil qiluvchi va maʼdan hosil qiluvchi (togʻ jinslari yoki maʼdanlar tarkibida qatnashuvchi), ikkinchi darajali yoki aksessor (1% dan koʻp boʻlmagan), kam uchraydigan va oʻta kam uchraydigan, yakka holda uchraydigan turlarga boʻlinadi. Bu juda shartli boʻlinish, chunki bir xil jarayonda juda kam hosil boʻluvchi mineral mukammal tekshirilganda boshqa minerali assotsiatsiyalarda keng tarqalganligi koʻrinadi.

Har bir mineral aniq geologik, fizik-kimyoviy sharoitda maʼlum bir tabiiy muhitda hosil boʻlib, oʻzining rivojlanish tarixiga ega. Mineral rivojlanish jarayonida paydo boʻlish, oʻsish va oʻzgarish bosqichlarini bosib oʻtadi.

Bu bosqichlar rus olimi D.P.Grigorev (1961) tomonidan minerallar ontogeniyasi nomi bilan birlashtirilgan. Mineral turli fazali muhit (eritma, qotishma, gaz)dan paydo bo'ladi. Mineralning o'sish jarayonida izomorf va mexanik ravishda mineral hosil qiluvchi muhitdagi suyuq gaz aralashgan bo'lishi mumkin. Fizik-kimyoviy sharoitning o'zgarishi haroratning pasayishi, bosimning oshishi, yangi aralashmalarning kelib qo'shilishi va boshqalar natijasida quyidagi hollar ro'y berishi mumkin:

- a) mexanik yo'l bilan egizak kristall hosil bo'lishi, dislokatsiya, mozaik va boshqa ichki tuzilishiga olib keladigan deformatsiyalar;
- b) mineralning erishi natijasida tomonlarida o'ziga xos paydo bo'lishi;
- v) polimorf o'zgarishlar;
- g) qattiq qotishmalarning yemirilishida;
- d) qayta kristallanish;
- e) boshqa mineral bilan almashishiga olib keladigan kimyoviy o'zgarishlar va boshqalar.

Agar bu o'zgarishda avval mavjud bo'lgan mineralning tashqi shakli saqlansa, psevdomorfozalar (masalan, limonitning pirit bo'yicha) vujudga kelishi. Bir tarkibning polimorf modifikatsiyalarida ifodalanadigan birlamchi va undan hosil bo'luvchi ikkilamchi mineral psevdomorfozalari (masalan, sfaleritning vyurtsit bo'yicha, grafitning olmos bo'yicha) deyiladi. Turli reaksiyalar natijasida vujudga kelgan har qanday mineral alohida, sof holda deyarli uchramaydi, hamma vaqt boshqa mineral bilan birga keladi. Bir jarayonda va bir vaqtda ma'lum fizik-kimyoviy sharoitda qonuniy ravishda hosil bo'luvchi mineral birikmalar mineral paragenезisi yoki paragenetik assotsiatsiyalar deyiladi. Mineralning bir paragenetik assotsiatsiyasi rivojlanish tabiiy sharoitlar, harorat, bosim va komponentlar konsentratsiyasining o'zgarishi natijasida qonuniy ravishda ikkinchisi bilan almashinadi. Vujudga kelayotgan mineral assotsiatsiyalarini fizik kimyoviy diagrammalar yordamida tekshirish, Rossiya olimi akademik D.S.Korjinskiy tomonidan ishlab chiqilgan paragenetik tahlilining asosi hisoblanadi. Bir mineralning turli vaqtda paydo bo'lishi uning generatsiyasi deyiladi. Tabiiy reaksiyalar mahsuli bo'lgan mineral uni hosil qiluvchi muhit, fazali holat fizik-kimyoviy parametrlar bilan uzviy bog'liq. Bularning hammasi minerallar hosil bo'lish jarayonining har bir bosqichida mineral tarkibi va xususiyatlarida o'zgarib, tipomorf (mansub) xususiyatlarni hosil qiladi. Mineral hosil bo'lgan muhit bilan bog'liq bo'lgan kimyoviy, struktura, fizik belgilarning majmuyi mineral tipomorfizmi deyiladi.

Mineral paragenezislari kabi, ularning ayrim belgilari ham tipomorf bo'lishi mumkin. Mineralning tipomorf xususiyatlaridan foydali qazilmalarni qidiruv belgilari sifatida foydalanish mumkin.

Mineral barcha geologik jarayonlarda (endogen, ekzogen, metamorfogen) paydo bo'ladi. Hozirgi zamon mineral genezisi (hosil bo'lishi) tushunchasi bir qator masalalarni o'z ichiga oladi, jumladan:

- a) mineral hosil bo'lish jarayoni kimyosi;
 - b) mineral hosil bo'luvchi muhitning fazasi;
 - v) mineral hosil qiluvchi sistemaning fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari (harorat, bosim, komponent faolligi, kislorod potentsial-nordon rejim);
 - g) mineral hosil bo'lish, o'sish va rivojlanish mexanizmi, xususan uning paydo bo'lishi (erkin kristallanish, metasomatik rivojlanish, qayta kristallanish, parchalanish);
 - d) mineralning keyingi o'zgarishlari jarayoni va metamorfizm hodisasi.
- Mineralning genezisi paydo bo'lishini o'rganishning bosh yo'llari quyidagilar:

- a) mineral mavjudligining geologik sharoitini kuzatish;
- b) mineralning tipomorf (mansub) xususiyatlarini o'rganish;
- v) paragenetik tahlil;
- g) antogenetik tekshirish;
- d) mineralning paydo bo'lish sharoitida unga kirib qolgan gaz, suyuq va qattiq (boshqa mineral zarralari) qo'shimchalarni o'rganish;
- e) tabiiy reaksiyalarning termodinamik hisoboti;
- j) turli geotermometr va geobarometr yordamida termodinamik ko'rsatkichlarni aniqlash;
- z) fizik-kimyoviy muvozanatni o'rganish;
- i) mineral hosil bo'lish jarayonini tajriba yo'li bilan tekshirish;
- k) mineralning izotop tarkibini o'rganish.

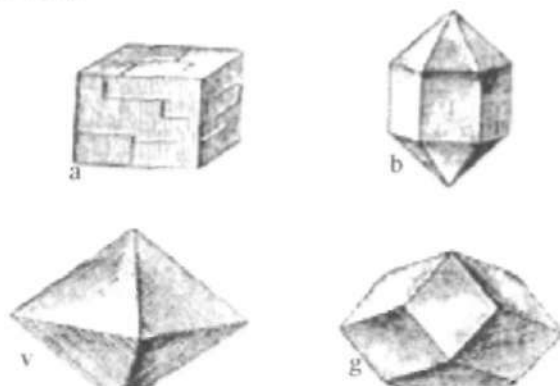
Mineral genezisini aniqlovchi obyektiv manbalarni o'rganish foydali qazilmalarni (konlarni) topish, ularning geologik jarayoni, ularni ilmiy asoslash, qidiruv, sanoat ahamiyatini aniqlashga yordam beradi.

Mineralning qaysi sohada ishlatilishi uning xususiyatlariga bog'liq. Masalan, o'ta qattiq minerallar (olmos, korund, granat va b.) obraziv mahsuloti sifatida, piezoelektrik xususiyatiga ega minerallar radioelektronikada qo'llaniladi. Mineralning fizik xususiyatlariga (zichligi, qayishqoqligi, magnitligi, elektr o'tkazuvchanligi, radioaktivligi) qarab ma'dan boyitish va foydali qazilmalar qidirishning usullari belgilanadi.

Mineralning kristallik panjarasidagi nuqsonlarni mexanik (maydalash va uvalanish), akustik, issiqlik (qattiq qizdirilishi va tez yoki sekin sovishi), radiatsion (rentgen) usullar bilan yo'qotish istiqbollar ochilishiga imkoniyatlar yaratadi. Xalq xo'jaligida, sanoatda hozirgacha bizga ma'lum bo'lgan minerallarning 20% ishlatiladi. Mineralning tarqalganligi, tarkibi, xususiyatini batafsil o'rganish, yangidan-yangi mineral turlarini topishga imkon beradi. O'zbekistonda geolog, geoximik, mineraloglar va boshqalar tomonidan yangi minerallar ochilgan. Ulardan ba'zilari dunyoda birinchi marta topilgan bo'lib, mashhur olimlar, mutafakkirlar va joylar nomi bilan ataladi. Masalan, avisenit, birunit, nasledovit, uklonskit, ferganit, xam-rabaevit, uzbekit. Hozir sanoatda, xalq xo'jaligining ko'p tarmoqlarida Mendelev jadvalidagi elementlarning ko'pchiligidan foydalanilmoqda, ular asosiy komponent yoki qo'shimcha element sifatida har xil minerallar tarkibidir. Elektronika, optika, radiotexnikada mineralning monokristallari yoki ularning sun'iy turlari ishlatiladi. Chiroyli va bezakligi bilan ajralib turadigan minerallar qimmatbaho, yarim qimmatbaho, javohirlar (olmos, zumrad, yoqut, sapfir, nefrit va boshqalar) sifatida qo'llaniladi. Mineralni har tomonlama o'rganmay turib, tog' jinslari va qazilma ma'dan hosil bo'lishini hozirgi zamon geologik va geoximik tekshirishlar talabiga javob berarlik darajasida aniqlash mumkin emas. Yil sayin minerallarning tadqiq etish obyektlari kengayib, oy, koinot, yer po'sti va okean tubi minerallari o'rganilmoqda.

I BO'LIM
KRISTALLOGRAFIYA
1. KRISTALL VA KRISTALLOGRAFIYA FANI
XUSUSIDA MA'LUMOTLAR

1.1. Kristall haqida umumiy tushunchalar. Odatda tabiiy yoki laboratoriya sharoitida hosil bo'lgan, ko'p tomonli ma'lum bir geometrik shaklga ega bo'lgan qattiq jismlar **kristallar** deyiladi. Kristallarni sirtqi qismi tekis tomonlardan va ularning tutashgan joyida o'zaro kesishgan to'g'ri chiziqlar – qirralaridan, qirralari esa bir nuqtada kesishgan cho'qqilardan iborat. Kristallning bunday to'g'ri geometrik shakli uning ichki tuzilishidagi atomlarning tartib bilan joylashishidan vujudga kelaydi. Bunga osh tuzining (NaCl) kub shaklidagi kristalli, kvarsning (SiO_2) olti tomonli prizma va dipiramida shaklidagi kristalli, temir uchun asosiy ma'dan bulgan magnetitning ($\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$) sakkiz tomonli oktaedr va granatning o'n ikki tomonli rombododekaedr shaklidagi kristallari misol bo'la oladi (1-rasm).



1-rasm. Minerallarning tabiiy kristallari:
a) osh tuzi, b) kvars, v) magnetit, g) granat.

Kristall yunoncha «kristallos» soʻzidan olingan boʻlib, muz demakdir. Yunonlar togʻ billurining (kvars turi) olti tomonli, toza, shaffof kristallik koinot suvining yaxlitlanishidan hosil boʻlgan «tosh» deb hisoblaganlar. Haqiqatdan ham togʻ billuri tashqi koʻrinishidan muzni eslatadi. Undan keyingi davrlarda toʻgʻri geometrik shakllarga ega boʻlgan barcha qattiq jismlar kristall deb hisoblangan.

Kristallarning tabiatda tarqalishi. Yashab turgan zaminga, atrof-muhitga nazar tashlar ekanmiz, unda kristallar juda kam uchraydiganek tuyuladi. Kristallar faqat ma'lum bir joyda tog'u-toshlardan yoki ba'zi bir ixtisoslashgan, sun'iy usulda kristallar oladigan muassasalardan topiladiganek tuyuladi. Ammo atrofimizdagi jismlarga sinchiklab qarasak kristallarning juda ko'p tarqalganligining shohidi bo'lamiz. Masalan, har kuni ishlatiladigan osh tuzi, qand, novvot, dori-darmonlar, hattoki qor, sham, kul ham mayda, ko'pincha ko'z ilg'amas kristallardan iborat. Bunday kristallarni amaliyotda mikroskop yordami bilan ko'rish mumkin. Hatto istagan metallning bir parchasini olib tekshirsak, u mayda kristall zarralardan iborat ekanligiga ishonch hosil qilamiz.

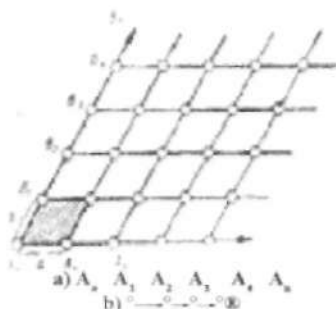
Shu kabi Yer qobig'ida kristallarga xos shakllarga ega bo'lmagan, lekin kristallik xususiyatiga molik mayda donachalardan tashkil topgan tog' jinslari ham ma'lum. Masalan, yer qobig'ida ko'p tarqalgan granit tog' jinslari – kvars, dala shpati va slyuda donachalaridan iborat; ohak toshlari, slaneslar ham kristallik xususiyatiga ega bo'lgan mayda donachalardan iborat. Xulosa qilib aytganda, zaminimizda kristallar, ayniqsa, ko'z ilg'amas kristallar ko'p tarqalgan, har qadamda uchraydi hamda ular katta amaliy ahamiyatga ega.

Kristallarning ichki tuzilishi to'g'risidagi tushuncha ularni rentgen nurlari yordami bilan tadqiq etilgandan so'ng yuzaga keldi. Rentgen tahlili kristall tarkibidagi atom, ion va molekulalarning kristallning ichki tuzilishida muayyan geometrik qonuniyat va molekulalarning bunday tartib bilan joylashishi kristallarga xos bo'lib, shuning bilan ular amorf jinslardan farq qiladi.

Zarrachalari o'zaro tartibsiz ravishda joylashgan bo'lsa, uni amorf holatdagi qattiq jism deyiladi. Amorf jismlarga oyna (shisha), plastmassa, mum va boshqalar misol bo'la oladi. Amorfli jism ichki tuzilishi turg'un bo'lmasdan ma'lum vaqtdan so'ng kristallik xususiyatiga o'tishi mumkin. Masalan, oyna vaqt o'tishi bilan kristallanib, mayda kristallchalarga aylanib rangi sarg'ayadi. Qattiq jismning kristallik holati amorf jismga nisbatan ancha turg'un. Chunki kristallning ichki tuzilishidagi zarrachalarning qonuniy joylashishi va bog'lanishi uning ichki energiyasining hisobiga yuzaga keladi va uni shu potentsial energiya ushlab turadi.

Mana shunday mulohazalardan so'ng kristall nima degan savolga umumlashtirilgan javob berish mumkin: moddiy zarrachalari (atomlari, ionlari va molekulalari) bironta qonuniyat asosida, fazoviy panjara tugunlari kabi tartib bilan joylashgan barcha qattiq jismlar kristall deb ataladi.

1.2. Fazoviy panjara to'g'risida tushuncha. Fazoviy panjaraning tuzilishini chuqurroq tasavvur etish uchun uning bitta tugunchasini Ao ni boshlang'ich tuguncha deb qabul qilamiz. To'g'ri chiziq bo'ylab unga yaqinroq bo'lgan $A1$ tugunchasi «a» masofada joylashgan bo'lsin. ($a=AoA1$). $AoA1$ to'g'ri chizig'ini davom ettirsak, muttasil joylashgan $A2, A3, A4$ va An tugunlarini topamiz. Bularning oraliqlari «a»ga teng bo'lib, jamiga fazoviy panjaraning qatori deb yuritiladi (2-rasm, a).



2-rasm. Kristall fazoviy panjarasining qatorlari va turli tekisliklari.

Demak, to'g'ri chiziq bo'ylab o'zaro birdek masofada joylashgan, muttasil takrorlanadigan tugunchalar jamiga fazoviy panjaraning qatori deyiladi.

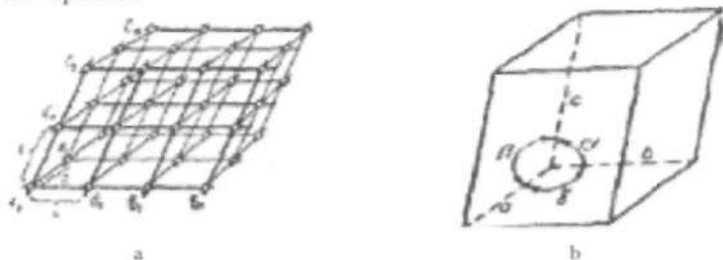
Endi Ao tugunchasidan yuqoridagi to'g'ri chiziq bo'ylab joylashgan $V1$ tugunchasini olaylik. $V1$ tuguncha Ao dan «b» masofada joylashgan bo'lsin (2-rasm, b). $AoBn$ to'g'ri chizig'ini davom ettirib, unda bir nechta mut-

tasil takrorlanadigan $V2, V3, V4$ va Vn tugunlarining qaysisidan $AoAn$ to'g'ri chizig'iga parallel chiziqlar o'tkazilib, o'zaro parallel joylashgan bir nechta fazoviy panjara qatorlarini hosil qilamiz. Shuning kabi $AoBn$ chizig'iga parallellar o'tkazamiz. Natijada yana bir-biriga parallel joylashgan fazoviy panjara qatorlarini hosil qilamiz. Bularning $AoAn$ tomonlariga parallel joylashgan to'g'ri chiziqlar bo'ylab muttasil takrorlanadigan tugunlarning oralig'i «a» ga teng, $AoBn$ tomoniga parallel bo'lgan to'g'ri chiziq bo'ylab joylashgan tugunlarning oralari «b» ga barobar. Natijada $AnAoVn$ shaklidagi fazoviy panjaraning turli tekisligi hosil bo'ladi (2-rasm, b). Demak, o'zaro teng va parallel bo'lgan bir sistemaga bog'langan parallelogrammlarning cho'qqilarida joylashgan tugunlar yig'indisi fazoviy panjaraning turli tekisligi deb ataladi.

Bunday oraliqlarni bo'sh qoldirmasdan parallelogrammlar bilan chizma tekisligini to'ldirib chiqish mumkin. Shulardan bittasi chiziqlar bilan belgilangan (2-rasm, b). Bu mulohazalardan ko'rinib turibdiki, turli tekislik asosan ikkita qator bilan aniqlanadi. Birinchisi: $AoA1 \dots An$ qatori, ikkinchi $AnV1 \dots Vn$ qatori birikib $AnAoVn$ turli tekisligini vujudga keltiradi.

Undan keyin panjara yasamasini tekislikda tasavvur etish uchun dastlabki Ao tugunidan oldin tuzgan $AnAoVn$ turli tekisligi sathidan tashqari bo'lgan $S1$ tugunchasini olamiz (3-rasm).

$AoS1=c$ ga teng bo'lgan $AoC1$ to'g'ri chizig'ini davom ettirib, uning ustida yotgan $S2, S3, C4...Cn$ oraliqlari «s» ga teng bo'lgan tugunlar jami yoki boshqacha qilib aytganda fazoviy panjaraning $AoC1...Cn$ uchinchi qatorini topamiz.



3-rasm. Fazoviy panjara (a) va uning elementar shu'bas (b),
a, b, s – qirralari; α, β, γ – qirralari orasidagi burchaklar.

Panjaraning so'nggi qatorida joylashgan har bir tugundan $AnAoVn$ turli tekisligiga parallel joylashgan tekisliklar o'tkazamiz. Bularning barchasi birinchi turli tekislikka nisbatan va o'zaro birdek bo'lganligi uchun, bir-biri bilan uch o'lchamda uzviy bog'langan teng turli tekisliklarning yig'indisidan iborat. Mana shunday mulohazaga asoslanib, birinchi ($AoA1...An$) ikkinchi ($AoVo...Vn$) hamda uchinchi ($AoC1...Cn$) qatorlar zaminidagi turli tekisliklarni vujudga keltirdik. Bunday turli tekisliklar parallel holda ikkinchi va birinchi turli tekislikning har bir tugunidan o'z navbatida yana ikkita oldingilarga mos turli tekisliklar o'tadi. Uchta yo'nalishda tuzilgan turli tekisliklar bir-biri bilan kesishib muttasil joylashgan yuqorida aytilgan parallelopipedlarni vujudga keltiradi (3-rasmda bit-tasi ajratilgan).

Bu parallelopipedlar, o'zaro teng muttasil parallel zich joylashganligi va tomonlarining umumiy bo'lganligi uchun fazoni ochiq joy qoldirmasdan to'ldiradi. Ularning cho'qqilari fazoviy panjaraning tugunlariga to'g'ri keladi. Bunday yasama cheksiz davom etadigan shakllarga olib keladi. Chunki har bir qatorni istagan masofagacha davom ettirish mumkin.

Yuqorida ko'rsatilganidek, real kristallarning ichki tuzilishidagi fazoviy panjara tugunlari o'rinda neytral atomlar, zaryadlangan atomlar (ionlar) yoki bir guruh ionlar va atomlar joylashgan bo'ladi. Agar bunday guruhlar neytral holda bo'lsa uni molekula, agar zaryadlangan bo'lsa

radikallar deyiladi. Shuning bilan, birga kristall cho'qqilari fazoviy panjaraning tugunlariga, qirralari qatorlariga, tomonlari esa turli tekisliklarga to'g'ri keladi. Ko'rinib turibdiki, kristallarning tabiiy qirralari moddiy zarachalar qalin joylashgan qatorlarga va tabiiy tomonlari esa qolgan zarachalar bilan qoplangan turli tekisliklarga, boshqacha qilib aytganda katta retikular zichligiga (ma'lum birlikdagi sathga to'g'ri keladigan tugunlar miqdoriga retikular zichlik deyiladi) ega bo'lgan tomonlarga to'g'ri keladi.

Bundan tashqari, har bir fazoviy panjara uni tashkil etuvchi moddiy nuqtalarning shu panjaraga xos tartibda joylashgan elementar shu'balardan iborat (3-rasm, a, b).

To'rt tekisligida yotgan cho'qqilardan va tugunlardan iborat bo'lgan bitta parallelopipedli fazoviy panjaraning eng kichik bo'lagi elementar shu'basi deb ataladi (3-rasm, b). Ular panjara tuzilishida cheksiz va mut-tasil takrorlanuvchi parallelopipedning shakli va katta-kichikligi bilan xarakterlanadi. Har qaysi kristallning o'ziga xos bo'lgan elementar shu'balari bir-biridan qirralarining (α , β , γ) uzun-qisqaligi va ular orasidagi burchaklarning (α , β , γ) qiymatlari bilan farqlanadi.

1.3. Kristallarning asosiy xususiyatlari. Kristallar yuqorida ko'rsatilgan belgilardan tashqari yana uchta muhim xususiyatga ega: bir jinslik, anizotropik, kristall tomonlarining o'z-o'ziga parallel o'sishligi.

1. Bir jinslik xususiyati. Kristallar har bir qismlarida birdek, o'zgarmas kimyoviy va fizik xususiyatlarga ega bo'lsa, uni bir jinsli deyiladi. Kristallning har bir qismida tarkibi, ichki tuzilishi va fizik xususiyatlari bir xil bo'lsa, o'z-o'zidan ma'lumki, u bir jinsli bo'lishi shart. Masalan, katta yaxlit tog' billuri kristallining har joyidan shar, kvadrat va kub shaklidagi figuralar kesib olib, ularning har qaysisining kimyoviy tarkibini, ichki tuzilishini va fizik xususiyatlarini tekshirsak, ular qanday shaklda bo'lishidan, kristallning qaysi joyidan olinganligidan qat'iy nazar yuqorida ko'rsatilgan xususiyatlari birdek bo'ladi. Demak, tog' billuri kristallini bir jinsli deb hisoblash mumkin.

Shuni ham aytish kerakki, bir jinslilik ma'lum darajada nisbiy bo'lib, kristallning anizotropik xususiyatini hisobga olsak, hatto ideal kristallarda ham, faqat o'zaro parallel bo'lgan yo'nalishlaridagina bir jinslik bo'lishi mumkin. Shuning bilan bir qatorda bu xususiyatni real kristallar tarkibidagi kimyoviy yoki mexanik aralashmalar hisobga olinmagan holda qabul qilishimiz mumkin.

2. Anizotropik xususiyati (har xil xususiyatli demakdir). Kristallarning muayyan yo'nalishlari bo'yicha xususiyatlarining o'zgarishiga

anizotropik deyiladi. Boshqacharoq qilib aytganda, kristall har xil parallel yo'nalishi bilan noparallel yo'nalishidagi xususiyatlari bir-biriga o'xshamaydi. Anizotropik xususiyat kristallning ichki tuzilishi bilan uzviy bog'langan, chunki uning parallel yo'nalishlarida o'zaro mos bo'lgan atomlar (ionlar, molekulalar) ayniyatli shaklda teng masofalarda joylashgan. Shunga ko'ra, bu yo'nalishlarda kristall xususiyatlari ayniyatli bo'lishi shart. Noparallel yo'nalishlarda zarrachalar bir-biriga nisbatan turli xil masofada joylashganligi uchun xususiyatlari har xil bo'ladi. Anizotropik xususiyat slyudalarda yaqqol ko'rinadi. Ularning yassi kristallari qatlam-qatlam ko'rinishda joylashgan bo'lib, qatlamlar yo'nalishlarida osongina yupqa varaqlarga ajraladi. Bu qatlamlarga perpendikular yo'nalishda varaqlarga ajratib olish ancha murakkab ish. Anizotropik xususiyatiga disten (Al_2SiO_5) minerali misol bo'la oladi. Bu mineral kristallining yo'nalishlari bo'yicha qattiqliklari har xil (4-rasm). Kristall uzunligiga mos yo'nalishda pichoq osongina iz qoldiradi (qattiqligi 3-4), unga perpendikular yo'nalishda pichoq iz qoldira olmaydi (qattiqligi 6-7).

Bundan tashqari, kristallarning issiqlik, nur o'tkazish xususiyatlarida ham anizotropik yaqqol seziladi. Bu hodisa darslikning ikkinchi qismida batafsil tushuntiriladi.

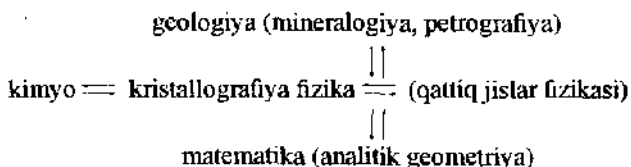
3. Kristallarning uchinchi muhim xususiyati hosil bo'layotgan, rivojlanayotgan paytida tomonlari o'z-o'ziga parallel qatlamlar hosil qilib o'sishidir. Masalan, to'yingan osh tuzi eritmasiga kichkinagina kub shaklidagi shu birikmaning kristali tushirilsa, ma'lum vaqtdan keyin kristall hajmining kattalashganligining guvohi bo'lamiz. Buning sababi, kub shakli tomonlarida joylashgan musbat Na^+ eritmadagi manfiy zaryadlangan Si^- ni tortib o'ziga qo'shib oladi va aksincha. Natijada tomonlariga parallel joylashgan $NaCl$ ning yangi qavatlar vujudga keladi, kristall o'sadi, kattalashadi.

Umumlashtirib aytganda, kristall zarrachasi, shu kristall tarkibidagi modda eritmasida o'zining ma'lum qonuniyatlariga asoslangan, shu modda uchun xos kristall shaklini olishga intiladi va u zarur fizik-kimyoviy muhitda bo'lgan o'sha kristall shakliga kiradi.

1.4. Kristallografiya'ning vazifasi va boshqa fanlar orasida tutgan o'rni. Kristallografiya kristallar va kristallik xususiyatiga ega bo'lgan jismlar haqidagi fan. Bu fanning asosiy negizini kristallar simmetriyalari, panjarali ichki tuzilishlari va fizik-kimyoviy xususiyatlari tashkil qiladi.

Kristallografiya mineralogiya'ning bir qismi bo'lib, fan sifatida shakllanib, so'nggi davrda matematika, fizika fanlarining aniq qonuniyat-

lari asosida rivojlandi. Kristallarni batafsil o'rganishda nafaqat geologlar, balki matematiklar, fiziklar va kimyogarlar ham qiziqqa boshladi. Shuning uchun, kristallografiyaning taraqqiyoti bu fanlar taraqqiyoti bilan chambarchas bog'langan. Bunday bog'lanishni qo'yidagicha ifodalash mumkin:



Geologlar uchun minerallarning kristall shakllarini, fizik-kimyoviy xususiyatlarini, hosil bo'lishini va Yer qobig'ida tarqalishlarini o'rganib, olingan ma'lumotlar natijasida Yer qa'rida yotgan ma'danlar darakchisi sifatida ishlatiladi va yangi konlar ochish uchun zamin yaratiladi. Bu muammoni ijobiy hal qilish uchun kristallografiya fanini mukammal o'zlashtirib olish lozim. Bundan tashqari, kristallografiya fani qimmatbaho toshlar, metallar, kimyoviy birikmalar kristallarini va sun'iy yo'l bilan olingan kristallarni ham tadqiq etadi. Kristallografiya fanining asosiy vazifalari uning quyidagi tarkibiy qismlarida aniq ko'rinadi:

a) birinchi qismi – geometrik kristallografiya kristallarning cheklangan va cheksiz shakllar simmetriya elementlari va turlari, tomonlar orasidagi qonuniyatlar, kristallar tashqi ko'rinishlari, tabiiy va sun'iy kristallarning hosil bo'lish sharoitlari, o'sishi va yemirilish qonuniyatlari bilan shug'ullanadi;

b) ikkinchi qismi – kristallofizikada esa kristallarning fizik, elektrik, mexanik, optik xususiyatlarini va bu xususiyatlarining ichki tuzilishi bilan bog'liqligini o'rganadi;

v) uchinchi qismi – kristallokimyo kristallarning ichki tuzilishida atomlar, ionlar va molekulalar o'zaro bog'lanishi, ichki tuzilishi fazoviy panjara bilan shakl o'rtasidagi ayniyatlikni, kimyoviy tarkibi bilan fizik xususiyatlarining uzviy bog'lanishlarini tekshiradi.

1.5. Kristallografiya fanining taraqqiyoti bosqichlari. Bashariyat taraqqiyoti tarixiga nazar tashlar ekanmiz, unda biz toshlarning, kristallarning va ma'danlarning ishlab chiqarish qurollari sifatida, kishilarning moddiy, ma'naviy, maishiy hayotida qanchalik muhim o'rin egallaganligining shohidi bo'lamiz. Ibtidoiy jamiyatdan tortib, to hozirgi kungacha kishilar toshlarni (kristallar, minerallar) o'z ehtiyojlarini qondirish uchun

har xil uslubda ishlatib kelganlar. Ibtidoiy jamiyatda toshlarni odamlar o'zlarini yirtqich hayvonlardan muhofaza qilish quroli o'rnida ishlatgan bo'lsa, quldorlik jamiyatiga kelib ulardan bezak va ro'zg'or anjomlarini tayyorlash uchun foydalanganlar. Qimmatbaho toshlarning qadri oshib, unga talab kuchaya bordi. Javohirlar mahsulot sifatida bozorga chiqarilib sotila boshlandi. Sotiladigan javohirlarning sifatini va miqdorini aniqlab, baholash zaruriyati tug'ildi. Bu zaruriyat kristallarning fizik va kimyoviy xususiyatlarini har tomonlama o'rganishga da'vat etdi. Shu sababli XI asrdayoq Abu Rayhon Beruniy qimmatbaho toshlarning sifatini aniqlash usullarini ishlab chiqdi.

Kristallografiya'ning fan sifatida shakllanishining bosqichlarini uchta davrga bo'lish mumkin.

Birinci boshlang'ich (embrional) davr to XI asrning boshlarigacha bo'lgan vaqtni o'z ichiga oladi. Bu davrda tog' billuri, pirit, kalsit, gematit va boshqa minerallar kristallarining shakllari tekshirilgan. Ularning shakllari bilan tarkiblarining fazoda uzviy bog'lanishi borligi taxmin qilina boshlangan. Bu borada, ayniqsa, grek olimlaridan Pifagor, Pliniylar katta hissa qo'shganlar. Kristallar tarkibini, nomini ularning geometrik shakllariga qarab aniqlashni Pliniy ko'rsatib bergan.

X-XI asrlarda kristallarni, aniqrog'i qimmatbaho toshlarni tadqiq etish O'rta Osiyo olimlari o'rtasida ham keng tarqalgan. Bunga butun dunyoga tanilgan, serqirrali, ilm-fanning har bir sohasida o'chmas iz qoldirgan buyuk bobokalon allomalarimizdan Abu Rayhon Beruniy (972-1048) va Abu Ali ibn Sino (980-1037) yozib qoldirgan, o'tmish-ma'daniyatimiz tarixining qatlamlarida javohirlardek saqlanib kelayotgan asarlari dalil bo'la oladi. Bu ikki buyuk allomalar kristallarning va minerallarning fizik-kimyoviy xususiyatlari asosida ularning tasnifini vujudga keltirishgan. Ayniqsa, Beruniyning «Qimmatbaho toshlarni tekshirish haqidagi kitob» nomli ilmiy asari alohida diqqatga sazovordir. Hozirgacha o'z qiymatini yo'qotmagan bu asar kristall, mineral va metallarga bag'ishlangan bo'lib, 50 ga yaqin nomdagi qimmatbaho toshlar, metallar haqidagi ma'lumotlarni o'z ichiga oladi.

O'tgan davr fan va texnikaning qoloqligiga qaramasdan u kristallar solishtirma og'irligini aniqlaydigan maxsus asbob kashf etib, ko'pgina kristallar, metallar solishtirma og'irligini aniqlagan. Jumladan, aniqlangan turmalin kristalining solishtirma og'irligi u mineralning hozirgi solishtirma og'irligidan deyarli farqi yo'q.

XVI asrdan keyin kristallarning ichki tuzilishi to'g'risida aniqroq taxminlar yuzaga kela boshladi. Italiya matematigi, shifokori D.Kardano (1501–1576) olti qirrali prizmatik shakldagi tog' billurining ichki tuzilishini aniqroq tasavvur etgan. U tog' billuri mayda shar shaklidagi zarrachalarning tartibli holda zich joylashishidan hosil bo'lgan degan g'oyani olg'a surgan. Bu masalani 1611 yilda nemis matematigi va astronomi Iogann Kepler qor (qirov) kristallarini o'rganib, ular suvning sharsimon tuzilishdagi molekulalarining zich joylashishidan hosil bo'lgan degan xulosaga kelgan. Bundan keyin ingliz olimi R.Guk (1665), gollandiyalik X.Gyuygens (1690), rus olimi M.V.Lomonosov (1749) turli xil kristallarni tekshirish asosida, ular mayda shar va ellips shaklidagi zarrachalardan tuzilgan degan xulosa chiqarganlar.

Kristallografiya fanining ilmiy asoslarini yaratishda 1669 yili daniyalik shifokor N.Stenonning geologiya va mineralogiya sohalarida olib borgan kuzatishlarining natijasi muhim rol o'ynadi. U jahonda birinchi bo'lib kvars kristallaridagi ayniyatli tomonlar orasidagi burchaklarning qiymati turg'un o'zgarmas son ekanligini isbotladi va matbuotda e'lon qildi. Kvars kristallari tomonlarining shakllariga va katta-kichikligiga qaramasdan ayniyatli tomonlari orasidagi burchaklar qiymati doimo birdek degan xulosa chiqardi.

Faqat yuz yildan so'nggina fransuz olimi Rome Delil va M.V.Lomonosov bilan bir vaqtda bu qonuniyat nafaqat kvars kristallariga emas, balki barcha kristallarga ham xos ekanligini isbotlab, u kristallografiyaning va kristallokimyoning asosiy qonunlaridan biri ekanligini qayd qildilar. Shundan so'ng jahon olimlari buni burchaklar turg'unlik qonuni, Steno qonuni, ba'zilar esa kristallografiyaning birinchi qonuni deb tan oldilar.

Ikkinchi davr XIX asr boshlaridan oxirigacha bo'lgan vaqtни o'z ichiga oladi. Bu davrda to'plangan ma'lumotlar asosida kristallarning shakllarini nazariy jihatdan batafsil o'rganish, ularni umumlashtirish, ichki tuzilish, nazariy qonuniyatlarini kashf etish davri bo'ldi. Ikkinchi davmning eng muhim yutuqlaridan biri fransuz olimi, professor Rene Jyust Gayui (Ayui)ning kristallarning ichki tuzilish nazariyasini kashf etishidir. R.J.Gayui (1784) o'z kashfiyotiga «kamaytirish nazariyasi» deb nom berdi va kristallografiya-kristallokimyo fanlarining ikkinchi asosiy qonuni bo'lgan parametrlar nisbatining ratsionallik (ya'ni butun sonlar) qonunini kashf etdi. Ayni shu paytda nemis olimi K.Veys kristallografiyaning uchinchi –

tomonlar va qirralar vaziyatining o'zaro bog'lanishini aniqlovchi qonunlarni ishlab chiqdi va butun dunyoga «mintaqalar qonuni» nomi bilan mashhur bo'ldi. 1830 yilda nemis olimi F.Gessel va 1867 yilda rus olimi A.Gadolin mavjud bo'lgan kristallarning barchasini 32 ta simmetriya turiga mujassamlashtirdilar.

1857 yilda fransuz olimi G.Sorba tomonidan toshlarni qutblashgan nurlar yordami bilan o'rganadigan mikroskop kashf qilingandan keyin kristallarni va minerallarni mikroskop yordami bilan o'rganish keng quloq yozdi va kristallarning noma'lum bo'lgan xususiyatlarini ochib bera boshladi.

XIX asrning boshlarida kristallarning ichki tuzilishi haqida mukammal nazariyalar yaratila boshlandi. Bunday nazariya'ni yaratishda rus olimi E.S.Fedorovning xizmati katta bo'ldi. Uning 1890 yili e'lon qilingan «To'g'ri shakllar simmetriyasi» asarida kristallardagi atomlar, molekulalar va ionlarning joylashish jarayonini nazariy talqin qilib, ko'pgina geometrik qonunlarni ochdi. E.S.Fedorov bo'yicha har bir kristall moddiy birliklar (nuqtalar) yig'indisidan iborat bo'lib, o'zaro simmetriya elementlari bilan bog'langan. Bunday cheksiz moddiy nuqtalar yig'indisi kristallarning fazoviy panjarasini hosil qiladi. E.S.Fedorov nazariyasi ko'p vaqtgacha olimlar nazaridan tashqarida qolib keldi. Faqat rentgen nurlari kashf qilingandan keyingina bu nazariyaga qaytadan murojaat qilindi.

Kristallografiya taraqqiyotining **uchinchi davri** 1896 yil rentgen nurlari kashf etilgandan so'ng boshlandi. Bu nemis fizigi Maks Laue nomi bilan bog'liq. U 1912 yilda rentgen nurining kristallar fazoviy panjarasida joylashgan zarrachalar orasidan o'tayotib difraksiya (sinish) hosil qilishini aniqladi. Keyinchalik bu xususiyat asosida kristallarning ichki tuzilishini tekshirish usulini ishlab chiqdi. Shuning bilan u kristallarni tekshirishning va amaliyotda foydalanishning fundamental nazariy asosini yaratdi. Undan tashqari, bu kashfiyot E.S.Fedorovning kristallardagi moddiy zarrachalarning qonuniy joylashishi nazariyasini amalda tasdiqladi.

Kristallarning ichki tuzilishini rentgen nurlarida tadqiq etish usullari 1920 yildan rivojlana boshlandi. Kristallarning ichki tuzilishi modellarini yaratish, fazoviy panjaraning elementar shu'balarini aniqlash bilan jahon fiziklari, kimyogarlari, geologlari shug'ullana boshladi. Ayniqsa, qattiq jismlar fizikasi bilan shug'ullanuvchi olimlar va mutaxassislar yangi usullar va asboblarni ixtiro qila boshladi. Buning natijasida XX asrning o'rtalariga kelib fanda ma'lum bo'lgan kristallarning va minerallarning

ichki tuzilishi modellari to'liq ishlanib chiqildi. Kristallarning ichki tuzilishini tekshiradigan usullar takomillashtirilishi bilan bir qatorda million marta kattalashtirib ko'rsatadigan elektron, neytron mikroskoplari, rentgen mikrozondlari, elektron, paramagnit rezonanslari kabi yangi zamonaviy asbob-uskunalar yaratildi.

Shuning asosida bugungi kunda kristallografiya va kristallokimyo fan sifatida shakllandi va rivojlandi. Kristallarning va minerallarning ichki tuzilishini to'g'ri aniqlash ularning kimyoviy formulalarini to'g'ri yozishga va *eng muhimi to'rt mingdan ortiqroq minerallarning va ularning turlarining* tasnifini aniqroq tuzishga asos bo'ldi.

Bu borada rus olimlaridan A.V.Shubnikov, N.V.Belov, G.B.Bokiy, O.M.Anshel's, A.S.Povarennix, G.M.Popov, I.I.Shafranovskiy, V.A.Frank-Kamenetskiy, B.K.Vaynshteyn va boshqalar samarali ishlar olib borganlar.

2. KRISTALLARNING HOSIL BO'LISHI VA O'SISHI

Tabiiy va sun'iy kristallarning hosil bo'lishi va o'sishi (rivojlanishi) sharoitlarini aniqlash katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega. Chunki, so'nggi paytlarda xalq xo'jaligida va texnikada ishlatiladigan optik, piezoelektrik, yarim o'tkazgichli xususiyatlariga ega bo'lgan kristallar tobora ortib bormoqda. Hozirgi kunda bunday kristallarni yetishtirish ustida laboratoriyalar, maxsus ixtisoslashtirilgan ilmgohlar, yirik birlashmalar katta-katta ishlarni amalga oshirmoqda. Shunga qaramasdan oldindan bashorat qilingan xususiyatli kristallarni etishtirish (o'stirish) hanuzgacha katta muammo bo'lib kelmoqda.

Lekin olimlarning izlanishlari natijasida vujudga keltirilgan, ajoyib xususiyatli, texnikaning mushkul muammolarini hal qilishda qo'l kelayotgan yangi kristallarni ham unutib bo'lmaydi. Masalan, tarkibiga xrom aralashgan korund (rubin), samariy aralashgan flyuorit, samariy, tuliy, disproziy elementlari aralashtirilgan grossulyar kristallari lazer va mazer nurlari manbayi bo'lib xizmat qilmoqda. Bu nurlar tibbiyotda, kosmik kemalar bilan aloqa o'rnatishda ishlatiladi. Bundan tashqari, metallarning va qotishmalarning sifatleri ularning sovib kristallanish (qotish) sharoitiga, ular tarkibidagi metall atomlarining o'zaro birikish xususiyatlariga bog'liq. Shuning uchun, domna pechkalarida suyultirilgan metallning kristallanishi metallshunoslarni qanchalik qiziqtirsa, tabiiy kristallarning paydo bo'lishi,

o'sishi ham geologlarni shunchalik qiziqtiradi. Ular tog' jinslari orasidagi kristallarga ko'zlari tushsa, albatta sinchiklab tekssiradilar.

2.1. Kristallarning hosil bo'lish sharoitlari. Kristallar oddiy sharoitdagi suyuqlik eritmalarning, yer qa'rida joylashgan yuqori haroratli magmatik eritmalarning, gazlarning sovib qotishidan, amorf holatdagi moddalarning kristallanishidan, qattiq jismlarning qaytadan kristallanishidan hosil bo'ladi.

Oddiy sharoitda kristallarning suyuqlikdan hosil bo'lishiga, suvning yaxlab muzga aylanishi misol bo'la oladi. Osh tuzi (NaCl) mis kuporosi ($\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) va boshqa tuzlarning to'yingan eritmalaridan ham shu tuzlarning chiroyli kristallarini olish mumkin. Suv o'tlaridan va gazlardan ham kristall hosil bo'lishi mumkin. Suv bug'larining sovib qotishi natijasida derazalarda turli shakldagi muz kristallari vujudga kelgani kabi vulqondan ajralib chiqqan gazlar ham sovib uning krateri devorida mayda oltinugurt, nashatir va boshqa minerallarning kristallarini hosil qiladi.

Bizga ma'lumki, amorf holatdagi qattiq jism vaqt o'tishi bilan kristallik xususiyatiga ega bo'lgan jinsga o'tadi. Masalan, toza amorf holatdagi oyna vaqt o'tishi bilan asta-sekin kristallanib xira sariq rangga o'tadi. Granit bilan ohaktosh tutashgan joyda (kontaktda) mayda (0,01-0,02 mm) ohaktosh donachalari sovib qotayotgan magmaning taftidan qizib, qaytadan kristallanadi, marmarga aylanadi. Mayda ko'z ilg'amas ohaktosh donachalari bir-biriga qo'shilib yirik (0,5-3,0 sm) yoki ko'p tomonli (poliedrlar) donachalar hosil qiladi.

Hozirgi vaqtda geologlar kristallanish bilan bog'liq bo'lgan tabiatda ko'p uchraydigan metasomatoz jarayoniga katta ahamiyat bermoqdalar. Tog' jinsidagi birorta mineral tashqi muhit ta'sirida o'zgarib boshqa mineralga aylanishiga metasomatoz jarayoni deyiladi. Oldin hosil bo'lgan mineralning o'zgarib yangi mineralga aylanishi bir vaqtning o'zida sodir bo'lganligi uchun tog' jinsi o'zining qattiq jinslik holatini va yaxlitligini saqlab qoladi.

Bundan tashqari, domna pechlarida yuqori haroratda suyuq holatga aylangan metall eritmasining sovib qotishidan (kristallanishidan) metall (temir, alyuminiy, volfram va boshqalar) kristallari paydo bo'ladi. Bu kristallar fazoviy panjarlaridagi metall atomlarining o'zaro joylashishlari, fizik-mexanik xususiyatlari, metall eritmasining sovtilishi va kristallanishi jarayoniga bog'liq.

2.2. Kristallarni laboratoriya sharoitida hosil qilish usullari. Eng osoni kristallarni oddiy to'yingan eritmada o'stirish. Eritmaning

to'yinganini aniqlash ham murakkab emas. Faqat shuni esda tutish kerakki, aniq hajmdagi erituvchida muayyan harorat va bosimda qattiq jismlar eriy boshlaydi (to'yinmagan eritma). Erish ma'lum me'yorga yetgandan so'ng to'xtaydi. Bu esa to'yingan eritma hosil bo'lganligidan dalolat beradi. Bunday eritma isitilib, unga yana o'sha qattiq jism solinsa, erish ma'lum vaqtgacha davom etib, suyuqlikda shu eriyotgan moddaning mayda kristallari paydo bo'la boshlaydi. Bu holat eritmaning o'ta to'yinganligini ko'rsatadi, Lekin kristalchalarning cho'kmaga tushishi tezlashsa, yaxshi shakllangan kristallar hosil bo'la olmaydi. Shuning uchun to'yingan eritmani o'ta to'yinganga o'tkazish, ya'ni kristallanish jarayonini ehtiyotlik bilan sekin-asta olib borish lozim.

Eritmadagi zarrachalarning miqdori ko'payishi yoki harakatlari-ning sekinlashishi natijasida zarrachalar bir-birlari bilan birikishib, avval mayda ko'z ilg'amas kristalchalar («kurtaklar») hosil qiladi. Keyinchalik ular o'sib yirikroq, ko'zga tashlanarli kristallarga aylanadi. Mana shularni laboratoriya sharoitida suvli eritma'dan sun'iy kristallar olish misolida ko'rishimiz mumkin. Uning uchun dastavval kristallni hosil qilish zaruriyati tug'ilgan tuzni (qattiq jismni) havonchada maydalab, undan ma'lum miqdorini tarozida tortib olinadi. Tayyorlangan tuzni maxsus stakanga solib, menzurkada o'lehab, kerakli miqdorda suv quyiladi. Tuz va suv solingan stakaning og'zi yumaloq yoki to'rtburchak shakldagi oyna bo'lakchasi bilan bekitilib, tuzning erishini tezlashtirish maqsadida qizdiriladi. Shunday usul bilan tayyorlangan eritma soviganidan so'ng filtr qog'ozdan o'tkaziladi. Undan o'tgan suyuqlikni tagi keng, baland bo'lmagan kristallizator maxsus shisha idishga quyiladi. Kristallizatorda eritma bug'lanib, asta-sekin soviydi. Uning shakli va sathining kattaligi sovish jarayonini tezlashtiradi. Kristallizatorda turib eritmaning bug'lanishi va sovishi natijasida avval to'yingan, so'ng o'ta to'yingan eritma yuzaga keladi. Shuning bilan bir qatorda kristallizatorda mayda kristall zarrachalari cho'kmaga tusha boshlaydi hamda vaqt o'tishi bilan kattalasha boshlaydi. Undan keyingi kuni shu yo'l bilan yangidan eritma tayyorlab boshqa kristallizatorga quyish lozim. Oldingi kristallizatoridan yaxshi rivojlangan bitta kristallni olib, ikkinchi kristallizatordagi eritma ichiga tushirib, hajmi kamaygandan so'ng uni yangilash lozim. Eski eritmani to'kib, uning o'miga yangi tayyorlanganini quyish, bitta yoki bir nechta kristallarni olib yangi eritmaga tushirib, qo'yish maksadga muvofik. Shunday qilib bir necha marta takrorlansa, kristall o'sadi, kattalashadi. Bundan tashqari, yirik, yaxshi shakllangan kristallar vu-

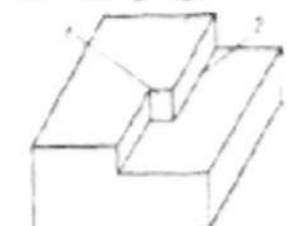
judga kelishi uchun eritma tagida, cho'kma holida yotgan kristallni har kuni ag'darib pastki tomonini yuqoriga qaratib qo'yish yoki bu kristallni ham ipga bog'lab osib qo'yish kerak.

2.3. Kristallarning hosil bo'lishi haqidagi nazariyalar. Oddiy suvli eritmani yoki yuqori haroratli magmatik eritmani, bundan qat'iy nazar ularning harorati pasayib-sovib, undagi modda zarrachalari (ionlari, atomlari va molekulalari) harakatlari sustlashib, manfiy va musbat zarrachalari o'zaro tortishib bir-biriga qo'shiladi. Dastavval bir o'lchamli, keyinchalik ikki o'lchamli ko'z ilg'amas mayda «kurtaklar» paydo bo'ladi. A.A.Kitaygorodskiy «kurtak» o'miga «kristallitlar» deyish maqsadga muvofiq degan fikrni bildirdi. Chunki «kristallitlar»da bo'lajak kristallning shakli ma'lum darajada shakllangan bo'ladi.

A.S.Uklonskiy mulohazasi ham shunga yaqinroq bo'lib, «kurtak»larni «protokristallar» deb yuritish kerak degan taklif kiritdi. U «protokristall» tushunchasida bo'lajak kristallning elementar fazoviy panjarasining vujudga kelishini nazarda tutadi. Protokristallarning o'zaro tutashishi natijasida kristall tomonlari o'sadi, yiriklashadi. Qanday nom bilan atalishidan qat'iy nazar, yirik kristallarning yuzaga kelishida «kurtak»lar asosiy rolni bajarishi aniq. Chunki keyinchalik ular kristallanish markazi bo'lib asta-sekin o'sib yirik kristallarga aylanadi. «Kurtak»larning hosil bo'lishi, rivojlanishi haqida olimlar ko'p tajribalar o'tkazganlar, tinimsiz izlanishlar olib borganlar. Bu haqida ko'plab nazariyalar yoritilgan.

Ruaye-Fridel (1928-1935), Kossel-Stranskiy (1927-1928), Hartman (yoki Gartman, 1967) nazariyalari va gipotezalari shular jumlasidandir. Bulardan Kossel-Stranskiy va Hartman nazariyalari va gipotezalari bir-biriga yaqin bo'lib, kristallarning o'sishi, zarrachalar (ionlar, atomlar, molekulalar) kinetikasiga (energiyasiga) asoslangan. Bularning fikricha, kristallning barcha tomonlari bir maromda o'smaydi. O'sayotgan kristall eritmada zarrachalarni qaysi tomonga, qanday tartibda o'ziga tortib olishiga bog'liq. Bu esa, o'z navbatida, o'sayotgan tomonlarning ichki energiyasiga bog'liq. Birinchi navbatda ichki energiyasi ko'proq, undan so'ng kamroq bo'lgan tomon eritmada zarrachalarni o'ziga tortib qo'shib oladi. Natijada tomonlar va qirralar notekis o'sadi. 5-rasmda rivojlanayotgan kristall A tomoniga parallel yangi B qavatning (tomonining o'sish jarayoni modeli keltirilgan). Raqamlar bilan eritmada zarrachalarni qo'shilishi mumkin bo'lgan uchta nuqtasi aks ettirilgan. Bulardan I raqami bilan ko'rsatilgan maydondagi (1) burchak hosil qilib tutashgan uchta

tomonlar birinchi bo'lib, eritmadagi zarrachalarni o'zlariga tortib olish qobiliyatiga ega. Chunki bu maydonlarda 2 va 3 maydonlarga nisbatan maksimal energiya mavjud. Shuning uchun zarrachalarni uch yo'nalishda tortib olish kuchiga ega.



5-rasm. O'sayotgan kristall tomonlariga zarrachalarning qo'shilish holatlari (1,2)

Undan so'ng zarrachalar ikkinchi yo'nalish (2) maydonidagi tomonlarga ikki yo'nalish bo'yicha, uchinchi (3) maydondagi tomonga bir yo'nalishda qo'shiladi. Shunday qilib, zarrachalarning tortilishi o'sayotgan B qavatni (tomonini) batamom to'ldirgandan so'ng, uning ustiga joylashadigan navbatdagi S qavati o'sa boshlaydi. Bu qavatning o'sishi uchinchi (3) maydondan boshlanadi. Bunday jarayonning tinimsiz takrorlanishi natijasida yirik kristallar

vujudga keladi. Qavatlar qalinligi kristall ichki tuzilishida qatnashayotgan zarrachalar radiuslariga, tomonlariga zarrachalarning o'zaro bog'lanish turlariga, zich joylashishiga, kristallanish tezligiga va boshqa omillarga bog'liq.

2.4. Kristallarni hosil qilishdagi usullar. Yuqorida bayon qilingan suvli eritmaning kristallanishidan tashqari, yirik bir jinsli kristallarni boshqa usullar bilan hosil qilish mumkin. Misol tariqasida, korund va kvars sun'iy kristallarini o'stirish jarayonini qisqacha tasvirlaymiz.

Korund (Al_2O_3). Korundning qizil rangli – rubin va havorangli – safir nomlari bilan atalgan turlari qadim zamonlardan buyon kamyob, qimmatbaho tosh sifatida qadrlangan. Ular asosan bezak anjomlarini tayyorlashda ishlatilgan. Keyingi vaqtlarda ularning chiroyli ko'rinishi, nafis yaltiroqligi bilan bir qatorda qattiqliklariga ham e'tibor berila boshlandi. Ayniqsa, korund va rubin soatsozlikda, aniq o'lchash asboblari, filtrlar tayyorlashda keng ko'lamda ishlatilmoqda. Yaqinda rubindan tayyorlangan mayda tayoqchalar maxsus sharoitda tarqoq nurlarni bir nuqtaga to'plab muayyan yo'nalishli nurlarga aylantirish xususiyatiga ega ekanligi aniqlandi. Bu nurlar kosmik kemalar bilan aloqa bog'lashda ishlatilmoqda. Bugungi kunda korund va rubin sun'iy kristallarini hosil qilish sanoatda yaxshigina yo'lga qo'yilgan. Korundni sun'iy usul bilan hosil qilish jarayoni quyidagilardan iborat. Alyumooammoniy tarkibli achchiqtoshni $1000^{\circ}S$ dan yuqoriroq haroratda qizdirib Al_2O_3 uni (upasi) tayyorlanadi. Shundan keyin bu unga rang beruvchi moddalardan (qizil rangga bo'yov-

chi xrom oksidi) aralashtiriladi. Aralashma o'tga chidamli materialdan ishlangan plastinka ustiga qo'yilib maxsus asbob-uskunalar yordamida gaz alangasiga (2000°S) tutiladi. Aralashma to'xtovsiz ketma-ket kelib turishi, yuqori harorat ta'siri natijasida erib, konus shaklidagi qotishmaga aylanadi. Bu konusning cho'qqisida kristall kurtaklari hosil bo'lib, asta-sekin yiriklashib konus korund buliyasiga o'tadi.

Tekshirishlar natijasida korund buliyasining tashqi qismi xira rangli, murakkab shaklli, mayda korund kristallari bilan qoplanganligi aniqlanadi. Uning ichki qismi toza, yaxlit, bir jinsli korund kristalidan iborat ekanligi ma'lum bo'ldi. Murakkab tuzilishga ega bo'lgan korund kristall shakliga ega bo'lmaganligi uchun uni maxsus usullar bilan o'rganish kerak.

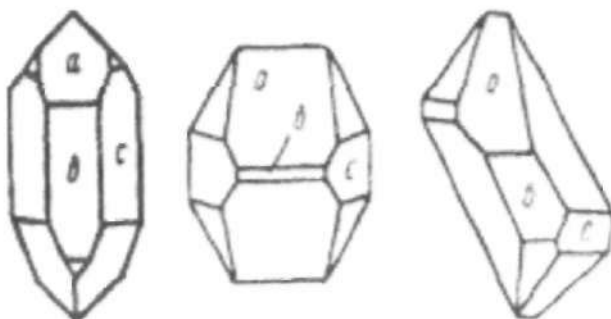
Kvars (SiO₂). Hozirgi zamonaviy texnika taraqqiyotida kvarsning tabiiy kristallari katta amaliy ahamiyatga ega. Asbob-uskunalar ishlab chiqarish, radiotexnika, amaliy optika, tibbiyotda bu mineral kristallari keng ishlatiladi. Kvars tabiatda keng tarqalgan minerallardan biri. Kvarsning tabiiy kristallarida ko'pgina nuqsonlar mavjud. Ular ko'pincha yakka kristall bo'lmasdan, murakkab qo'shloqlar tarzida hosil bo'ladi. Uning kristallaridagi begona mineral aralashmalari darzlar, suyuqlik va gazlar bilan to'ldirilgan g'ovaklar va boshqa defektlar kristall sifatini pasaytiradi. Yuqorida keltirilgan sohalarning kristallarga bo'lgan talabiga javob bera olmaydi. Shuning uchun o'tgan asrdan boshlab kvars kristallarini sun'iy hosil qilish borasida tajribalar o'tkazila boshlandi. Bu muammoni hal qilishdagi to'liq muvaffaqiyat yaqindagina qo'lga kiritildi.

Kvars kristalini hosil qilish maxsus po'latdan ishlangan, katta bosimga (2000 atm) va 200-500°S haroratga bardosh bera oladigan avtoklavlarda – maxsus idishlarda o'stiriladi. Avtoklavning pastki qismiga kvars parchalari solinadi va ishqorli suv quyiladi. Ishqorli suv katta bosim ostida 200-500°S haroratda qizdirilgandan so'ng pastdagi kvars parchalarini eritib o'ziga qo'shib oladi hamda avtoklavning yuqori sovuq tomoniga harakat qiladi. Bu joyga toza nuqsonsiz kvars kristallaridan kesib olingan plastinka osib qo'yiladi. U esa kristall o'sishi uchun «kurtak» vazifasini bajaradi. Pastdan ko'tarilgan suyuqlik, sovib o'ta to'yingan eritmaga aylanadi. Eritmadagi kremnezem kvars plastinkasi atrofiga o'tiradi. Natijada plastinkada kvarsning yangi qavati paydo bo'ladi. Sovigan suyuqlik qaytadan avtoklavning pastki qismiga tushib qiziydi, yana kvars parchalarini eritib yuqoriga ko'tariladi. Mana shunday jarayon cheksiz ravishda takrorlanadi. Kvars plastinkasi toza, yirik sun'iy kristallga aylanadi.

3. KRISTALL TOMONLARI, QIRRALARI VA CHO'QQILARI ORASIDAGI QONUNIYATLAR

3.1. Tomonlar orasidagi burchaklar turg'unlik qonuni (Steno qonuni). Kristall tomonlarining o'sish tezligi uning shakli, shu kristall rivojlanayotgan fizik va kimyoviy muhitga, haroratga, bosimga, eritmadagi moddalar konsentratsiyasiga va boshqa omillarga ko'ra, har xil bo'lishi mumkin. Tabiatda shunday bir xil moddalar, birikmalar borki, ular paydo bo'lish muhitga qarab bir-biriga o'xshamaydigan geometrik shakldagi kristallar hosil qiladi. Masalan, kvarts va gematit kristallari turli shaklda uchraydi. Mana shunday kristallarni sinchiklab tekshirib, tomonlari orasidagi burchaklarni o'lchab daniyalik olim N.Steno (1638-1687) 1669 yili jahonda birinchi bo'lib, undan keyin M.V.Lomonosov 1749 yili selitra kristallari misolida bir xil modda kristall shakllarining mos tomonlari orasidagi burchaklar qiymati turg'un, o'zgarmas qiymatga ega ekanligini aniqladilar.

Fransiyalik olim J.Rome-Delil (1736-1790) bu qonunni umumlashtirdi. Juda ko'p birikmalar kristallarining burchaklarini o'lchadi. Buning uchun u shogirdi Karanjo tomonidan kashf etilgan maxsus asbob goniometrdan [Gonia (grek.) – burchak, metriya – o'lchash] foydalanib, kristallar tomonlari orasidagi burchaklarni aniq o'lchadi. Olingan ma'lumotlar N.Stenoning xulosasini tasdiqladi. Hozirgi kunda bu Steno-Lomonosov-Rome-Delil qonuni deb yuritiladi. Bu qonunning umumiy tarifini shunday ifodalash mumkin. Bir xil modda kristallarining o'xshash tomonlari (qirralari) orasidagi burchaklar qiymati turg'un (o'zgarmas son).



6-rasm. Burchaklarning turg'unlik qonunini isbotlovchi kvarts kristallari
(Rome-Delilning «Kristallografiya» kitobidan olingan, 1783).

Yuqorida ko'rsatilganidek, bir xil moddaning kristallari hosil bo'lish sharoitiga qarab tomonlarining ko'rinishi va katta-kichikligi har xil bo'lishi mumkin. Lekin ularning o'xshash (bir xil) tomonlari orasidagi burchaklar qiymati o'zgarmaydi. 6-rasmda kvarsning bir necha shakli ko'rsatilgan. Bir xil harflar bilan o'xshash tomonlari ifodalangan. Kvarsning barcha kristallaridagi o'xshash tomonlari orasidagi burchaklarning qiymatlari turg'un bo'lib, quyidagilardan iborat: $ab=141^{\circ}47'$; $as=113^{\circ}08'$; $bs=120^{\circ}00'$ va h.k.

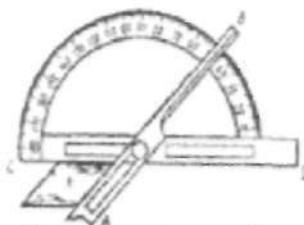
Bir xil modda kristallari burchaklarining turg'unlik qonunini ularning ichki tuzilishi asosida tushuntirish mumkin. Ularning ichki tuzilishlari aynan birdek bo'ladi, bir singoniyada kristallanadi. Bir xil tarkibli modda kristallining bir-biriga mos keladigan tomonlari shu kristall fazoviy panjarasining turli tekisligiga to'g'ri keladi. Shuning uchun ular orasidagi burchaklar turg'un o'zgarmas qiymatga ega. Uning qirralari ham fazoviy panjara qatorlariga mos tushadi.

Bularning barchasini hisobga olgan holda, bu qonunning bugungi kungi ifodasi quyidagicha: moddalarning muayyan sharoitida hosil bo'lgan bir xil modifikatsiyali kristall shakllaridagi mos tomonlarining (qirralarining) katta-kichikligidan qat'iy nazar ular orasidagi burchaklar o'zgarmas (turg'un) qiymatga ega. Bu qonun tarifiidagi muayyan va modifikatsiya so'zlariga e'tibor berish lozim. Chunki har xil sharoitda (harorat, bosim o'zgarishlari) paydo bo'lgan modda kristallining ichki tuzilishi, ya'ni zarachalar oralig'idagi masofa o'zgarishi mumkin. Lekin u tomonlar orasidagi burchaklarga ta'sir qilmaydi. Bu o'zgarishlar shu darajada kichkinaki (10-8 sm), amaliyotda unga e'tibor bermasa ham bo'ladi.

Bir xil tarkibli modda kristallining ichki tuzilishi va kristall shakli har xil bo'lsa, unga shu moddaning polimorf modifikatsiyasi (turi) deyiladi. Masalan, kvarsning ko'pgina polimorf modifikatsiyalari ma'lum. Shulardan *geksagonal singoniyada kristallanadigan modifikatsiyasini* α – kvars, kub singoniya – kristobalit deb ataladi. Tarkiblari birdek bo'lishiga qaramasdan kristallarning ichki tuzilishlari va shakli har xil. Kristobalit va α – kvars, kvarsning polimorf modifikatsiyasi hisoblanadi. Burchaklar turg'unlik qonuni kristallografiyaning birinchi va eng muhim qonuni bo'lib, u katta amaliy ahamiyatga ega. Har bir modda o'ziga xos kristaliga va uning tomonlari orasidagi burchaklariga ega. Shunday ekan bu qonunga binoan kristall shakllarining mos tomonlari orasidagi burchaklarining qiymatlariga qarab ularning qanday modda (mineral) kristali ekanligini aniqlash mumkin.

XVIII asrda Karanjo tomonidan kristallar mos tomonlarining orasidagi burchaklarini aniq o'lchaydigan goniometr asbobini kashf etilishi ham mana shu qonun bilan bog'liq. Bu oddiygina asbobning ko'rinishi 7-rasm-da keltirilgan. K harfi bilan teksxirayotgan kristall ifodalangan bo'lib, u ikkita kichkina AV va SD lineykalari orasiga joylashtirilgan. Kristall burchagining qiymati SD lineykasiga biriktirilgan trasportirda AV lineykasini ko'rsatgan raqamlar bo'yicha aniqlanadi. Karanjo goniometrining o'lchash aniqligi pastroq bo'lganligi uchun (xatosi $0,5^\circ$ ga teng) so'nggi yillarda burchaklar qiymati nur qaytarish asosida kashf qilingan goniometr yordamida o'lchanmoqda.

Burchaklarning qiymatlarini o'lchashdan olingan ma'lumotlar kristallardagi geometrik qonuniyatlari yuzaga chiqarishda muhim rol o'ynaydi. Goniometrik tadqiqotlardan olingan ashyoviy dalillar va simmetriya haqidagi nazariy ta'limotlarni rivojlantirishga asos bo'ldi. Bu qonuniyatning amaliy ahamiyati shundan iboratki, kristall shakllarining mos tomonlari orasidagi burchakka qarab, ularning tarkibini aniqlash mumkin. *Bunday usul rus olimlari tomonidan ishlab chiqilgan va maxsus qo'llanma – aniqlovchi tuzilgan.*



7-rasm. Karanjo goniometri.

Bunday aniqlovchilar ko'p vaqtni oladigan va katta harajat talab qiladigan kimyoviy tahlillar o'tkazmasdan kristallning tarkibini, qaysi mineral kristali ekanligini aniqlash imkoniyatini beradi. Kristallarning tarkibini va ichki tuzilishini chuqurroq va aniqroq o'rganadigan usullar yaratilganidan so'ng kristallar goniometriyasi amalda kamroq qo'llaniladigan bo'lib qoldi.

3.2. Tomonlar orasidagi burchaklar turg'unlik qonunidan chetlashish. Burchaklar turg'unlik qonuni to'g'ri shakllangan tekis tomonlarga va to'g'ri qirralari mavjud bo'lgan kristallar uchun mos keladi. Lekin har xil defektli kristalllarda bu qonundan chetlashish (bo'ysunmaslik) hollari ham kuzatiladi. Kristallardagi bunday holat paydo bo'layotgan vaqtidagi tashqi muhitning ta'siri ostida ro'y beradi. Bunga hosil bo'lgandan so'nggi, erib-yemirilib, tomonlari yumshab, qirralari qiyshayib qolgan kristall shakllari va mexanik deformatsiya natijasida qayrilgan hamda yassilangan kristallar ham taalluqli. Shuning bilan bir qatorda kristall ichki tuzilishi qavatlarining buzilishi va tomonlari sathidagi har xil

notekisliklar, zinapoya ko'rinishida joylashgan yupqa qatlamlar ham bu qonuniyatdan chetlashishga olib keladi.

Tomonlar yuzasidagi notekisliklarning ko'payishi natijasida ular orasidagi burchaklar qiymati o'zgaradi. Tomonlardagi bunday notekisliklar vitsinallar (vitsinal – lotincha qo'shni demakdir) tekis tomonga nisbatan uning ustida joylashgan notekisliklarga qo'shni degan ma'noda) deyiladi. Ular asosan kristall hosil bo'layotgan paytda tashqi muhitning ta'siri natijasida yuzaga keladi.

3.3. Kristallarning tomonlari, qirralari va cho'qqilari mutanosibligi haqidagi Eyler-Dekart formulasi. Kristallarning ajoyib xususiyatlaridan yana biri ularning tomonlari, qirralari va cho'qqilari orasida mavjud bo'lgan uzviy bog'lanishdir. Tomonlar tutashgan joyda qirralar, qirralar qo'shilgan nuqtada cho'qqilar yuzaga keladi. Ko'pqirraliklar (kristallar) shakllarining umumiy ko'rinishi shu tomonlarning, qirralarning va cho'qqilarning miqdori va bir-biriga nisbatan joylashishiga bog'liq. Ular o'rtasida uzviy bog'lanish mavjud bo'lib, uni Eyler-Dekart formulasi bilan ifodalash mumkin:

Tomonlar soni + cho'qqilar soni = qirralar soni + 2.

Agar tomonlar sonini «a», cho'qqilar sonini «b» va qirralar sonini «s» harflari bilan belgilasak, Eyler-Dekart formulasi qo'yidagicha ifodalanadi:
 $a+b=s+2$

Masalan, barchaga ma'lum kub shakli 6 ta to'rtburchak shaklidagi tomonlardan, 12 ta qirralardan va 8 ta cho'qqilardan iborat. Eyler-Dekart formulasi bo'yicha: $6 + 8 = 12 + 2$

$$14 \quad 14$$

Hosil bo'lish sharoitlarining ta'siri natijasida ba'zan kristallar tomonlarining sathi doira, ellips shakllarida ham bo'lishi mumkin.

4. KRISTALLAR SIMMETRIYASI

4.1. Umumiy tushuncha. Kristall shakllarining bir-biridan farqini aniqlashda ularning umumiy shaklidan tashqari simmetriyali tuzilishi katta yordam beradi. «Simmetriya» grek tilida teng, o'xshash demakdir. Simmetriya tushunchasiga kengroq ma'noda qaraydigan bo'lsak, kundalik turmushimizda uchraydigan har bir narsada ko'rinishimiz mumkin. Masalan, kapalak va qushlar qanotlari juft bo'lib, bir-biriga teng va o'xshash bo'lib simmetrik holda joylashgan.

Simmetrik shakllar ham qonuniy ravishda takrorlanadigan teng, o'xshash qismlardan iborat bo'ladi. Xulosa qilib aytganda simmetriyali shakllar tushunchasining tub negizida teng va o'xshash qismlar nazariyasi yotadi. Demak, **bir-biriga teng va o'xshash qismlardan iborat bo'lgan shakllarni simmetriyali shakllar deyiladi.** Simmetriya tushunchasi-ning geometrik ifodasi quyidagidan iborat: **agar birinchi shaklning har bir nuqtasiga to'g'ri keladigan nuqtalar ikkinchi shaklda ham bo'lsa va birinchisining nuqtalari oralig'i ikkinchi shakldagi shunga mos keladigan nuqtalar oralari teng bo'lsa bunday ikkita shakl o'zaro teng – simmetriyali shakl deyiladi.**

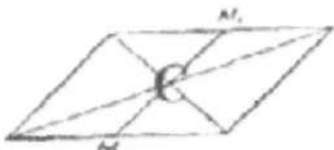
Elementar geometriya tushunchasi bo'yicha ikkita bir-biriga teng shaklni o'zaro jipslashtirganda ularning barcha nuqtalari bir-biriga mos kelsa, ular *simmetriyali shakllar* hisoblanadi. Kristallografiyada esa, teng shakllar o'zaro mos bo'lishidan tashqari, ulardan biri ikkinchisining oynadagi aksidek bo'lishi shart.

Agar bu shaklning o'zi o'xshash va teng mos bo'laklardan iborat bo'lsa, uning o'zi simmetriyali shakl bo'la oladi. Shaklning qismlari orasidagi mana shu teng va o'xshashlikni geometrik vositalar yordamida tasavvur qilish mumkin. Buni tasavvur etishda qo'llanadigan geometrik vositalar – simmetriya elementlari deyiladi.

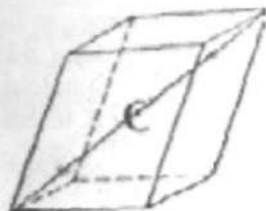
4.2. Cheklangan kristall shakllarining simmetriya elementlari. Kristallarning shakli bilan ichki tuzilishi o'rtasidagi uzviy bog'lanish borligini ta'kidlab o'tgan edik. Shulardan kristallar ko'zga ko'rinadigan qirralar va cho'qqilar bilan chegaralangan makroshakllar bo'lganligi uchun ularni cheklangan geometrik shakllar deyiladi. Ikkinchisi kristallarning ichki tuzilishida qatnashadigan ko'zga ko'rinmaydigan cheksiz ravishda bir-biri bilan tutashgan elementar shu'balar (VII bob) shakllarini (mikroshakllarni) cheksiz geometrik shakllar, deb yuritiladi.

Biz bu yerda faqat cheklangan geometrik shakllar simmetriya elementlari bilan tanishamiz. Kristall o'xshash, teng qismlardan iborat bo'lgan cheklangan geometrik shakl. Bu o'xshashlikni, tenglikni simmetriya elementlari vositasida isbotlash mumkin. **Berilgan shaklning simmetriyasini aniqlash uchun ishlatiladigan qo'shimcha geometrik vositalarga (nuqta, tekislik, to'g'ri chiziq) simmetriya elementlari deyiladi.** Agar kristall simmetriyasi nuqtaga nisbatan aniqlansa, u inversiya markazi, tekislikka nisbatan aniqlansa – simmetriya tekisligi, to'g'ri chiziqqa nisbatan aniqlansa simmetriya o'qi deb ataladi.

Inversiya markazi. Inversiya markazi eng oddiy simmetriya elementi bo'lib, u kristall shaklining ichida – markazida joylashgan nuqta. Inversiya markazi «S» harfi bilan belgilanadi. Bu tushuncha geometriyada ham ma'lum. Masalan, parallelogramm diagonallarining kesishgan nuqtasi inversiya markazi bo'ladi (8, 9-rasm). Bu nuqtaning ustidan o'tkazilgan har bir to'g'ri chiziqda shu nuqtaning ikkala tomonida bir xil masofada joylashgan nuqtalar mavjud, ya'ni $MC=MC$. Bunday nuqtalar kristalda ham bor. Biz uni inversiya markazi, ya'ni qarama-qarshi tenglik markazi deb ataymiz.



8-rasm. Parallelogrammning diagonallari kesishgan nuqta, inversiya markazi S.



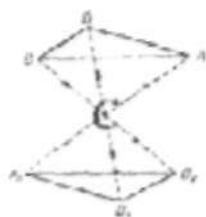
9-rasm. Parallelopipedning inversiya markazi S

Inversiya markazi kristall shakl ichida joylashgan maxsus nuqta bo'lib, uning ustidan o'tkazilgan har bir to'g'ri chiziqda shu nuqtaning ikkala tomonida teng masofada joylashgan bir-biriga o'xshash, teng nuqtalari bo'ladi. Mana shunday shartga javob bera oladigan nuqtani kristall inversiya markazi deya olamiz. Demak, kristallning markazidan bir tomonda, ma'lum uzoqlikda joylashgan cho'qqilari, qirralari va tomonlari bo'lsa, ikkinchi unga qarama-qarshi tomonida ham ularga o'xshash teng, markazdan bir xil uzoqlikda joylashgan cho'qqilar, qirralar va tomonlar bo'lishi shart. Masalan, berilgan parallelopipedning S nuqtasi (markazi) yordami bilan undagi bir xil, teng masofada, qarama-qarshi tomonlarida joylashgan cho'qqilarini topish mumkin (9-rasm). Buning uchun A nuqtasi bilan S nuqtasini va S bilan A1 ni birlashtiramiz. Natijada bir-biriga teng, S nuqtasidan bir xil masofada joylashgan AS va SA1; kesmalari yuzaga keladi. A nuqtasi markazning bir tomonida joylashgan cho'qqi bo'lsa, A1 qarama-qarshi tomonida joylashgan teng va o'xshash cho'qqidir. Shuning uchun $A1C=AC$. Topilgan A1 nuqtasi, S orqali aniqlangan A nuqtasining oynadagi aksi bo'lib ko'rindi.

Bundan amaliy ahamiyatli muhim xulosa chiqadi. Inversiya markazli kristallarning har bir tomonlarida teng va parallel joylashgan ikkinchi tomoni bo'lishi shart. Boshqacha qilib aytganda kristallarda teng va parallel tomonlar mavjud ekan, unda albatta inversiya markazi bo'ladi.

Bundan tashqari, o'xshash tomonlar o'zaro teskari holda parallel joylashgan bo'lishi mumkin. Bunga AVD uchburchagi bilan unga parallel bo'lgan A1B1D1 uchburchagi misol bo'la oladi (10-rasm). Ular inversiya markazi orqali bog'langan bo'lishiga qaramasdan bir-biriga nisbatan teskari joylashgan.

Amaliyotda kristall shakllarida parallel tomonlar borligini aniqlash uchun uning bir tomonini stol ustiga qo'yiladi. Agar unga parallel tomon bo'lsa, demak, bu kristallda inversiya markazi mavjud. Lekin bunday tekshirishni har bir qarama-qarshi tomonlar uchun o'tkazish muqarrar. Agar kristallning bitta tomoniga qarama-qarshi teng tomon bo'lmasa, u holda S yo'q degan xulosa chiqariladi. Umuman, kristallarda faqat bittasigina inversiya markazi bo'lishi mumkin.

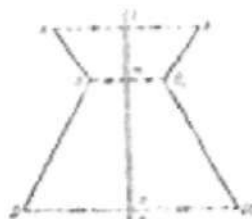


10-rasm. Inversiya markazi orqali bog'langan ikkita uchburchakli shaklning teskari parallelligi.

4.3. Simmetriya tekisligi. Simmetriya tekisligi deb, berilgan kristall shaklini teng, o'xshash va birinchi yarmi ikkinchi yarmining to'liq oynadagi aksi kabi bo'lgan, kristallni teng ikki qismga ajratadigan tekislikka aytiladi. Simmetriya tekisligi R harfi bilan proektsiyasini R tekisligiga tusxiramiz (11-rasm).

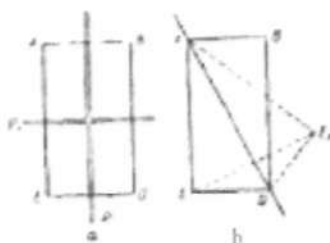
Buning uchun u shaklning har bir nuqtasidan (A, V, D) tekislikka (R), A1, Vm, Dn perpendikul-

yarlarini o'tkazamiz; L, M, n nuqtalarini A1, Bm, Dn kesmalariga teng masofada joylashgan A1, Bm, Dn kesmalariga teng masofada joylashgan A1, V1, Dn nuqtalarini topamiz. Ko'rinib turibdiki, hosil bo'lgan A1B1D1 shakl o'zining ABD shakl bilan teng, o'xshash hamda biri ikkinchisini takrorlaydi. Shuning bilan birga $AV=A1B1$; $BD=B1D1$. Simmetriya tekisligini topish uchun kristall markazidan xayolan tekislik o'tkazamiz. Bu tekislik kristallni ikkita bir-biriga oynadagi aksidek teng, o'xshash qismga ajratadi. Kristallanish o'ng qismidagi barcha nuqtalari, chap qismidagi shunga o'xshash nuqtalar bilan mos kelishi kerak. Aksincha, chap tomondagi qismi o'ng tomondagi qismini takrorlashi shart. Shundagina bu ikkita qism o'zaro simmetrik joylashgan shakl deb atalishi mumkin. Kristallda simmetriya tekisligining soni birdan to'qqizgacha bo'ladi.

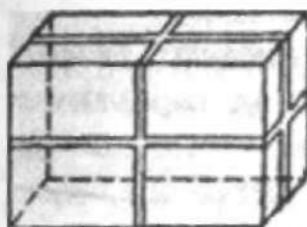


11-rasm. A, V, D nuqtalarining R tekisligidagi aksi.

To'g'ri burchakli ABDE to'rtburchakni olaylik (12-rasm). Uning tomonlariga parallel holda markazidan ikkita R va R' simmetriya tekisligini o'tkazish mumkin. Bu shaklning diagonalali bo'yicha simmetriya tekisligini o'tkazib bo'lmaydi. Chunki bunday tekislikni o'tkazishda hosil bo'lgan ikkita bir-biriga teng uchburchak uchlari (A va D) har xil tekislikda joylashgan va ular biri ikkinchisining oynadagi aksini bera olmaydi. AED uchburchakning oynadagi aksi ABD uchburchagiga to'g'ri kelmaydi. Ular bir-biriga nisbatan simmetrik holatda emas. Shuning uchun bu to'rtburchakning diagonalali bo'yicha simmetriya tekisligini o'tkazish mumkin emas. G'isht yoki gugurt qutisi shaklidagi kristallda o'zaro perpendikular ravishda joylashgan uchta simmetriya tekisliklari mavjud (13-rasm).



12-rasm. a – ABDE to'g'ri burchaklidan o'tadigan R va R' tekisliklarning izi; b – AD va BE to'g'ri chiziqlari shu to'g'ri burchaklning simmetriya tekisligi iziga to'g'ri kelmasligi.



13-rasm. Gugurt qutisi shaklidagi kristallda o'zaro perpendikulyar ravishda joylashgan simmetriya tekisliklari.

Simmetriya tekisligini aniqlashdagi ba'zi bir amaliy ko'rsatmalar keltiramiz. Doimo yodingizda bo'lsin, simmetriya tekisligi tomonlar o'rtasini va qirralarini kesib o'tadi, ularga perpendikular yoki qirralar bo'ylab joylashadi, bir xil tomonlarni va qirralarni kesib o'tish burchaklari birdek bo'ladi. Simmetriya kristallni bir xil vaziyatda tutib turish kerak. Chunki bitta simmetriya tekisligining o'zini adashib takror ikki marta hisobga qo'shib yuborish mumkin.

4.4. Simmetriya uchlari. Xayolan tanlangan to'g'ri chiziq atrofida kristall shaklining o'xshash va teng qismlari (tomonlari, qirralari va cho'qqilari) bir necha marta takrorlansa, bu to'g'ri chiziq shu shaklning simmetriya o'qi deb ataladi va L harfi bilan belgilanadi. Kristallning o'xshash va teng qismlari shunday joylashgan bo'lishi kerakki, ularni simmetriya o'qi atrofida 360° ga aylantirganda, kristallning o'xshash qismlari, ma'lum burchak tashkil etib burilgandan so'ng takrorlanib, aylantirishdan oldingi vaziyatga qaytish kerak. Oldingi o'xshash qismi o'rniga ikkinchi xuddi shunday qismi takrorlanishi shart, ya'ni kristallning bir xil

qismlari o'z-o'zlari bilan o'rin almashib takrorlanadi. U yoki bu o'qlarni xarakterlash uchun shaklning bir xil qismlarining eng kichik takrorlanish burchagini aniqlab olish lozim. Shaklning o'xshash qismlari takrorlanishi orasidagi burchakni simmetriya o'qining elementar aylanish burchagi deyiladi va α (alfa) harfi bilan ifodalanadi.

Teorema. Har qanday simmetriya o'qi atrofida kristallni 360° ga aylantirganda hosil bo'lgan elementar aylanish burchagi yaxlit son 4 marta takrorlanadi.



14-rasm. Simmetriya o'qini 360° ga aylantirganda uning elementar aylanish burchagi (α) yaxlit sonlarning 4 marta takrorlanishi.

Masalan, elementar aylanish burchagi α ga teng bo'lgan simmetriya o'qi berilgan bo'lsin. Chizma tekisligiga perpendikular joylashgan O nuqtasi o'qning uchiga to'g'ri keladi (14-rasm). Chizma tekisligida yotgan qaysidir bir A1 nuqtani olaylik. Bu o'q atrofida α burchagi hosil qilib aylantirish natijasida shaklning bir xil tomonlari o'z-o'zi bilan o'rin almashtirishi kerak. A1 nuqtasi α qiymatiga ega bo'lgan

burchak hosil qilgandan so'ng, o'ziga mos bo'lgan nuqta A2 bilan o'rin almashishi shart. Bu holatni takrorlab A1 ni A3 nuqtasiga o'tkazamiz. Bunday holatni A1 nuqtasi An holatini egallab, o'zining asl joyiga kelmaguncha takrorlaymiz. Bu yerda uchta holat bo'lishi mumkin:

1) $\angle AnOA1 = \alpha$; 2) $\angle AnOA1 > \alpha$; 3) $\angle AnOA1 < \alpha$.

Birinchi holatda teorema sharti qanoatlantirilgan. Ikkinchi $\angle AnOA1 > \alpha$ uchun α burchagini hosil qilib aylantirishni yanada takrorlash kerak. Undan keyingi qolgan burchakni qoldiq burchak deb hisoblash lozim. Agar $\angle AnOA1$ burchagiga teng bo'lsa, birinchi holatni takrorlaydi, katta bo'lsa An nuqtasi A1 nuqtasi ustiga tushmasdan undan chap tomonga o'tib ketadi. Demak, bizning $AnOA1$ deb taxmin qilishimiz teorema shartiga to'g'ri kelmaydi.

Uchinchi holat $\angle AnOA1 < \alpha$ aniqlashda ham $AnOA1$ uchburchak shaklini o'z atrofida aylantirganda An nuqtasi A1 nuqtasi ustiga tushmasdan hatto A1 nuqtasiga yetmasdan uning o'ng tomonida qolib ketadi. Shunday ekan bizning $\angle AnOA1 < \alpha$ deb qabul qilishimiz o'rinsiz. Chunki har qanday o'q atrofida 360° ga aylantirganda teng o'xshash tomonlar o'rin almashinishi kerak. $\angle AnOA1$ qiymati α ga teng. Shunday qilib, kristallni 360° ga aylantirganda burchagi n marta yaxlit son bo'lib takrorlanadi va simmetriya o'qining tartibini (darajasini) belgilaydi,

elementar takrorlanish burchagining qiymatini ham aks ettiradi. Simmetriya o'qi darajasini (tartibini) noldan 360° gacha aylantirganda elementar burchakning necha marta takrorlanishi aks ettiradi. Ayni vaqtda o'qlar darajasi, shu o'q atrofida shaklni to'liq aylantirganda rasmlarning (tomon, qirra, cho'qqi) necha marta takrorlanishini ham ko'rsatadi. Geometrik shakllar uchun har qanday darajali o'qlar bo'lishi mumkin, birinchi darajali bo'lsa ($n=1$), elementar aylanish burchagi (α) 360° ga teng. Shunday ekan, har bir kristallni istagan yo'nalishda 360° ga aylantirganda tomonlari o'z-o'zi bilan so'zsiz o'rin almashadi. Demak, har bir shakl cheksiz miqdordagi birinchi darajali o'q bo'lishi mumkin. Bunday o'qlar deyarli ahamiyatga ega emas. Shuning uchun u inobatga olinmaydi.

Cheksiz darajali o'qda ($n=\infty$) elementar aylanish burchagi cheksiz ravishda kichkina bo'ladi. Barcha aylanma shakllarda (silindr, konus, aylanma ellipsoid) u aylanma o'q sifatida mavjud. Ayniqsa, cheksiz darajaga ega bo'lgan simmetriya o'qlari shar shakliga xos. Chunki sharning istagan yo'nalishidan diametri bo'yicha o'q o'tkazib 360° aylantirganda o'xshash va teng nuqtalar cheksiz marta takrorlanishi mumkin. Bundan tashqari, ikkinchi, uchinchi, to'rtinchi, beshinchi, oltinchi va h.k. cheksiz darajali o'qlar bo'lishi mumkin. Har bir bunday o'qlarga o'zining elementar aylanish burchagi to'g'ri keladi.

Masalan, agar $n=1$ bo'lsa, $\alpha=360^\circ$, 1-darajali o'q;

$n=2$ bo'lsa, $\alpha=180^\circ$, 2-darajali o'q;

$n=3$ bo'lsa, $\alpha=120^\circ$, 3-darajali o'q;

$n=4$ bo'lsa, $\alpha=90^\circ$, 4-darajali o'q;

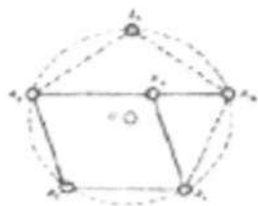
$n=5$ bo'lsa, $\alpha=72^\circ$, 5-darajali o'q;

$n=6$ bo'lsa, $\alpha=60^\circ$, 6-darajali o'q.

Romb shaklining o'rtasidan, chizma sathiga perpendikular o'tadigan o'q ikkinchi darajali o'qqa misol bo'ladi. To'g'ri ko'pburchaklilar – uchburchaklar, kvadrat, beshburchak, oltiburchak va h.k. shakllar markazidan chizma tekisligiga perpendikular o'tadigan o'qlar uchinchi, to'rtinchi, beshinchi, oltinchi va h.k. darajali o'qlarga misol bo'lishi mumkin. Xullas, geometriyada cheksiz darajali o'qlar mavjud.

Kristalllarda esa bu masala oddiyoqdek tuyuladi. Chunki ichki tuzilishlari panjarali sistemalarda, jumladan, kristallarda beshinchi darajali o'q bo'lmaydi va oltinchi darajali o'qdan yuqori o'qlarning ham bo'lishi mum-

kin emas. Kristallarning ichki tuzilishi fazoviy panjaradan iborat bo'lganligi uchun bu o'qlarning bo'lishi mumkin emas: buni isbotlash uchun kristallarda beshinchi darajali o'q bo'lishi mumkin deb faraz qilaylik (15-rasm).



15-rasm. Kristallardagi beshinchi darajali o'qning tuzilishi.

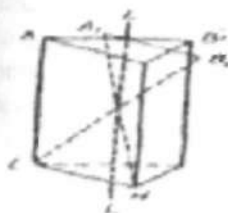
Bu o'q O nuqtasidan chizma tekisligiga perpendikular holda o'tgan bo'lsin. Ayrim hollarda O nuqtasi fazoviy panjaraning bironta tuguniga to'g'ri kelishi mumkin. O nuqtasi yaqinida joylashgan, lekin beshinchi darajali o'qqa to'g'ri kelmaydigan fazoviy panjaraning A1 tugunini uchratgan bo'laylik. Agar u beshinchi darajali o'qqa to'g'ri keladigan bo'lsa, simmetriya o'qi O atrofida 360° ga aylantirganda bunday tugunlar besh

marta takrorlanishi kerak. Bular A1 A2 A3 A4 va A5 tugunlari bo'lib, O nuqtadan bir xil uzoqlikda joylashgan va aylanish elementar burchagi 72° ga teng bo'lardi. Bir tekislikda yotgan fazoviy panjaraning turli tekisligining tugunlarini hosil qilishi kerak. Bizga ma'lum, turli tekislik parallelogrammlardan iborat bo'lib, ularning cho'qqilarida bu tugunlar joylashgan bo'lishi shart. Bunday parallelogrammlardan bittasini topishga harakat qilaylik. Buning uchun A1 va A2 tugunlari A1A2 masofada joylashgan fazoviy panjaraning bir qatoriga to'g'ri keladi deb faraz qilaylik. Bu holda A3 tugunidan A1A2 qatoriga parallel bo'lgan A3A5 qatori bo'lishi kerak. Lekin A3A5 qatorining uzunligi A1A2 ga nisbatan uzun. Holbuki, parallelogrammning tomonlari teng bo'lishi lozim. Shuning uchun A1A2 qatoriga to'g'ri keladigan masofani A3A5 kesmasidan o'lchab olamiz.

A3 tugunidan keyingi nuqtani Ax bilan belgilaymiz. Shuning natijasida A1A2 ga teng va parallel to'g'ri chiziq, aniqrog'i tugunli qator hosil bo'ladi. A1A2 va A2A3 tugunli qatorlarni parallelogrammning ikki tomoni deb qaralsa, uchinchi va to'rtinchi tomonlari AxA1 va A3A2 bo'lishi kerak. Demak, A1A2A3AX parallelogrammi, boshqacharoq qilib aytganda, fazoviy panjaraning turli tekisligini hosil qildik. Endi A1 va Ax tuguni punktir bilan o'tkazilgan doira ichida yotadi; ikkinchidan, simmetriya o'qi O nuqtasiga A1 tugunchasiga nisbatan yaqinroq joylashgan. Ikkita tugun simmetriya o'qiga nisbatan har xil masofada joylashgan. Shuning bilan fazoviy panjaraning tugunlari simmetriya o'qiga nisbatan teng masofada joylashish qonuni buzilgan. Bunday beshburchakli shaklning ichki qismini

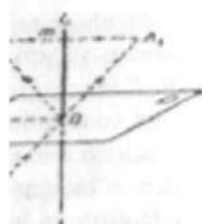
parallelopipedlar bilan to'ldirib bo'lmaydi. Xullas, beshinchi darajali simmetriya o'qi bo'lishi mumkin emas. Yettinchi va undan yuqori darajali o'qlarning hal bo'lmashligi shu tariqada isbotlanadi. Ikkinchi, uchinchi, to'rtinchi va oltinchi darajali o'qlarning mavjudligi isbot talab qilmaydi. U shakllarni parallelogrammlar bilan aniq, bo'shliqsiz to'ldirish mumkin.

Inversion o'qlar. Kristall shaklining markazidan o'tadigan to'g'ri chiziq atrofida shaklni ma'lum burchak hosil qilib aylantirib va bu shaklning inversion markazi orqali qaraganda uning o'xshash qismlari oynadagi aksi kabi takrorlansa unday to'g'ri chiziqqa inversion o'q deb ataladi. Bunday simmetriya o'qi o'zi mustaqil bo'la olmaydi, doimo oddiy o'q bilan va inversion markazi bilan birgalikda mavjud. Shuning bilan bir qatorda inversiya markazi inversion o'qning bir qismi sifatida qatnashadi, o'zi mustaqil inversion markazi bo'la olmasligi ham mumkin. Masalan, trigonal prizma shaklini tahlil qilib ko'raylik (16-rasm). Bu shaklda uchinchi darajali o'q (Li3) mavjud. Shuning bilan bir qatorda u oltinchi darajali inversion o'q (Li6) ham bo'la oladi. Chunki bu shaklni Li3 atrofida 60° ga inversion markazi orqali aylantirib, tomonlarining oynadagi aksini ham hisobga olsak, o'xshash tomonlari olti marta takrorlanadi. Masalan, AV qirrasini Li3 o'qiga to'g'ri keladigan LL to'g'ri chizig'i atrofida 60° ga burchak, u A1V1 holatiga o'tadi. Uning proeksiyasini inversion markaz orqali pastga qarab tushirsak EN qirrasiga to'g'ri keladi. Bu shaklni shu uslubda 360° ga aylantirsak bunday qirralar o'z-o'zlari bilan olti marta takrorlanadi. Shuning uchun bu shakldagi uchinchi darajali o'q bir vaqtning o'zida oltinchi darajali inversion o'qqa mos keladi, ya'ni uchinchi darajali oddiy va oltinchi darajali inversion o'q bo'la oladi.



16-rasm. Oltinchi darajali inversion o'q ko'p qirrali shakl.

Kristallar uchun qo'yidagi inversion o'qlar mavjudligi isbotlangan: Li1, Li2, Li4 Li6. Ko'rinish turibdiki, inversion o'qlar darajalari bilan yuqorida keltirilgan oddiy o'qlar darajalari bir-biriga mos keladi. Amaliyotda faqat so'nggi ikkita inversion o'qlar bilan ishlashga to'g'ri keladi. Boshqalari esa bizga ma'lum bo'lgan o'qlarga to'g'ri keladi. Shuning kabi Li=C (360° ga aylantirganda shakl o'z holatini saqlaydi) Li1=P-LL atrofida 180° ga aylantirganda (17-rasm) A nuqtasi A1 ga o'tadi. Inversiyadan so'ng OA1A2 ning joyini egallaydi. A2 ni A nuqtaning LL ga perpendikular joylashgan tekisligi R orqali aks



n. Ikkinchi darajali
inversion simmetriya
markaziga teng.

ettirib olinadi (bir-biriga mos uchburchaklarning tengligiga $AA_2 \perp R$ va $Apn = nA_2$ ga binoan shunday holatda ekanligini osongina isbotlash mumkin). Demak, Li_2 ni simmetriya tekisligi R bilan almashtirish mumkin, ya'ni ikkinchi darajali inversion o'q simmetriya tekisligiga teng. Li_3 ham mustaqil simmetriya elementi bo'la olmaydi. U inversiya markazi S va Li_3 bilan birgalikdagina mustaqil uchinchi darajali o'q bo'la olishi mumkin. Shuning kabi kub shaklidagi S va 4 Li_3 har

inchi darajali o'q bir vaqtning o'zida uchinchi darajali inversion 3 bo'la oladi. Kristall shakllaridagi oddiy uchinchi darajali o'qqa ladigan Li_3 odatda ko'rsatilmaydi (yozilmaydi). Shunday qilib, 4 va Li_6 inversion o'qlariga qoladi, holos. Bu o'qlar mavjudligi a keltirilgan misollarda isbot qilingan edi.

rtinchi darajali simmetriya o'qi $Li_4 = Li_2 \cdot Li_4$ mavjud bo'lish ko'p larda inversiya markazi S bo'lmaydi. Shuning bilan bir qatorda in- markazi bo'lmagan barcha shakllardagi ikkinchi darajali o'qlar Li_4 rmaydi.

stall shakllarida Li_4 o'qini topish, yuqorida tahlil qilingan sim- elementlariga qaraganda ancha qiyinroq. Oltinchi darajali sim- o'qi Li_6 doimo uchinchi darajali oddiy o'q va unga perpendikular gan simmetriya tekisligiga barobar $Li_6 = Li_3P$ [P -harfi bilan shaklda- a yuqori darajali o'qqa perpendikular joylashgan simmetriya tekis- elgilashadi (bunday o'q yakka yo'nalishga mos keladi)]. Bunday rraliklarda inversiya markazi bo'lmaydi. Yuqorida zikr qilingan zalarni jamlab inversion o'qlar uchun quyidagilarni keltiramiz: $Li_2 = P$; $Li_3 = Li_3S$; $Li_4 = Li_2$ – to'rtinchi darajali inversion o'q gan inversion o'q; $Li_6 = Li_3P$ (R Li_3) – oltinchi darajali inversion langan inversion o'q (kristallografiyaning ba'zi bir qo'llanmalarida n o'q o'rniga aylantirma simmetriya o'qi deb yuritiladi va L harfi lgilanadi). Ba'zi bir qo'llanmalarda oddiy o'q bilan inversion o'q b yoziladi – $L_4 2-L_6 3$ va hokazo.

Simmetriya elementlari teoremlari. Yuqorida ko'rsatib idek, kristallik xususiyatiga ega bo'lgan ko'pqirraliklarda quyida- etrik elementlari mavjud: S , R , L_2 L_3 , L_4 , L_6 , Li_4 , Li_6 . Kris- bunday simmetriya elementlari faqat yakka-yakka uchrashibgina

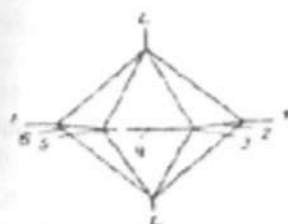
qolmasdan, ko'pincha birgalikda ham uchraydi. Masalan, g'isht shaklidagi kristallda 3L23PC simmetriya elementlari birga keladi. Ikkita simmetriya elementi bo'lgan shaklda so'zsiz teng ta'sir ko'rsatuvchi, uchinchi simmetriya elementi bo'lishi shart hamda uchinchi simmetriya elementining ta'sir kuchi oldingi ikkitasining ta'sir kuchlarining yig'indisiga tengligi isbot qilingan. Kristallografiya nazariyasida va amaliyotda simmetriya elementlarini jamlash muhim rol o'ynaydi, chunki kristall shaklidagi mavjud bo'lgan barcha simmetriya elementlarini to'liq topish imkoniyatini tug'diradi.

Simmetriya elementlarining birgalikda kelishini, o'zaro bog'lanihini matematika uslublari bilan isbotlovchi ko'pgina teoremlar mavjud. Shulardan ba'zilarini keltiramiz.

1-teorema. Bir nechta simmetriya tekisligi kesishishidan hosil bo'lgan to'g'ri chiziq bu simmetriya tekisliklariga teng ta'sir etuvchi simmetriya o'qi bo'lib, bu o'qning aylanish elementar burchagi simmetriya tekisliklari hosil qilgan, burchakdan ikki marta kattadir.

Masalan, tetragonal prizma shaklida simmetriya tekisliklari kesishgan nuqtadan o'tadigan to'g'ri chiziq to'rtinchi darajali simmetriya o'qiga to'g'ri keladi. O'qning aylanish elementar burchagi (α) 90° ga teng, simmetriya tekisliklari kesishishidan hosil bo'lgan burchak esa 45° bo'lib, $2\alpha=90^\circ$ ga, ya'ni to'rtinchi darajali o'qning aylanish elementar burchagiga teng. Demak, teorema shartlariga to'g'ri keladi.

2-teorema. Eyer teoremasi. Ikkita simmetriya o'qi mavjud bo'lgan shakl shu o'qlar kesishgan nuqtadan o'tadigan teng ta'sir etuvchi uchinchi simmetriya o'qining bo'lishi shart.



18-rasm. I, II, III-simmetriya o'qlarining mavjudligi.

18-rasmda ko'rsatilgandek, ikkita ikkinchi darajali o'qqa perpendikular uchinchi ham o'tadi. Bundan tashqari, rombik prizmada va gugurt qutisi shaklidagi kristallda uchta ikkinchi darajali o'qlar bir-biriga perpendikular holda joylashgan. Kub shaklida ham 3L4 o'qlar o'zaro perpendikular holda joylashgan. Bunday misollarni ko'plab keltirish mumkin.

3-teorema. Inversiya markazi (S) va juft darajali simmetriya o'qi (L_{2n} geometriyada n istagan son; kristallografiyada $n=1$ yoki 2,3, ya'ni $L_{2n} = L_2$ yoki L_4 yoki L_6 bo'lishi mumkin) bo'lgan shakllarda bu o'qqa perpendikular yo'nalgan simmetriya tekisligi (R) ham o'tadi.

Masalan, rombik prizmani yoki gugurt qutisi shaklini olaylik. Bularning ikkalasida ham inversiya markazi S va uchta ikkinchi darajali o'q ($3L_2$) mavjud. Har bir L_2 o'qiga perpendikular holda simmetriya tekisligi o'tadi. Shaklning L_2 o'qi perpendikular ravishda kesib o'tgan ikkita tomonga parallel holda simmetriya tekisligi o'tadi ($3L_2n\ 3PC$). Kub shaklida – $3L_2\ 4L_3\ 6L_{29RS}$ simmetriya elementlarini topish mumkin. Uchinchi teorema'dan qo'shimcha, amaliy ahamiyatga ega bo'lgan bir necha xulosa chiqarish mumkin:

a) kristall shakllarida inversiya markazi va shu markaz ustidan o'tgan simmetriya tekisligi bo'lsa, u holda simmetriya tekisligiga perpendikular yo'nalgan juft darajali simmetriya o'qi ham bo'ladi ($L_2\ L_4\ L_6$);

b) kristall shakllarida simmetriya tekisligi bilan shu tekislikka perpendikular yo'nalgan juft darajali simmetriya o'qi mavjud ekan, u holda inversiya markazi S ham bo'lishi muqarrar;

v) inversiya markazi mavjud bo'lgan kristall shakllarida juft darajali simmetriya o'qlarining soni simmetriya tekisliklarining soniga teng bo'lib, bu simmetriya tekisliklarining har biri o'qlarga perpendikular yo'nalishda joylashadi.

4-teorema. Agar n ta L_n darajali simmetriya o'qi va unga perpendikular joylashgan L_2 o'qi bo'lsa, ikkinchi darajali o'qlar soni n ta bo'ladi (nL_2). Boshqacharoq qilib aytganda, yuqori darajali (L_2 dan yuqori) va unga perpendikular yo'nalishda o'tgan ikkinchi darajali simmetriya o'qlari bo'lgan shakllarda, ikkinchi darajali simmetriya o'qlarining soni yuqori darajali simmetriya o'qining darajasi soniga teng, ya'ni L_n (nL_n) (K.S.Zoxidov, 1987 y). Masalan, $L_{33}L_2, L_{44}L_2, L_{66}L_2, L$ va h.k. Bularning barchasida ham L_2 yuqori darajali o'qlarga ($L_2\ L_3\ L_4\ L_6$) perpendikular joylashadi. 19-rasmdagi o'n ikki qirrali shaklni tahlil etaylik.

LL to'g'ri chizig'i oltinchi darajali o'qqa (L_6) to'g'ri keladi. Bu o'qqa perpendikular 1–1 yo'nalishda ikkinchi darajali o'q L_2 o'tadi. Teoreмага asosan L_2 dan oltita bo'lishi kerak. Haqiqatdan ham bu shaklda L_6 perpendikular joylashgan $6L_2$ ni osongina topish mumkin (18-rasm, 1,2,3,4,5,6). Shu kabi holatlarni trigonal, tetragonal dipiramidalarda ham ko'rish mumkin.

5-teorema. Agar shaklda n (L_n) tartibdagi simmetriya o'qi va bu o'qning ustidan o'tadigan simmetriya tekisligi bo'lsa, simmetriya tekisligining soni n ta bo'ladi (nR). K.S.Zohidovning 1987 yilgi tafsilo-

ti bo'yicha ayt sak, kristall shakllarida yuqori darajali o'qlar (L_2 L_3 L_4 L_6) orqali o'tadigan bitta tekislik bo'lsa, simmetriya tekisligining miqdori yuqori darajali o'qning darajasi soniga teng. Masalan, trigonal, tetragonal va geksagonal piramidalarda L_3 L_4 L_6 L_2 simmetriya o'qlari ustidan o'tadigan tekislik soni ZR , $4R$, $6R$ ga teng. L_{33P} , L_4 L_{24P} , L_{66P} kabi qo'shib yozish mumkin. Umumiy misol tariqasida, olti tomonli romboedr shaklini tahlil etamiz. Romboedni kubning uchinchi darajali o'qlaridan bittasi bo'yicha yassilanishidan hosil bo'lgan shakl deb qarash mumkin. Bu shaklda, avvalo inversiya markazini topamiz. Ikki qarama-qarshi chuqqilari orqali o'tadigan uchinchi daraja o'q L_3 ni ham osongina topamiz. Uchinchi darajali o'q ustidan bitta simmetriya tekisligi o'tadi. Beshinchi teorema binoan bunday tekisliklar soni uchta (ZR) bo'ladi.

Boshqa simmetriya elementlari 3-teorema xulosalaridan kelib chiqadi, ya'ni har bir tekislikka perpendikular bittadan juft o'q o'tishi kerak. Natijada $3L_2$ ni topamiz. Bu uchta ikkinchi darajali o'qlar teoremani qo'llamasdan topish ma'qulroq. Shunday qilib romboedrdan mavjud bo'lgan barcha simmetriya elementlarini topdik: $L_{33L_{23}PC}$.

4.6. Yakka yo'nalishlar. Kristall shakllaridagi birdan-bir, takrorlanmaydigan yo'nalishga yakka (geometriyada n istagan son; kristallografiyada $n=1$ yoki $2,3$, ya'ni $L_{2n}=L_2$ yoki L_4 yoki L_6 bo'lishi mumkin) yo'nalish deyiladi. Masalan, olti tomonli piramidani olaylik. Undagi simmetriya elementlari L_{66R} dan iborat. Shulardan, L_6 o'qi yakka yo'nalishdir. Shuningdek, L_3 L_4 L_6 simmetriya o'qlari bo'lgan kristall shakllarida ham bu o'qlar yakka yo'nalishga to'g'ri keladi. Kub shaklining qaysi bir yo'nalishini olmag, ular bir nechta marta takrorlanadi. Masalan, uchinchi darajali o'q to'rt marta ($4L_3$), to'rtinchi darajali o'q uch marta ($3L_4$), ikkinchi darajali o'q olti marta ($6L_2$) takrorlanadi. Demak, kub shaklida yakka yo'nalish yo'q. Barcha yo'nalishlar o'zaro teng va takrorlanadi.

Kristalldagi simmetriya elementlari bilan bog'langan, takrorlanadigan yo'nalishlarga teng – **simmetrik yo'nalish** deyiladi. Bunday kristall shakllarida yakka yo'nalish bo'lmaydi. Aks holatda simmetriya elementlarisiz yoki faqat inversiya markazi S bo'lgan shakllarda ko'rish mumkin. Ularda yo'nalishlar teng – simmetrik holatda joylashadi. Har bir yo'nalish takrorlanmaydigan, yakka yo'nalish bo'ladi. Masalan, g'isht yoki gugurt qutisi shaklidagi parallelipedda bir necha yakka yo'nalish mavjud. Bu shakllardagi uchta o'zaro perpendikular ravishda joylashgan ikkinchi darajali simmetriya o'qlarining ($3L_2$) har qaysisi yakka yo'nalish-

ga mos keladi. Chunki o'qlarning tomonlari uzunliklari va katta-kichikliklari har xil. Shunday qilib, kristall shakllari shakliga, simmetriya elementlari va ichki tuzilishlariga qarab ikki guruhga bo'linadi: a) yakka yo'nalishli, b) yakka yo'nalishsiz kristall shakllari.

Yakka yo'nalishli kristallarda, yakka yo'nalish kristallarning simmetriya elementlariga nisbatan qanday vaziyatda joylashadi degan savol tug'ilishi tabiiy. Bunga javob berish uchun yakka yo'nalishning har bir simmetriya elementlariga nisbatan tutgan vaziyatni alohida ko'rib chiqish kerak.

1. Inversiya markazidan boshlaymiz. EEI to'g'ri chiziqni yakka yo'nalish deb olaylik (19-rasm). Boshqa, o'ziga teng simmetrik yo'nalishsiz bo'lgan EEI ning o'rtasida inversiya markazi S joylashishi mumkin. Markaz S dan ikkala tomonda joylashgan nuqtalarning oraliqlari o'zaro teng. Shuning uchun E nuqtasini S markaz orqali aks ettirsak, u EI nuqtasining joyini egallaydi, aksincha, EI nuqtasi E nuqtasining ustiga tushadi. Shuning bilan bir qatorda EE kesma o'z-o'zi bilan o'rin almashib, yangi teng simmetrik yo'nalish hosil qilmaydi. Demak, yakka yo'nalish mavjud bo'lgan shakllarda uning o'rtasida joylashgan inversiya markazi bo'lishi mumkin.

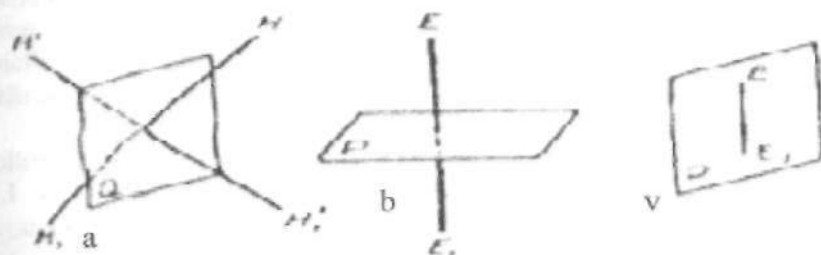


19-rasm. Inversiya markazining (S) yakka yo'nalishiga EEI ga nisbatan joylashishi.

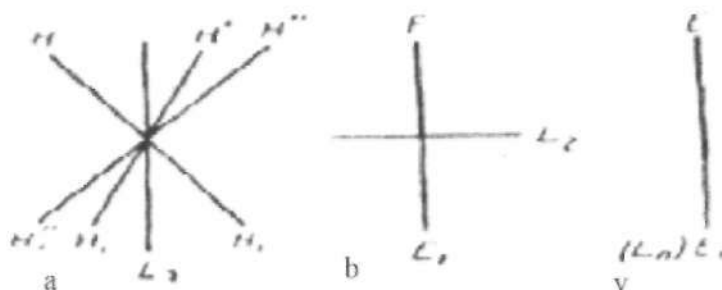
2. Simmetriya tekisligiga o'tamiz. Tekislik bu yo'nalishga nisbatan qiya, perpendikular yoki parallel (ustida) joylashishi mumkin. Qiya joylashgan O tekisligi orqali NN'I yo'nalishlari bo'yicha to'g'ri chiziqqa aks ettirib o'tkazsak, ular tekislikning pastki qismida teng-simmetrik N'N' yo'nalishini yuzaga keltiradi (20-rasm, a). Shundan ko'rinib turibdiki, simmetriya tekisligi yakka yo'nalishga qiya holda joylashishi mumkin emas. Ikkinchi holatda simmetriya tekisligi yakka yo'nalishga perpendikular EEI kesmaning o'rtasidan o'tadi (21-rasm, b). Bunda kesmaning E uchi R tekisligi orqali aks ettirilsa, EI nuqtasining ustiga tushadi, EI esa E nuqtasining o'mini egallaydi. Shuning bilan birga yangi yo'nalish hosil qilmasdan EEI o'z-o'ziga to'g'ri keladi (mos tushadi). Shunday qilib, simmetriya tekisligi yakka yo'nalishga perpendikular holatda joylashishi mumkin. So'nggi holat simmetriya tekisligining yakka yo'nalish ustidan o'tishi yoki parallel joylashishini ko'rsatadi (20-rasm, v). Bu holatda so'zsiz EEI yo'nalishi simmetriya tekisligi R dagi aksiga mos

keladi. Demak, yakka yo'nalish simmetriya tekisligida joylashishi mumkin.

Xulosa. Yakka yo'nalishning mavjudligi simmetriya tekisligining unga nisbatan perpendikular yoki parallel joylashishiga xalaqit bermaydi.



20-rasm. Simmetriya tekisligining yakka yo'nalishiga nisbatan joylashishi.



21-rasm. Simmetriya o'qlarining yakka yo'nalishga nisbatan joylashishi.

3. Undan keyin o'qlarga o'tamiz. Bunda uchta vaziyat bo'lishi mumkin. O'qlar bu yo'nalishga nisbatan qiya, perpendikular va parallel (ustidan) o'tishi mumkin.

$N \rightarrow L_n$ darajali o'q atrofida barchasi n marta takrorlanadi. Shuning bilan birga qiya olingan yo'nalish (21-rasm, a-NN1) ham L_n (21-rasm, a-L3) n marta (uch marta) takrorlanadi. Agar L_n ustidan o'tadigan simmetriya tekisligi uch marta takrorlansa, tekislikda yotmagan qiya yo'nalishlar (ya'ni NN1 lar) 2 marta (olti marta) takrorlanadi. Bundan yakka yo'nalish L_n ga nisbatan qiya joylashishi mumkin emas degan xulosa chiqarish mumkin. Bu yakka yo'nalishga perpendikular joylashgan L_n darajali o'qlarga ham tegishli. Lekin bu yerda xususiy holatni, ya'ni $L_n L_2$ ni

alohida ko'rsatish kerak. Bunday shaklni L2 o'qi atrofida 180° ga burganda (21-rasm) yakka yo'nalishning bir uchidagi E tomonidagi kesma (ya'ni L2 o'qining EE1 ni kesib o'tgan nuqtasidan E gacha bo'lgan masofa), E1 tomondagi kesma bilan o'rin almashadi. Buning natijasida EE1 yo'nalish o'z-o'zini takrorlaydi. L2 o'qi yakka yo'nalishning markazidan o'tgan va bu o'q EE1 ga perpendikular joylashgan degan xulosa chiqadi. Shunday qilib, ikkinchi darajali o'q yakka yo'nalishga nisbatan perpendikular joylashishi mumkinligi isbotlanadi.

Endi, so'nggi holat Ln ning yakka yo'nalishga mos kelishligi (parallel joylashishini) tafsilotiga o'tamiz (21-rasm). O'z-o'zidan ma'lumki, Ln o'qiga mos kelgan yakka yo'nalish teng – simmetrik joylashgan nuqtalar hosil qilmaydi. Shuning asosida yakka yo'nalish bilan simmetriya o'qi bir-biriga mos kelishi mumkin. Demak, yakka yo'nalishning mavjudligi unga perpendikular o'tgan ikkinchi darajali o'qning bo'lishiga yoki unga mos keladigan (ustiga tushadigan) har xil darajali simmetriya o'qlarining bo'lishiga xalaqit bermaydi.

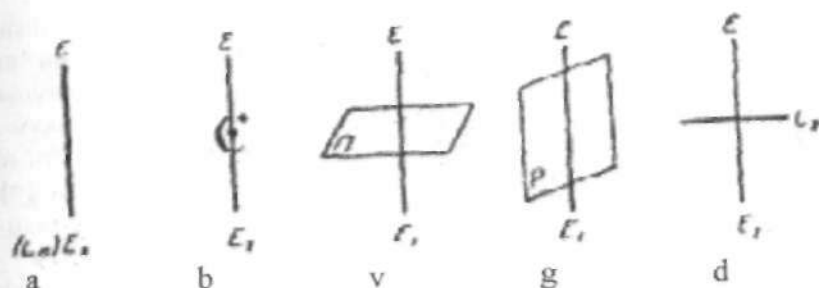
Simmetriya turlari deb nom olgan kristall shaklidagi mavjud bo'lgan simmetriya elementlarining barchasini chiqarish mana shu oddiy holdan boshlanadi.

4.7. Simmetriya elementlarining 32 turi. Kristall shakllarida mavjud bo'lgan simmetriya elementlarining yig'indisiga simmetriya turlari deyiladi. Kristallografiyada ma'lum bo'lgan 32 ta simmetriya turlari kristall shakllaridagi yakka yo'nalishga asoslangan. Yuqorida aytib o'tganimizdek, kristall shakllarida yakka yo'nalish bo'lishi ham, bo'lmasligi ham mumkin. Kristall shakllarining simmetriya elementlarining turlari shunga qarab bo'linadi.

4.8. Yakka yo'nalishli kristall shakllari simmetriya elementlarining turi. Bu turga mansub bo'lgan kristall shakllarda juda bo'lmaganda bitta EE (22-rasm) yakka yo'nalish bo'lishi shart. Bu yo'nalishni asos qilib olib simmetriya elementlarini shunday qo'shib chiqamizki, bu yo'nalish haqiqatdan ham yakka bo'lib qolishi kerak. S, R, Ln, L2, L2 PC larning har qaysini alohida-alohida yakka yo'nalishga qo'shamiz.

Simmetriya elementlarining umumiylikini chiqarish jarayonida ularning o'zaro teng ta'sir ko'rsatishlarini hisobga olish kerak.

1. Yakka yo'nalish bittagina simmetriya o'qi – Ln bilan mos keladi (22-rasm a). Bundan, kristall shakllarida mavjud bo'lgan beshta simmetriya o'qlariga to'g'ri keladigan beshta simmetriya turini chiqaramiz: L1,



22-rasm. Simmetriya elementlarining yakka yo'nalishga nisbatan joylashishi

L2, L3, L4, L6 Birinchi holatda (L1) simmetriya elementi bo'lmaydi, chunki berilgan yakka yo'nalish bitta cheksiz va istagan tomonga qarab yo'nalgan birinchi darajali o'qqa to'g'ri keladi. L1 shartli ravishda belgilangan, shuning uchun u amaliyotda inobatga olinmaydi. Bu hosil qilingan simmetriya turlari faqat simmetriya o'qlaridan iborat bo'lsa, unga «primitiv» simmetriya turi deyiladi. Bular to'rtta bo'lib, L2, L3, L4, L6 ga to'g'ri keladi va shunday yoziladi (1-jadval).

2. Yakka yo'nalishga mos kelgan primitiv simmetriya turiga inversiya markazi S ni qo'yamiz (23-rasm, b): L1C; L2C; L3S; L4C, L6C. Bundan 3-teoremaga binoan inversiya markazi va juft darajali o'q bo'lsa simmetriya tekisligi bo'lishi shart (bu simmetriya tekisligini alohida ajratib ko'rsatuvchi P harfi bilan belgilaymiz): L2=CL2CP; L4S=L4SP; L6S=L6SP.

Hammasini jamlab qo'yidagi simmetriya elementlarini hosil qilamiz: L1S=C; L2CP; L3S; L4SP; L6SP. Bular «markazlashgan» simmetriya turi deb ataladi (1-jadval).

3. Primitiv simmetriya turiga yakka yo'nalishga perpendikular bo'lgan simmetriya tekisligini (P) qo'shamiz: L1P=P; L2P; L3P; L4P. Bularni 3-teoremaga binoan shunday yozish mumkin: L1P=P; L2PS; L3P; L4PS. Lekin bunday simmetriya turlari inobatga olinmaydi, chunki oldingi markazlashgan simmetriya turini takrorlaydi (22-rasm, v).

4. Primitiv simmetriya turiga ulardagi o'qlarning ustidan (parallel) o'tadigan simmetriya tekisligini R qo'shamiz (22-rasm, g). Yakka yo'nalish o'qlardan birortasiga to'g'ri keladi. Beshinchi teoremaga binoan, agar L_n o'q va uning ustidan (parallel) o'tadigan tekislik bo'lsa, tekisliklar soni n ta (o'qlar darajasi soniga teng) bo'ladi. Natijada quyidagi yangi simmetriya turlarini vujudga keltiramiz: L1P=P; L22P; L3ZR; L44P; L66P.

5. Yakka yo'nalishga perpendikular joylashgan L_2 o'qini qo'shamiz (23-rasm, d). Qatnashishi mumkin bo'lgan, yakka yo'nalishga mos keladigan simmetriya o'qlariga L_2 qo'shiladi. To'rtinchi teorema binoan, agar L_n va unga perpendikular joylashgan L_1 bo'lsa, shu ikkinchi darajali o'qlar soni n ta (o'qlar darajasi soniga teng) bo'ladi, ya'ni nL_2 (nL_n). Natijada shunday simmetriya turlarini chiqarish mumkin: $L_1L_2=L_2$; $2L_2L_2=3L_2$; L_3L_2 ; L_4L_2 ; L_6L_2 . Bu beshta yangi simmetriya qatorlari «aksial-o'qli» simmetriya turi deyiladi (1-jadval).

1-jadval
Yakka yo'nalishli simmetriya turlari

Primitiv	Markaz-lashgan	Tekislikli (planal)	O'qli (aksial)	Tekislikli-o'qli (planaksial)	Inversion primitiv	Inversion-planal
1	2	3	4	5	-	-
L_1	$L_1C=C$	$L_1H=R$	$L_1L_2=L_2$	$L_1L_2PC=L_2PC$		
$[L_2]$ (4-qarang)	$[L_2SP]$ (5-qarang)	6 L_2L_2R	7 $L_2L_2L_2=3L_2$	8 $L_2L_2L_2RPS=$ $2L_2ZRS$	-	-
9	10	11	12	13	-	-
L_1	L_3C	L_3ZR	L_3L_2	L_3L_2ZRS		
14	15	16	17	18	19	20
L_4	L_4CP	L_4R	L_4L_2	$L_4L_2L_2RPS=$ L_4L_2 $5PC$	$L_4(=L_2)$	$L_4(=L_2)$ $2L_2P$
21	22	23	24	25	26	27
L_6	L_6SP	L_6R	L_6L_2	$L_6L_2RPS=$ L_6L_2ZRS	$L_6(=L_3P)$	$L_6(=L_2P)$ $2L_2R$

6. Yakka yo'nalishga markaz S ni, tekislik R ni va $L_2(L_2PC)$ ni qo'shamiz. Bir vaqtning o'zida bir necha simmetriya elementlarini qo'shib jamlashni ko'rib chiqaylik. Avvalgidek yakka yo'nalish L_2 , L_2 , L_3 , L_4

va L6 o'qlariga mos keladi. Bunga inversiya markazi Sni qo'shamiz. Buning natijasida markazlashgan simmetriya turiga o'xshash simmetriya jami kelib chiqadi: L1C; L2SP; L3C; L4SP; L6CP. Undan keyin yakka yo'nalishning ustidan o'tadigan simmetriya tekisligini R, L2 qo'shamiz. Bundan tashqari, inversiya markazi bo'lsa har bir simmetriya tekisligiga perpendikular joylashgan juft darajali o'q bo'lishi kerak. Mana shularning barchasini hisobga olib jamlasak, quyidagi simmetriya turlari kelib chiqadi: L1C; PL2=L2PC; L2SP 2P2L2=3L23PC; L3C3P3L2=L33L23PC; L4CH4P4L2=L44L25PC; L6SP P6L2=L6 6L27PC. Bu beshtasini «tekislikli-o'qli» (planaksial) simmetriya turi deyiladi (1-jadval). Bundan keyingi mulohazalarimiz inversion o'qlariga nisbatan olib boriladi.

7. Yakka yo'nalishga L1n inversion o'qlar to'g'ri keladi deb qaraylik. U holda quyidagi «primitiv inversion» simmetriya turlarini hosil qilish mumkin: Li2=C; Li2=P; Li3=L13C; Li41=L42; Li6=L3P. Bu simmetriya turlari inversion-primitiv nomi bilan yuritiladi (2-jadval).

8. Inversion-primitiv simmetriya turiga inversion yakka yo'nalishga moc keladigan simmetriya tekisligini qo'shib ikkita «inversion-planal» nomli simmetriya turini chiqaramiz. Li4=L2 beshinchi teoremaga binoan Li4 ($\rightarrow$ L2)2L22P=L242L22P yoziladi. Li6 ($\rightarrow$ L3n) beshinchi teoremaga binoan Li6 (=L3P)3L23P=L33L23P yoziladi.

Mulohazalarimiz oxirida yo'nalishli simmetriya turlari jamlangan jadvalni keltiramiz (1-jadval). Bu jadvalga nazar tashlar ekanmiz, unda takrorlanadigan simmetriya turlarini ko'rish mumkin. Ular kvadrat qavs ichiga olingan va inobatga olinmaydi. Natijada yakka yo'nalishli kristall shakllari uchun 27 ta simmetriya turi mavjudligini ko'ramiz.

4.9. Yakka yo'nalishsiz kristall shakllari simmetriya elementlarining turi. Endi yakka yo'nalishsiz kristall shakllarining simmetriya turlari tafsilotiga o'tamiz. Bu turdagi kristallarda bir necha o'zaro teng-simmetrik yo'nalishlarni chizish mumkin. Shuning asosida har xil darajasi simmetriya o'qlari bir necha marta takrorlanadi. Yakka yo'nalishsiz shakllardagi simmetriya o'qlarining barchasi elementar geometriyadagi to'g'ri ko'p komponentlilarga mos bo'lgan kombinatsiyalarga javob bera olishi matematik uslublar bilan isbotlangan. Bunday kristallar to'g'ri ko'pburchakli tomonlardan iborat bo'ladi. To'rtta teng tomonli uchburchakdan iborat bo'lgan tetraedr shakli, oltita kvadrat tomondan tashkil topgan kub shakli, sakkizta uchburchakli tomondan tuzilgan oktaedr, o'n ikki tomonli dodekaedr va boshqalar shular jumlasidandir. Tetraedr

shaklida 3L24L3 o'qlari mavjud. Kub va oktaedr shakllarida ham bir xil simmetriya o'qlari – 3L44L36L2 bo'ladi. 1. Tetraedrdagi mavjud o'qlar jamini, ya'ni 3L24L3 ni primitiv simmetriya turi deb qabul qilamiz.

Bu simmetriya turini oddiy L2 o'qli simmetrik turidan ajratish uchun tenglik belgisining ustiga belgi qo'yiladi.

2-jadval
32 simmetriya turlari

Kategoriya	Singoniya	Simmetriya turlari						
		Primitiv	Markazlashgan	Tekislikli	O'qli	Tekislikli o'qli	Inversion-primitiv	Inversion-planal
Quyi	Triklin	1 (I)	2 (I)					
	Monoklin			3 P (m)	4 L2 (2)	5 L2PC (2/m)*		
	Rombik			6 L22P (mm2)	7 3L2 (222)	8 3L2 3PC (mmm)		
O'rta	Trigonal	9 L3 (3)	10 L3C (3)	11 L3P (3m)	12 L33L2 (32)	13 L3 3L2PC (3m)		
	Tetragonal	14 L4(4)	15 L4 PC (4/m)	16 L4 4P (4mm)	17 L2 4L2 (422)	18 L4 4L25PC (4/mmm)	19 Li4(=L2) (4)	20 Li4(=L2)2L2 2P (42m)
	Geksagonal	21 L6 (6)	22 L6 PC (6/m)	23 L6 6P (6mm)	24 L66L2 (622)	25 L6 6L27PC (6/mmm)	26 Li6(=L3 P) (6)	27 L1 63L23P (=L33L2 4P) (62m)

Yuqori	Kubik	28 3L24L, (23)	29 3L24L3 3PC (m3)	30 3L4 4L3 6P (43m)	31 3L3 4L,6L2 (432m)	32 3L4 4L,6L29PC (m3m)		
*) simmetriya elementlari turlarining German – Mogen tomonidan berilgan belgilari								

2. Markazlashgan simmetriya turini hosil etish uchun primitiv simmetriya turiga markaz S ni qo'shamiz. Uchinchi teoremaga asosan, har bir 1 – 2 ga perpendikular joylashgan tekislik R o'tishi kerak. Shuning uchun ZL24L3ZRS yoziladi (2-jadval). 3. Undan keyin har bir uchinchi darajali o'qlar bo'ylab o'tuvchi simmetriya tekisligini hisobga olsak, «planal» simmetriya turi kelib chiqadi. Har bitta L3 ustidan o'tuvchi simmetriya tekisliklarining soni uchta bo'lishini, shuning bilan bir qatorda har qaysi simmetriya tekisligi ikkita L3 ustidan o'tishini hisobga olsak, u holda quyidagi simmetriya elementlarining turi 3L24L36P kelib chiqadi (2-jadval). 4. O'qli aksial simmetriya turini chiqarish uchun har qaysi uchinchi darajali o'qlar ustidan o'tadigan, shu o'qlarga perpendikular yo'nalgan ikkinchi darajali o'qlar qo'shiladi. Bunda har qaysi L1 ikkita L3 ustidan o'tadi va «primitiv» simmetriya elementlari turidagi 3L2 bu yerda 3L4 ga aylanadi. Natijada simmetriya elementlari turi quyidagicha ifodalanadi: ZL44L36L2 5. O'qli (aksial) simmetriya turiga markaz S ni qo'shib, 3-teoremaga binoan tekislikli – o'qli (planaksial) simmetriya turini chiqaramiz: ZL44L3 6L29RS. Shunday qilib, yuqorida zikr qilinganlarni jamlab yakka yo'nalishsiz kristallar uchun mumkin bo'lgan quyidagi beshta simmetriya turlarini keltiramiz: primitiv 4L3ZL2; markazlashgan 4L3ZL23RS; tekislikli (planal 4L3Z L2 6RS; o'qli (planal) – 3L44L3 6L2, tekislikli-o'qli (planaksial) – ZL44 L36 L2RS.

Bular 2-jadvalning pastki qismida keltirilgan. Natijada kristall shakllarida mavjudligi mumkin bo'lgan 32 simmetriya elementlarining turini chiqardik. Bularning barchasi amaliyotda qo'llash osonroq bo'lishini nazarda tutib 2-jadvalda umumlashtirib keltirilgan. Ularning miqdorini va tarkibini o'zgartirish yoki ularning o'rinlarini almashtirish mutlaqo mumkin emas, chunki ularning jadvaldagi joylashish vaziyatlari qat'iy matematik uslublar bilan asoslangan.

Chegaralangan shakllarning simmetriya elementlarining jami birinchi marta I.Gessel (1830) tomonidan berilgan edi. 1867 yili rus olimi A.V.Gadolin o'zining 32 simmetriya elementlari turini chiqardi. Uni butun dunyo olimlari tan oldi.

4.10. Toifalar va singoniyalar. O'ttiz ikkita simmetriya turlari jadvaliga (2-jadval) nazar tashlar ekanmiz, undagi har bir gorizontalkatakldagi simmetriya turlarining o'xshashligini ko'ramiz. Masalan, eng pastdagi gorizontalkatakldagi beshta katalarda 4L3 mavjud. Undan yuqoridagi yettita kataldagi simmetriya turlarining barchasida bittadan L6 va Li6 borligini qayd qilamiz. Pastdan uchinchi qatorda L4 yoki Li4 ni, to'rtinchi qatorda L3, beshinchi qatorda bir necha L2, oltinchida esa bittadan L2 yoki R qatnashishi yaqqol ko'zga tashlanadi. Yettinchi qatorda esa simmetriya o'qlari va tekisliklari umuman yo'q. Shundan ko'rinib turibdiki, har bir gorizontalkatolar singoniya deb nomlangan ma'lum simmetriya turlarining qatolariga mos kelmoqda.

Yakka yo'nalishlar soni birdek bo'lib, bitta yoki bir nechta simmetriya elementlari o'xshash bo'lgan simmetriya turlari qatolariga singoniya deyiladi.

Shuni qayd qilish kerakki, har qaysi singoniya kristallari o'ziga xos shakllarga, simmetriya elementlariga va shu kristallni ifodalovchi fazoviy panjara elementar shu'balarning shakliga ega. Ular bir-biridan katta farq qiladi. Kristallografiyada barcha simmetriya turlari yettita singoniyaga bo'linadi: triklin, monoklin (mono (grek)-bir; di-ikkita, tri-uchta; tetra-to'rtta; penta-beshta; geksa-olti; gepta-yetti; okta-sakkiz; ennea-to'qqiz; endeka-o'n; dodeka-o'n ikki) rombik yoki ortorombik, trigonal, yoki romboedrik, tetragonal, geksgonal va kubik. Ularning nomlari fazoviy panjara elementar shu'basini tomonlarining uzun-qisqaligiga va ular orasidagi burchaklarning qiymatlariga asoslangan. Masalan, triklin singoniyasi kristallarining elementar shu'basini ifodalovchi parallelopipedning qirralari orasidagi uchala burchagi ham qiyshiq. Monoklin singoniyasi kristallarida yuqorida aytilgan qirralar orasidagi bitta burchagi qiyshiq, ikkitasi to'g'ri burchakli. Rombik singoniyasiga taalluqli oddiy shakllarda va elementar shu'balarda ikkinchi darajali simmetriya o'qiga perpendikular olingan ko'ndalang kesimi ko'rinishi romb ko'rinishida bo'lganligi uchun shunday nomlangan. Trigonal, tetragonal va geksgonal singoniyalari nomlari ular kristallarining har biriga xos bo'lgan simmetriya o'qlarining darajasiga qarab berilgan. Trigonal singoniyasi ko'pincha romboedrik nomi bilan yuritiladi. Chunki singoniyadagi ko'pgina simmetriya turlarining oddiy shakllari romboedrdan iborat. Kubik singoniyali kristallarining elementar yacheykasi kub shaklida bo'lganligi uchun shunday nomlangan.

Yakka yo'nalishlariga va xarakterli simmetriya o'qlari darajalariga qarab, yuqorida keltirilgan singoniyalar uchta kategoriyaga jamlanadi:

quyi kategoriya kristallarida ikkinchi darajali o'qlardan yuqorisi bo'lmashligi va bir nechta yakka yo'nalishining mavjudligi bilan ajralib turadi. Quyi kategoriya triklin, monoklin va rombik singoniyalaridan iborat. O'rta kategoriya kristallari faqat bitta yakka yo'nalishga ega bo'lib, u ham bo'lsa L2 dan yuqori o'qlardan biriga mos keladi. Bu kategoriya trigonal, tetragonal va geksagonal singoniyalarini o'ziga mujassamlashtirgan. Yuqori kategoriya kristallarida yakka yo'nalish bo'lmaydi. Barcha kristallarda bir nechta L2 dan yuqori o'qlarning mavjudligi bilan boshqa kategoriyalardan farq qiladi. Bu kategoriya bitta kubik singoniyasidan iborat. Singoniyalarning xususiyatlari quyida keltirilgan.

4.11. Quyi toifa kristallari. Ularda bir necha yakka yo'nalish mavjud bo'lib, ikkinchi darajalidan yuqori o'qlar bo'lmaydi (3-jadval). Triklin singoniyasidagi barcha simmetriya o'qlarining yo'nalishlari yakka bo'lib, simmetriya tekisligi ham, o'qlari ham bo'lmaydi. Mutlaqo simmetriya elementlari yo'q. (-), yoki faqat bittagina S mavjud. Monoklin singoniyasida yakka yo'nalishlar va teng simmetrik yo'nalishlar ko'p. Simmetriya elementlaridan bittagina R yoki bitta L2, yoki L2PC(L2 ^P) qatnashadi. Yakka yo'nalishlar simmetriya tekisligi ustida yoki L2 ga perpendikular o'tgan tekislikda yotadi, hamda L2 ga mos keladi, yoki R ga qiya yo'nalishlarga to'g'ri keladi. Rombik singoniya kristallari uchta yakka yo'nalishga ega bo'lib, ular L2 yoki R ga perpendikular yo'nalishlarga mos keladi. Simmetriya elementlari: L22P; 3 L2; 3L2 ZRS.

4.12. O'rta toifali kristallar. Ular bitta yakka yo'nalish bo'lib, ikkinchidan yuqori darajali o'qlarga mos keladi. Trigonal singoniyasida yakka L3 o'qi yakka yo'nalish ustidan o'tadi (mos keladi). L3 o'qiga qiya joylashgan tengsimmetrik yo'nalishlar kamida uch marta takrorlanadi. Tetragonal singoniyada bittagina L4 (yoki Li4) o'qi yakka yo'nalishga mos keladi. L4 qiya joylashgan teng simmetrik yo'nalishlar kamida to'rt marta takrorlanadi.

4.13. Yakka yo'nalishsiz yuqori toifa kristallar. Doimo bir necha ikkinchi darajalidan yuqori o'qlar qatnashadi. Masalan, kubik singoniyada 4L3 bo'lishi shart. Ayrim ko'ptomonliklarning u yoki bu simmetriya turiga taalluqli ekanligi undagi mavjud bo'lgan barcha simmetriya elementlarini topish yo'li bilan isbotlanadi. Bunday misollar yuqorida keltirilgan edi. Masalan, olti tomonli, asosli to'g'ri oltiburchakli bo'lgan piramidada L66P simmetriya elementlari topilgan. Bu topilgan simmetriya elementlarining jamini simmetriya turlari keltirilgan jadvalga (2-jadval) taqqoslab, bu kristall modeli geksagonal singoniyasining planal simmetriya turiga to'g'ri

kelishi aniqlanadi. Gugurt qutisi yoki g'isht shaklidagi modelda simmetriya elementlarining jami 3L23PC ga teng. Shu 2-jadvaldan bunday simmetriya elementlariga ega bo'lgan shakllar rombik singoniyasi planaksial simmetriya turiga mansubligini aniqlaymiz. Kub shaklining simmetriya elementlari – ZL44L36L29RS ga teng. Jadval yordami bilan kubik singoniyasi planaksial simmetriya turiga taalluqli ekanligining guvohi bo'lamiz. Shunday qilib, 2-jadvaldan foydalanib, o'rganayotgan kristallning qaysi simmetriya turiga, singoniyaga, kategoriyaga taalluqli ekanligini batafsil aniqlab olish mumkin.

Kristallarning simmetriya elementlarining jamini to'liq chiqarish uchun quyidagi holatlarni nazarda tutish lozim (3-jadval): 1) L6 (yoki Li6) o'qlari faqat bittadan ortiq bo'lmaydi; 2) L4 (yoki Li4 o'qlari bitta (L4, Li4) yoki uchta bo'lishi (3L4, 3Li4) mumkin; 3) La o'qi bitta, yoki to'rtta (4L3) bo'ladi; 4) l2 bitta yoki ikkita (2L2), uchta (3L2), to'rtta (4L2) va oltita (6L2) bo'lishi mumkin; 5) R faqat bittagina (R), yoki ikkita (2R), uchta (3R), to'rtta (4R); beshta (5R), oltita (6R), ettita (7R) va to'qqizta (9R). Kubik singoniyasi kristallarining simmetriya turlarini aniqlash murakkabroq. Bu masalani ozgina bo'lsa ham osonlashtirish uchun 4-jadvalni keltiramiz.

Kristallarning qaysi singoniyaga taalluqli ekanligini amaliyotda ko'pincha simmetriya elementlarini chiqarmasdan turib, taxminan aniqlashga to'g'ri keladi. Shuning uchun 3,4-jadvallarda har bir singoniyaning o'ziga xos belgilarini mukammal o'zlashtirib olish lozim. Bu yerda yakka yo'nalish katta yordam beradi. Masalan, kubik singoniyasi kristallarida yakka yo'nalishning yo'qligi xarakterlidir. Natijada ideal sharoitda rivojlangan kubik singoniyasi kristallari modellarida alohida ajralib turadigan yo'nalish bo'lmaydi. Shuning uchun bu singoniyasi kristallari cho'zinchoq ham emas, yassi ham emas, izometrik shar shakliga yaqinlashib keladi. Ko'ptomonliklarning shakllari shar sathini eslatadi.

O'rta kategoriya kristallarida ularning cho'zinchoq yoki yassi yo'nalishga to'g'ri keladigan bittagina yakka yo'nalish yaqqol ko'zga tashlanadi. Bunday yo'nalishga mos keladigan o'qlarning darajasini aniqlab kristall singoniyasini topamiz (masalan, kristallning cho'zinchoq yo'nalishi L4 o'qiga to'g'ri kelsa, demak, u tetragonal singoniyasiga tegishli). Buni yuqorida keltirgan olti tomonli piramida misolida ham tasdiqlash mumkin. Bu kristalldagi yakka takrorlanmaydigan, piramida cho'qqisi bilan uning olti burchakli asosi markazini birlashtiruvchi to'g'ri chiziq yakka yo'nalishga to'g'ri keladi. Shuning bilan bir qatorda bu to'g'ri

chiziq oltinchi darajali o'q ham bo'ladi. Demak, u geksagonal singoniyasi-ga mansub bo'lgan kristall degan xulosa chiqarish mumkin.

3-jadval
Singoniya xususiyatlari

Kategoriya	Singoniya	Yakka yo'nalish miqdori	Xarakterli simmetriya elementlari
Quyi Bir necha yakka yo'nalish mavjud, ikkinchi darajalidan yuqori o'qlar bo'lmaydi	Triklin	Barcha yo'nalishlar	S
	Monoklin	Ko'p	R L2 L2PC
	Rombik	Uchta	L23P 3L2 3 L23PC
O'rta Bitta yakka yo'nalish bo'lib, u ikkinchidan yuqori darajali o'qlar bilan mos tushadi	Trigonal	Bitta	L3
	Tetragonal	Bitta	L4 yoki L14
	Geksagonal	Bitta	L6 yoki L16
Yuqori Yakka yo'nalish yo'q. Bir necha yuqori darajali o'qlar bilan mos tushadi	Kubik	Yo'q	4L3

4-jadval

R bor			R yo'q.	
L4 bor	L4 yo'q		L4 bor	L4 yo'q
	S bor	S yo'q		
Planak-sial simmetriya turi	Markazlashgan simmetriya turi	Planal simmetriya turi	Aksial simmetriya turi	Primitiv simmetriya turi

5-jadval
32 simmetriya turi va ularning belgilari

Singoniya	Simmetriya turining nomi	Belgilari			
		Grot	Shen-flis	German – Mogen	Shubni-kov
1	2	3	4	5	6
I. Triklin	Monoedrli	-	S1	1	1
	Pinakoidli	S	S	1	2
II. Monoklin	Diedr o'qli	2	S2	2	2
	Diedr o'qsiz	R	Sa	m	m
	Prizmalı	L2PC	S2h	2/m	2.m
	Rombotetraedrli	3 L2	D2=V	2L2	2.2
III. Rombik	Rombopiramidali	L22P	C2V	mm2	2.m
	Rombo-dipiramidali	3L23PC	D2h=Vh	mmm	m.2.m
IV. Tpigonal	Trigonalpiramidali	L3C	S3i	3	3
	Romboedrli	L3CL2	C3i-S6	3	6
	Trigonal-trapetsoed-li	L33L2	D3	32	3.2
	Ditrigonal-piramidali	L33P	C3v	Za	3.m
	Ditrigonal-skalenoedrli	L33L23PC	D3d	3m	3.m

V. Terparonal	Tetragonal – piramidali	L4	C4	4	4
	Tetragonal – dipiramidali	L4PC	C4h	4/m	4/m
	Tetragonal – trapetsoedrli	L44L2	D4	422	4/2
	17. Ditetragonal piramidali	L44P	C4v	4mm	4/m
	18. Ditetragonal – dipiramidali	L44L25PC	D4h	4mm	m.4. m
	19. Tetragonal – tetraedrli	L24	S4	4	4
	20. Tetragonal – skalenoeedrli	L242 L22P	D2d=Vd	42m	4/m
VI Geksagonal	21. Geksagonal – piramidali	L6	C6	6	6
	22. Geksagonal – dipiramidali	L6PC	S6h	6/m	6/m
	23. Geksagonal – trapetsoedrli	L66L2	D6	622	6/2
	24. Digeksagonal – piramidali	L66P	C6V	6mm	6/m
	25. Digeksagonal – dipiramidali	L66 L27PC	D6h	6mm	m.6. m
	26. Trigonal – dipiramidali	L3P	C3h	6	3/m
	27. Ditrigonal – dipiramidali	L33 L24P	D3h	6m2	m.3. m

VII Kubik	28. Pentagon – tritetraedrli	4L33L2	T	23	3:2
	29. Didodekaedrli	4L33L23PC	Th	m3	6/2
	30. Pentagon – trioktaedrli	3L44L36L2	O	432	$\frac{3}{4}$
	31 Geksatetraedrli	3L24L36P	Td	43m	
	32. Geksaoktaedrli	3L44L36L- 29PC	Oh	M3m	

Xuddi shunday uslub bilan yakka yo'nalishlardan foydalanib, quyi toifali ko'p tomonlarining singoniyalarini ham aniqlaymiz. Agar uchta bir-biriga perpendikular joylashgan yakka yo'nalishlar bo'lsa, u rombik singoniyasiga to'g'ri keladi. Agar yakka yo'nalishlar soni cheksiz miqdorda ko'p bo'lsa, kristall shakllaridagi mavjud bo'lgan simmetriya elementlariga qarab monoklin yoki triklin singoniyasiga tegishli shakl bo'ladi va ularning belgilari bilan ifodalanadi (5-jadval).

5-jadvaldagi simmetriya turlari va ularni ifodalovchi xalqaro miqyosda qabul qilingan maxsus belgilar (Grot, German-Mogen) ko'rinishida yozilgan. Bunday belgilarni Grot, German-Mogen, Shenflis va Shubnikovlar tavsiya etganlari uchun ularning nomlari bilan yuritiladi. Masalan, Grot belgisi, Shenflis belgisi, Shubnikov belgisi va h.k.

Shunday qilib, kristall modellarini o'rganishda qabul qilingan yozish tartibini keltiramiz: 1. Simmetriya elementlari. 2. Yakka yo'nalishlar soni va joylashishi. 3. Singoniyalar toifasi. 4. Singoniyasi. 5. Simmetriya turining nomi.

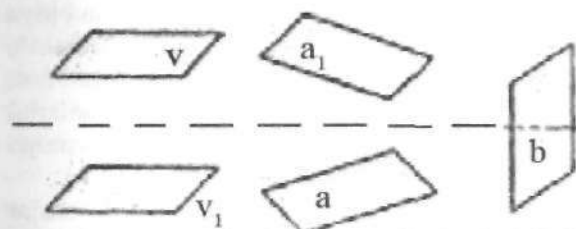
5. KRISTAL SHAKLLARI

5.1. Umumiy tushuncha. Kristallarning shakllari, shakllari (gabituslari) mineralshunoslar uchun katta amaliy ahamiyatga ega, chunki ular kristallarning tashqi ko'rinishiga qarab, kimyoviy tahlil o'tkazmasdan turib, minerallarni aniqlaydilar. Kristall hosil bo'lish sharoitlari o'zgarib turishi natijasida ularning shakllari har xil bo'lishiga qaramasdan, har bir muayyan birikma (mineral) faqat o'ziga xos bo'lgan kristall shakliga ega. Shu qonuniyat asosida so'nggi yillarda foydali qazilmalarni qidirish-

da maxsus kristallomorfologik usullar yuzaga keldi va amaliyotda keng ko'lamda ishlatilmoqda. Masalan, pirit FeS_2 kristallarining shakliga qarab oltin konlarining zaxiralarini bashorat qilish mumkin. Agar oltin konlarining chuqurlasha borishi bilan kub shaklidagi pirit kristallari, kub va oktaedr kombinatsiyalari yoki pentagondodekaedr shakllari bilan almasha, oltin zaxirasining ko'pligidan dalolat beradi.

Biz oldingi bobda kristall shakllari, simmetriya elementlari va turlari bo'yicha bir-biridan ajralib turishiga ishonch hosil qilgan edik. Lekin ko'pincha tashqi shakli har xil bo'lishiga qaramasdan ularning simmetriya elementlari birdek bo'ladi. Masalan, kub va oktaedr. Bularning simmetriya elementlari bir xil: $ZL44L36L29RS$. Shuning uchun kristallarni geometrik tekshirishda simmetriya elementlari bilan bir qatorda shaklning o'zini ham o'rganish zaruriyati tug'iladi. Ularning shakllari turli xil va murakkab shakllarda uchraydi.

5.2. Oddiy shakllarni chiqarish haqida tushuncha. Oddiy shakllarni chiqarishning negizini tushunish uchun bir necha misollarni keltiramiz. Monoklin singoniyasi aksial simmetriya turida bittagina L_2 o'qi mavjud. Bu yakka o'qqa nisbatan tomonlar har xil vaziyatda: (23-rasm); qiya (a), perpendikular (b), yoki parallel (v) shakli joylashishi mumkin.



23-rasm. L_2 o'qiga nisbatan tomonlarning joylashishi

Bo'sh qacha joylanishini tasavvur etib bo'lmaydi. Tomon L_2 o'qiga nisbatan qiya joylashgan bo'lib, bu o'q atrofida 180° ga aylantirganda, aynan shuningdek, ikkinchi tomon

takrorlanadi. Natijada bir-biri bilan ma'lum burchak hosil qilib joylashgan ikkita teng tomondan iborat bo'lgan, ikkinchi darajali o'q bilan bog'langan (o'qli diedr deb nomlangan) oddiy shakl yuzaga keladi. Tomon L_2 o'qiga nisbatan perpendikular joylashgan bo'lsa, bundan bironta yangilik chiqarib bo'lmaydi, chunki ikkinchi darajali o'q atrofida aylantirganda bu tomonning faqat qirralari o'zaro o'rin almashadi, xolos. Bu holatda faqat yakka tomonli oddiy shakl (monoedr) hosil bo'ladi. Tomonni L_2 o'qiga parallel joylashtirib, bu atrofida 180° aylantirib, aynan shunday, o'qqa parallel joylashgan ikkinchi tomonni topamiz. Ikkita o'zaro parallel tomonlardan

iborat bo'lgan, uchinchi oddiy shakli (pinakoidni) vujudga keltirdik. Demak, monoklin singoniyasining aksial simmetriya turida uch turdagi oddiy shakllar bo'lishi mumkin: diedrlar, monoedrlar va pinakoidlar. Shuning kabi tomonlari simmetriya elementlariga nisbatan turli vaziyatda joylashtirib, kristallardagi 32 simmetriya turiga mansub bo'lgan barcha oddiy shakllarni chiqarish mumkin.

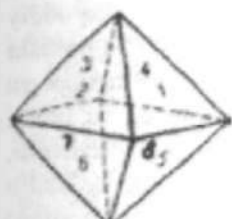
Oddiy shakllar tomonlari barcha simmetriya o'qlariga va tekisliklarga nisbatan qiya joylashgan bo'lsa, u umumiy oddiy shakl deb ataladi (kubik singoniyasining kristallarining ba'zi bir oddiy shakllari bundan mustasno). Masalan, primitiv simmetriya turida pentagontritetraedr umumiy shaklning tomonlari uchinchi darajali o'qlarga parallel joylashgan).

Oddiy shakllar tomonlari bitta simmetriya o'qiga yoki tekislikka, yoki bo'lmasa ikkita yoki bir nechta ekvivalent simmetriya o'qlariga yoki simmetriya tekisliklariga nisbatan parallel joylashgan bo'lsa, ularni xususiy shakllar deb ataladi. Yuqorida mulohaza qilingan monoedr (tomonlari L2 o'qiga nisbatan perpendikulyar) va pinakoid (tomonlari L2 o'qiga parallel) xususiy shakllar uchun misol bo'la oladi. Bular kabi shakllar boshqa simmetriya turlarida ham kuzatiladi.

Har bir simmetriya turida faqat bir xil turdagi va bitta nomdagi umumiy shakl bo'ladi. Boshqa simmetriya turlarida bu oddiy shaklning o'zi xususiy holatda bo'lishi mumkin. Yuqorida tasvirlangan simmetriya o'qlariga va tekisliklariga nisbatan nuqtalarni har xil vaziyatda joylashtirib, berilgan simmetriya turining barcha oddiy shakllarini chiqaramiz. 32 ta simmetriya turlari bo'yicha shunday tajribalarni o'tkazib takrorlanganlarini o'chirib kristallografiyada mumkin bo'lgan barcha oddiy shakllarni yuzaga keltiramiz.

5.3. Oddiy va murakkab (kombinatsiyali) shakllar. Kristallar tomonlarining shakli bo'yicha ikki guruhga bo'linadi: birinchi guruhga tomonlari o'lchamlari, ko'rinishlari bir xil bo'lgan, o'zaro simmetrik holda joylashgan kristallar mansub. Bunday kristallar ideal sharoitda rivojlangani uchun doimo to'g'ri geometrik shaklga ega. Kub, oktaedr shular jumlasidandir. Tomonlari, shakllari va o'lchamlari har xil bo'lgan kristallar ikkinchi guruhga taalluqli. Masalan, geksagonal piramidani olaylik. U ikki xil ko'rinishdagi tomonlardan iborat: birinchisi o'zaro teng, o'xshash oltita uchburchakli tomonlardan va olti burchakli asosdan iborat. G'isht yoki gugurt qutisi shaklidagi kristallar uchta juft o'zaro parallel, uch o'lchamda har xil bo'lgan (katta, o'rtacha va kichkina) to'g'ri burchakli to'rtburchak ko'rinishidagi tomonlardan iborat.

Birinchi guruh ko'p tomonlilarni oddiy shakllar, ikkinchi guruhdagilarni esa murakkab (kombinatsiyali) shakllar deyiladi. O'zaro simmetriya elementlari orqali bog'langan tomonlar yig'indisiga oddiy shakl deb ataladi. Bitta ideal sharoitda rivojlangan oddiy shakl tomonlarining fizik va kimyoviy xususiyatlari, tashqi shakllari, o'lchamlari, o'zaro joylashishlari birdek bo'lishi shart. Chunki ularning barchasi o'zaro simmetriya elementlari bilan bog'langan, ya'ni ular simmetriya elementlari orqali berilgan bitta tomon asosida chiqariladi. Oddiy shakllarga misol tariqasida, oktaedrni (24-rasm) keltirish mumkin.



24-rasm. Oktaedr

Darhaqiqat, bunday kristallarning barcha tomonlari, berilgan bitta tomon orqali simmetriya elementlari (ZL44L36L29RS) vositasida chiqariladi. 24-rasmdagi 2,3,4 tomonlarni aynan shularga o'xshash 1-raqamli tomonni to'rtinchi darajali (L4) o'q atrofida aylantirish natijasida chiqarish mumkin. O'z navbatida 5,6,7,8 pastki tomonlar ham ularga o'xshash bo'lgan yuqori tomonlarni gorizontol holatdagi simmetriya tekis-

ligi orqali aks ettirib chiqarish mumkin. Ikkita va undan ortiq shakllarning birikishidan iborat bo'lgan shakllarga murakkab (kombinatsiyali) shakllar deyiladi. Ular tomonlarining soni, ko'rinishlari, o'lchamlari va boshqa xususiyatlari har xil bo'lganligi uchun, barcha tomonlari yaxlit simmetriya elementlari bilan iboratligini aniqlashda, shu kristallda nechta turli tomon borligini aniqlab olish lozim. Har qaysi alohida-alohida ko'rinishga ega bo'lgan tomonlar har xil oddiy shakllarga mansub. Shakllarni aniqlashda tomonlar soniga va ularning bir-biriga nisbatan joylashishiga jiddiy e'tibor berish zarur. Bir turli tomonlar jami, ko'pincha bitta oddiy shaklni ifodalaydi (bundan tashqari ular simmetriya elementlari bilan bog'lanishi shart). Murakkab shakldagi tomonlar turining soni, odatda oddiy shakllar miqdoriga teng bo'ladi (undan kam bo'lmasligi kerak). Murakkab shaklga olti tomonli piramida misol bo'la oladi. Uning oltita uchburchakli tomonlari o'zaro simmetriya elementlari bilan bog'langanligi uchun bitta oddiy shakl bo'la oladi. Chunki uning tomonlaridan bittasini belgi qilib olib L6 o'qi atrofida aylantirganda shunga o'xshash tomonlar olti marta takrorlanadi. Piramida asosi bitta bo'lgan tomon, ko'rinishidan bu tomonlardan katta farq qiladi, bu tomon yuqoridagidek takrorlanmaydi. Shuning uchun u boshqa oddiy shaklga mansub. Natijada olti tomonli piramida murakkab shakl bo'lib, u

ikkita oddiy shakldan (geksagonal piramida va monoedr) iborat ekanligini ko'ramiz.

5.4. Ochiq va yopiq oddiy shakllar. Kristall oddiy shakllari ochiq va yopiq bo'lishi mumkin. Kristall har xil tomonlar bilan chegaralangan bo'lsa, bu tomonlarni xayolan davom ettirganda, ular fazoda kesishib kristall ustini to'liq qoplamasdan bo'sh joy qolsa uni ochiq shakl deyiladi. Masalan, prizmalar va piramidalar. Bularni tashkil qiluvchi tomonlarining shakli va katta-kichikligi har xil. Tomonlari o'zaro kesishib kristall sathi to'liq qoplangan bilan, asoslari ochiq qoladi. Shuning uchun bunday ochiq oddiy shakllar mustaqil kristall bo'la olmaydi. Ularning to'liq oddiy shakllar bo'lishi uchun, oddiy shakllar soni ikkita yoki undan ortiq bo'lishi kerak, ya'ni kombinatsiya holida bo'ladi. Masalan, trigonal, tetragonal va geksagonal piramidalar, ikkita oddiy ochiq shakldan: piramida va uning asosi monoedrdan iborat. Trigonal, tetragonal va geksagonal prizmalar, prizma bilan pinakoidning kombinatsiyasidan iborat. Ikkitasi qo'shilib yaxlit bitta ochiq kristall shaklini hosil qiladi. Kristall bir xil tomonlar bilan chegaralangan bo'lsa, ularni xayolan fazoda davom ettirganda o'zaro kesishib ochiq joy qoldirmasdan tutashsa, unga yopiq shakl deyiladi. Masalan, kub shakli bir xil va o'zaro parallel tomonlardan iborat bo'lib, bu tomonlarni fazoda xayolan davom ettirsak, ular kesishib kub sathini ochiq joy qoldirmasdan to'liq qoplaydi, Shuning uchun u yopiq oddiy shaklga taalluqli. Shu kabi oktaedr, trapetsoedrlar, dipiramidalar, romboedr, tetraedrlar va skalenoedrlar ham yopiq oddiy shakllarga mansub. Kristallografiyada 47 oddiy shakllar ma'lum. Ularning barchasi 32 simmetriya turi asosida jiddiy matematika uslublari bilan isbotlangan. Har bir oddiy shakllar o'zlariga xos shaklga, simmetriya elementlariga va boshqa xususiyatlarga ega. Shunga qarab ularning qaysi toifaga (quyi, o'rta, yuqori) singoniyalarga (triklin, monoklin, rombik, trigonal, tetragonal va geksagonal) tegishli ekanligi aniqlanadi.

5.5. Quyi toifali oddiy shakllar. Quyi kategoriya triklin, monoklin va rombik singoniyalarida yettita oddiy shakl mavjud. Ular tomonlarining miqdori va o'zaro joylashishi to'g'risidagi ma'lumotlar 6-jadvalda keltirilgan.

5.6. Triklin singoniyasi. Triklin singoniyasining (–) primitiv simmetriya turida simmetriya elementlari bo'lmaganligi uchun, unda faqat alohida-alohida, hech nima bilan bog'lanmagan tomonlar yig'indisidan iborat bo'lgan oddiy shakllar (umumiy) bo'lishi mumkin. Shunday bir

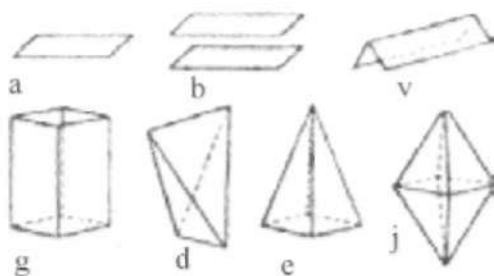
tomonli oddiy shakllar monoedr (grekcha monos – yakka, edra – tomon) deb yuritiladi (26-rasm, a). Simmetriya markazi mavjud bo'lgan shakllarda barcha tomonlari ikkitadan, juft-juft va o'zaro parallel bo'lib bog'lanadi. Bu holatda monoedr bo'lishi mumkin emas. Shuning uchun triklin singoniyasining markazlashgan simmetriya turida (S) faqat o'zaro parallel juft tomonlardan iborat bo'lgan oddiy shakllar (umumiy) uchraydi. Ikkita o'zaro teng va parallel tomonlardan iborat bo'lgan oddiy shaklga pinakoid [pinaks (grek.) – taxta] deyiladi. O'z-o'zidan ma'lumki, monoedrlar va pinokoidlar alohida yakka-yakka bo'lmasdan, doimo kombinatsiya holatida uchraydi. Demak, triklin singoniyasida ikkita turdagi oddiy shakllar monoedrlar va pinakoidlar uchraydi (faqat umumiy shakl holida).

5.7. Monoklin singoniyasi. Ularning kristalida monoedrlardan va pinakoidlardan tashqari diedrlar va rombik prizmalar mavjud (so'nggi ikkitasi umumiy shakl holida). Ikkita noparallel (kesishadigan) tomonlardan tashkil topgan oddiy shaklga diedr deyiladi. Diedr ikki shaklda uchraydi. Birinchisi o'qsiz diedr-simmetriya elementlari faqat bitta tekislikdan (R) iborat; ikkinchisi – o'qli diedr shaklida bo'lib, faqat bitta L2 mavjud.

Rombik prizma – to'rtta, bir xil o'lchamli tomonlardan iborat bo'lgan. Ko'ndalang kesimi romb (25-rasm, g). Monoedrlar va pinakoidlar kabi, diedrlar va rombik prizmalar ham bir-biri bilan tutashib ketgan yopiq ko'ptomonlilar hosil qilmaydi, ular faqat kombinatsiyalar holida uchraydi. Darhaqiqat, rombik prizmaning to'rtta tomonini alohida olib qarasak, ularning ikki uchi (yuqorigisi va pastkisi) ochiq holatdagi (ikki uchini xayolan cheksiz davom ettirish mumkin) shaklni ifodalaydi; yopiq ko'ptomonliklarda bu ikkala cheti (oxiri) boshqa oddiy shakllar bilan qoplangan bo'ladi. Monoklin singoniyasida to'rtta tipdagi oddiy mavjud: monoedrlar, pinakoidlar, diedrlar va rombik prizmalar.

5.8. Rombik singoniyali kristallar. Oldingi zikr qilingan to'rtta oddiy shakllardan tashqari rombik tetraedrlar, rombik piramidalar va dipiramidalar (so'nggi uchasi faqat umumiy shakl sifatida) ishtirok etadi. Rombiktetraedr – to'rtta bir-biriga o'xshash, bir xil o'lchamli tomonlarning uchasi bitta cho'qqiga birlashishidan hosil bo'lgan oddiy yopiq shakl.

Ko'ndalang kesimi rom shaklida. Bunday tetraedrlarning bir-biriga oynadagi aksidek teng bo'lgan ikki turi mavjud (26-rasmda ikkala tetraedrlar aks ettirilgan). Shunga o'xshash oynadagi aksi kabi teng ko'p tomonliklar boshqa singoniyalarda ham uchraydi. Bu hodisani enantiomorfizm (enatios – grek. qarama-qarshi demakdir) deyiladi.



25-rasm. Quyi kategoriya singoniyalarining oddiy shakllari.
a – monoedr; b – pinakoid; v – diedr; g – rombik prizma; d – rombik tetraedr; e – rombik piramida; j – rombik dipiramida.

Ikkita teng shakllardan birinchisi ikkinchisining oynadagi aksi kabi o'xshash bo'lsa, ular enantiomorf shakllar deb ataladi. Shunga binoan ularni bir-biridan farq qilish uchun o'ng va chap enantiomorf shakllar deb yuritiladi (26-rasm). Enantiomorf – teng bo'lgan shakllarni faqat oynadagi aksi orqali o'zaro moslashtirish mumkin. Bunday ko'p tomonlilarda simmetriya elementlaridan bitta oddiy o'q ishtirok etadi. Bunday enantiomorf shakllarda inversion o'q $L1$, simmetriya tekisligi (R) va inversiya markazi (S) bo'lmaydi, kristallari fizik xususiyatlari bilan bir-biridan ajralib turadi (qutblashish sathining aylanishi, qutblashgan piro va pezoelektrikligi).

Rombik-piramida – to'rtta bir xil tomonlari bitta nuqtada (cho'qqida) kesishgan va asos romb ko'rinishida bo'lgan oddiy shakl (25-rasm, e). Rombik piramida ochiq oddiy shakl bo'lib, faqat kombinatsiya holida uchraydi. Rombik dipiramida – teng va o'xshash sakkiz tomondan iborat bo'lgan oddiy shakl (25-rasm, j). U ikkita rombik piramidalarning asoslari bo'yicha jipslashgan oddiy yopiq shakl. Rombik singoniyasida yettita oddiy shakllar: monoedr, pinakoid, diedr, rombik prizma, rombik tetraedr, rombik piramida va rombik dipiramida bo'lishi mumkin.



26-rasm. o'ng tetraedr (a), chap rombik(b).

Ko'pincha talabalar kombinatsiyada ishtirok etayotgan oddiy shakllarni aniqlashda qiynaladilar. Bunday hollarda aniqlayotgan asosiy shaklning bir xil tomonlarini, kombinatsiyada ishtirok etayotgan boshqa tomonlarga e'tibor bermasdan, xayolan kesishguncha davom ettirishlari maqsadga muvofiqdir. Bunday uslub u yoki bu oddiy shaklni aniq tasavvur etish imkoniyatini beradi. Kombinatsiyalardagi oddiy shakllarni aniqlashni osonlashtirish maqsadida quyidagi 6-jadvalni keltiramiz.

6-jadval

Quyi kategoriya oddiy shakllari
(V.B.Tatarskiy bo'yicha, 1978 yil)

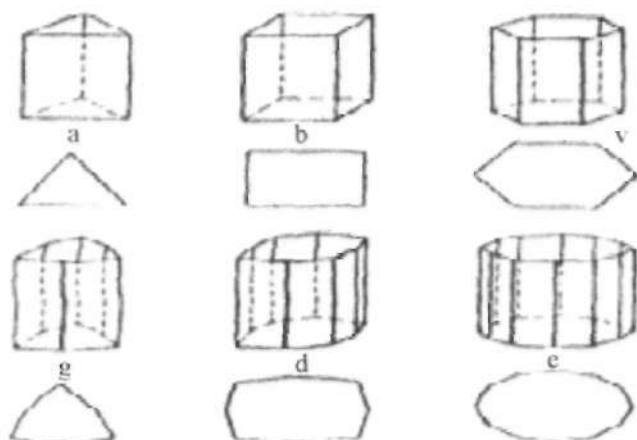
Bir xil tomonlar soni	Tomonlarning o'zaro joylashishi	O'zaro shakllar nomi
1	—	Monoedr
2	Tomonlari parallel	Pinakoid
2	Tomonlari kesishadi	Diedr
4	Qarama-qarshi tomonlari teng va parallel	Rombik prizma
4	Barcha tomonlari bitta nuqtada kesishadi	Rombik piramida
4	Tomonlari parallel emas, barchasi ham bir nuqtada kesishmaydi	Rombik tetraedr
8	Tomonlari ikki nuqtada kesishadi	Rombik dipiramida

5.9. O'rta toifali oddiy shakllar. Yuqorida keltirilgan quyi kategoriya oddiy shakllaridan o'rta kategoriyada faqat ikki tipdagi shakllar – monoedrlar va pinakoidlar ishtirok etadi. Bundan tashqari, trigonal, tetragonal va geksagonal singoniyalari kristallarida 25 yangi turdagi oddiy shakllar uchraydi. Bunga prizmalar, piramidalar va dipiramidalar taalluqli. Bu shakllar yuqoriroq simmetriyalik bo'lganligi uchun, ular rombik prizma, rombik piramida, rombi dipiramida va quyi kategoriya boshqa shakllariga to'g'ri kelmaydi. Prizmalar turkumidan boshlaymiz (27, 28-rasmlar).

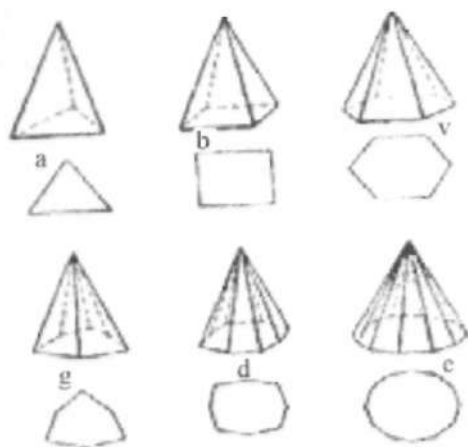
Trigonal prizma – $L3(Li6)$ o'qiga parallel joylashgan uchta tomondan iborat bo'lib, ko'ndalang kesimi teng tomonli uchburchak (trigon) shaklida bo'ladi. Ditrigonal prizma trigonal prizma tomonlarining ikkilanishidan hosil bo'lgan shakl deb qarash mumkin. Uning ko'ndalang

kesimi teng tomonli olti burchakli shakl bo'lib bir xil burchaklar galma-gal takrorlanadi. Bunday kesmani ditrigon deyiladi. Geksagonal prizma L6 yoki Li6 o'qlariga parallel joylashgan oltita teng tomonli shakl. Asosining ko'ndalang kesimi teng tomonli olti burchakli shakl geksagon deb ataladi. Digeksagonal prizma – geksagonal prizma tomonlarining ikkiga bo'linishidan paydo bo'lgan shakl. Uning o'n ikki teng tomonli asosining ko'ndalang kesimi 12 ta burchakli shakl bo'lib, bir xil qiymatli burchaklar ketma-ket takrorlanadi. Bunday kesma digeksagon deyiladi. Tetragonal singoniyasida ikkita prizma mavjud: tetragonal va ditetragonal. Tetragonal prizma L4 yoki Li4 o'qlariga parallel joylashgan to'rtta teng tomonli shakl. Asosining ko'ndalang kesimi kvadrat shaklida bo'lib, tetragon deyiladi. Ditetragonal prizma – tetragonal prizma, tomonlarining ikkiga bo'linishidan hosil bo'lgan shakl. Asosining ko'ndalang kesimi teng tomonli, sakkizburchakli shakl – ditetragon deb ataladi. Yuqorida keltirilgan prizmalarning barchasi ham xususiy oddiy shakllarga mansub, chunki tomonlar asosiy, ya'ni yuqori darajali simmetriya o'qlariga parallel joylashgan.

Quyida tasvirlanadigan o'rta singoniya shakllari, simmetriya turlariga qarab ba'zilar xususiy, ba'zilar esa umumiy oddiy shakllarga mansub. Piramidalar va dipiramidalar turkumi ham prizmalar kabi mulohaza qilina-



27-rasm. O'rta toifali singoniyalarining piramidalari. A-prizmalari. a-trigonal; b – tetragonal; v – trigonal, b – tetragonal; v – geksagonal; g-geksogonal; g-ditragonal; d-ditetragonal; ditrigonal; d-ditetragonal; e-digeksagonal kesimlari.



28-rasm. O'rta toifali singoniyalarning prizmalari.

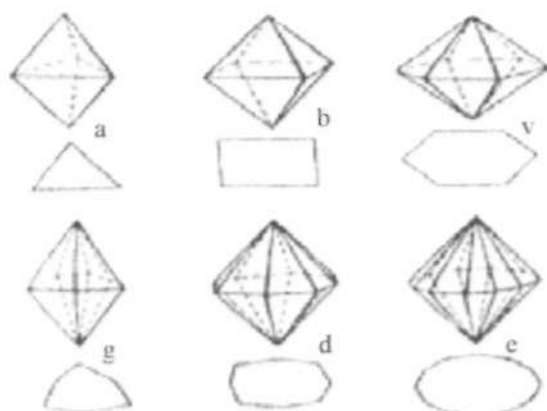
a-trigonal; b-tetragonal; v-geksagonal; g-ditrigonal; d-ditetragonal; e-digeeksagonal va ularning ko'ndalang digeeksagonal kesimlari.

di. Piramidalarning barcha tomonlari yuqori darajali simmetriya o'qlarini (L3, L4, Li4, L6, Li6) bitta nuqtada kesadi va bu o'qlarga nisbatan qiya joylashadi. Shuning uchun ular umumiy shakllar hisoblanadi.

Trigonal singoniyasida quyidagi oddiy shakllar mavjud: trigonal piramida uch tomonli, asosi teng tomonli uchburchakdan (trigon) iborat bo'lgan umumiy oddiy shakl. Ditrigonal piramida, trigonal piramida tomonlarining ikkiga bo'linishida hosil bo'lgan shakl. Asosi teng olti tomonli olti burchakli bo'lib, ditrigo deyiladi. Bir xil qiymatli burchaklar ketma-ket takrorlanadi. Geksagonal singoniyasida geksagonal piramida va digeeksagonal piramida oddiy shakllar ishtirok etadi. Geksagonal piramida olti tomonli, asosan teng tomonli olti burchakli (geksagon) monoedrdan tashkil topgan umumiy oddiy shakl.

Digeeksagonal piramida geksagonal piramida tomonlarining ikkiga bo'linishidan hosil bo'lgan umumiy oddiy shakl. Asosi o'n ikki tomonli, o'n ikki burchakli monoedr bo'lib, digeeksagon deb ataladi. Bir xil qiymatli burchaklar ketma-ket takrorlanadi. Tetragonal singoniyasida to'rt tomonli tetragonal piramida va sakkiz tomonli tetragonal dipiramidalar mavjud. Tomonlari va asoslaridagi monoedrlar burchaklarining qiymati trigonal, geksagonal piramidalar va dipiramidalaridagidek. Birinchisining asosi tetragon (kvadrat), ikkinchisidagi esa ditetragon deb yuritiladi. Nihoyat dipiramidalar (qo'shaloq piramidalarda) ham shunday holatni ko'rish mumkin (29-rasm).

Ularning tomonlari yuqori pastki L3, L4, Li4, o'qlarning ko'ndalang kesimlari. L6 Li6 larining tagida mos holatda joylashadi. Tegishli dipiramidalar tomonlarining soni oddiy piramida (yoki prizma) tomonlari sonidan ikki barobar ko'p.



29-rasm. O'rta kategoriya dipiramidalar: a-trigonal; b – tetragonal; v – geksagonal; g – darajali o'qlarni ikki nuqtada ditrigonal; d-ditetragonal; e – dikgeksagonal va (cho'qqida) kesadi.

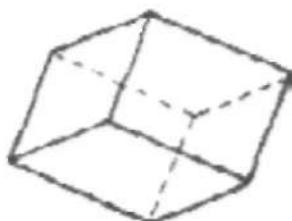
Trigonal va geksagonal singoniyalarida trigonal (olti tomonli) va geksagonal (o'n ikki tomonli) dipiramidalar oddiy shakllar qatnashadi. Ularning ko'ndalang kesimi to'g'ri uchburchakli va to'g'ri oltiburchakli shakllardan iborat. Bundan tashqari, trigonal va geksagonal singoniyalarda ditrigonal va digeksagonal dipiramida oddiy shakllari ham uchraydi. Ditrighonal dipiramida–trigonal dipiramida tomonlarining ikkiga bo'linishidan hosil bo'lgan oddiy shakl. Ko'ndalang kesimi ditrigon. Bir xil qiymatga ega bo'lgan burchaklar ketma-ket takrorlanadi. Digeksagonal dipiramida–geksagonal dipiramida tomonlarining ikkilanishidan hosil bo'lgan shakl. Yigirma to'rtta tomonga ega. Asosining ko'ndalang kesimi digeksagonal. Asosi tomonlari orasidagi bir xil qiymatga ega bo'lgan burchaklar digeksagonal piramidadagidek takrorlanadi.

Tetragonal singoniyasida tetragonal va ditetragonal dipiramida oddiy shakllari ko'p tarqalgan. Tetragonal dipiramida sakkizta oddiy shakl. Asosining ko'ndalang tomonlarining tagida mos holatda joylashadi. Ditetragonal dipiramida o'n oltita tomonli, asosining ko'ndalang kesimi ditetragon. Asosiy tomonlari orasidagi burchaklar qiymati har xil bo'lib, bir xil burchaklar ketma-ket takrorlanadi.

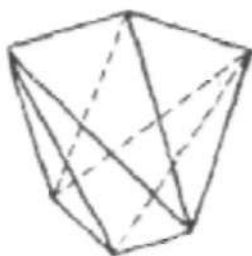
O'rta toifali shakllarda tetragonal tetraedr, romboedr, sklenoedrlar va trapetsoedrlar alohida o'rin egallaydi. Tetragonal tetraedr – to'rtinchi darajali inversion o'q (rombik tetraedr tomonlari har xil uzunlikdagi uchburchak shaklida) orqali bog'langan to'rtta teng yonli uchburchakli tomonlardan iborat. Uning ikkita yuqoridagi tomonlari orasida pastdagi bitta tomon joylashgan. Romboedr – trigonal singoniyasining oddiy shakli. Bu muhim shaklga alohida e'tibor berish lozim. Chunki u kub shaklini 4L3 o'qlaridan bittasi bo'yicha qisman yassilanishidan yoki cho'zilishidan hosil bo'lgan shakl. Romb shakli oltita tomondan iborat. Yuqori tomonlariga nisbatan pastki tomonlari simmetrik holda joylashgan (30, 31, 32-rasmlar).



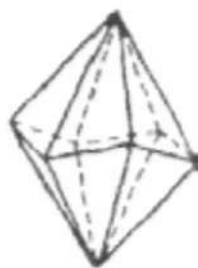
30-rasm. Tetragonal



31-rasm. Tetraedr
(Li42L22P) (L33L23PC)



a



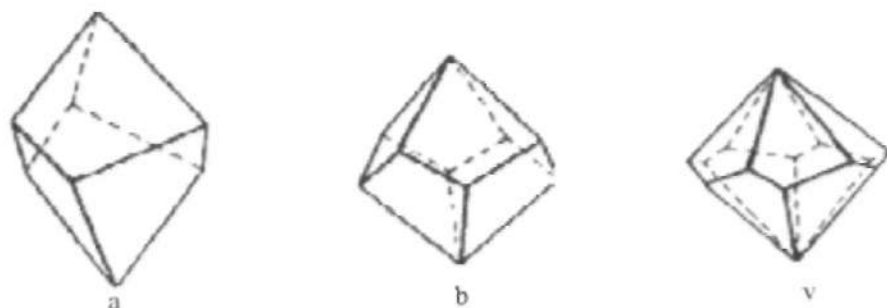
b

32-rasm. Romboedr Sklenoedrlar:
a – tetragonal (Li42L22P); b – trigonal (L3ZL2ZRS)

Bundan keyingi oddiy shakllarga tetragonal va trigonal sklenoedrlar (sklenos (grek. – qiyshiq, qiya) kiradi (32-rasm). Tomonlari asosiy o'qlarni (Li4 va L3) ikki nuqtada kesadi. Pastdan bitta juft tomonlari yuqoridagi ikkita juft tomonlari orasida simmetrik ravishda joylashgan. Har xil o'lchamli uchburchaklar ko'rinishidagi tomonlarga ega. Tetragonal sklenoedrlar Li4 o'qi mavjud, ya'ni tetragonal singoniyasiga mansub

bo'lgan oddiy shakl. O'xshash sakkizta tomonlari ikkilangan tetragonal tetraedrga o'xshaydi. Trigonal skalenoeedr – trigonal singoniyasiga mansub oddiy shakl. Uning o'n ikki tomoni ikkilangan romboedrga to'g'ri keladi. Tomonlari L3 o'qini ikki nuqtada kesadi.

Oxirida trapetsoedrlar (trapeza – grek. stol) bilan tanishamiz (33-rasm). Bu shakllarning tomonlari asosiy o'qlarni (L3, L4, L6) ikki nuqtada (cho'qqida) kesadi. Lekin pastki tomon yuqorigi ikki tomonga nisbatan nosimmetrik holatda joylashgan. Tomonlar to'rtburchakli-trapetsoedr shaklida. Trapetsoedrlarda faqat oddiy o'qlar qatnashadi, L1, R va S bo'lmaydi. Shuning munosabati bilan enantiomorf shakllarga xos bo'lgan o'ng va chap trapetsoedrlar mavjud. Trigonal singoniyasida trigonal (olti tomonli), tetragonal singoniyasida tetragonal (sakkiz tomonli) va geksagonal singoniyasida geksagonal trapetsoedr oddiy shakllari ishtirok etadi.



33-rasm. Trapetsoedrlar: a – trigonal (L33L2); b – tetragonal (L44L2); v – geksagonal shakllar keltirilgan.

O'rta toifali kombinatsiyalarda uchraydigan oddiy shakllarni aniqlash uchun tomonlar soni va ularning asosiy o'qlarga nisbatan joylashini aks ettiruvchi 7-jadvaldan foydalanish tavsiya qilinadi. Bunday o'qlar trigonal singoniyasida L3 tetragonal singoniyasida L4, Li4 va geksagonal singoniyasida L6 va Li6 larga to'g'ri keladi. Yuqorida zikr qilingan kabi bu o'qlarni (yakka yo'nalishli) doimo tik holatda tutish kerak. Mulohazalarining barchasini umumlashtirib o'rta toifada ishtirok etadigan oddiy shakllarning ro'yxatini va simmetriya elementlarini singoniyalar bo'yicha keltiramiz.

7-jadval
O'rta toifali oddiy shakllar

Tomonlarning asosiy o'qqa (yakka yo'nalishga) nisbatan joylashishi		Bir xil tomonli soni	Oddiy shakllar nomlari	Ko'ndalang kesim
Tomonlari asosiy o'qqa perpendikular		1	Monoedo	
		2	Pinakoid	
Tomonlari asosiy o'qqa parallel		3	Trigonal prizma	Trigon
		4	Tetragonal prizma	Tetragon Geksagon
		6	Geksagonal prizma	
		6	Ditrigonal prizma	Ditrigon Ditetragon
		6	Ditrigonal prizma	Digeksagon
		8	Digeksagonal prizma	
Tomonlari asosiy o'qni bir nuqtada kesadi		12		
		3	Trigonal piramida	Trigon
		4	Tetragonal piramida	Tetragon Geksagon
		6	Geksagonal piramida	Ditrigon Ditetragon
		6	Ditrigonal piramida	
		6	Ditetragonal piramida	Digeksagon
Tomonlar asosiy o'qni nuqtada kesadi		8	Digeksagonal piramida	
		8		
		12		
		12	Trigonal dipiramida	Trigon
		12	Tetragonal dipiramida	Tetragon
		12	Geksagonal dipiramida	Geksagon Ditrigon
A. Pastki tomon yuqori tomonga mos joylashgan		12	Ditrigonal dipiramida	
		12	Ditetragonal dipiramida	Ditetragon
		16	Digeksagonal dipiramida	Digeksagon
		24		

	B. Pastki tomon yuqorigi ikkita tomon o'rtasida simmetrik holda joylashgan	4	Tetragonal tetraedr Romboedr	-
		6		
	V. Pastki bitta juft tomon yuqorigi ikkita juft tomon o'rtasida joylashgan	8	Tetragonal skalenoeдр Trigonad skalenoeдр	-
		12		
	G. Pastki tomon yuqorigi ikki tomonga nisbatan nosimmetrik joylashgan	6	Trigonal trapetsoedr Tetragonal trapetsoedr Geksagonal trapetsoedr	-
		8		
		12		

a. Trigonal singoniyasi

Trigonal prizma – (Li6)3L2 4P
Ditrigonal prizma – Li63L2 4P
Geksagonal prizma – L66L27PC
Digeksagonal prizma – L66L27PC
Trigonal piramida – L33P
Geksagonal piramida – L66P

Trigonal dipiramida – L33P
Geksagonal dipiramida – L66P
Trigonal skalenoeдр – L33L23PC
Trigonal trapetsoedr – L33L2
Pinakoid – C

b. Tetragonal singoniyasi

Tetragonal prizma – L44L25PC
Ditetragonal prizma – L44L25PC
Tetragonal piramida – L44P
Ditetragonal piramida – L44P
Tetragonal dipiramida – L44L25PC
Ditetragonal dipiramida – L44L25PC

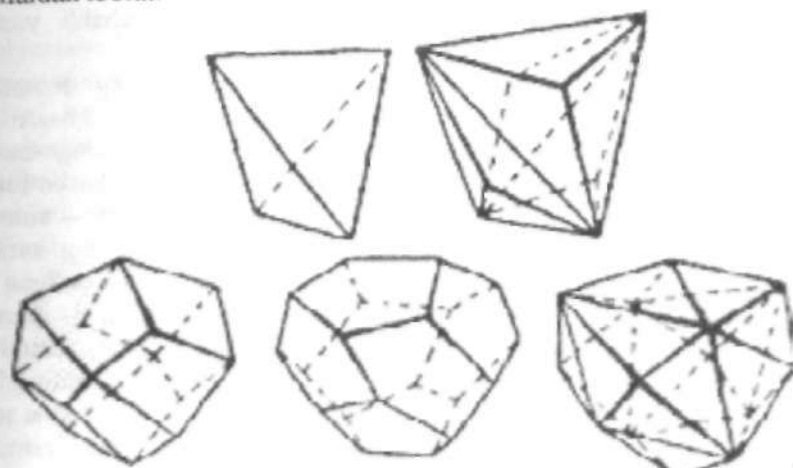
Tetragonal tetraedre – Li42L22P
Tetragonal – Li42L22P
Tetragonal trapetsoedr – L44L2
Monoedr – –
Pinakoid – S

v. Geksagonal singoniyasi

Trigonal prizma – Li63L24P
Ditrigonal prizma – Li63L24P
Geksagonal prizma – L66L27PC
Digeksagonal prizma – L66L27PC
Geksagonal piramida – L66P
Digeksagonal piramida – L66P
Pinakoid – S

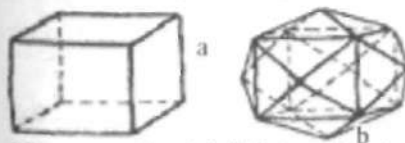
Trigonad dipiramida – L33P
Ditrigonal dipiramida – L33L24P
Geksagonal dipiramida – L66P
Digeksagonal dipiramida – L66L27PC
Geksagonal trapetsoedr – L66L2
Monoedr –

5.10. Yuqori toifali oddiy shakllar. Yuqori toifaga faqat kubik singoniyasi mansub. Kubik singoniyali kristallarda 15 ta yangi turdagi oddiy shakllar uchraydi. Oldingi tanishgan oddiy shakllardan, tetraedrdan tashqari bironyasi ham qatnashmaydi. Hech qanday pinakoid, prizma, piramida, dipiramida va boshqalar bu singoniyada bo'lishi ham mumkin emas. Kubik singoniyasi oddiy shakllarning nomlanishida asosan tomonlar soniga va ba'zi bir oddiy shakllar murakkablashtirishdan hosil bo'lgan shakllar ko'rinishga e'tibor beriladi. Shunday oddiy shakllar quyidagilardan iborat:



34-rasm. Kubik tetraedni murakkablashtirishdan hosil bo'lgan oddiy shakllar:
a-tetraedr, b – trigon tritetraedr, v – tetragon –tritetraedr,
g – pentagon –tritetraedr, d – geksatetraedr.

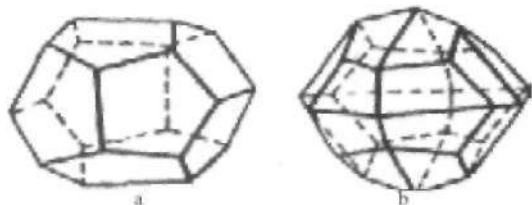
Tetraedr (kubik) to'rtta teng tomonli uchburchakdan iborat bo'lgan oddiy shakl (34-rasm, a). Tetragonal va rombik tetraedrlardan uchburchakli tomonlarining tengligi bilan farq qiladi. Geksaedr (kub) (35-rasm, a). Kvadrat shaklidagi oltita tomonlardan iborat bo'lgan oddiy shakl. Oktaedr – sakkizta teng tomonli uchburchakli tomonlardan tashkil topgan oddiy shakl (35-rasm, b). Pentagon – R dodekaedr – beshburchakli, o'n ikki tomonli shakl (36-rasm).



35-rasm. a – geksaedr (kub); b-tetrageksaedr.

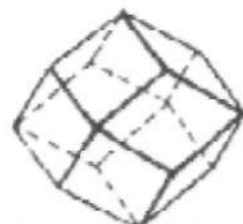
Rombododekaedr – romb shaklidagi o'n ikki tomondan iborat bo'lgan oddiy shakl (37-rasm).

Endi tetraedring, geksaedrning va oktaedrning tomonlarini



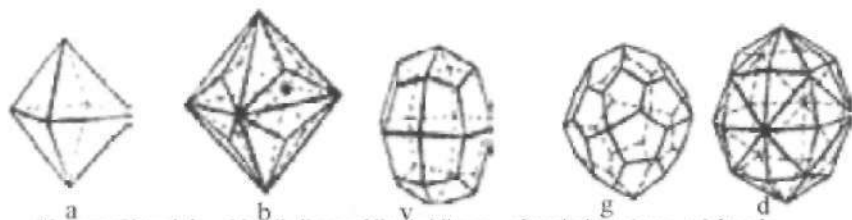
36-rasm. a – pentagon–dodekaedr; b–didodekaedr.

gon – tritetraedr tetraedring tomonlari uchta to'rtburchakli yuzaga bo'lingan (34-rasm, v) oddiy shakl.



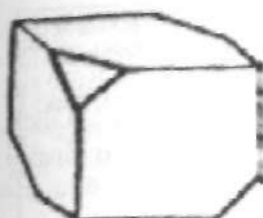
37-rasm. Rombododekaedr

Pentagon – tritetraedr-tetraedring tomonlari uchta beshburchakli yuzaga bo'lingan (34-rasm, g) oddiy shakl. Geksatetraedr – tetraedring tomonlari oltita to'g'ri burchakli uchburchakka bo'lingan (34-rasm, d) oddiy shakl. Tetrageksaedr – kubning (geksaedring) har bir tomoni to'rtta teng tomonli uchburchakli yuzaga bo'linishidan hosil bo'lgan oddiy shakl (35-rasm, b). Trigontrioktaedr – oktaedring har bir tomoni uchta teng yonli uchburchakli yuzaga bo'linishidan paydo bo'lgan oddiy shakl (38-rasm, b). Tetragontrioktaedr – oktaedring har bir tomoni uchta to'rtburchakli yuzaga bo'linishidan hosil bo'lgan oddiy shakl (38-rasm, v). Pentagontrioktaedr – oktaedring tomonlari uchta beshburchakli yuzaga bo'lingan oddiy shakl (38-rasm, g). Geksaoktaedr–oktaedring tomonlari oltita to'g'riburchakli uchburchak yuzaga bo'linishidan paydo bo'lgan oddiy shakl (38-rasm).



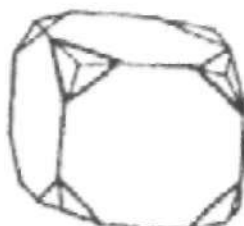
38-rasm. Oktaedrdan chiqariladigan oddiy shakllar: a – oktaedr; b – trigon – trioktaedr; v – tetragon – trioktaedr; g – pentagon – trioktaedr; d – geksaoktaedr.

Kubik singoniyasidagi bir necha oddiy shakllar tomonlarining soni bilan to'liq xarakterlanadi. O'zaro bog'langan teng, bir xil to'rtta tomon



39-rasm. Geksaedr (kub) bilan tetraedrning kombinatsiyasi.

kombinatsiyalarda ishtirok etayotgan kubik singoniyasining oddiy shakllarini aniqlashga yordam beradigan ikkita jadvalni keltiramiz. Kombinatsiyalarda qatnashayotgan oddiy shakllar tomonlarining shakllari boshqa shakllar tomonlari hisobiga ancha buzilgan bo'lib ko'rinadi. 39-rasmda geksaedr bilan tetraedrning kombinatsiyasi aks ettirilgan. Bunda kubning kvadrat shaklidagi tomonlarini tetraedr tomoni kesganligi uchun uning tomonlari oltiburchakli bo'lib ko'rinadi. Geksaedr ishtiroki natijasida to'rtburchakli tetragon – trioktaedr tomoni uchburchak shaklida kubning tomoni esa sakkiz burchakli bo'lib ko'rinadi (40-rasm).



40 – rasm. Geksaedr (kub) bilan tetragon – trioktaedrning kombinatsiyasi.

8-jadval Kubik toifasining oddiy shakllari

O'xshash tomonlar soni	Tomonlar shakli	Oddiy shakl nomi	Simmetriya elementlari
4	Teng tomonli uchburchak	Tetraedr	4L33L26P
6	Teng tomonli uchburchak	Trigon-titetraedr	4L33L26P
12	To'rtburchakli	Tetragon-tritetraedr	4L33L2(3L34)6P
12	Beshburchakli	Pentagon-tritetraedr	4L33L29PC
24	To'g'ri burchakli	Geksatetraedr	
6	Kvadrat	Geksaedr (kub)	3L44L36L29PC
24	Teng tomonli uchburchak	Tetrageksaedr	L44L36L29PC

8	Teng tomonli uchburchak	Oktaedr Trigon – Trioktaedr	3L44L36L29PC 3L44L36L29PC
24	Teng tomonli uchburchak To'rtburchakli	Tetragon – Trioktaedr Pentagon	3L44L36L29PC 3L44L36L2
24	Beshburchakli	– Trioktaedr Geksa- oktaedr	3L44L36L29PC
24	To'g'ri burchakli uchburchak		
48			
12	Romb	Rombododekaedr	3L44L36L29PC 4L33L23PC
24	To'rtburchakli	Didokaedr	
12	Beshburchakli	Pentagondodekaedr	4L33L2

Yuqorida zikr qilinganidek, kombinatsiyada qatnashayotgan oddiy shakllarning haqiqiy shaklini tasavvur etish uchun, uning tomonlarini fazoda xayolan kesishguncha davom ettirish kerak. Kubik singoniyasi-ning kristallarida bunday masalani osonlashtirish uchun maxsus 9-jadvaldan foydalanish tavsiya etiladi. Bu jadvalning tuzilishi quyidagi qoidalarga asoslangan. Jadvalning har bir gorizontal qatori kubik singoniyasidagi beshta simmetriya turining bittasi tegishli. Vertikal bo'yicha maxsus hkl, hh2, hkk va h.k. tomonlari ramzlari keltirilgan. Kubik singoniyasi kristallari tomonlarining bunday ramzlarini aniqlash uchun o'zaro perpendikular holda joylashgan 3L4 o'qlari, ular bo'lmasa 3; o'qlari bo'ylab o'tadigan uchta X, Y, Z kristallografik koordinat o'qlar xayolan o'tkaziladi.

Kubik singoniyasida to'rtinchi yoki ikkinchi darajali simmetriya o'qlari bo'ylab x koordinat o'qi kuzatuvchi gavdasiga perpendikular holda, γ o'qi o'ngdan chapga qaratilib, z o'qi yuqoridan pastga, parallel holda o'tkaziladi. Koordinat o'qlarni xayolan belgilab kristall tomonlarining shu o'qlarga nisbat joylashishi aniqlanadi. Buning uchun kristall shaklining ixtiyoriy olingan bitta tomonini o'qlar bilan kesishguncha davom ettiramiz. Bunda bir necha holat bo'lishi mumkin:

1. Agar bu tomon x, γ , z koordinat o'qlari kesishgan nuqtadan (markazdan) har xil uzunlikdagi kesmalar hosil qilsa, unda hhl belgisi qo'yiladi.

2. Ikkita o'q bo'yicha uzunligi birdek kesma, uchinchi o'q bo'yicha uzunroq kesma hosil qilsa, hi belgisi qo'yiladi.

3. Ikkita o'q bo'yicha uzunligi birdek kesma, uchinchi o'q buyicha qisqaroq kesma hosil qilsa – hkk.

4. Agar kristall tomoni uchala o'qlar bo'yining uzunligi birdek kesma hosil qilsa, hhi belgisi qo'yiladi.

5. Tomon ikkita koordinat o'qi bo'yicha hosil qilgan kesma uzunligi har xil bo'lsa, uchinchi o'qqa parallel vaziyatda bo'lsa hko deb belgilanadi.

6. Tomon ikkita koordinat o'qi bo'yicha bir xil uzunlikdagi kesma hosil qilib, uchinchi o'qqa parallel bo'lsa, u holatda PO belgisi qo'yiladi.

7. Kristall tomoni ikkita koordinat o'qiga parallel bo'lib, bittasi kesishsa 100 ramzi yoziladi (geksaedr: L4 tomon Li4 yoki L2. Yuqorida keltirilgan belgilar (hkl, PO va h.k.) tomonlar ramzi (belgisi) deyiladi va shunga qarab oddiy shakllar tomonlarining fazoda kristallografik koordinat o'qlarga nisbatan joylashishini ko'rsatadi. Berilgan ko'p tomonlining simmetriya elementlari aniqlangandan so'ng shunga qarab 9-jadvaldagi gorizontalar qatorlaridan bittasini topamiz. Har bir qatorda shu simmetriya turiga taalluqli yettita oddiy shakl keltirilgan (bittasi umumiy, oltitasi xususiy). Kristallografik koordinat o'qlarini tanlab olib va ular bo'yicha tomonlarning hosil qilgan kesmalarining nisbatini (ramzlarini) aniqlab tik qatorda joylashgan oddiy shakllar nomlarining bittasini topamiz. Gorizontalar va tik qatorlar kesishgan joydagi katakda yozilgan oddiy shakl nomi, biz izlagan shaklga to'g'ri keladi. Kubik singoniyasining asosiy shakllari uchun 10-jadvalda keltirilgan ma'lumotlarni mustahkam o'zlashtirishni tavsiya qilamiz.

Quyida kristallarni o'rganish jarayonida olingan ma'lumotlarni yozish tartibi keltirilgan:

1. Simmetriya elementlari.
2. Yakka yo'nalish miqdori va ularning joylashishi.
3. Singoniya va toifa.
4. Simmetriya turining nomi.
5. Oddiy shakllar soni va nomlari.
6. Umumiy va xususiy shakllarga ajratish.

9-jadval
Kubik singoniyasining oddiy shakllari

Simmetriya turlari	Oddiy shakl						
	Umumiy	Xususiy					
		Hkl	Hhl	Hkk	III	hko	110
1	2	3	4	5	6	7	8

Primitiv (Penta-gon dodekaedrik) 4L.33L.2	Penta-gon tritet raedr (12)I	Tetra-gon tritet- raedr (12)	Trigon- tritet raedr (12)	Tetra- edr (4)	Penta- gon dodekaedr (12)	Rombo- dodekaedr (12)	Geksaedr (6)
Markaz- lashgan dido- kaedrik 4L.34L.23PC	Dido- kaedr (24)	Tri- gon-tri- oktaedr (24)	Tetragon - trioktaedr (12)	Oktaedr (8)	Pentagon - dodekaedr (12)	Rombo - dodeka- edr (12)	Geksaedr (6)
Planal (gekso-tetra- edrik) 4L.33L.2 (3L,4)6P	Geksate- traedr (24)	Tetra- gontritet raedr (12)	Trigon tritet raedr (12)	Tetra - edr (4)	Tetra- geksoedr (24)	Rombo - dodekaedr (12)	Geksaedr (6)
Aksial (penta- gon-trioktaedrik) 3L.44L.36L.2	Pen- tagon - tri- oktaedr (24)	Trigon -triok- - taedr (24)	Tetragon- trioktaedr (24)	Oktaedr (8)	Tetra - geksoedr (24)	Rombo - dodekaedr (12)	Geksaedr (6)
Planaksial (gekso- oktaedrik) 3L.44L.36L.29 PC	Gekso- ok- taedr (48)	Trigon -triok- - taedr (24)	Tetragon - trioktaedr (24)	Oktaedr (8)	Tetrag- eksoedr (24)	Rombo - dodekaedr (12)	Geksaedr (6)

10-jadval

Oddiy shakl nomi	Tomonlar soni	Ramzlari
Geksaedr (kub)	6	100
Oktaedr	8	111
Tetraedr	4	111
Rombododekaedr	12	110
Pentagon - dodekaedr	12	hko
Tetrageksaedr	24	hko
Geksooktaedr	48	hkl

¹qavs ichidagi raqamlar shu oddiy shakl tomonlarining sonini ko'rsatadi.

5.11. Haqiqiy (tabiiy) kristall shakllari. Biz tanishib o'tgan kristall shakllarning geometrik ta'limoti asosida, o'zaro simmetrik elementlari bilan bog'langan tomonlar yig'indisidan iborat bo'lgan oddiy shakl haqidagi tushuncha yotadi. Ma'lumki, tabiiy kristallarda bitta oddiy shaklning barcha tomonlari shakllari o'lchamlari birdek bo'lishi kerak. Biz shu vaqtgacha tomonlar soni, shakllari o'lchamlari birdek bo'lgan va tomonlari o'zaro bir xil vaziyatda joylashgan oddiy shakllarning barchasini birlashtirib bitta oddiy shakl nomi bilan atab keldik. Masalan, bir-biri bilan bog'langan, teng va o'zaro parallel bo'lgan ikki tomonli shaklni doimo pinakoid deb atadik. Holbuki, geksagonal singoniyasini kristallaridagi pinakoid o'zining simmetriyasi bilan tetragonal, rombik, monoklin va triklin singoniyasi kristallarida uchraydigan pinakoidlardan keskin farq qiladi. Demak, o'zlarining simmetriyalari bilan bir-biridan farq qiladigan ko'ptomonlilar ko'pincha bitta oddiy shakl nomi bilan yuritiladi. Kub shaklidagi qo'rg'oshin yaltirog'ining PbS va piritning FeS₂ tabiiy kristallarini bir-biri bilan taqqoslab ko'raylik. Birinchi qarashda bu minerallar kub shaklidagi kristallarning simmetriya elementlari birdek tuyuladi. Aslida bunday mulohaza noto'g'ri, chunki qo'rg'oshin yaltirog'i va pirit kristallarining tomonlarida har xil yo'nalishdagi chiziqlar (shtrixlar) uchraydi. Ular bu kristallar simmetriya elementlarining har xil ekanligini ko'rsatadi. Darhaqiqat, PbS kristallining simmetriya elementlari ZL44L36L29RS, FeS₂ kristalliniki esa 4L33L26L-23Plardan iborat. Demak, qo'rg'oshin yaltirog'ining va piritning real kristallari kub shaklida bo'lishiga qaramasdan simmetriya elementlari bo'yicha bir-biridan farq qiladi. Geksedr tomonlari sathidagi har xil yo'nalishda joylashgan chiziqlarga qarab A.V.Shubnikov kubik singoniyasining beshta simmetriya turiga to'g'ri keladigan besh xil kub shakllari mavjudligini isbotladi (41-rasm).



41-rasm. Kristallografik besh xil kub tomonlari sathidagi mavjudligi mumkin bo'lgan chiziqlar ko'rinishi (A.V.Shubnikov bo'yicha. 1957 yil).

$$\frac{OA}{OA1} \cdot \frac{OV}{OVI} \cdot \frac{OS}{OS1} = r : q : r$$

r, q, r lar 10 dan kichik bo'lgan butun va oddiy sonlarga teng. Gayui qonunining tub negizi ham shundan iborat. Bu qonunda ikkita masalaga ahamiyat berish lozim: parametrlarning qo'sh nisbatidan hosil bo'lgan yaxlit sonlarning o'zaro proporsionalligi; oxirgi hosil bo'lgan qiymat kichkina sonlar bo'lib, ayrim vaqtlardagina 10 dan yuqoriroq bo'lishi mumkin. Ikkalasiga ham izoh berish lozim. Buni izohlash uchun kristallar panjarali ichki tuzilishi nazariyasiga murojaat qilamiz. Ma'lumki, kristallarning har bir qirradi fazoviy panjaraning qatori to'g'ri keladi. Bu esa to'g'ri chiziq bo'lib, u bo'ylab tugunlar (moddiy zarrachalar) bir xil masofada joylashadi. 45-rasmda 0I, 0II va 0III panjara turining qatorlar ifodalangan: a – 0I, b – 0II va s – 0III qatoridagi tugunlar oraliqlari. O'z navbatida tomonlar sathi turli tekisliklarga to'g'ri keladi. Shunga ko'ra, A1B1C1 va A2V2S2 tomonlari ham turli tekisliklarga mos keladi. Lekin bularni turli tekislikda deyish uchun, hech bo'lmaganda, ular uchta tugun bilan tutashgan bo'lishlari zarur. Agar bunday tugunlar 0I, 0II va 0III qirralarida joylashgan bo'lsa, Gayui qonunida ko'rsatilgan butun sonlarni osongina isbotlash mumkin. Darhaqiqat, A1B1C1 tomon sathi 0I, 0II va 0III qirralarida joylashgan A1, B1 va S1 tugunlari orqali o'tadigan bo'ladi. Bu holatda $OA1=r \cdot a$; $OB1=s \cdot b$; $OC1=t \cdot c$; r, s, t – yaxlit sonlarga teng (44 rasmda $r=2$, $s=3$, $t=1$), a, b, c – 0I, 0II va 0III qirralaridagi tugunlar oralig'i masofalarini ko'rsatadi. O'z navbatida A2V2S2 tomon sathi 0I, 0II va 0III qirralarida joylashgan A2, V2, S2 tugunlari orqali o'tadigan bo'lsin. U holatda:

$$OA2=r \cdot a; OB2=q \cdot b; OS2=k \cdot s$$

P, q, k – yaxlit sonlar (44-rasmda $r=6$, $q=4$, $k=2$). Parametrlar qo'sh nisbati quyidagicha bo'ladi:

r, q, k va r, s, t – yaxlit sonlar. Bularning o'rniga yuqoridagi raqamlarni

$$\frac{r \cdot a}{r \cdot a} \cdot \frac{q \cdot b}{s \cdot a} \cdot \frac{k \cdot s}{t \cdot c} = \frac{r}{r} \cdot \frac{q}{s} \cdot \frac{k}{t}$$

keltirib, ularning nisbatlarini aniqlasak yaxlit sonlar kelib chiqadi.

Lekin turli tekislik o'tadigan tugunlar 0I, 0II va 0III qatorida tash-

$$\frac{P}{r} \cdot \frac{q}{s} \cdot \frac{k}{t} = \frac{6}{2} = \frac{4}{2} \cdot \frac{2}{1} = 9 : 4 : 6$$

qarida ham bo'lishi mumkin. Bu holatda turli tekisliklarning ratsional sonlardan iborat bo'lgan parametrlari bo'lishi muqarrarlari nazariy jihatdan isbotlangan. Bunday sonlar yaxlitmi yoki kasrlimi, hech vaqt ratsional sonlar bo'lmaydi. Parametrlarining nisbatini olib, hisob-kitob qilsak, oxiri yaxlit sonlar chiqadi. Nima uchun bular nisbatan kichik sonlar bo'lib, faqat ba'zan 10 dan ortiqroq bo'lishining isbotini G.M.Popov va I.I.Shaf-ranovskiylarning «Kristallografiya» (1972) darsligidan topish mumkin (131 – 132-betlar).

6.2. Tomonlar belgilari. Gayui qonuni (yoki butun sonlar qonu-ni) kristall tomonlarining bir-biriga nisbatan joylashishini butun sonlar bilan ifodalash imkoniyatini tug'diradi. Buning uchun kristallning uchta noparallel qirralarini koordinat o'qlar deb qabul qilamiz (45-rasm). Agar qirralar kesishmaydigan bo'lsa o'z-o'ziga parallel yo'nalishda, to bir-biri bilan kesishguncha davom ettirish kerak.

Bu tomonning birinchi nisbati qirralarning bunday ko'chirishidan o'zgarmaydi. Shu tomonning birinchi OI o'qini kesishidan hosil bo'lgan OA1 kesmani bu o'q uchun o'lcham birligi (yoki masshtab) qilib qabul qilamiz. Birinchi o'q bo'yicha hosil bo'ladigan barcha kesmalar OA1 kesmasi bilan o'lchanishi kerak, ya'ni uzunligi shunday bo'lishi shart.

OV1 kesmasi ikkinchi OII o'qiga o'lcham birligi bo'lib xizmat qila-di. OS1 kesmasi OIII o'qidagi kesmalarga birlik bo'ladi. Agar AXVXSX tomoni berilgan bo'lsa, Gayui qonuniga asosan quyidagi butun sonlar yuzaga keladi:

p,q,r – oddiy yaxlit sonlar. Lekin AXVXSX tomonini muayyan sonlar

$$\frac{OA_x}{OA1} : \frac{OV_x}{OV1} : \frac{OS_x}{OS1} = r : q : r \quad (1)$$

bilan ifodalash uchun ularning teskari qiymatini olish kerak:

Bu nisbatlar AXVXSX tomonining ramziga to'g'ri keladi. Ularni

$$\frac{1}{OA_x} : \frac{1}{OV_x} : \frac{1}{OS_x} = \frac{OA1}{x} : \frac{OV1}{OV_x} : \frac{OS1}{OS} \quad (2)$$

$$\frac{OA_x}{OA1} : \frac{OV_x}{OV1} : \frac{OS_x}{OS1} = p : q : r$$



45-rasm. AXVXSX (hkl) tomonining ramzi qo'sh nisbatda kelib chiqishi.

umumiy maxrajga keltirib, qisqartirib, bir-biriga bo'lgan nisbatini aniqlab, uchta butun sonlar keltirib chiqaramiz:

h,k,l – oddiy butun sonlar.

$$\frac{OA1}{OAx} \cdot \frac{OV1}{OVx} \cdot \frac{OS1}{OSx} = h : k : l \quad (3)$$

Demak, AXVXSX tomonining ramzi uchta nisbatlaridan iborat bo'lib, uning sur'atida yakka tomon (OA1, OV1, OS1) parametrlari, maxrajida esa berilgan tomon (OAx, OVx, OSx) parametrlari o'z aksini topadi. Bu uchta son shu tomonning belgilari (indekslari) deyiladi. Kristall tomonlarining ramzlari bo'lgan indekslar jami hech qanaqa belgi qo'yilmasdan qavs ichiga olinadi (hkl). 45-rasmda ifodalangan A2V2S2 tomonining ramzlarini topamiz.

A2V2S2 tomonining ramzlari shunday yoziladi: (496). Kristall tomonlari ramzlari haqidagi barcha ta'limotlarning negizida mana shu.

$$\frac{OA1}{OA2} \cdot \frac{OB1}{OB2} \cdot \frac{OS1}{OC2} = \frac{r}{u} \cdot \frac{a}{u} \cdot \frac{t}{w} = \frac{2}{6} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{2} \quad (4)$$

Amaliyotda tomonlarning ramzlarini aniqlash uchun uchta qirraga parallel joylashgan, bitta nuqtada kesishadigan uchta yo'nalishni kris-

$$\frac{OA1}{OA2} \cdot \frac{OB1}{OB2} \cdot \frac{OS1}{OC2} = hkl \quad \text{ifoda etadi.}$$

tallografik koordinat o'qlar deb qabul qilinadi hamda yakka (bitta) tomonni tanlab olish lozim. Kristall qirralariga parallel bo'lgan koordinat o'qlar deb qabul qilingan yo'nalishlar kristallografik o'qlar deyiladi. Yakka tomonni va kristallografik o'qlarni tanlash uchun kristallarni bu o'qlarga nisbatan ma'lum bir vaziyatda o'rnatish lozim. Buning uchun birinchi kristallografik o'q – Xni kuzatuvchiga perpendikulyar, yo'nalishda (gorizontal ravishda) o'tkazamiz, ikkinchi o'q – Uni kuzatuvchi parallel, gorizontal holida o'ngdan chapga qaratib o'tkazamiz, uchinchi o'q – z ni vertikal holatda uzunligiga parallel, yuqoridan pastga qaratib o'tkazamiz. Birinchi o'q uchun oldingi tomondan O nuqtasigacha bo'lgan qismi (kesma ijobiy, bu nuqtadan orqa tomonga bo'lgan masofa) salbiy hisoblanadi. Ikkinchi o'q uchun o'ng tomondagi qismi ijobiy, chap tomoni salbiy. Uchinchi o'q uchun S nuqtasining yuqori qismi ijobiy, pastki qismi salbiy hisoblanadi. O'qlarning ijobiy qismini plyus (+), salbiy qismini minus (–) ishoralari bilan belgilanadi. Bir necha xususiy holatlarni tahlil qilamiz:

(III) ramz doimo yakka (birgina) tomonga javob beradi. Darhaqiqat birgina tomonning ramzini aniqlashda yuqorida keltirilgan (3) tenglama dan OAXOVXOSX o'miga, shu tomonning r parametri bo'lgan OA1,OB1,OC1 ni qo'yish kerak. Natijada:

Demak, uchta koordinat o'qlar bo'yicha kesmalar bir-biri bilan teng

$$\frac{OA1}{OAX} : \frac{OB1}{OVX} : \frac{OC1}{OSX} = 1 : 1 : 1$$

bo'lish ham (III) doimo yakka tomon ramzini ifodalaydi.

Kristallografik o'qlarning biron-tasiga parallel joylashgan tomon ramzi-ning indeksi shu o'q bo'yicha nolga teng. AXVXSX tomoni birinchi kristallografik o'qqa parallel ravishda joylashgan bo'lsin. Shunga ko'ra, uning kesmasi X o'qi bo'yicha cheksizlikka ($OAX=\infty$) teng. OAX ning qiy-matini tomonlar ramzlarini aniqlaydigan tenglamaga qo'yib quyidagini hosil qilamiz:

$$\frac{OA1}{OVX} \cdot \frac{OB1}{OSX} \cdot \frac{OC1}{OSX} = \frac{OA1}{OVX} \cdot \frac{OB1}{OSX} \cdot \frac{OC1}{OSX} = 0 \cdot \frac{OV1}{OVX} = 0 \cdot \frac{OV1}{OVX} \cdot \frac{OS1}{OSX} \cdot \frac{OAX}{OAX}$$

Shunga o'xshash, ikkinchi kristallografik o'qqa parallel tomon ramzi-ning $OA1 \cdot 0 \cdot OS1$

ramzini $\frac{OAX}{OAX} \cdot \frac{OSX}{OSX}$ va uchinchi kristallografik o'qqa parallel tomon

$$OA1 \cdot OV1 \cdot 0$$

$\frac{OAX}{OAX} \cdot \frac{OVX}{OVX}$ topamiz. Bu yerda uchta xususiy holat bo'lishi mumkin: birinchi kristallografik o'qni kesadigan va ikkita kristallografik o'qqa parallel joylashgan tomon ramzi (100) ko'rinishda bo'ladi:

$$OA1 \cdot OV1 \cdot OS1 = OA1 \cdot OV1 \cdot OS1 \cdot \frac{OA1}{OA1} \cdot \frac{OV1}{OV1} \cdot \frac{OS1}{OS1} = 1 : 0 : 0$$

$$\frac{OAX}{OAX} \cdot \frac{OVX}{OVX} \cdot \frac{OSX}{OSX} = \frac{OAX}{OAX}$$

2) shuning kabi ikkinchi kristallografik o'qni kesadigan va ikkita parallel joylashgan tomon (010) ramziga ega;

3) agar tomon birinchi va ikkinchi kristallografik o'qlarga parallel bo'lib, uchinchi kristallografik o'qlariga parallel bo'lib, uchinchi kristallografik o'qni kessa, bu tomon ramzi (001) ko'rinishida yoziladi.

Bunda kristallografik o'qlarni bir-biriga parallel bo'lgan bir nuqtada kesishadigan uchta qirralarga parallel holda o'tkazamiz. Koordinat o'qlarni xayolan shakl markaziga ko'chiramiz va o'qlarni 46-rasmda ko'rsatilganidek o'tkazamiz. Yuqorida aytilganidek, oldingi R1 tomoni (100) bilan xarakterlanadi. Unga parallel orqadagi R1 tomoni (100) ramzi bilan belgilanadi. O'ng va chap yonlaridagi R2, R2 tomonlarga (010) va (010) ramzlari qo'yiladi. Yuqori va pastki R3 va R3 tomonlari (001) va (001) ramzlari bilan belgilanadi. Quyi kategoriya kristallaridagi pinakoidli R1 va R1.

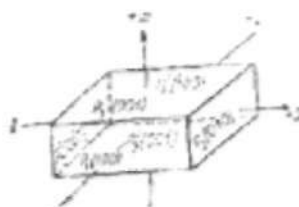
Tomonlari (100) va (100) ramzlariga ega bo'lib, birinchi pinakoid deb

yuritiladi: (010) va (100) ramzlari bo'lgan R2 va R2 tomonlar ikkinchi pinakoid deyiladi: (001) va (001) ramzlariga ega bo'lgan R3 va R3 tomonlari uchinchi pinakoid deyiladi. Kristallografik o'qlar kristallar simmetriya o'qlariga, simmetriya tekisliklariga perpendikular yo'nalishlarga, real va ehtimoliy parallelepiped tomonlarga mos kelishligi teoremlar asosida isbotlangan.

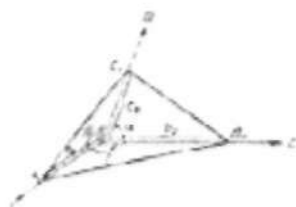
6.3. Kristallografik o'qlarni tanlash. Kristallografik o'qlarni va yak-

ka tomonlarni tanlash, ya'ni mavjud bo'lgan singoniyalar kristallarini o'rnatish asoslari bilan tanishamiz. Kristallografik o'qlarni tanlash uchun asos qilib qirralari va kristallografik koordinat o'qlar (OI, OII, OIII yoki x, u, z) oralaridagi burchaklar qiymati va yakka tomonning (OA1OB1OC1) bu o'qlarni kesishi natijasida hosil bo'lgan kesmalarning nisbatlari olinadi. Bundan so'nggi mulohazalarimizda bu ko'rsatkichlarni quyidagicha qisqartirib belgilaymiz (47-rasm): $\angle OI:OII=\alpha<OI:OI-$

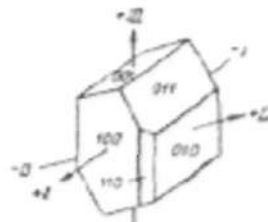
$II=b<OII:OIII=\alpha$ OA1=a0; OB1=b0; OC1=c0.



46-rasm. To'g'ri burchakli parallelepiped tomonlarining ramzlari



47-rasm. Kristallning geometrik ko'rsatkichlari a, b, γ .
 $a_0:b_0:c_0=a:b:c$



48-rasm. A b γ burchaklari.
 $a_0:b_0:c_0=a_0:b_0:c_0=a:b:c$
 $b_0:b_0:b_0$

nisbatlari tomonlar parametrlari yoki geometrik ko'rsatkichlari (konstantlari) deb yuritiladi.

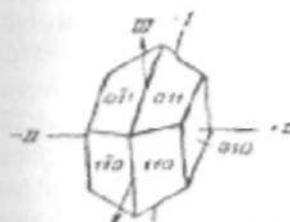
6.4. Triklin singoniyali kristalllarda kristallografik o'qlarining joylanishi. Triklin singoniyasi kristallarida faqatgina birinchi darajada simmetriya o'qi bilan simmetriya markazi bo'lganligi uchun kristallografik o'qlarga mos keladigan simmetriya elementlari yo'q. Shuning boisida kristallografik o'qlarning yo'nalishi 90° ga yaqin burchak hosil qilib kesishadigan, noparallel bo'lgan (bir tekislikda yotmaydigan) uchta qirralar yo'nalishiga mos qo'yiladi, o'sha uchta kristallografik o'qlarni

kesib o'tadigan har qanday tomon yagona tomon deb qabul qilinadi. Kristallografik o'qlar orasidagi burchaklar 90° ga teng bo'lmaganligi uchun $a \neq b \neq c \neq 90^\circ$ deb yoziladi (48-rasm). Bu singoniya'ning triklin (tri-uch, klin-qiyshiq) deb nomlanishining sababi ham shunda.

Yakka tomonning (A1B1C1) kristallografik o'qlar bo'yicha hosil qilgan kesmalari: 01 (0X) o'qi bo'yicha $-a_0$, 0II (0u) o'qi bo'yicha b_0 , 0III (oz) o'qi bo'yicha so kesmalari ham bir-biriga teng emas, ya'ni $a_0 \neq b_0 \neq c_0$. Bu yakka tomonning ramzik yoki bironta boshqa AXVXSX tomonining ramzini aniqlash uchun bizga ma'lum bo'lgan tenglama'dan foydalanamiz:

$$\frac{OA_1}{JA_x} \cdot \frac{OV_1}{OB_x} \cdot \frac{OS_1}{OS_x} = \frac{a_0}{OA_x} \cdot \frac{b_0}{OV_x} \cdot \frac{c_0}{SV_x} \cdot \frac{so}{OS_x}$$

Triklin kristallarini quyidagi ko'rsatkichlar (belgilar) bilan xarakterlash lozim a,b,c burchaklarning qiymati va a:v:s kesmalarning uzunligi.



49-rasm. Monoklin singoniyali kristallarda kristallografik o'qlarning joylashishi va tomonlarning ramzlari (L2PC)

48-rasmda triklin singoniyasiga taalluqli primitiv simmetriya kristallarida kristallografik o'qlarning joylashishi va tomonlarining ramzlari aks ettirilgan (uchinchi kristallografik o'q vertikal holda o'tkazilgan).

6.5. Monoklin singoniyali kristallarida kristallografik o'qlarning joylanishi. Monoklin singoniyasi kristall shakllarida doimo bitta L2 yoki L2RS (tekislik L2 ga perpendikular joylashadi) simmetriya elementlari mavjud. Bunda shakllarda ikkinchi darajali simmetriya o'qiga yoki simmetriya tekisligiga

perpendikular yo'nalish, ikkinchi kristallografik koordinat o'qi (0II yoki Y) yo'nalishiga mos tushadi (49-rasm).

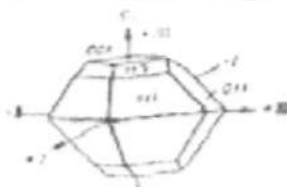
Boshqa koordinat o'qlari - 0I(X) va 0III (z) ikkinchi darajali simmetriya o'qiga perpendikular yoki simmetriya tekisligi ustida, shu tekislikka parallel kristallning mavjud yoki bo'lishi mumkin bo'lgan qirralariga mos yo'nalishda tanlanadi. Shunday tanlangan o'qlar orasidagi burchaklar: $a=c=90^\circ$ $\neq b$ ga teng bo'ladi. Singoniya nomi ham shundan kelib chiqqan (mono - bir, klin - qiyshiq, ya'ni bir o'qi qiyshiq degan ma'noda). Yakka tomonning kristallografik o'qlar bo'yicha paydo bo'lgan kesmalar nisbati bir-biriga teng bo'lmaydi: $a \neq b \neq c$.

Bular monoklin singoniyali kristallning yakka tomoni parametrlari hisoblanadi. Endi ayrim AXVXSX tomonining ramzlarini (hkl) aniqlash uchun odatdagi tenglama'dan foydalanamiz:

$$h:k:l = \frac{ao}{OAX} : \frac{bo}{OB} : \frac{co}{OSX}$$

Demak, monoklin singoniyasini xarakterlash uchun quyidagi shartlar bo'lishi kerak: $a=c=90^\circ \neq b$; $a0 \neq bo = Nes0$. Monoklin kristallarining geometrik ko'rsatkichlari a:l:s kabi ifodalanadi.

6.6. Rombik singoniyali kristalllarda kristallografik o'qlarining joylanishi.



50-rasm. Rombik singoniyali kristalllarda kristallografik o'qlarning joylashishi va tomonlarning ramzlari (3L23PC).

Rombik singoniyasi kristall shakllarida doimo bir-biriga perpendikular joylashgan uchta yakka yo'nalishlarga, ya'ni uchta ikkinchi darajali simmetriya o'qlariga to'g'ri keladi. Kristallografik koordinat o'qlar shu uchta: ikkinchi darajali simmetriya o'qlariga mos keladi. Shulardan bittasi uchinchi kristallografik o'q (011, z) deb qabul qilinadi (50-rasm). Rombik singoniyasining planal simmetriya turida (L22P) yakka ikkinchi darajali o'q doimo uchinchi

kristallografik o'q (011, z), ya'ni vertikal yo'nalgan o'q deb qabul qilinadi. Ikkita simmetriya tekisligiga perpendikular ravishda birinchi (01,X) va ikkinchi (011,X) kristallografik o'qlar tanlanadi. Yuqorida ko'rsatilganidek, bu singoniya kristall shakllaridagi uchta L2 o'qlari o'zaro perpendikular joylashganligi uchun ularga mos keladigan kristallografik o'qlar orasidagi burchaklar ham 90° ga teng. Shuning uchun uni $a=b=c=90^\circ$ shaklida yoza olamiz. Rombik piramida, dipiramida yoki tetraedr tomonlaridan biri yakka tomon, deb qabul qilinadi.

Yakka tomonning koordinat o'qlari bo'yicha hosil qilgan kesmasi $a0:l:s0$ bir-biriga teng emas, ya'ni $a0 \neq bo = Nes0$. Boshqa istagan AXVXSX tomonining ramzi odatdagidek quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$h:k:l = \frac{ao}{OAX} : \frac{bo}{OB} : \frac{co}{OSX}$$

Rombik singoniya kristallarining geometrik konstantalari a:l:s dan iborat.

6.7. Tetragonal singoniyali kristalllarda kristallografik o'qlarning joylanishi.

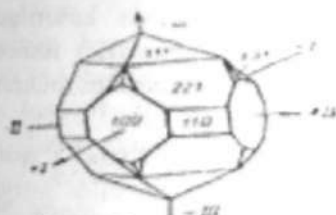
Tetragonal singoniyasi kristall shakllarida doimo bitta L4 yoki Li4 o'qi mavjud. Bu singoniya kristallari uchun asosiy o'q deb tanlangan

uchinchi kristallografik o'q (OIII, z) to'rtinchi darajali o'qqa mos keladi. Birinchi (OI, X) va ikkinchi (OII, Y) kristallografik o'qlar esa ikkinchi darajali simmetriya o'qlarining bir-biriga perpendikular yo'nalgan ikkisi ga mos joylashtiriladi. 12 o'qlari bo'lmagan kristall shakllarida simmetriya tekisligiga perpendikular o'tkaziladi. Simmetriya tekisligi bo'lmagan shakllarda esa kristallning mavjud yoki bo'lishi mumkin bo'lgan qirralariga parallel holda tanlanadi.

Tetragonal kristall shakllarida ikkinchi darajali o'qlari o'zaro ham, to'rtinchi darajali o'qqa ham perpendikulyar, ya'ni 90° burchak hosil qilib kesishadi. Shuning uchun $a=b=c=90^\circ$ teng bo'ladi. Tetragonal piramida, dipiramida yoki tetraedr tomonlaridan bittasi yakka tomon deb belgilanadi (51-rasm).

Tanlangan yakka tomon OI(X) va OII (Y) o'qlari bo'yicha o'zaro teng hamda OIII (z) o'qi bo'yicha ularga teng bo'lmagan kesmalar hosil qiladi, ya'ni $a_0=b_0=s_0$. Agar $b_0=1$ deb olsak, u holda shu kesmalar nisbati 1:1:s₀ ga teng. Ko'rinib turibdiki, bunda faqat s qiymatini aniqlash lozim.

Tetragonal singoniyasiga mansub kristall shakllarining ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchakli – kvadrat shaklida bo'lganligi uchun tetragonal (tetra – to'rt, gonal-burchak) singoniyasi deyiladi.



51-rasm. Tetragonal singoniyali kristalllarda kristallografik o'qlarning joylanishi va tomonlarning ramzlari.

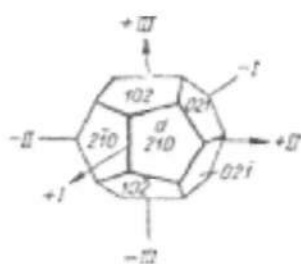
6.8. Kubik singoniyali kristalllarda kristallografik o'qlarning joylanishi. Kubik singoniyasi kristall shakllarida doimo 4L3 yoki o'zaro perpendikular holda joylashgan uchta to'rtinchi darajali (3L3) yoki uchta ikkinchi darajali

(3L2) simmetriya o'qlari mavjud. Ular kristallografik o'qlar (OI, X; OII, Y; OIII, Z) deb tanlanadi. Bu singoniya kristall shakllarida shu uch xil darajali o'qlardan birontasi bo'lishi shart. Ular o'zaro perpendikular holda joylashganligi uchun hosil qilgan burchaklar qiymati 90° ga teng. Shunga asosan $a=b=c=90^\circ$ deb yozish mumkin. Barcha kubik singoniyali kristallarining fazoviy panjaralarini aks ettiradigan parallelepipedlar kub shakliga ega. Shu boisdan kubik singoniyali kristalllarda barcha kristallografik o'qlar bo'yicha bir xil o'lchamli kesmalar hosil qiladigan tomonni yakka tomon deb qabul qilish kerak. Bunday shartga tetraedr va oktaedr tomonlari javob bera oladi. Shuning uchun ular tomonlarining ramzi (III) ga teng, ya'ni $a_0=b_0=s_0$.

Demak, kubik singoniya kristallinish yakka tomoni parametrlarini quyidagicha ifodalash mumkin: $a=b=c=90^\circ$, $a_0=b_0=s_0$. Yuqorida keltirilgan ma'lumotlar asosida kubik singoniyali kristallarning istagan tomon ramzini quyidagi nisbatlar yordamida aniqlash mumkin:

$$h : k : l = \frac{ao}{OA_x} : \frac{bo}{OV_x} : \frac{co}{OS_x} = \frac{ao}{OA_x} : \frac{ao}{OV_x} = \frac{1}{OA_x} : \frac{1}{OV_x} : \frac{1}{OS_x}$$

52-rasmda 3L24L33PC simmetriya elementiga ega bo'lgan pentagondodekaed shakli ifodalangan. Kristallografik o'qlar 3L2 simmetriya o'qlari ustiga tushadi. Kristallning d harfi bilan belgilangan tomoni birinchi



52-rasm. Kubik singoniyali kristalllarda kristallografik o'qlarning joylanishi va tomonlarining ramzlari (3L24L33PC).

o'q (01,X) bo'yicha 1 smli kesma hosil qiladi, ikkinchi o'q (0II,u) bo'yicha 2 smli kesma, uchinchi o'q (0III, z) d tomoniga parallel. Mana shundan keyin d tomonining ramzi quyidagicha topiladi:

$$\frac{1}{1} : \frac{1}{2} : \frac{1}{\infty}, \text{ ya'ni } d(210).$$

Bundan tashqari, 5-bobda keltirilgan kubik singoniyali kristallari ayrim tomonlarining ramzlarini aniqlash usulini mukammal o'zlashtirib olish shart.

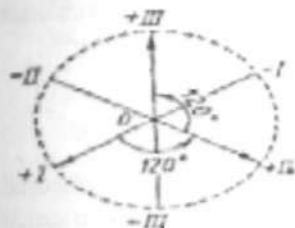
6.9. Trigonal va geksagonal singoniyali kristalllarda o'qlarining joylanishi. Bu singoniyalar shakllarida kristallografik o'qlar o'zga singoniyalarga nisbatan mutlaqo boshqacha tanlanadi, chunki ularda to'rtinchi kristallografik o'qlar mavjud. To'rtinchi kristallografik o'q (0II,Z) vertikal yo'nalishda o'tadigan asosiy simmetriya o'qlarining birontasiga (L3, yoki Li6, Li6) mos keladi. Qolgan uchta kristallografik o'qlar (0I, X; 0II,Y; 0III, Z) L3, L6 yoki Li6 simmetriya o'qlariga perpendikular tekislikda joylashgan, uchta teng simmetrik yo'nalishlar bo'yicha o'tadigan L2 o'qlariga mos tushadi.

Kristallografik o'qlar ikkinchi darajali simmetrik o'qlari bo'lib yoki simmetriya tekisliklari perpendikular yoki kristallarning haqiqiy hamda nazariy mavjudligi ehtimoli bo'lgan qirralar parallel holatda tanlanadi. Ko'rinib turibdiki (53-rasm) bunday o'qlar o'zaro 120° burchak hosil qilib kesishadi.

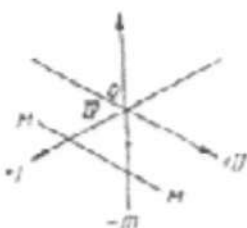
Kristallografik o'qlar soat strelkasiga teskari tartibda joylasha-

di. Bulardan birinchi o'qning (01,X) ijobiy uchi kuzatuvchining chap tomonidan, ikkinchisining (0II, Y) ijobiy uchi kuzatuvchining o'ng tomonidan o'tadi. Uchinchisining salbiy uchi (0III, Z) esa kuzatuvchi tomonga yo'nalgan bo'ladi. O'z-o'zidan ma'lumki, uchta teng simmetrik gorizontal tekislikda joylashgan o'qlarning hosil qilgan kesmalari bir-biriga ayniyatli bo'lishi kerak.

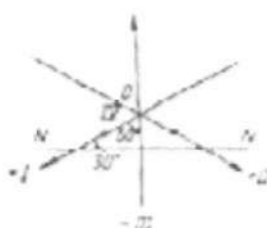
To'rtinchi kristallografik o'q (0II,Z) L3, L6, Li6 simmetriya o'qlari bo'ylab, bu uchta o'qqa perpendikular joylashganligi uchun, uning hosil



53-rasm. Geksagonal singoniyali kristallarda uchta gorizontal kristallografik o'qlarning joylanishi.



54-rasm. (1011) (a) va (1121) (b) ramzli tomonlarning gorizontal kristallografik o'qlarga nisbatan joylanishi.



qilgan burchagi va kesmasi boshqacha, o'ziga xos masshtabga ega. Ba'zan bu tekislikda yotgan o'qlar kesmalari bir-biriga to'g'ri kelmasligi ham mumkin. Agar shaklda 2-darajali o'qlar bo'lmasa, u holda x,y,z o'qlari o'zaro 60°li burchak hosil qiladigan qirralar bo'yicha yoki shunday yo'nalgan simmetriya tekisliklariga perpendikular yo'nalishda olinadi. Shuning uchun trigonal va geksagonal singoniyali kristallarda ikkita gorizontal o'qlar bo'yicha o'zaro teng va to'rtinchi o'q bo'yicha ularga teng bo'lmagan kesmalar hosil qiladigan tomon yakka tomon deb olinadi. Bu yerda ikki holat bo'lishi mumkin.

1. Kesishish burchaklari 60°li ikkita yondosh kristallografik o'qlar bo'yicha bir-biriga teng kesmalar hosil qilgan tomon uchinci kristallografik o'qqa parallel holda joylashadi (MM tomoni, 54-rasm, (a). MM tomonning ramzi 1011).

2. Gorizontal ravishda joylashgan kesishish burchaklari 120°li ikkita kristallografik o'qlar bo'yicha teng kesmalar hosil qilgan tomon uchinci gorizontal o'qni ham kesib o'tadi (NN tomoni, 54-rasm, (b). O'z-o'zidan ko'rinib turibdiki, uchinci o'q bo'yicha hosil bo'lgan kesma ikkita o'qda-gi kesmaga nisbatan ikki marta qisqa. NN tomoni ramzi (1121). Uchta o'q bo'yicha hosil bo'lgan bir xil o'lchamli kesmalarni a0 va to'rtinchi o'qni

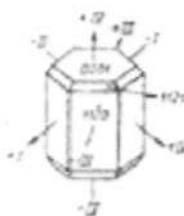
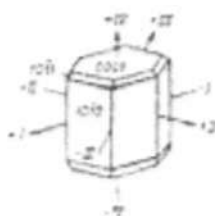
s0 bilan belgilab, trigonal va geksagonal singoniyali kristallari uchun quyidagi nisbatni olamiz:

$$h : k : i = \frac{ao}{OA_x} : \frac{ao}{OV_x} : \frac{ao}{OD_x} : \frac{co}{OS_x}$$

Bu nisbatdagi birinchi o'qqa indekslarning algebraik yig'indisi doimo nolga teng. Shuning uchun, masalan, birinchi va ikkinchi indekslarni topsak, oddiy solishtirish bilan uchinchi indeksni ham topishimiz mumkin: $ao\bar{N}bo\bar{N}co$. Shunday qilib, bu yerda boshqa singoniyalardagidek uchta indekslar aniqlanadi, holos. Kristallografik o'qlar orasidagi burchaklar yuqorida ko'rsatilganidek ifodalanadi:

$$\langle 0I:0III \rangle = \langle 0II:0III \rangle = \langle 0III:0I \rangle = 120^\circ$$

$$\langle 0I:0IV \rangle = \langle 0II:0IV \rangle = \langle 0III:0IV \rangle = 90^\circ$$



55-rasm. Geksagonal singoniyali kristallarda (L66L27PC) kristallografik o'qlarning joylanishi va tomonlar ramzlari

ya'ni $a=b=90^\circ$ $c=120^\circ$. Tetragonal singoniyasi kristallari kabi trigonal geksagonal singoniyalari ham bita geometrik ko'rsatkichlari bilan, ya'ni $1:1:1:s$ nisbatlari bilan xarakterlanadi.

55-rasmda geksagonal singoniyasi planaksial simmetriya turiga mansub bo'lgan kristallida kristallografik o'qlarning ikkita yo'nalishda joylashishi aks ettirilgan

6.10. Trigonal singoniyali kristallarda kristallografik o'qlarning ikkita usulda joylanishi.

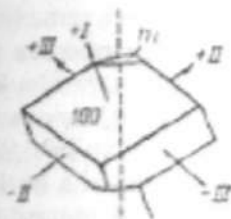
Trigonal singoniyasidagi romboedr shakl tomonlarining ramzlari ikkinchi usul bilan aniqlanadi va uchta kristallograf o'qlardan foydalanadi. Bu usul trigonal singoniyasining boshqa kristallarida ham qo'llanishi mumkin. Yuqorida aytilganidek, romboedrni uchinchi darajali o'qlarining birontasi bo'yicha qisman yassilangan kub deb ham hisoblash mumkin. I shaklida kristallografik o'qlar (3L4 yoki ular bo'lmaganida 3L2) doimo kub qirralariga parallel ravishda joylashadi.

Shunga o'xshash romboedrda ham kristallograf o'qlarni uchinchi darajali simmetriya o'tadigan nuqtada kesishgan uchta qirralarga parallel ravishda o'tkaziladi. Natijada o'q kesishishidan yuzaga kelgan burchaklar qiymati o'zaro teng bo'lgan, lekin qiyshayib joylashgan koordinatlar sis-

temasini eslatadi: $a=c=90^\circ$. Yakka tomon uchun, uchinchi darajali simmetriya o'qiga perpendikular joylashgan (kubik singoniyasidagi tetraedr yoki oktaedr tomonlariga o'xshash) tomon qabul qilinadi. Bunday shartni monoedr yoki pinakoid tomonlari qanoatlanira oladi. Ularning ramzlari (III) kabi ifodalanadi. Shunga qarab yakka tomonning uchala o'qlari bo'yicha hosil qilgan kesmalari quyidagiga teng: $a_0=b_0=c_0$.

Bu yerda kristallogafik o'qlar orasidagi burchagi xarakterli konstanta hisoblanadi.

56-rasmda trigonal singoniyasi planaksial simmetriya turiga taalluqli kristalda kristallografik o'qlarning joylashishi va tomonlarining ramzlari aks ettirilgan.



56-rasm. Trigonal singoniyali planaksial simmetriya turiga taalluqli kristalda kristallografik o'qlarning joylanishi va tomonlarining ramzlari.

Yozish tartibi:

Simmetriya elementlari.

Singoniyasi va toifasi.

3. Simmetriya turining nomi.

4. Oddiy shakllar nomi va miqdori.

5. Kristallografiya o'qlarining joylanishi.

6. Tomonlar ramzi (har bir oddiy shaklning bitta tomoni uchun).

7. KRISTALLARNING ICHKI TUZILISHI

Biz oldingi boblarda geometrik kristallografiyaning asoslari bilan tanishdik. Kristallografiya'ning undan keyingi kristallokimyo va kristallofizika tarkibiy qismlarini boshlashdan avval kristallarning ichki tuzilishi haqidagi ma'lumotlarni qisqacha bayon etish maqsadga muvofiqdir. Shuni qayd qilish kerakki, kristallarning ichki tuzilishi olimlarni qadimdan qiziqtirib kelayotgan muammolardan biri. Lekin kristallarning ichki tuzilishini aniq, tajribalar asosida isbotlash, uning ilmiy asosini yaratish imkoniyati kristallarni rentgen nurlari yordami bilan tekshirish usuli (rentgenostruktur tahlil) yo'lga qo'yilgandan so'ng tug'ildi. Shundan keyin kristallar ichki tuzilishi haqidagi kristallokimyo fani vujudga keldi, fundamental nazariy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan muammolarni hal qila boshladi.

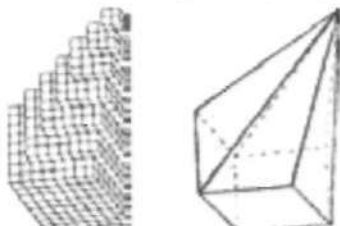
7.1. Kristallarning ichki tuzilishi xususidagi nazariyalar. Kristallarning ichki tuzilishi xususida qadimdan buyon ko'pgina nazariyalar

yaratilganligi va amaliy tajribalar o'tkazilganligi yuqorida qayd qilingan edi. Mavjud bo'lgan nazariyalarning barchasini umumlashtirib to'rtta guruhga bo'lish mumkin:

Birinci guruh nazariyachilari I.Kapler (1571–1630), R.Guk (1635–1703), V.Lomonosov (1749) va boshqalar bo'lib, ular kristallar mayda shar va ellips shaklidagi zarrachalarning zich joylashishidan iborat degan xulosaga kelganlar.

Ikkinchi guruh namoyondasi mashhur kristallshunos olim Rene Jyust Gayui bo'lib, uning fikricha kristallar mayda muayyan geometrik shakldagi zarrachalarning (molekulalarning) muntazam ravishda zich joylanishidan iborat. Kristallarning o'zi ma'lum shakllardagi zarrachalarning (molekulalarning) qat'iy tartibda fazoda bo'shliq qoldirmasdan zich taxlanishidan yuzaga keladi. Bunday zarrachalar shakllari ko'pincha kristallarning ulanish tekisliklari shakllariga mos keladi. Masalan, osh tuzi (galit) va qo'rg'oshin yaltirog'i (galenit) kristallari ham, ulanish tekisliklari ham kub shaklida bo'ladi. R.Gayui mulohazasi bo'yicha bu kristallar «molekulalari» mayda kub shaklidagi bo'lakchalarning muttasil zich taxlanishidan tashkil topgan. Kalsitning romboedr shaklidagi ulanish tekisligi esa uning fikricha romboedr shaklidagi «molekulalar»ning zich taxlanishidan hosil bo'lgan (57-rasm). O'z-o'zidan ma'lumki, R.Gayui nazariyasi kristallar ichki tuzilishini tasavvur etishdagi dastlabki dadil qadam edi. Shunga qaramasdan keyinchalik uning nazariyasi tarafdorlari bilan bir qatorda qarshi chiqqanlar ham tobora ko'paya bordi.

Ular, ayniqsa, ulanish tekisligi oktaedr shaklida bo'lgan bir qator kristallar Gayuining nazariyasiga to'g'ri kelmasligini qayd qildilar. Masalan, flyuritning (CaF_2) ulanish tekisligi oktaedr shaklida bo'lishiga qaramasdan u kub shaklidagi kristallar hosil qiladi. Oktaedr shaklidagi molekulalar bilan fazoni bo'shliq qoldirmasdan to'ldirish mumkin emas.

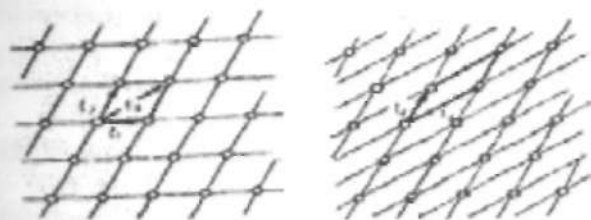


57-rasm. R.Gayui tasavvuri bo'yicha skalenoeedr shaklidagi kalsit kristalining ichki tuzilishi.

Uchinchi guruhga jahon kristallshunoslariga ma'qul bo'lgan, kristallar ichki tuzilishining zamonaviy nazariyasiga asos qilib olingan fransuz olim O.Braveining (1811 – 1863) nazariyasi misol bo'la oladi. U Gayui nazariyasini inkor etib, kristallarning asosiy xususiyatlarini bir jinsligini, anizotropligini simmetriya elementlari turlarini hisobga olgan

holda ularning ichki tuzilishida eng mayda zarracha molekula bo'lmagan, balki fazoviy panjara tugunlarida joylashgan moddiy zarrachalar – ionlar va atomlardan iborat degan xulosa chiqardi. Shu nuqtayi nazardan, bunday tugunlarning fazoda bo'shliq qoldirmasdan to'ldirish mumkin bo'lgan o'n to'rtta fazoviy panjaralar shakllarini va ularning simmetriya elementlarini matematika qonunlari asosida isbotlab berdi. Ularni yettita singoniyaga taqsimladi. Bugungi kunda ular O.Brave fazoviy panjalarining elementar shu'balari deb yuritiladi. Shu bobning keyingi qismlarida bu shu'balar haqida batafsil gap yuritiladi.

To'rtinchi guruhga E.S.Fedorovning kristallar ichki tuzilishi nazariyasi misol bo'la oladi. Uning 1890 yili chop etilgan «To'g'ri shakllar simmetriyasi asarida kristallardagi atomlar, ionlar va molekulalarning joylashishi jarayonini nazariy talqin qilib, kristall shakllariga xos bo'lgan ko'pgina geometriya qonuniyatlarini kashf etdi. E.S.Fedorov bo'yicha har bir kristall moddiy birliklar (nuqtalar) yig'indisidan iborat bo'lib, ular o'zaro simmetriya elementlari bilan bog'langan. Bunday cheksiz moddiy nuqtalar yig'indisi kristallarning fazoviy panjarasini hosil qiladi. Uning nazariyasi ko'p vaqtgacha olimlar diqqatidan tashqarida qolib keldi. Faqat rentgen nurlari kashf etilgandan so'ng bu nazariyaga qaytadan murojaat qilindi.



58-rasm. Bitta rombik fazoviy panjaraning turli tekisligida yotgan t_1 va t_2 (a), va t_3 larni (b) o'z-o'ziga parallel joylashtirish (translyatsiya) asosida tuzilgan parallelopipedlar (parallelogrammlar) takrorlanishi.

Lekin yuqorida zikr qilingan yo'nalishlar orasida O.Bravening atomistik nazariyasi haqiqatga yaqin bo'lib, eksperiment uslublari bilan tasdiqlandi.

7.2. Brave fazoviy pan-

jaralarining o'n to'rt turli shu'balari. Kristallarning zamonaviy ichki tuzilishi nazariyasi XIX asr boshlarida Gayunning zich joylashgan molekulalar tushunchasi, ingliz olimi Vollastonning kristallar ichki tuzilishi fazoviy panjara qonuniyatlari asosida tashkil topgan degan fikr bilan o'rin almashgandan so'ng shakllandi. Keyinroq bu fikrni nemis fizigi M.La eksperimental ravishda isbotladi.

1842 yili nemis kristallshunosi M.L.Frankengeym fazoviy panjara tushunchasidan kelib chiqib fazoda tugunlarning (nuqtalarning) simmetrik

holda joylashishi 15 xil ko'rinishda bo'lishligini qayd qildi. Olti yildan so'ng O.Brave uning to'g'riligini qaytadan tekshirib chiqib, Frankengeym chiqargan ikkita fazoviy panjaraning ayniyatli ekanligini isbotlab, ularni 14 turga keltirdi. Shundan buyon ular O.Bravening 14 turdagi fazoviy panjarasi deb yuritila boshlandi.

O.Bravening fazoviy panjaralari bilan tanishish uchun bir-biriga ayniyatli bo'lgan parallelopipedlarning (shu'balarning) qirralari yo'nalishlari va ularning o'lchamlari kattaligi bo'yicha o'z-o'ziga parallel ravishda mutasil joylashtirilib, cheksiz miqdordagi fazoviy panjaralar hosil qilinadi. Agar yakka bitta fazoviy panjara (shu'ba) misolida mulohaza qiladigan bo'lsak, u parallelopipedni qaysi tomonga yo'naltirib takrorlashni tanlashda ko'pgina usullar qo'llash mumkin. Masalan, 58-rasmda rombik singoniyasi panjarasining t_1 va t_2 t_3 (59-rasm, a), t_3 lar (58-rasm, b) translyatsiya vaziyati asosida chizilgan parallelopipedlar (parallelogrammlar) takrorlanishining bir qismi tasvirlangan. Shuning uchun O.Brave panjaralarini tahlil qilishga asos qilib olingan fazoviy panjara elementar shu'balarning takrorlanishi quyidagi shartlarga javob bera oladigan parallelopipedlar bo'lishi kerak.

1. Takrorlantirish uchun tanlangan parallelopipedning (shu'baning) singoniyasi shu singoniyadagi barcha kristallarning fazoviy panjarasiga to'g'ri kelishi shart.

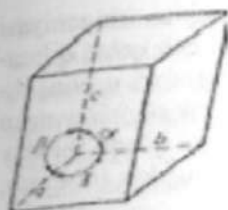
2. Parallelopipeddagi teng qirralar va bu qirralar orasidagi burchaklar soni maksimal miqdorda bo'lishi kerak.

3. Parallelopipedning qirralari orasidagi burchaklar to'g'ri burchakli bo'lsa, ularning soni ko'p miqdorda bo'lishi lozim.

4. Yuqoridagi shakllarga rioya qilinsa, tanlangan parallelopipedning hajmi kichkina bo'lishi kerak.

Demak, elementar shu'bani tanlashda bizga ma'lum bo'lgan kristallarning koordinat o'qlarini aniqlash qoidalaridan foydalanamiz. Jumladan, elementar shu'balarning qirralari uning koordinat o'qlariga mos kelganligi uchun, ularni albatta translyatsiya qilinadi. Avvalo, diqqat-e'tiborimizni O.Brave elementar shu'balarning tashqi ko'rinishiga qaratamiz. Bunday shaklni tahlil qilish uchun elementar shu'baning a, b va c qirralari uzunligidan va ular orasidagi burchaklar qiymatlaridan (59-rasm) foydalanamiz.

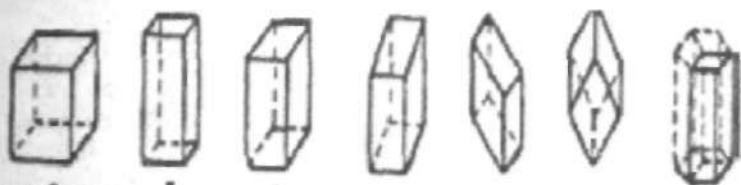
Kristallarning ichki tuzilishi, ya'ni fazoviy panjarasi mana shunday cheksiz miqdordagi elementar shu'balarning uch o'lchamda fazoda



59-rasm. Elementar shu'baning qirralarini va burchaklarini belgilash

bo'shliq qoldirmasdan taxlanishidan tashkil topgan. Ular takrorlanishidan hosil bo'lgan parallelopipedlar qirralari, elementar shu'basi translyatsiyasiga to'g'ri keladi. Bular va yuqorida keltirilgan to'rtta shart asosida barcha singoniyalar elementar shu'balarini tanlab olish mumkin. Shular asosida har bir singoniya uchun alohida bitta elementar shu'bani olib mulohaza qilamiz (60-rasm).

Kubik singoniyali kristallarda doimo o'zaro perpendikular joylashgan uchta to'rtinchi yoki uchta ikkinchi daraja-



60-rasm. Singoniyalar elementar shu'balarning shakllari.

li o'qlar ($L4$, $3Li_4$, yoki $3L_2$) mavjud. Ma'lumki, kub shaklidagi kristallida uchta to'rtinchi va ikkinchi darajali o'qlar shu kristallning o'zidagi uchinchi darajali o'qlar bilan bog'langan. Demak, uch tomonga qarab yo'nalgan qirralar uzunligi va ular orasidagi burchaklar bir-biriga teng (60-rasm, a): $a=b=c$; $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$.

Tetragonal singoniyali elementar shu'basidagi «s» qirradi (tomoni) uzunroq bo'lib, L_4 yoki Li_4 o'qlari yo'nalishlariga parallel joylashadi. Gorizontall ravishda ikkita «a» va «b» qirralari esa bir-biriga teng va o'zaro perpendikular hamda L_2 o'qlariga parallel vaziyatda bo'ladi. Shuning uchun $a=b \neq c$; $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$. Tetragonal singoniya elementar shu'basining shakli tetragonal prizma bilan pinakoidning kombinatsiyasidan iborat ekanligini anglab olish murakkab emas (60-rasm, b).

Rombik singoniya elementar shu'basi qirralari uchta ikkinchi darajali o'qlariga yoki bitta ikkinchi darajali o'qqa parallel va ikkita simmetriya tekisligiga ($L22P$) perpendikular holda tanlanadi. Qirralari bir-biriga nisbatan perpendikular joylashishiga qaramasdan ular o'zaro simmetriya elementlari bilan bog'lanmagan. Demak, bir-biriga teng emas. Xulosa qilib aytsak, rombik singoniya elementar shu'basi g'isht shakliga o'xshaydi (60-rasm, v): $a \neq b \neq c$; $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$.

Yakka ikkinchi darajali simmetriya o'qiga yoki simmetriya tekis-

ligiga perpendikular holda joylashgan qirrani monoklin singoniyasi parallelopipedining (elementar shu'basining) "b" qirradi deb qabul qilindi. Elementar shu'baning qolgan ikkita «a» va «b» qirralari uchun, ikkinchi darajali o'qqa perpendikular yoki simmetriya tekisligida yotgan o'zaro teng bo'lmagan (har xil uzunlikdagi) qirralar xizmat qiladi. Bunday parallelopipedning ko'rsatkichlari quyidagicha bo'lishi mumkin (60-rasm, g): 90° aNb; $a=b=c=90^\circ$.

Triklin singoniyasida simmetriya o'qlari va tekisliklari bo'lmaganligi uchun parallelepiped qirralarini bu singoniya kristallari elementar shu'balardagi istagan uchta tomon bilan moslashtiriladi. Natijada qirralari har xil uzunlikda bo'lgan qiyshiq burchakli elementar shu'ba yuzaga keladi (60-rasm, d): 90° aNbNc; $a=b=c=90^\circ$.

Geksagonal (trigonal) singoniyasida «s» qirradi oltinchi darajali simmetriya o'qlari (L6 yoki Li6) bo'ylab o'tkaziladi. «a» va «b» ularga perpendikular joylashgan ikkita qirraga mos keladi deb qabul qilindi. Bunday parallelepipedlar uchun: $a=bNc$; $a=b=90^\circ$ $c=120^\circ$. Ko'rinib turibdiki, geksagonal singoniyasida yuqorida keltirilgan singoniya shu'basi bilan elementar shu'baning bir-biriga mos bo'lishi haqidagi birinchi shart bajarilishi mumkin emas, chunki oltinchi darajali simmetriya o'qli parallelepiped bo'lishi mumkin emas. Hosil qilingan elementar shu'baning geksagonal singoniyasiga to'g'ri kelmasligini isbotlash uchun ko'pincha unga yana bir-biriga nisbatan 120° burilgan ikkita elementar shu'ba qo'shiladi. Natijada uchta elementar shu'baning jipslashishidan bitta geksagonal prizma shakli yuzaga keladi (60-rasm, j). Trigonal singoniyasidagi L3 yoki Li6 o'qlarini elementar shu'baning «s» qirrasiga mos keladi deb qabul qilib va bu o'qlar atrofida takrorlanadigan ikkita qirrani shu'baning «a» va «b» qirralari bilan moslashtirilsa, yuqorida keltirilgan geksagonal parallelepiped (shu'basi) hosil bo'ladi: uchun: $a=bNc$; $a=b=90^\circ$ $c=120^\circ$. Trigonal singoniyasi fazoviy panjara tugunlarining boshqacha joylashishi, qirralari yakka L3 o'qi bilan bog'langan va unga nisbatan qiyshiq burchak hosil qilib joylashgan romboedr shaklidagi parallelepiped tanlab olishga imkoniyat beradi (60-rasm, e). Uning ko'rsatkichlari quyidagicha: $a=b=s$; $a=b=c=90^\circ$. Ayrim olimlar trigonal va geksagonal panjaralari bir xil elementar shu'badan iboratligini nazarda tutib, ularni umumlashtirib geksagonal singoniyasi nomi bilan yuritishni tavsiya etadi. Bizning fikrimizcha, ular alohida nomlangan maqsadga muvofiqdir. Chunki o'xshashligi bilan bir qatorda farq qiladigan belgilari ham ko'p. Shunday qilib, biz barcha singoniyalar elementar shu'balarning

shakllari bilan tanishib chiqdik. Ko'rinib turibdiki, fazoviy panjara tugunlari doimo shu balar cho'qqilarida joylashadi. Bundan tashqari, ular ba'zan elementar shu balarning markazlarida yoki tomonlari markazlaridan ham o'rin oladi. Lekin tugunlar qirralarida joylashmaydi. 11-jadvalda o'n to'rtta O.Brave fazoviy panjara shu balarning singoniyalar bo'yicha taqsimlanishi ko'rsatilgan. Undagi chizmalardan ko'rinib turibdiki, shu balar primitiv (R), asoslari markazlashgan (S), hajmi markazlashgan (I), qo'shaloq markazlashgan (R) va tomonlari markazlashgan (F) bo'lishi mumkin.

Fazoviy panjara tugunlari elementar shu baning cho'qqilarida joylashsa, bu primitiv (F) tur hisoblanadi. Tugunlar cho'qqilarida va o'zaro parallel bo'lgan ikkita tomonlar markazlarida joylashsa bunga hajmli markazlashgan (I); cho'qqilarida va tomonlarida ikkitadan tugun joylashgan shu balar geksagonal singoniyasi shu basiga (R) yoki romboedrik shu baga taalluqli; tugunlar cho'qqilarda va tomonlar markazlarida joylashsa, tomonlari markazlashgan (F) elementar shu balar deb ataladi. Bundan tashqari, 11-jadvalda shu balarning singoniyalar bo'yicha taqsimlanishi ham aks ettirilgan. Masalan, triklin singoniyasida bitta primitiv elementar shu ba, monoklin singoniyasida 2 ta shu ba – bittasi primitiv, ikkinchisi asoslari markazlashgan, rombik singoniyasida 4 ta primitiv, asoslari markazlashgan, hajmli markazlashgan va tomonlari markazlashgan turdagi shu balar mavjud. Trigonal (romboedrik) singoniyasida esa 2 ta primitiv va hajmli markazlashgan shu ba turlari ajratilgan. Geksagonal singoniyasida asoslari markazlashgan bitta shu ba, kubik singoniyasida esa 3 ta primitiv, hajmli markazlashgan va tomonlari markazlashgan shu ba turlari ma'lum.

Asosiy mazmun shundan iboratki, biz O.Brave elementar shu balari andazalari yordamida kristallarning ichki tuzilishlarini to'liq tushuntira olamiz va ularni ko'z oldimizga keltira olamiz. Buning uchun bir turdagi, bir xil o'lchamdagi elementar shu balarni uch o'lchamda bir-biriga parallel holda taxlab chiqish kifoya. Bunday bir-biriga teng, o'xshash shu balarni ayniyatli (aynan o'xshash) shakllar deyiladi. Ayniyatli shu balarni uch o'lchamda o'z-o'ziga parallel joylashtirish (qalashtirish) translyatsiya deb ataladi. Demak, har bir shaklli, ayniyatli O.Brave elementar shu basining andazasini bir-biriga nisbatan uch o'lchamda muttasil translyatsiya qilish natijasida real kristallarning ichki tuzilishini hosil qilish mumkin. O.Brave shu balarning amaliy mohiyati ham shundan iborat. Masalan, osh

tuzi (NaCl) ichki tuzilishini olaylik. Uning ichki tuzilishini primitiv kub elementar yacheykasining translyatsiyasi sifatida tasavvur qilish mumkin.

Agar har bir elementar shu'bani bu kristalning bir bo'lagi, o'ziga alohida mustaqil kristall deb faraz qilinsa, unda bu cheklangan kub shaklining simmetriya elementlari uning elementar shu'basida ham takrorlanishi muqarrar. Bizga ma'lumki (5-bob), o'zaro simmetriya elementlari orqali bog'langan tomonlar yig'indisi oddiy shakl deyiladi. Demak, har bir elementar shu'bani bitta oddiy mikroshakl deb qarash mumkin. Bunda oddiy mikroshakllar bu kristalda son-sanoqsiz. Shuning uchun ular cheksiz shakllar deb nom olgan. Mikroshakllar kattaligi angstrom birligi bilan o'lchanadi ($1 \text{ E} = 10^{-3} \text{ sm}$). Kubik singoniyasiga taalluqli cheksiz shakllar (elementar shu'balar) tomonlarining uzunligi 5 – 6 dan 11 – 12 E gacha bo'ladi. Cheksiz shakllarning simmetriya elementlarini aniqlashda cheklangan shakllarga xos bo'lgan sakkizta simmetriya elementlaridan tashqari translyatsiya usuli, sirg'anma siljish tekisligi, 2,3,4 va 6 darajali vintsimon o'qlar hisobga olinadi. Cheksiz shakllar mavjudligi va ularning simmetriya elementlari geometrik uslublar bilan isbotlangan.

II BO'LIM

MINERALOGIYANING TEKSHIRISH USULLARI

Tabiiy kimyoviy birikmalar tarkibini to'liq va batafsil aniqlash kerak bo'lgan holatda ko'pincha quyidagi: rentgenometrik, termik, spektral, kimyoviy tahlil, lyuminessent tahlil, shlix tahlili, elektron mikroskop tekshirish, eksperimental tadqiqotlar usullari qo'llaniladi.

Rentgenometrik tahlil. 1895 yili nemis fizigi Rentgen ichiga ikkita elektrod kavsharlangan shisha naychadan havoni 10 – 5 mm simob ustuni bosimigacha haydab chiqarib, undan elektr toki o'tkazilganda, elektrodlarda o'ziga xos ko'zga ko'rinmaydigan nurlar chiqishini aniqlaydi, bu nurlar keyinchalik rentgen nurlari deb ataldi. To'liq uzunligi 10 – 2 102Å bo'lgan elektromagnit to'liqlar rentgen nurlari deyiladi. Rentgen nurlari turli asboblarda olinadi. Lekin ularning hammasida nur olish bir xil prinsipga, ya'ni qatorga yuqori kuchlanish berilganda o'zidan elektronlar chiqarishi va bu elektronlar harakati yo'nalishida joylashgan, qarama-qarshi qutblangan elektrodga urilishi natijasida antikatordan juda katta tezlikda zarrachalar otilib chiqishiga asoslangan.

Tekshirilayotgan moddalarning kristall yoki amorf holatdaligini va ularning tuzilishini rentgen nurlari minerallarning kristall panjarisiga tushirilganda struktura elementlari bilan ta'sirlanishi natijasida hosil bo'ladigan difraksion manzara yordamida aniqlash mumkin.

Kristall holatdagi har qanday modda aynan shu modda uchun mos bo'lgan strukturaga ega bo'lib, undagi ionlar (atomlar) o'ziga xos tartibda joylashadi. Ma'lumki, ba'zi minerallarning kimyoviy tarkibi bir xil bo'ladi. Masalan, rutil-brukit-anataz, kvars-tridimit-kristaboliit yoki kalsit-aragonit minerallarning kimyoviy tarkibi o'xshash, lekin ular strukturasini tashkil qilgan zarrachalarning bir-biriga nisbatan turlicha joylashganligi bu moddalar strukturasidagi va boshqa xossalariidagi farqni keltirib chiqaradi. Ikkinchi tomondan, kimyoviy tarkibi bir-biridan boshqacha bo'lgan bir qancha minerallar, masalan, flyuorit, uraninit, serianit, tarianit va boshqalarga kation va anionlarning joylashishi o'xshash bo'ladi. Bu moddalarning strukturaviy parametrlari kimyoviy tarkibiga bog'liq ravishda bir-biridan farq qiladi. Kristall panjara tekisliklari orasidagi masofaning qiymati minerallar strukturasida haqida ancha aniq ma'lumot beradi, chunki u ion va atomlar joylashishi davriyligi bilan bog'liq. Atom-

lar tekisliklari esa atomlarning fazoviy panjarada koordinata o'qlariga nisbatan joylashishiga bog'liq.

Debay usuli shunday muhim afzalliklarga egaki, u mineral massalarni shu bilan birga yashirin kristallangan va mayin dispers moddalarni ham o'rganishga imkon beradi. Odatda debaygramma deb aytiladigan rentgenogramma maxsus kamerada yorug'lik sezuvchi plyonkaga tushirib, olinadi, shu plyonka ishlanganidan keyin unda to'q-ochligi turli bo'lgan chiziqlar-yoychalar ko'rinadi (tekshirilayotgan modda kukuni bo'laklarining zichroq joylashgan tekisliklaridan qaytgan rentgen nuri konuslari bilan hosil qilingan halqalarning qismi). Olingan debaygrammani tashqi ko'rinishidan tekshirilayotgan moddaga o'xshab ketadigan tekshirib ko'rilgan boshqa moddalar debaygrammasi bilan taqqoslab (chiziqlarning to'q ochligiga va tekisliklar orasidagi hisoblab chiqilgan masofaga qarab) berilgan mineralni aniq bilish mumkin.

Termik tahlil amaliy ish uchun N.S.Kurnakov tomonidan kiritilgan bo'lib, u haroratning ko'tarilishi bilan o'sha tekshirilayotgan mineralda yuz beradigan o'zgarishlarga fizik va kimyoviy almashinishlarga (suvning ajralishi, oksidlanishi, qaytarilishi, boshqa polimorf turiga o'tish va h.k.) bog'liq bo'lgan endo va ekzotermik effektlarni bilish maqsadida moddalarning qizdirish (yoki sovitish) egri chiziqlarini olishdan iboratdir.

Bu usul mineralogiya'ning amaliy ishlarida ko'z bilan (yoki boshqa usul bilan) aniqlash qiyin bo'lgan yashirin kristallangan va mayin dispers moddalarni tekshirishda qo'llaniladi. Bir qator mineral mahsulotlar (kaolin, glinozem gidratlari, temir gidrooksidlari, karbonatlar, xloritlar va boshqa minerallar) uchun mineral turlarini aniqlashga yordam beradi.

Kimyoviy tahlil – bu asosiy tekshirish usulidir. To'liq kimyoviy tahlildan og'irlik foizi hisobida olingan ma'lumotlarni mineralning kimyoviy formulasini aniqlash uchun atom (molekular) miqdoriga aylantirib hisoblanadi. Shu maqsadda har qaysi elementning (oksidning) og'irlik miqdorini atom og'irligiga (oksidning «molekular» og'irligiga) bo'linaadi. Olingan son mineral tarkibiga kiruvchi shu elementlarning (oksidlarning) qanday nisbatda bo'lganligini ko'rsatishi lozim. Shuni uqitirib o'tish kerakki, komponentlar (elementlar)ning kimyoviy tahlillardan olingan ma'lumotlardan hisoblab chiqilgan nisbati, o'sha tahlillarning yetarli darajada juda aniq bo'lmasligidan yoki boshqa sabablarga ko'ra, hech vaqt butun sonlar nisbatida bo'lmaydi. Buni ko'rsatish uchun ikkita tahlil keltiramiz.

11-jadval
Burnonitning kimyoviy tahlili ma'lumotlari

	% og'irligiga ko'ra	Atom og'irligi	Atom miqdori	Nisbati
Pb	42,75	207,2	0,204	1
Cu	12,77	63,6	0,201	1
Sb	24,76	121,8	0,206	1
S	19,40	32,0	0,606	1
Jami	99,68			

Shunday qilib, minerallarning kimyoviy formulasi PbCuSbS_3 shaklida yozilishi kerak.

12-jadval
Rodonitning kimyoviy tahlili ma'lumotlari

	% og'irligiga ko'ra	Molekulyar og'irligi	Molekulyar miqdori	Nisbati
SiO_2	46,06	60,1	0,767	1
Al_2O_3	0,11	101,9	0,001	-
Fe_2O_3	Yo'q	-	-	-
FeO	1,83	71,8	0,025	1
MnO	44,76	70,9	0,630	1
CaO	6,59	56,1	0,117	1
Jami	99,35			

Bu mineralning formulasini ($\text{Mn, CaO} \cdot \text{SiO}_2$) yoki (Mn, Ca SiO_3) shaklida ifoda etish mumkin.

Atom og'irliklari Mendeleev jadvalidan olinadi. Oksidning molekulyar og'irligi elementlar atom og'irligi yig'indisidan tashkil topadi, masalan: SiO_2 uchun $u = 28,1 + 2 \times 16,0 = 60,1$.

Rentgen spektral (rentgen-kimyoviy) tahlilni tekshirish maqsadida moddaning katod nurlari ta'sirida shu modda tarkibida ishtirok etayotgan kimyoviy elementlarning o'ziga xos, to'liq uzunligiga ega bo'lgan rentgen nurlari chiqarishiga asoslangan.

Lyuminessent tahlil. Lyuminessensiya hodisasi qorong'ida yaxshi ko'rinadi. Shunday xususiyatga ega bo'lgan minerallar nur ta'sirida biror rangga bo'yalgandek ba'zan ochiq rangli bo'lib yarqirab ko'rinadi.

Oddiy ko'z bilan ko'rib aniqlash qiyin bo'lgan minerallarning tog' jinslardagi hol-xol donalarini shunday yo'l bilan aniqlash juda osondir. Masalan, sheelit (CaWO_4) kabi shunday muhim ahamiyatli mineral simobli kvars lampasi ostida chiroyli havorang (bazan ko'kimsir) yoki sarg'ish-yashil rangli bo'lib, flyuorit CaF_2 tiniq ko'k tusli bo'lib flyuoressentsiyalanadi va boshqalar. Tarkibida uran, turlicha tarkibli bitumlari bo'lgan bir qator minerallarning shunday nur chiqarishi juda yaqqol ko'rinib turadi.

Shlix tablili. Shamol ta'siri ostida tog' jinslari va ma'danlarning nurashi natijasida yer yuzida parchalanishga bardoshli minerallar to'planadi. Ular orasida kimyoviy barqaror minerallar – kvars, magnetit (Fe_3O_4), sirkon (ZrSiO_4), turmalin, rutil (TiO_2), ba'zan kassiterit (SnO_2), oltin, platina va boshqa minerallar saqlanib qoladi. Ular oqin suvlar bilan yuvilib, soylar va dengiz qirg'oqlari bo'ylab yotqizilgan jinslar orasida sochilma kon shaklida to'planadi. Shu bo'shoq jins namunalari oddiy asbob-uskunalar yordamida yuvib, shlix deb aytiladigan eng og'ir minerallar konsentrati olinadi.

Shlixlardagi minerallarning diagnostikasi va miqdorini aniqlash uchun olingan materialning o'rtacha hajmidagi namunasi (10-20 g miqdorda) avvalo standart elaklardan o'tkaziladi va donalarning katta-kichikligiga qarab fraksiyalarga ajratiladi. Shundan keyin har qaysi fraksiyalar magnit yordamida magnitli fraksiyaga ajratib olinadi. Magnit tortmagan qoldiq elektromagnit yordamida har xil magnit tortuvchi (berilayotgan tok kuchiga qarab) yana bir qator fraksiyalarga ajratilib, shundan keyin minerallarni solishtirma og'irligiga ko'ra, maxsus suyuqliklarga (bromoform, Tule suyuqligi va boshqa) solib, maxsus bo'lgich yoki oddiy kimyoviy voronkalarda ajratiladi.

Minerallarning shunday usullar bilan olingan fraksiyasi avval binokulyarda ko'rib, tashqi belgilariga (donalarining shakli, shaffofligi, yaltirashi, rangi, qattiqligi va boshqa xususiyatlariga) qarab terib olinadi, undan keyin muayyan sindirish ko'rsatkichiga ega bo'lgan immersion suyuqliklar yordamida optik konstantalari aniqlanadi va zarur bo'lgan hollarda mikrokimyoviy sifat reaksiyalari, spektral, lyuminessensiya va boshqa tekshirish usullari qo'llaniladi. Shaffof bo'lmagan ma'dan minerallarni sementlovchi moddalar yordamida yaxlitlab, ulardan jilolangan shlif tayyorlanadi va ularni tekshirish mikroskopda qaytgan yorug'lik nuri ta'sirida olib boriladi.

Elektron mikroskopda tekshirish. Ma'lumki, mikroskopning ko'rish chegarasi (katta-kichikligiga ko'ra, juda mayda zarrachalarni ko'rib ajratish mumkin bo'lgan qobiliyati) ko'p jihatdan teksxiralayotgan jism ustiga tushayotgan yorug'likning to'lqin uzunligiga bog'liq (yorug'lik to'lqin uzunligi qanchalik kichik bo'lsa, mikroskopda shunchalik mayda zarrachalarni ko'rish mumkin). Mavjud optik mikroskoplarning ko'rish qobiliyati unchalik katta emas.

Jinslarni tekshirish uchun «replika usuli» (mayin kolloid yoki kvars-polistirolli va boshqa plyonkalar hosil qilish yo'li bilan o'sha jins yuzasi rasmini tushirib, olish usuli) ham mavjud bo'lib, bu usul kristallar yonlari sathining, shuningdek, minerallardagi reaktiv ta'sir etmagan yuzalarning xossalarni ko'rsatadi.

Eksperimental tahlil laboratoriya sharoitlarida tabiiy jinslar, shuningdek, minerallar tarkibiga mos keladigan sun'iy birikmalarni olishda juda muhim ahamiyatga ega. Shu yo'l bilan, ayrim hollarda tarkibi va shakliga ko'ra, tabiiy minerallarga juda o'xshab ketadigan birikmalarni olish va o'sha minerallarning kristallanishi ham paydo bo'lishini aniqlash mumkin bo'ladi.

Keyingi yillarda laboratoriya usulida tabiatda kam uchraydigan bezak va qimmatbaho minerallarni olish jadal sur'atlar bilan rivojlanmoqda.

8. MINERALLARNING FIZIK XUSUSIYATLARI

Har qanday mineral o'ziga xos biron xususiyat bilan xarakterlanadiki, ana shu xususiyatiga qarab uni doimo boshqa minerallardan ajratish mumkin.

Quyida minerallarning eng ko'p aniqlash ahamiyatiga ega bo'lgan asosiy xususiyatlari ustida to'xtalib o'tamiz. Bunday xususiyatlarga: morfologik xususiyatlar-kristallarning shakli, qo'shaloq kristallar, kristall yonlaridagi chiziqlichalari; optik xususiyatlar shaffofligi, minerallar rangi, chizig'ining rangi, yaltirashi; mexanik xususiyatlar ulanish tekisligi, sini-shi, qattiqligi, mo'rtligi, qayishqoqligi, shuningdek, solishtirma og'irligi, magnit tortishi, radioktivligi va boshqa xususiyatlari kiradi.

8.1. Minerallarning morfologik xususiyatlari. Kristallar shakli. Har qanday jismning bo'shliqda uch o'lchamda bo'lishiga qarab, xilma-xil shaklli kristallar va kristallangan donalar orasida avvalo quyidagi asosiy turlar ajratiladi.

1. Izometrik shakllar, ya'ni bo'shliqda hamma uch yo'nalish bo'yicha barobar rivojlangan shakllar. Granat rombododekaedrlari, magnetit oktaedrlari, pirit kublari va boshqalar buning misoli bo'lishi mumkin.

2. Bir yo'nalish bo'yicha cho'ziq shakllar, ya'ni prizmatik ustunsimon, nayzasimon, ignasimon, qildek kristallar, tola-tola bo'lib tuzilgan kristallar. Masalan: akvamarin, turmalin, antimonit va boshqa mineral kristallari.

3. Uchinchi yo'nalish qisqaligicha saqlangan ikki yo'nalish bo'yicha cho'ziq shakllar. Bularga tabletkasimon, qavat-qavat, varaq-varaqa va tangachalar shaklidagi kristallar kiradi. Masalan, gematitning (Fe_2O_3) qavat-qavat holida topiladigan kristallari, slyudalar va boshqalardan iborat. Ana shu asosiy shakl turlari biri ikkinchisiga o'tadigan o'tkinchi shakllar ko'p tarqalgan. Masalan, distenning (Al_2SiO_5) ikkinchi va uchinchi turlar orasida bo'lgan (yassi ustunsimon kristallar) taxtachasimon kristallari: shakliga ko'ra, birinchi va ikkinchi turlar orasida bo'lgan korundning (Al_2O_3), bochkasimon kristallari yoki kalsitning (CaSO_3) sklenoedrik shakllari, linzaga o'xshash (birinchi va uchinchi turlar o'rtasida bo'lgan) shakllar – sfenning (SaTiSiO_5), monat-sitning (SeRO_4) va boshqa minerallarning yassilangan kristallari shular jumlasidandir.

8.2. Minerallarning shaffofligi. Minerallarning o'zidan nur o'tkazish xususiyati ularning shaffofligi, deb ataladi.

Hamma minerallar shaffoflik darajasiga qarab quyidagi guruhlariga bo'linadi:

- Shaffof minerallar: tog' billuri, island shpati, topaz va boshqalar;
- Yarim shaffof – zumrad, sfalerit, kinovar va boshqalar;
- Shaffof bo'lmagan minerallar – pirit, magnetit, grafit va boshqalar.

8.3. Minerallarning rangi. Tabiiy kimyoviy birikmalarning rangi kelib chiqishiga ko'ra, uch xil bo'ladi: 1) idioxromatik, 2) alloxromatik va 3) psevdoxromatik.

Idioxromatik. Tabiiy birikmalarning rangi minerallarning ichki xususiyatlari bilan bog'liqdir. Masalan, qora rangli magnetit ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$), sariq pirit (FeS_2), to'q qizil kinovar (HgS), misning yashil va ko'k rangli kislorodli tuzlari (malaxit, azurit, feruza va boshqalar), to'q-ko'k rangli lazurit.

Minerallarning shunday o'ziga xos rangi idioxromatik rang deyiladi. Bular har xil minerallarda turli sabablar bilan bog'liq ravishda namoyon bo'ladi.

Juda ko'p minerallarda rangning paydo bo'lishi tarkibida (xromofor) u yoki bu kimyoviy elementning ishtirok etishiga bog'liq. Bunday xromoforlar jumlasiga: Ti, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, ya'ni Mendeleevning kimyoviy elementlar jadvalining markazidan joy olgan temir guruhi elementlari, ba'zan – W, Mo, U, Cu va TR elementlarining natijasida yuzaga keladi.

Alloxromatik. Mineral rangining o'zgarishini ko'rsatuvchi xususiyat. Masalan, odatda rangsiz, ko'pincha butunlay shaffof kristallar bo'lib topiladigan kvars (tog' billuri) ko'rkam gunafsha rangli (ametist), pushti, sarg'ish-qo'ng'ir (temir oksidlari bo'lgani uchun), tilla rang (sitrin), kulrang yoki tutun rang (rauxtopaz), to'q qora (morion), nihoyat sutdekoq ham bo'lishi mumkin. Xuddi shunga o'xshash osh tuz galit-oq, kulrang, qo'ng'ir, pushti va ba'zan ko'k rangli bo'lishi mumkin.

Pseudoxromatik. Ayrim shaffof minerallarning rangi ba'zan xilma-xil bo'lib tovlanib turadi, bu tushayotgan nurning ulanish tekisligi darzlari ichki yuzalaridan, ba'zan qandaydir aralashmalar yuzasidan qaytishi interferensiyasi bilan bog'liq. Misol uchun suv ustida suzib yurgan kerosin, yog' va neftning har xil «kamalak rangidek» tovlanib turadigan pardasini kuzatish mumkin. Bu shaffof moy po'stining ostki (suvdan ajratib turadigan) va ustki (havo bilan cheklangan) yuzlaridan qaytgan yorug'lik nurining interferensiyalanishi bilan bog'liqdir.

Bunday aldamchi rang hodisasi qattiq shaffof minerallarda ham bo'ladi. Labradorit minerali bunga ajoyib misoldir. Uning ayniqsa, jilolangan yuzasiga ma'lum burchak bilan qaraganda chiroyli ko'k va yashil bo'lib tovlanadi. Bu hodisani "prizatsiya" deyiladi, ya'ni mineral tarkibiga ko'ra, asosiy massadan ajralib turadigan minerallarning yupqa plastinkachalari aralashmasi borligi bilan bog'liq bo'lsa kerak.

Amaliyotda minerallarning rangi aniq bo'lgan jism yoki modda rangi bilan taqqoslanib, qiyosiy aniqlanadi. Shuning uchun ham minerallarning rangi ko'pincha qo'sh nom bilan yuritiladi. Masalan: sutdek oq, asaldek-sariq, jezdek-sariq, qirmizi-qizil, zumraddek-yashil, olmadek yashil, jigarrang-qo'ng'ir, qo'rg'oshindek kulrang, qalaydek oq va h.k. Bunday aniqlashlar qiyosiy (nisbiy) bo'lishiga qaramay, ular qabul qilingan va mineralogiya oid jahon adabiyotida uchraydi.

Quyidagi minerallarning rangi doimiy bo'ladi:

1. Gunafsha rang – ametist	9. Qalayi – oq-arsenopirit
2. Ko'k – azurit	10. Qo'rg'oshin kulrang – molibdenit
3. Yashil – malaxit	11. Po'lat-kulrang – aynama ma'dan
4. Sariq – auripigment	12. Temir-qora – magnetit
5. Sarg'ish-qizil – krokoit	13. Havo rang – kovellin
6. Qizil – kinovar (kukuni)	14. Mis-qizil-sof tug'ma mis
7. Qo'ng'ir – limonitning g'ovak xili	15. Jezdek sariq – xalkopirit
8. Sarg'ish-qo'ng'ir – limonit	16. Tilla-sariq – oltin

8.4. Solishtirma og'irlik. Solishtirma og'irlik kristallarning asosiy fizik xususiyatlaridan biri bo'lib, u kristallning kimyoviy tarkibi, tarkibidagi izomorf aralashmalarining o'zgarishini, fazoviy panjaralar shu'balarining va shu'balar tarkibidagi formula birligini aniqlashda katta ahamiyatga ega.

Kristall (jism) og'irligining hajmiga nisbati solishtirma og'irlik deyiladi, ya'ni kristall og'irligini (grammda) uning 4o S sharoitdagi hajmiga teng bo'lgan suv og'irligi nisbatiga teng. Agar kristallning havodagi (bo'shliqdagi) og'irligini r va suvga tushirib, tortilgan og'irligini r_1 harflari bilan belgilasak, u holda kristall solishtirma og'irligini qo'yidagicha ifodalash mumkin:

$$D = \frac{R}{R - R_1}$$

Bundan tashqari, kristall solishtirma og'irligini, solishtirma og'irliklari aniq bo'lgan va suvda yoki benzolda eriydigan maxsus og'ir suyuqliklar yordami bilan o'lchash mumkin. Masalan, bromoform suyuqligining solishtirma og'irligi 2,88 ga teng, benzolda eriydigan suyuqlik metilenyodid solishtirma og'irligi 3,32 ga barobar, solishtirma og'irligi 4,25 ga teng bo'lgan suvda yaxshi eriydigan Klerichi suyuqligi shular jumlasidandir. Bu usul bilan kristall solishtirma og'irligini aniqlash uchun uni yuqorida ko'rsatilgan og'ir suyuqliklardan birontasiga tushiriladi. Kristall solishtirma og'irligi suyuqliknikidan katta (og'irroq) bo'lsa u suyuqlikda cho'kadi, yengil bo'lsa suyuqlik, yuzasida qalqib yuradi. Solishtirma og'irliklari bir-bi-

riga teng bo'lsa suyuqlik solingan probirkaning o'rta qismida turadi. Bu usul bilan mayda kristallarning solishtirma og'irliklari aniqlanadi.

Kristall solishtirma og'irligini (D) uning molekular og'irligini (M), elementar shu'ba hajmini (V) va formula birligining miqdorini (molekulasini) « n » o'zaro bog'laydigan formula yordami bilan ham aniqlash mumkin:

$$D = nM/NV$$

N – Avogadro soni, $6,02 \cdot 10^{23}$ ga teng.

Kristallarning solishtirma og'irligi ularning tarkibidagi kimyoviy elementlarning atom og'irligiga, ionlarining radiuslariga, valentligiga va ichki tuzulishlariga bog'liq. Kristallarning tarkibidagi elementlar atom og'irliklari bilan ularning solishtirma og'irliklari o'rtasida to'g'ri mutanosiblik mavjud, ya'ni atom og'irliklari oshishi bilan solishtirma og'irliklari ham orta boradi. Kristallar tarkibida Mendeleev kimyoviy jadvalining yuqori – qismida joylashgan elementlar qatnashsa, ularning solishtirma og'irligi 2 – 3,5ga teng pastki qismidagi elementlar bo'lsa, og'irroq 3,5 – 10 ga barobar.

Bu qonuniyatni «sulfatlar guruhiga» mansub bo'lgan minerallarda yaqqol ko'rish mumkin (13-jadval).

13-jadval
Kation atom og'irligi bilan solishtirma og'irlik
o'rtasidagi bog'lanish

Mineral nomi	Kimyoviy formulasi	Solishtirma og'irligi	Kation atom og'irligi
Angidrid	CaSO_4	2,98	40,08
Selestin	SrSO_4	3,97	87,63
Barit	BaSO_4	4,50	137,36
Anglezit	PbSO_4	6,38	207,21

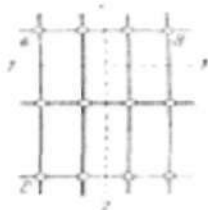
Tarkibida «qo'shimcha» (OH , F) anionlari ishtirok etgan kristallarning solishtirma og'irligi pasayadi. Masalan, serusitning (PbCO_3) solishtirma og'irligi 6,5 ga teng, gidroserussit ($\text{Pb}_3[(\text{OH})\text{CO}_3]_2$) va fosgenit $\text{Pb}_2[\text{CO}_3]\text{Cl}_2$ solishtirma og'irliklari 6,1 gacha pasayadi.

Kristall tarkibidagi izomorf aralashmalar ham uning solishtirma og'irligiga ta'sir etishi mumkin.

Ulanish tekisligi. Kristallarning ma'lum yo'nalishlari bo'yicha aniq tomonlariga yoki bo'lish mumkin bo'lgan atomlariga parallel holda silliq

yuza hosil qilib sinishiga (ajralishiga) ulanish tekisligi deyiladi. Ulanish tekislilik darajasiga, yangi silliq yoki notekis yuza hosil qilib sinishiga qarab ulanish tekislik bir necha turga bo'linadi: juda silliq yuzali (slyudalar), silliq yuzali (kalsit, galenit) aniq yuzali (ortoklaz, amfibollar), notekis yuzali (kvars). Sinish shakliga qarab-notekis, donasimon, yoysimon, zirapchasimon, ninasimon turlariga ajratiladi.

Simmetriya turlariga binoan, kristallar faqat bitta yo'nalishda (slyudalar), ikkita yo'nalishda (ortoklaz, amfibollar, piroksenlar), uchta yo'nalishda (galit, galenit, kalsit) va undan ham ko'proq (flyuorit) yo'nalishlarda sinishi mumkin. Ularning ulanish tekisliklik darajalari har bir yo'nalishda, har xil yuzali bo'lish mumkin. Masalan, slyudalar faqat bitta yo'nalishda osongina (001) pinakoidi bo'yicha yupqa, silliq varaqalarga ajraladi. Angidrid mineralining, ulanish tekisligi uch yo'nali-shi bo'lib: birinchi (001) yo'nalishi bo'yicha silliq yuzali; ikkinchi (010) yo'nalishida aniq yuzali; uchinchi (100) yo'nalishida notekis yuza-li bo'ladi. Kristall ulanish tekisligi bilan uning ichki tuzilish orasida uz-viy bog'lanish mavjud. Chunki ulanish tekisligi kristallning fazoviy pan-jarasidagi tugunlarning siyrakroq joylashgan yo'nalishga mos keladi.



61-rasm. 1-1 yo'nali-shi bo'yicha, 2-2 yo'nalishiga nisbatan osonroq ajraladi.

61-rasmda fazoviy panjaraning turli tekisligi ifo-dalangan va undagi tugunchalarning (atomlarning, ionlarning) AV yo'nalishida AS yo'nalishiga nisbatan bir-biriga yaqinroq joylashganligi ko'rsatilgan. Bun-day fazoviy panjarali kristallni AV yo'nalishi bo'yicha sindirish uchun AS yo'nalishiga nisbatan ko'proq kuch sarf qilish kerak. AS yo'nalishi bo'yicha tugun-lar bir-biridan uzoqroq joylashganligi uchun ularning o'zaro tortish (bog'lanish) kuchi AV yo'nalishidagi tu-gunlarga nisbatan kamroq (zaifroq). Shu sababli AS yo'nalishi bo'yicha osongina sinadi. Kristall ulanish tekisligi shu yo'nalishga mos keladi. Umumlashti-

rib aytganda kristallarning ulanish tekisliklari o'zaro zaif bog'langan turli tekisliklarga parallel holda o'tadi. Bu turli tekisliklar bir-biridan uzoqroq joylashgan bo'ladi. Bu xususiyat dastavval O.Brave tomonidan bayon etilgan bo'lib, ko'pincha to'g'ri keladi. Lekin G.V.Vulf tomonidan taklif etilgan kristall tarkibidagi elementlarning kimyoviy bog'lanish jipslashish kuchlarini ham hisobga olish zarur.

8.5. Qattiqlik. Qattiqlik – deb jismlarning tashqi ta'sir etuvchi mexanik kuchga qarshilik ko'rsata olish darajasiga aytiladi. Bugungi

kunda kristallarning faqat nisbiy qattiqligini aniqlash mumkin. Mutloq qattiqligini aniqlash usuli hali ishlab chiqilmagan. Ularning nisbiy qattiqligini aniqlaydigan, amaliyotda keng ko'lamda qo'llaniladigan oddiy usullar juda ko'p. Bu usullar asosan kristallarning biri ikkinchisining tomonlari yuzasida iz (chiziq) qoldirishga asoslangan. Qattiqligi yuqoriroq bo'lgan mineral undan yumshoqroq bo'lgan mineral yuzasida iz qoldiradi. Iz qoldirgan mineral qattiqligi yuqoriroq degan xulosa chiqariladi.

1822 yili Avstriya mineralogi Fridrix Moos (1773 – 1839) tomonidan etalon sifatida nisbiy qattqlik jadvali (shkalasini) ishlab chiqildi (14-jadval).

14-jadval
F.Moos qattqlik jadvali

Mineralning nomi	Nisbiy qattqligi	Kimyoviy formulasi	Singoniyasi
Talk	1	$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$	Monoklin
Gips	2	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	monoklin
Kalsit	3	$CaCO_3$	Trigonal
Flyuorit	4	CaF_2	Kubik
Apatit	5	$Ca_5[PO_4]_3 (F,Cl)$	Geksagonal
Ortoklaz	6	$K [AlSi_3O_8]$	Monoklin
Kvars	7	SiO_2	geksagonal
Topaz	8	$Al_2[SiO_4] F_2$	Rombik
Korund	9	Al_2O_3	Trigonal
Olmos	10	S	Kubik

Qattqlik jadvali har xil qattqlikdagi o'nta minerallardan iborat bo'lib, eng yumshoq-talkdan boshlab to olmosgacha qattqligi tobora oshib boradigan qonuniyatlikka asoslangan. Bu jadvaldagi har bir keyingi mineral oldinda turgan mineralni chizadi (iz qoldiradi). Masalan, qattqligi aniqlayotgan kristall yuzasida qattqligi beshga teng bo'lgan kristall (14-jadval, apatit) iz qoldirsa, bu kristallning o'zi jadvaldagi qattqligi to'rt bo'lgan kristallni chizsa, uning qattqligi 4,5ga teng bo'ladi. Agar aniqlayotgan kristall qattqligi flyuoritga yaqinroq bo'lsa 4,25, apatitga yaqinroq bo'lsa 4,75 – deb belgilanadi.

Qattqlik jadvalida olmos eng yuqori o'rinni egallaydi, chunki shu kungacha olmos yuzasiga iz qoldiradigan kristall (mineral) ma'lum

emas. Uning o'zi barcha kristallarda iz qoldiradi. Demak, olmos qattiqligi bo'yicha birinchi o'rinda turadi. F.Moos jadvali asosida kristall qattiqligini o'lchash nisbiy bo'lishiga qaramasdan, uning yordami bilan ba'zi bir kristallardagi qattqlik anizotropiigi aniqlash mumkin. Masalan, disten kristallining bitta yo'nalishi bo'yicha qattiqligi 4,5ga teng bo'lgan apatit chizadi, flyuorit esa iz qoldirmaydi, ikkinchi yo'nalishi bo'yicha 7ga (topaz iz qoldiradi, ortoklaz esa chizmaydi) teng.



62-rasm. Xrushev
M.M., Berkovich
E.S. Sklerometr.
a – olmos piramidasi,
b – tekshirilayotgan
kristall

Sklerometr (qattqlik o'lchagich) deb nomlangan maxsus asbob yordamida kristallarning (minerallarning) qattqligini aniq o'lchash mumkin. 15-rasmda amaliyotda keng ko'lamda ishlatiladigan sklerometr tasvirlangan. Mikroskopga o'xshash asboba maxsus indikator joylashtirilgan. Indikator uchiga kvadrat shakldagi olmos piramidasi o'rnatilgan. Indikator qattqlikni aniqlaydigan, silliqilgan (sayqallangan) kristall yuzasiga qo'yiladi. Undan keyin ma'lum bir og'irlik ta'sirida indikator uchidagi olmos piramidasi kristall yuzasiga botadi. Bundan hosil bo'lgan chuqurcha tasviri mikroskop tagida ko'rib, chuqurchaning diagonali o'lchanadi va mikroqattqligi aniqlanadi. (Mikroqattqlik mikroskop yordamida 2-3 mm yuzada aniqlangan qattqlik, shunday nom bilan yuritiladi). Mikroqattqlik H bilan belgilanadi va qo'yidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$H = 2 \sin \alpha / 2 \cdot P / d^2$$

α – 1360 ga teng bo'lgan olmos piramidasi tomonlari orasidagi burchak; R – og'irlik (kg hisobida); d – chuqurlik diagonali (mm hisobida). Shu usul bilan hisoblab chiqarilgan mikroqattqlik kg/mm² bilan ifodalanadi. Quyi-da keltirilgan etalon sifatida Moos jadvaldagi minerallarning qattqlik soni professor Xrushev tomonidan aniqlangan:

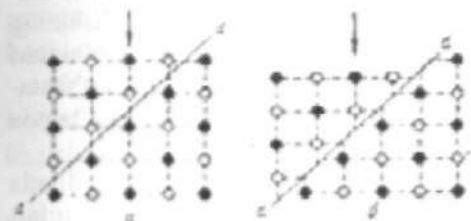
Talk	2,4	Ortoklaz	795
Gips	36	Kvars	1120
Kalsit	109	Topaz	1427
Flyuorit	189	Korund	2060
Apatit	536	Olmos	10060

Qattqlikni aniqroq o'lchaydigan usullar kristallarning yo'nalishlari bo'yicha har xil mikroqattqlikga ega ekanligini tasdiqlashdi, ya'ni qat-

tiqlik anizotropining mavjudligini isbotladi. Kristallar qattiqligi ularning ichki tuzilishlari bilan chambarchas bog'langanligi isbotlandi.

8.6. Mexanik deformatsiyalar. *Deformatsiya so'zi lotin tilidan olingan bo'lib tashqi kuch ta'sirida qattiq jismning hajmi yoki shakli o'zgarishi demakdir.* Tashqi kuchlarning kristallarga ta'sir etish darajasiga qarab mexanik deformatsiya ikkiga bo'linadi: Elastik (egiluvchanlik) va plastik (siljishlik).

Jismlarning, jumladan, kristallarning biron tomoniga yoki qirrasiga katta og'irlik yoki bosim kuchi ta'sir etilsa uning avvalgi vaziyati o'zgaradi (zichlashadi, egiladi, qiyshayadi va h.k.). Agar tashqi ta'sir etuvchi kuch bo'lmasa, kristall avvalgi holatiga qaytadi, bu esa elastik deformatsiyasi deyiladi. Kalsit, slyuda va boshqa minerallar kristallarida bu hodisa yaqqol ko'rinadi.



63-rasm. Osh tuzining (NaCl) (110) tekisligi bo'yicha siljishi (plastik deformatsiyasi)

Yuqorida aytilgan tashqi kuch ko'p vaqtgacha o'z ta'sirini o'tkazib tursa kristallda qaytnas (qaytarib bo'lmaydigan) jarayonlar (fazoviy panjara tugunlarining, to'rtli tekisliklari siljishi, darz ketishi, uzilishi va h.k.) yuzaga keladi. Bunday hodisalar plastik deformatsiya deb ataladi.

Kristaldagi o'zgarish jarayonlar fazoviy panjara to'rtli tekisliklari bo'yicha yuzaga keladi. Bu yo'nalish siljish tekisligi deyiladi. 63-rasmda Osh tuzining to'rtli tekisligi (a) va uning tashqi kuch ta'sirida o'zgarishi (b) aks ettirilgan. Tashqi kuch ta'sirida (strelka bilan ko'rsatilgan) dd tekisligi bo'yicha kristall to'rtli tekisligi tugunlari pastga qarab (o'ng tomondagi qismiga nisbatan) siljiydi, ya'ni plastik deformatsiyasiga uchraydi. Dd-siljish tekisligiga to'g'ri keladi. Bu holatda to'rtli tekislikning (63-rasm, b) bir qismida faqat xlor qatorlari, ikkinchi qismida natriy qatorlari vujudga keladi. Ustki qo'shni turli tekislikda esa xlor ionlari qatoriga qarama-qarshi natriy ionlari qatori joylashadi, aksincha, natriy qatoriga qarama-qarshi xlor ionlari joylashadi.

Kristallarning bunday defomatsiyalanishlari (siljishlari) natijasida qo'shaloqlar paydo bo'lgan holatlar ko'p uchraydi. Masalan, granitoid intruzivlari bilan ohak toshlar tutashgan joylarda (kontaktda) hosil bo'lgan kalsitlarda polisintetik qo'shaloqlar yuzaga keladi.

Plastik deformatsiya tabiiy va sun'iy kristallarda juda ko'p tarqalgan. Ayniqsa, metallarda ko'p uchraydi. Kristall qiyshayishi, egilishi, zirapchaga o'xshab ko'rinishi plastik deformatsiya ta'siri ostida vujudga keladi. Bu esa real kristallar simmetriya elementlarining o'zgarishiga sababchi bo'ladi.

Hozirgi kunda kristallar plastik deformatsiyalarini o'rganish kristallofizikaning eng asosiy muammolaridan biri bo'lib qoldi. Chunki yangi, yuqori sifatli, mustahkam zamonaviy texnika talablariga javob bera oladigan sun'iy kristallarni barpo etishda ularning mexanik xususiyatlariga e'tibor berish zarur.

Yuqorida ko'rsatilganidek plastik deformatsiya natijasida yuzaga keladigan siljish, qo'shaloqlar paydo bo'lish jarayonlari, kristallardagi mayda ko'zga ilg'amas darzlar, fazoviy panjaralarning bir-biriga nisbatan teskari joylashib qolishi, tugunlarning o'rin almashib qolish, dislokatsiyalar (ma'lum yo'nalishlar bo'yicha kristall ichki tuzilishining buzilishi) bilan bog'liq. Kristallarning ichki tuzilishidagi defektlari ularning fizik (mexanik) xususiyatlariga to'g'ridan-to'g'ri ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun hozirgi paytda kristallardagi defektlar keng ko'lamda o'rganilmoqda.

Bu masalaning amaliy ahamiyati ham katta. So'nggi yillarda o'tkazilgan ilmiy tadqiqotlar asosida quyidagi kristall defektlarning turlari aniqlanadi:

1. Nuqta defektlari (kristallning fazoviy panjaralarning tugunlari orasida joylashgan atomlar, bo'sh qolgan tugunlar, kristall rangini o'zgartiruvchi markazlar (atomlar, ionlar) va h.k).
2. Yo'nalish defektlar (dislokatsiyalar).
3. Yuzali defektlar (donachalar chegarasi, qo'shloqlar, ichki tuzilishidagi ma'lum bir qismining siljishi va h.k).
4. Hajmli defektlar (kristall ichidagi bo'shliqlar, begona jinslar aralashmalari va hokazo).

Fan-texnika va gemmologiya sohalarida ishlatiladigan kristallarni defektsiz sun'iy usulda hosil qilish hozirgi kunning dolzarb muammolaridan biri bo'lib qolmoqda.

8.7. Kristallarning tarangligi. Ma'lumki qattiq jismlarga tashqi mexanik kuchlar (siqish, cho'zish, bosish va h.k.) ta'sir etsa, ularning tashqi ko'rinishi va hajmi o'zgaradi, ya'ni oldingi bo'limda aytilganidek deformatsiyalanadi. Agar tashqi kuch ta'siri ma'lum me'yorda bo'lib undan keyin olib tashlansa, qattiq jism o'zining avvalgi holatiga (ko'rinishiga) qaytadi.

Tashqi kuch ta'siri me'yoridan oshib ketsa, qattiq jismning ichki tuzilishi buziladi. Bu qaytmas deformatsiya deyiladi. Qattiq jism deformatsiyalanganidan so'ng o'zining avvalgi holatiga qaytishi qattiq jismning tarangligi, deb ataladi.

Kristallarda ham taranglik hodisasi yaqqol kuzatiladi. Bunga kal-sit, siderit, dolomit, barit, va boshqalar misol bo'la oladi.

Agar kristall uzunligining (cho'zinchoqligining) o'zgarishini $-\lambda$ (lyamda) harfi, bosimni $-R$ bilan belgilasak, yo'nalishli siqilish koef-fitsienti $-K_1$ ni aniqlash mumkin.

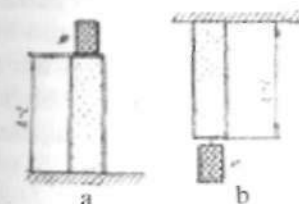
$$K_1 = \lambda/R$$

Kristallarning siqilish koeffitsienti ta'sir etuvchi kuchning yo'nalishiga, ularning qattiqligi, ichki tuzilishi, hosil bo'lish sharoitlari, tarkibidagi kimyoviy elementlarning o'zaro bog'lanish xususiyatlariga, ayniqsa, ularga ta'sir etuvchi tashqi kuchlarga qarshilik ko'rsata olish im-koniyatiga bog'liq.

Kristallarning tashqi mexanik kuch ta'siriga qarshilik ko'rsata olish imkoniyatiga taranglik moduli (E) yoki Yung moduli deyiladi va quy-i dagicha ifodalaniladi: $E = P/N = 1/K_1$

Kristalldan kesib olingan uzunligi l sm, ko'ndalang kesimi 1 mm^2 ga teng bo'lgan kesmaga ta'sir etgan kuch qiymati kg bilan o'lchanadi.

Agar uzunligi $-L$ va ko'ndalang kesimi q -ga teng bo'lgan kristall kesmasini stol ustiga qo'yib, uning yuqorisiga og'irligi R bo'lgan biror yuk bostirib qo'yilsa, kesma siqiladi va uning uzunligi bir miqdorida qisqaradi. U holda kesma uzunligi $L-l$ tga teng bo'ladi. Shu kesmani biron joyga mahkamlab uning pastki qismiga og'irligi R -ga teng bo'lgan yukni osib qo'ysak cho'ziladi. Bu kesma uzunligi $L+l$ ga barobar bo'ladi. Kuzatishlar shuni ko'rsatadiki,



64-rasm. R -yuk ta'sirida kristallning siqilishi (a) va cho'zilishi (b).

yuqorida aytilgan ikkala holatda ham l ning qiymatini quyidagi formula yordamida aniqlash mumkin:

$$l = Rl/q \cdot E \quad (\text{Guk qonuni}).$$

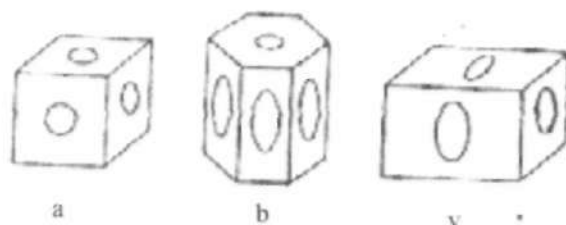
Shunday qilib kristall kesmasining qisqarishi yoki cho'zilishi unga ta'sir etuvchi R - yukning og'irligiga (kuchiga) hamda uning uzunli-gi L -ga to'g'ri proporsional, aksincha, ko'ndalang kesimi q ga teskari

proporsional holatda bo'ladi. Bundan tashqari, ℓ – siqilish va cho'zilish koeffitsienti deb atalgan E - qiymatiga doimo proporsional ravishda bo'ladi. Agar $R=1$, $L=1$, $q=1$ bo'lsa koeffitsient $E=\ell$ cho'zilish koeffitsienti bir xil jismlarda to'g'ri qiymatga ega bo'lib, kesma o'lchamiga bog'liq emas. Har qaysisi bir jinsli amorf jismlarda cho'zilish koeffitsienti ma'lum bir qat'iy qiymatga ega bo'lib, bu jinsning yo'nalishlari bo'yicha o'zgarmaydi.

Kristallarda esa tamomila boshqacha holatni kuzatish mumkin. Ularning yo'nalishlari bo'yicha qirqib olingan kesma o'lchamlari birdek bo'lishiga qaramasdan, siqilish koeffitsientlari bir-biridan sezilarli darajada farq qiladi. Masalan, kristall uzunligiga parallel yo'nalishda qirqib olingan kesma siqilish koeffitsienti uning, kristall bo'yicha perpendikular yo'nalishda kesib olingan kesma siqilish koeffitsientidan farq qiladi. Kristall bo'yicha qiya holatda qirqib olingan kesma siqilish koeffitsienti esa ulardan ham boshqacharoq qiymatga ega bo'ladi.

Xulosa shundaki, kristallar anizotropik xususiyatga ega bo'lganligi uchun ularning yo'nalishlari bo'yicha siqilish koeffitsienti o'zgaruvchan qiymatga ega. Bunday xususiyat o'rta va quyi tabaqa kristallarida siqilish koeffitsienti barcha yo'nalishlari bo'yicha birdek qiymatga ega. Chunki ular izotropik xususiyatga ega.

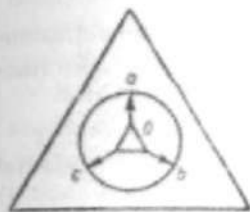
8.8. Issiqlik o'tkazish xususiyatlari. Kristallarning issiqlik o'tkazish xususiyatlarini aniqlash uchun ko'pgina tajribalar o'tkazilgan. Shulardan eng oddiysi sham (parafin) yordamida kristallarning issiqlik o'tkazish xususiyatlarini aniqlash. Masalan, kub shaklidagi kristall tomonlarini bir xil qalinlikda sham bilan qoplab, markaz qismiga qizdirilgan nina tutiladi. Bu holda nina uchi tekkan nuqtadan sham barcha tomonlarga bir xil tezlikda eriy boshlaydi. Ma'lum vaqt o'tgandan keyin erish nuqtalari o'zaro birlashtirilsa doira shakli hosil bo'ladi (65-rasm a).



65-rasm. Kub (a), geksagonal prizma (b) va rombik prizma (v) tomonlarida shamning erish shakllari.

Bundan kubning barcha tomonlari bo'yicha issiqlik, bir xil tezlikda tarqaladi, degan xulosa chiqarish mumkin. Shuning kabi yuqori tabaqa kristallarining barchasida ham shu hodisani kuzatish mumkin. Demak, yuqori tabaqa kristallarining, izotropik xususiyatiga ega bo'lganligi uchun, issiqlik barcha tomonlarga bir xil tezlikda tarqaladi.

Yuqorida ko'rsatilgan tajribani o'rta tabaqa (geksagonal, trigonal, tetragonal singoniyalari) kristallarida o'tkazsak umuman boshqacha holni kuzatish mumkin. Masalan, trigonal prizmaning uchinchi darajali o'qiga perpendikular joylashgan tomonni (pinakoidni) olaylik.



66-rasm. L3 o'qiga perpendikular joylashgan tomondagi shamning erish shakli.

Tajribani L3 o'qi bilan bog'langan tomonda takrorlasak, shamning erish tezligi O nuqtadan Oa, Ov, Os yo'nalishlari bo'yicha birdek bo'ladi, ya'ni bir xil tezlikda tarqaladi. Ma'lum bir vaqtdan keyin ularning erish nuqtalarini birlashtirsak O nuqtasi markazi bo'lgan doira shakli hosil bo'ladi. Shuning kabi to'rtinchi, oltinchi darajali o'qlarga perpendikular bo'lgan tomonlarda, ham issiqlik o'tish (erish) tezligi doira shaklida bo'ladi. Lekin trigonal, tetragonal va geksagonal prizmalar-

ning L3, L4, L6 o'qlariga parallel bo'lgan tomonlarida issiqlik tarqalish tezligi yo'nalishlar bo'yicha o'zgaradi. Ularda issiqlik tarqalish tezligining shakli elipsni ifodalaydi (65-rasm, b). Demak, o'rta tabaqa kristallarining anizotropik xususiyatlariga binoan issiqlik ikki yo'nalishda har xil tezlik bilan tarqaladi.

Quyi tabaqa kristallarining tomonlarida issiqlik o'tkazish tezligi har xil bo'lib, bir-biriga perpendikular holatda joylashgan o'qlari turli o'lchamdagi ellipsoidlar shaklida tarqaladi (65-rasm, v).

Real kristallarda issiqlik o'tkazish asosan ularning ichki tuzilishiga va tajribaga bog'liq. Ularning ichki tuzilishida mayda darzlar va boshqa nuqsonlar, tarkibida esa begona mexanik aralashmalar qanchalik ko'p bo'lsa, issiqlik o'tkazish xususiyati shunchalik past bo'ladi.

8.9. Issiqlikdan kengayish xususiyatlari. Issiqlik ta'sirida kristallarining kengayishi ularning issiqlik o'tkazish xususiyatlariga bog'liq. Agar kub singoniyali kristallardan shar shaklida kesma qirqib olib qizdirilsa, uning hajmi kattalashadi, barcha tomonlarga birdek kengayadi, ammo shakli o'zgarmaydi. O'rta tabaqa (trigonal, tetragonal, geksagonal) kris-

tallaridan kesib olingan shar qizdirilsa u ham kengayadi, lekin yo'nalishlari bo'yicha barobar kengaymaganligi uchun cho'zinchoq, yoki yassi ellipsoid shaklida bo'ladi. Quyi tabaqa (triklin, monoklin va rombik singoniyalari) kristallaridan tayyorlangan shar qizdirilsa u kengayadi va uch o'qli ellipsoid shakliga aylanadi. Chunki sharning uch yo'nalishida kengayish hajmi (tezligi) uch xil bo'ladi. Bir gradusga qizdirilganda kristallning ma'lum yo'nalishi bo'yicha cho'zilish miqdori yo'nalishli kengayish koeffitsienti deb yuritiladi va β harfi bilan belgilanadi. Bir gradusga qizdirilganda kristal hajmining o'zgarishi miqdoriga hajm kengayish koeffitsienti deb ataladi va α harfi bilan ifodalanadi.

Natriyning izotipli galogenli birikmalarida hajm kengayish koeffitsienti α bilan ionlar oralig'i masofasi d o'rtasida uzviy bog'lanish aniq ko'rindi (15-jadval).

15-jadval

Nativ galogenlari	d, Ao	$\alpha \cdot 10^6$
NaF	2,31	108
NaCl	2,82	120
NaBr	2,98	129
NaI	3,23	145

Kristallarning issiqlik ta'sirida kengayishi ularning ichki tuzilish xususiyatlariga va koordinatsiya soniga bog'liq. Koordinatsiya soni qanchalik yuqori bo'lsa issiqlikdan kengayish koeffitsienti ham shunchalik yuqori bo'ladi va aksincha. Masalan; CsCl, NaCl va ZnS birikmalarining koordinatsiya sonlari pasayishi bilan ularning issiqlikdan kengayish koeffitsientlari pasayadi: 8, 6 va 4 ga teng bo'ladi. Kub singoniyali kristallarda issiqdan kengayish koeffitsienti atomlar oralig'i masofasiga to'g'ri proporsional va ular tarkibidagi elementlarga teskari proporsional. O'rta va quyi tabaqa kristallarining yo'nalishlari bo'yicha har xil tezlikda kengayishi ularning bir xil tomonlari orasidagi burchaklarning o'zgarishiga olib keladi.

Harakat ta'sirida tomonlar orasidagi burchaklar qiymatining o'zgarishi 1829 y. E.Mitcherlix tomonidan qayd qilingan edi.

8.10. Elektr o'tkazuvchanlik xususiyatlari. Kristallar tarkibi, ichki tuzilishi, atom va ionlarning o'zaro bog'lanish turlariga qarab elektr tokini

har xil o'tkazadi. Atomlari metall bog'lanishga ega bo'lgan, sof metall kristallar tokni yaxshi o'tkazadi.

Masalan: mis, temir va boshqalar. Aksariyat ionli va kovalentli bog'lanishga ega bo'lgan ko'pgina kristallar va minerallar oddiy sharoitda elektr tokini o'tkazmaydi (dielektrik). Lekin bu bog'lanishlardagi ko'pgina kristallar ishqalanganda, qizdirilganda, cho'zilganda, siqilganda zaryadlanish va tok o'tkazish xususiyatiga ega bo'ladi. Ba'zi bir kristallarni qizdirganda elektrlanishiga piroelektrik, siqqanda elektrlanishiga – pezoelektrik xususiyat deyiladi. Bular amaliy ahamiyatga ega bo'lib texnika sohasida keng ko'lamda ishlatiladi.

8.11. Piroelektrik xususiyatlari. Issiqlik ta'sirida kristallarda elektr zaryadlarining paydo bo'lishiga kristallning piroelektrik xususiyati deyiladi.

Kristallarning piroelektrik xususiyatlari tasodifan kashf etilgan. Issiq kulda yotgan turmalin kristallining bir uchiga kul kukunlari yopishib qolganligi kuzatilgan. Buning sababi Kund (1883 y.) tomonidan o'tkazilgan tajribada aniqlangan. Kund turmalin kristallini qizdirib bir uchiga manfiy zaryadli, mayda sariq rangli oltingugurt kukunini sepgan, ikkinchi uchiga esa musbat zaryadli, qizil rangli qo'rg'oshin oksidi Pb_3O_4 kukunini sepgan. Turmalin kristallining musbat zaryadlangan uchi sariq rangga, manfiy zaryadlangan uchi qizil rangga bo'yalgan.

Shunga asoslanib, qizdirilgan turmalin kristallarining uchlarida qutblashgan elektr zaryadlari yuzaga keladi, degan xulosa chiqarilgan.

Piroelektrik xususiyat kristallarning uzunchoq, ko'pincha yakka yo'nalishga mos tushadigan o'qlari (L_3 , L_4 , L_6) bo'ylab vujudga keladi. Undan tashqari, kristallning inversiya markazi bo'lmasligi va ikki uchi qutblashgan, bir xil shaklda bo'lishi shart. Bunday shartlarga turmalin (murakkab tarkibli) minerali javob bera oladi.

Turmalin ditrigonal prizma bilan ditrigonal dipiramida kombinatsiyasi shaklidagi kristallar hosil qiladi. Simmetriya elementlari $-L_{33}R$ L_3 – o'qi yakka yo'nalishiga mos keladi. Shuning uchun qizdirganda yuqorida aytilganidek uning kristallarining uchlarida qutblashgan elektr zaryadlar hosil bo'ladi. Kristall sovigandan keyin qutblar o'rin almashadilar. Lekin piroelektrik xususiyatining vujudga kelishini real kristallarda yakka yo'nalish uchlaridagi fazoviy panjara tugunlarining zichroq joylashishi bilan tushuntiriladi.

Piroelektrik xususiyatli kristallar to'liq uzunligi (30 chastota) qisqa bo'lgan ultratovush manbayi, stabilizator sifatida, radiotexnika va elektronika sanoatlarida keng ko'lamda ishlatiladi.

Piroelektrik xususiyat kristallarning pezoelektrik xususiyatlari bilan bog'liq, chunki kristallni qizdirganda uning hajmi o'zgaradi.

8.12. Pezoelektrik xususiyatlari. Kristallarni siqish va cho'zish ta'sirida elektrlashtirish ularning pezoelektrik xususiyatlari deyiladi. Pezoelektrik so'zi grek tilidan olingan bo'lib, elektrlashtirish va bosim degan ma'noni bildiradi. Aniqrog'i kristallarning bosim ta'sirida elektrlanishi demakdir. Elektrlanish kristallarining ma'lum bir yo'nalishlari bo'yichagina yuzaga keladi. Bu yo'nalishga perpendikular joylashgan qarama-qarshi tomonlardan bittasi musbat zaryadga, ikkinchisi esa manfiy zaryadga ega bo'ladi. U qutblashgan yo'nalishlar deb yuritiladi.

Qutblashgan va qutblashmagan yo'nalishlarning farqi 67-rasmda keltirilgan. Cheksiz davom etuvchi AV to'g'ri chizig'i ustida yotgan a va b fazoviy panjara zarrachalarining (tugunlarining) oralig'i birdek. AV yo'nalishi bo'yicha qaraganda ham, VA yo'nalishi bo'yicha qaraganda ham ular oralig'idan masofalar ham birdek, o'zgarmaydi. Bunday holat qutblashmagan yo'nalishlar uchun xos. Lekin DE yo'nalishida zarrachalarning butunlay boshqacha joylashganligini ko'ramiz. Bu yerda «a» va «b» juftlashib, ularning oraliq masofasi birdek «a-b» holatida joylashadi va takrorlanadi. ED yo'nalishida qaraganimizda ham shu holatni ko'rishimiz mumkin. Lekin juftlashgan (ab) zarrachalarning (ba) oralig'i uzun. U juftlashgan zarrachalarning oralig'iga to'g'ri kelmaydi. Zarrachalarning bunday joylashishi qutblashgan yo'nalishlar uchun xarakterlidir.



67-rasm.
AV-qutblashmagan
yo'nalish,
DE-qutblashgan
yo'nalish.

Kristallarning pezoelektrik xususiyatlari shunday yo'nalishlar bo'yicha vujudga keladi. Bunday yo'nalishlar elektrik o'qi deb yuritiladi.

Kristallning inversiya markazidan o'tgan yo'nalishda pezoelektrik xususiyati bo'lmaydi. Chunki inversiya markazi S ning ikkala tomonida teng masofaga ega bo'lgan zarrachalar joylashgan. Shuning kabi simmetriya tekisligiga va bir xil darajali o'qlar soni juft bo'lgan yo'nalishlarda ham bu xususiyat bo'lmaydi. Demak, kristallarning pezoelektrik xususiyatlarini aniqlashda, ularning simmetriya elementlarini va fazoviy panjaralaridagi zarrachalarning joylashishini hisobga olish lozim. Pezoelektrik xususiyatining mavjudligini kvars kristalli misolida ko'rish mumkin. Kvars kristalli, aksincha, simmetriya turiga, trigonal

ingoniyasiga mansub. Simmetriya elementlari L3, L2. bo'lgan kvarsning L3 – o'q bo'yicha yo'nalishi pezoelektrik xususiyatiga ega emas. Chunki unga perpendikular holda uchta ikkinchi darajali o'qlar joylashgan. L2 – o'qlari pezoelektrik xususiyatiga ega. Chunki uning bironta ikkinchi darajali o'qini 180o aylantirib qarasak bu o'qning ikki uchi har xil vaziyatda joylashgan bo'ladi. Yuqorida ko'rsatilganidek elektr o'qiga mos keladi. Shuning uchun har bir L2 yo'nalishida qutublashgan elektr zarrachalari yuzaga keladi, pezoelektrik xususiyati namoyon bo'ladi.

Bunday kristallar siqilganda bir uchida musbat, ikkinchi uchida esa manfiy elektr zaryadlari paydo bo'ladi, cho'zilganda esa qutublashgan zaryadlar o'rin almashadi. Avvalgi musbat qutb manfiy qutbga, manfiy qutb esa musbat qutbga aylanadi. Kvars kristallidan L2 – o'qiga perpendikulyar yo'nalishda yupqa plastinka kesib olib, o'zgaruvchan tok maydoniga joylashtirilsa unda pezoelektrik xususiyati paydo bo'ladi. Bu sharoitda o'zgaruvchan tok ta'sirida siqilishi va cho'zilishi natijasida to'liqlanuvchi harakat yuzaga keladi. U bir sekundda 10 – 50 marta to'liqlanishi mumkin. Plastinkaning mexanik to'liqlanish harakati atrof-muhitdagi zarrachalarga ta'sir qilib, bu muhitda ultra tovushli to'liqlar tarqatadi. Bunday to'liqlar suvda uzoq masofalarga tarqalishi mumkin. Shuning uchun dengizlardagi suv osti kemalarining o'zaro aloqa bog'lash, dengiz chuqurligini o'lchash asboblari, radiotexnikada, elektronika va texnikaning yangi sohalarida keng qo'llaniladi.

Bugungi kunda 500ga yaqin har xil kristallarining pezoelektrik xususiyatlari o'rganilgan. Lekin ularning o'ndan biri amaliy ahamiyatga ega. Kvarsdan tashqari turmalin, segnet tuzlari ($\text{NaKC4H4O6} \cdot 4\text{H2O}$) pezoelektrik xususiyatiga ega va amaliyotda keng ko'lamda ishlatiladi.

8.13. Magnitlik xususiyatlari. Minerallar magnitli va magnitsiz xususiyatga ega bo'ladi. Magnitli xususiyat atomlarining bir-biriga nisbatan joyla-shishi va o'zaro ta'sir ko'rsata olish qobiliyatlariga bog'liq. Elektronlari o'zaro jipslashgan, magnit orqali qo'shilgan atomlarda magnitli xususiyat bo'lmaydi. Ular ikkita parallel qarama-qarshi yo'nalishli o'qlar $\uparrow\downarrow$ bilan ifodalanadi. Atomlari jipslashmagan elektronlar magnitli xususiyatiga va atom magnit momentiga ega. Ular bir tomonga yo'nalgan yakka o'q $\downarrow$ bilan belgilanadi.

Aslida kristallarning magnitli xususiyatlari elektronlarning atom yadrosi hamda o'z o'qlarining atrofida muttasil aylanishiga bog'liq. Bu xususiyatning asosiy omillaridan biri magnit ta'sirchanligidir. Magnit

ta'sirchanligi (χ), kristallning magnit birligi I , magnit maydoni kuchlanishi N nisbatiga bog'liq: $\chi q \chi^1 / H$

Magnit ta'sirchanligi kuchiga qarab kristallar diamagnetli, paramagnetli, ferromagnetli va antiferromagnetli turlarga bo'linadi. Diamagnetli kristallarning ichki tuzilishida ishtirok etuvchi atomlar magnitsiz, chunki ularning magnit momentlari orqali bir-biriga jipslashgan, har qaysisi alohida-alohida magnit momentiga ega emas. Bunga misol – sof mis va osh tuzini (galit) ko'rsatish mumkin.

Paramagnetli kristallar ichki tuzilishida qatnashadigan barcha atomlar magnitli xususiyatiga ega bo'ladi, yoki magnitli xususiyatga ega bo'lgan atomlarning aralashmasidan iborat bo'ladi. Metallarni magnit sifatida o'ziga tortish xususiyatlari sezilmaydi. Masalan, pirit (FeS_2).

Ferromagnetli kristallarning ichki tuzilishida atomlarning barchasi magnitlik xususiyatiga ega yoki bunday atomlar ma'lum miqdorda ularning tarkibida aralashma holida qatnashadi. Bunday kristallar kuchli magnitli xususiyatga ega. Misol qilib, tabiiy sof temirni ko'rsatish mumkin. Antiferromagnetli kristallar ichki tuzilishida qatnashadigan atomlarning barchasi magnitli xususiyatga ega yoki bunday atomlarning aralashmasidan iborat. Ularda magnitlik xususiyat kam bo'ladi. Masalan, gematit (Fe_2O_3). Lekin ular ikki turga bo'linadi: birinchisida atomlar o'zaro magnit orqali jipslashib magnitlik xususiyatini pasaytiradi. Bunday kristallarning magnitlik xususiyatlari yuqori darajada bo'ladi. Shunga o'xshash kristallar magnit maydonini hosil qiladi. Masalan, magnetit ($Fe_2O_3 \cdot FeO$).

9. MINERALLARNING KIMYOVIIY XUSUSIYATLARI

Minerallarning tarkibini kimyoviy usul bilan aniqlangandan so'ng, uning formulasini hisoblab chiqish kerak bo'ladi. Buni ilmenit minerali misolida ko'rib chiqamiz. Ilmenitning kimyoviy analiz natijasini oladigan bo'lsak, u holda izomorf magniy, marganes aralashmalar borligini ko'ramiz. Ilmenitning asl formulasi esa – $FeTiO_3$. Kimyoviy tahlil natijasida esa – $(Fe, Mn, Mg) TiO_3$ ko'rinish kelib chiqadi. Ushbu formuladagi temir, marganes, magniy va titan atomlarining haqiqiy koeffitsientlarini hisoblab chiqish talab qilinadi. Hisoblash tartibi quyidagicha bajariladi (16-jadval):

Hamma komponentlar bir ustunga yoziladi.

2. Ikkinchi ustunga har bir komponentning % miqdori yoziladi TiO_2 uchun – 53,80).

3. Uchinchi ustunga har bir komponentning molekular massasi yoziladi (TiO_2 uchun – 79,00).

Molekular massasini aniqlash uchun Mendeleev davriy jadvalidan titan topiladi va uning atom og'irligini olamiz – 47,88. Xuddi shu tariqa kislorod jadvaldan topiladi – 15,9994. Formulada kislorod ikkita bo'lgani uchun uning atom og'irligi ikkiga kupaytiriladi. Natijada $\text{Ti}=47,88$; $0+2 \times 15,9994=79,8788$ 79,90 ga teng bo'ladi.

4. To'rtinchi ustunga har bir komponentning molekular miqdori yoziladi. Molekular miqdor kimyoviy tahlil natijasining molekular massasiga nisbatidir.

TiO_2 uchun – $53,80:79,90=0,6733$.

5. Kationning atom miqdorini aniqlaymiz, buning uchun molekular oksid miqdorini formuladagi kation soniga ko'paytiramiz, TiO_2 uchun $0,6733 \times 1=0,6733$.

6. Kislorodning atom miqdorini aniqlaymiz, buning uchun molekular oksid miqdorini formuladagi atom kislorod soniga ko'paytiramiz (TiO_2 da kislorod miqdori $0,6733 \times 2 + 1,3466$). Bu ustunga yozilgan barcha kislorodlar atom miqdorining yig'indisini hisoblash kerak:

$$1,3466 + 0,0675 + 0,5386 + 0,672 + 2,0199$$

Bizda nazariy ilmenit Fe TiO_3 da kislorod miqdori 3,00 ga teng. Topilgan yig'indining mana shu kislorod miqdoriga nisbati

$$2,0199:3,00=0,6733$$

Bu miqdor umumiy bo'luvchi deyiladi.

7. Mineral formulasidagi atomlar koeffitsientlarining miqdori aniqlandi, buning uchun beshinchi ustundagi kationlar miqdorini umumiy bo'luvchiga bo'lib, har bir kimyoviy modda uchun alohida-alohida yoziladi. Ti uchun

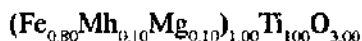
$$0,6733:0,6733=1,00$$

8. Arifmetik hisob-kitoblarning to'g'riligini zaryadlar miqdori orqali aniqlaymiz. Musbat zaryad sonining yig'indisi manfiy zaryad sonining yig'indisi bilan teng bo'lishi shart.

Bizdagi ilmenit mineralida uch kislorod atomi oltita manfiy zaryadga ega. Demak,

$$\begin{aligned} \text{O} + \text{Ti} + \text{Mn} + \text{Mg} + \text{Fe} \\ 6 = 5,996 \end{aligned}$$

9. Hisoblab chiqilgan formula quyidagicha yoziladi:

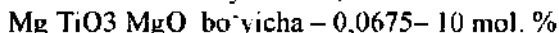
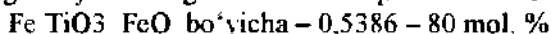


9.1. Mineral tarkibidagi birikmalarni aniqlash. Minerallar – bu shartli birikmalardir. Mineral formulalarini izomorf aralashmalar bilan ifodalash mumkin. Masalan, sfaleritni – $(\text{Zn}, \text{Fe})\text{S}$, ikki mineral ZnS va FeS aralashmasi deb qarash mumkin. Mineraldagi minallar miqdori molekular yoki foizlarda beriladi. Ularning hisobini qorishma tarkibli ilmenit misolida ko'rishimiz mumkin.

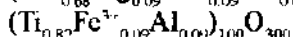
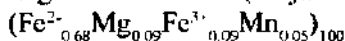
1. Ilmenit tarkibi (1–namuna) va hisoblangan formulasi 16-jadvalda berilgan. Shu natijalar asosida mineral tarkibini chiqarish kerak. Formuladan ko'rinib turibdiki, bu mineral uch moddaning (minalning) izomorf qorishmasidan iborat – ilmenit FeTiO_3 , pirofanit MnTiO_3 , geykolit MgTiO_3 . Formuladagi koeffitsientni asos qilib olib, mineral tarkibini osongina chiqarib olish mumkin (mol. %):



Agar oksid molekular miqdorining dastlabki o'lchamini 17-jadvaldan olinsa, yuqoridagi natijani osongina keltirib chiqarish mumkin. U holda:



2. 2-namunadagi ilmenit tarkibi (16-jadval) va formulasi



birinchi namunadagi ilmenitdan farq qiladi. Farqi shundan iboratki, alyuminiy, uch valentli temir izomorf aralashma sifatida topilgan va ular taxminan Al_2O_3 , Fe_2O_3 mineral ko'rinishida bo'lsa kerak.

Ilmenit Fe TiO_3 formulasi va yuqoridagi izomorf aralashmalar formulasi bir xil emas. Koeffitsientni hisoblash tartibi 17-jadvalda berilgan, molekular miqdori bo'yicha esa 18-jadvalda keltirilgan. Albatta, ularning natijalari bir xil bo'ladi.

3. Kimyoviy tarkibi bo'yicha minerallarning formulasini umumiy qilib keltirishning sodda usuli ham bor. Bu olingan kimyoviy tarkib natijasining atom og'irligiga nisbatidir. Masalan, barit – BaSO_4 :

1. $Va - 58,8$; $S - 13,7$; $O - 27,5$; $Ba + 58,8:137 + 0,43$

$Ba-137$ – Mendelceev davriy sistemasidagi atom og'irlik

$S + 13,7:32 + 0,43$; $O + 27,5:16 = 1,72$; $Ba-S-O$; $0,43 \times 4 + 1,72$; $Ba1 \quad S1$
 $O4 + Ba SO 4$

Plagioklaz: $Al - 10,30$; $Si - 32,97$; $O - 48,83$; $Na - 8,78$;

$Al + 0,3 : 26,98 + 0,38$; $O - 48,83 : 15,99 + 3,05$; $Si - 32,97 : 189,08 + 1,14$

$Na - 8,78 : 22,98 + 0,38$; $Na - Al - Si - O$
 $0,38 : 0,38 : 1,14 : 3,05$

1 1 3 8

$Na (Al Si_3 O_8)$

Ko'p hollarda berilgan minerallarning nazariy formulasiga qarab uning tarkibiy qismidagi elementlar miqdorini hisoblash zarurati tug'ildi. Masalan, yuqorida keltirilgan albit minerali $Na (Al Si_3 O_8)$ berilgan bo'lsa, u holda natriy va boshqa elementlarning atom og'irligi olinadi va ular yig'indisidan proporsiya tuzilib, har bir elementning molekular foiz miqdori keltirib chiqariladi:

$Na - 22,98$

$Al - 26,98$

$Si - 28,08 \times 3 + 84,24$

$O - \frac{15,99 \times 8 = 127,92}{\Sigma = 262,12}$

Na uchun $262,12 - 100\%$

$22,98 - x$

$x = \frac{22,98 \cdot 100}{262,12} = 8,76\% Na - 8,76\% \quad Na - 8,76 \%$

Al uchun $262,12 - 100 \%$

$26,98 - x$

$x = \frac{22,98 \cdot 100}{262,12} = 10,29\% \quad Al - 10,29 \%$

Si uchun $262,12 - 100 \%$

$84,24 - x$

$x = \frac{84,24 \cdot 100}{262,12} = 32,13\% \quad Al - 32,13 \%$

$$\begin{aligned} & \text{O uchun } 262,12 - 100 \% \\ & \quad 127,92 - x \end{aligned}$$

$$x = \frac{127,92 \cdot 100}{262,12} = 48,8\% \quad \text{O} - 48,8 \%$$

Shunday qilib, minerallarning nazariy kimyoviy tarkibini keltirib chiqarildi.

10. MINERALLAR TASNIFI

Minerallar fizik-kimyoviy jarayonlar natijasida yer yuzi va ichki qismida vujudga keladi. Har bir mineral faqat o'ziga xos kristallik tuzilishiga ega bo'lgan aniq tabiiy birikma'dan iborat va kimyoviy elementlardan tuzilgan.

Minerallar tasnifini yaratishda ularning kimyoviy tarkibi va ichki tuzilish tamoyiliga amal qilinadi. Minerallarning kimyoviy birikmalari turiga qarab sinflarga va guruhlariga ajratiladi. Xullas, ma'lum bo'lgan minerallarning barchasi kimyoviy tarkibi va kristall tuzilishiga qarab sinflarga bo'linadi (19-jadvalga qarang).

1. Sof tug'ma elementlar sinfi. Bu elementlar soni 30 dan ortiq, ko'pchilik qismini metallar tashkil etadi. Sof elementlarning yer qobig'ida-gi miqdori - 0,1%.

Metall xillariga oltin, kumush, mis, platina va nometall turlariga oltin-gugurt, grafit, olmos kiradi.

2. Sulfidlar va sulfotuzlar sinfi. Bu guruhga kiruvchi 40 dan ortiq metallar oltin-gugurt, selen, tellur, margimush va surmalar bilan birikmalar hosil qilib, og'irlik miqdori Yer qobig'ining 0,15% ga teng. Bu guruhga oid minerallarning eng muhimlari: xalkozin - Cu_2S , argentit - Ag_2S , galenit - PbS , sfalerit - ZnS , grinokit - CdS , kinovar - HgS , nikelin - NiS , pentlandit - $(\text{Fe} \text{ Ni})_9\text{S}_8$, xalkopirit - CuFeS_2 , auripigment - As_2S_3 , realgar - AsS , antimonit - Sb_2S_3 , vismutin - Bi_2S_3 , molibdenit - MoS_2 , pirit - FeS_2 , kobal-tin - SoAsS , arsenopirit - FeAsS va boshqalar.

3. Oksidlar sinfi. Kislorod bilan 40 ga yaqin elementlar turli xil birik-malar hosil qiladi. Yer po'stidagi oksidlarning umumiy og'irligi 17% ni tashkil etadi. Bundan 12,0% kremnezyom oksidi, 3,9% temir oksidi va gidroksidi va qolgan qismida alyuminiy, marganes, titan va xrom oksidlari va gidroksidlari tashkil qiladi. Bu guruhga kiradigan minerallar sodda va murakkab oksidlar va gidroksidlar deyiladi. Tabiatda keng tarqalgan-lariga: kuprit - CuO , korund - Al_2O_3 , gematit - Fe_2O_3 , ilmenit - FeTiO_3 ,

megnetit – $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$, shpinel – MgAl_2O_4 , xrizoberill – BeAl_2O_4 , rutil – TiO_2 , kassiterit – SnO_2 , prolyuzit – MnO_2 , uranit – UO_2 , kvarts – SiO_2 va boshqalar kiradi.

4. Karbonatlar sinfi. Karbonatlar sinfiga kiruvchi minerallar tabiatda keng tarqalgan. Bularga kalsit – CaCO_3 , magnezit – MgCO_3 , siderit – FeCO_3 , smitsonit – ZnCO_3 , rodokrozit – MnCO_3 , serussit – PbCO_3 , malaxit – $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$, azurit – $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$ suvli karbonatlarga soda – $\text{NaCO}_3 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ kiradi.

5. Sulfatlar sinfi. Ushbu sinf minerallari xilma-xil birikmalar hosil qiladi, ammo tabiatda kam tarqalgan. Sulfatlar: barit – BaSO_4 , selestin – SrSO_4 , anglezit – PbSO_4 , anhidrit – CaSO_4 , gips – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, mirabilit – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$ va boshqalar.

6. Silikatlar sinfi. Silikatlar sinfiga juda ko'p minerallar kiradi. Bizga ma'lum minerallarning $1/3$ qismini tashkil etadi. Bu guruhga kiruvchi minerallar barcha tog' jinslarining asosiy qismini tashkil etadi va jins hosil qiluvchi minerallar deb ataladi. Shuning uchun ham ular sinchkovlik bilan batafsil o'rganilgan.

7. Galoid birikmalar sinfi. Bu sinfga fluoridlar va xloridlar, bromidlar kiradi. Bularning ko'pchiligi ion bog'lanishli birikmalar hosil qilib, kimyoviy nuqtayi nazardan qaraganda HF , HCl , HBr va HI kislotalarining tuzlaridan iborat. Bu guruhga mansub minerallar fluoridlar – fluorit – CaF_2 xloridlar – galit – NaCl silvin – KCl , kerargirit – AgCl va karnallit – $\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$.

Rentgen yordami bilan o'tkazilgan tekshirishlar (kristallokimyoviy kuzatishlar) tufayli silikatlarning ichki tuzilishi ularning kimyoviy tarkibi bilan uzviy bog'liqdir, shu bilan birga minerallarning muhim fizik xususiyatlarini, hatto ma'lum darajada genezisini (hosil bo'lishini) aks ettira oladi.

Silikatlarning tuzilishini rentgenoskopik yo'l bilan tekshirish natijasida ular quyidagi sinflarga bo'linadi: orolsimon, zanjirsimon, lentasimon, varaqasimon va karkassimon silikatlar.

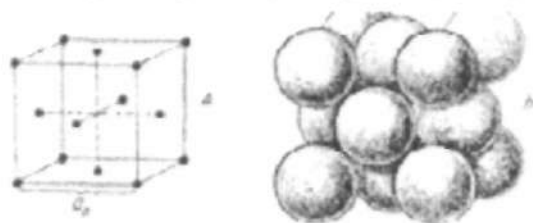
Bu guruh minerallarining soni 80 dan ortiq. Bulardan 30 tasi metallar va ularni ba'zan asl elementlar ham deyiladi. Mendelev jadvalining oxirida joylashgan inert gazlari – He, Ne, Ar, Xe va Rn ham ushbu guruhga kiradi. Yer po'stida sof tug'ma elementlarning umumiy miqdori 0,1% ni tashkil etadi. Bu miqdorning 0,04% azot va 0,01 – 0,02% kislorod tashkil etadi. Sof tug'ma elementlarga platinoid va temir guruhi minerallari ham kiradi. Kimyoviy jadvalning o'ng qismida joylashgan margimush, surma va vismut minerallari boshqalariga nisbatan kengroq tarqalgan.

Sof tug'ma elementlarning kristall strukturasi juda xilma-xil. Atomlari orasidagi bog'lanish o'ta kuchli bo'ladi.

Ushbu guruhga kiradigan metallar elektrni va issiqlikni yaxshi o'tkazadi. Yana bir xususiyatlari ularni jilolaganda yuzasi kuchli yaltiraydi va yuqori darajada nur qaytarish xususiyatga ega bo'ladi. Bu guruhga kirgan platinoidlar va oltinlarning solishtirma og'irligi barcha ma'lum minerallar solishtirma og'irligidan juda katta. Bu guruhga kiruvchi metallarning yana bir xususiyati ularning egiluvchanligidir.

10.1. Sof tug'ma elementlar sinfi – Mis – Cu. U kimyoviy jihatdan sof holda bo'ladi, ba'zan tarkibida aralashma holda – Ag, Au va Fe uchraydi. Masalan, oltinli misda Au – 2-3%, vitneit mineralida Au miqdori 11,6% gacha, kumush esa mis tarkibida 3-4 dan 8% gacha bo'ladi. Ayrim hollarda katta miqdorda rux bo'lishi mumkin. Mis kubik singoniyali bo'lib kristallarining to'g'ri shakldagi turlari kam uchraydi (68-rasm).

Mis-tog' jinslarining darzlik va yoriqlarida ko'pincha noto'g'ri shaklda dendritlar ba'zan plastinkachalar holida bo'ladi. Ba'zi konlarda yirik, og'irligi bir necha tonnaga teng bo'lgan uyumlari (Amerikaning «Yuqori ko'l» viloyatida) topilgan. Sof holda misning og'irligi 1000 tonna atrofidagi bo'lagi Rossiya'ning Gumejevskiy konida topilgan.



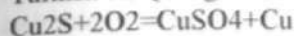
68-rasm. Misning kristall strukturalari:
a) Cu atomlari kubning uchlarida; b) atomlarning joylashishi

Misning rangi qizil. Metall kabi yaltiroq, qattiqligi 2,5 – 3, yaxshi egiluvchanlik xususiyatiga ega. Sinishi ilgakli, ulanish tekisligi yo'q. Solishtirma og'irligi 8,5 – 8,9 u elektr tokini yaxshi o'tkazadi.

Ushbu xususiyatlari bilan boshqa minerallardan farqlanadi. Mis HNO₃ kislota da oson eriy-di, HCl da qiyinlik bilan erib, mis xlorini yuzaga keltiradi. Sof mis turli geologik jarayonlarda yuzaga keladi, ammo ko'p miqdorda gidrotermal va ekzogen sharoitida paydo bo'ladi. Sof misning yuzaga kelishiga misol qilib Amerikaning Michigan shtatidagi «Yuqori ko'l» konini ko'rsatish mumkin. Gidrotermal sharoitda sof misning paydo bo'lishi quyidagicha ifodalanadi.



Ba'zan sof mis o'zgargan asosli intruziv jinslarning oralarida uchraydi. Ularning bu joyda mavjudligi xalkopirit va boshqa sulfidli birikmalarning parchalanishi tufayli yuzaga kelgan. Bunga misol qilib, Uraldagi Turinsk va Qozog'istondagi Qalmoqtosh konlarini olish mumkin:



Ushbu tenglamadagi sof misning yuzaga kelishini sulfid konlarining oksidlanish zonasining ostki qismida joylashadi. U kuprit Cu_2O , malaxit- $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, ba'zan xalkozin - Cu_2S va boshqa minerallar bilan birgalikda uchrashi aniqlangan. Mis metall sifatida - elektrotexnikada, mashinasozlikda, har xil asbob-uskunalar va boshqa idishlar tayyorlashda ishlatiladi.

Oltin - Au. Tabiatda oltin toza holda uchraydi - 98-99%, ba'zan aralashmada 65-75% atrofida. Oltinning tarkibida kumush 30%, mis 9,2% - 20% gacha bo'lsa - kuproaurit deyiladi.

Oltinning kub singoniyali turi tabiatda kam tarqalgan. Ba'zan oktaedr, rombododekaedr shaklida uchraydi. Rangi - tilla sariq (kumushga boyi och sariq). Oltin odatda yaltiroq metall, qattiqligi 2,5 - 3. Oltin egiluvchan va cho'ziluvchan. U osonlik bilan parchalanib yupqa varaqchalarga aylanadi.

Tabiatda oltin yupqa - dispers holda bo'ladi. Oltinning bir oz qismi sulfid minerallarida pirit, xalkopirit va arsenopiritlarda joylashadi. Oltinning yirik kristallari mavjud, ammo kam uchraydi. Chilida sochma cho'kindi jinslar oralarida 153 kg sof oltin topilgan. Avstraliyada (Uelsda) 93,5 kg, Rossiya'ning Chelyabinsk viloyatida (Mias) 36,0 kg og'irlikdagi oltin topilgan. Oltin kislotalarda erimaydi (faqat KCN da eriydi).



69-rasm. Sof oltin

O'ta asos magmatik tog' jinslarda oltinning miqdori boshqa magmatik jinslarga nisbatan 10 barobar ko'p (3·10-6%) bo'ladi, ammo oltinning aksariyat konlari nordon magmaning gidrotermal qoldiq eritma evaziga paydo bo'ladi. Masalan, Zarmiton (Shimoliy Nurota) va Muruntov (Qizilqum) oltin konlari shu holda yuzaga kelgan. Oltin kvars tomirlarida va ba'zan shtokverk shakllarida sulfid minerallari, telluridlar, sheelitlar bilan birga uchraydi (69-rasm).

O'rta va past haroratli mayda dispersli oltin konlari esa asos, o'rta va nordon vulqon jinslari bilan genetik bog'liqligi aniqlangan. Masalan,

Baley, Chelyabinsk (Rossiya), Akenobe va Ikuno (Yaponiya). Oltin konlari mayda zarrachali oddiy koʻz bilan koʻrib boʻlmaydigan oltin sulfid minerallarida oʻsimta ravishda va kvars tomirlarida yuzaga keladi.

Gidrotermal jarayonlarda yuzaga kelgan sulfid-oltin konlarining oksidlanish zonasida limonit, azurit, qoʻrgʻoshin, vismut, surma oxiralar bilan birga assotsiatsiyada qayta yuzaga kelgan mahsulot sifatida uchraydi. Oltin asosan valyuta sifatida hamda bezak ishlarida, zeb-ziynat buyumlarini tayyorlashda, tibbiyotda, fizik-kimyoviy asboblarni tayyorlashda va boshqa koʻplab maqsadlarda qoʻllaniladi.

Platina – Pt guruhi minerallari. Sof tugʻma platina guruhiga mansub minerallar xilma-xil, ular platina, iridiy, osmiy, palladiy, rodii va boshqalar. Platina guruhi minerallari orasida poliksen va palladiyli platinalar yer poʻstida keng tarqalgan (20-jadval).

Poliksen (Pt, Fe). Tarkibida platina 80 – 88% va temir 9 – 11%, u kub singoniyali. Tabiatda yaxlit kub shaklida kamroq uchraydi asosan notoʻgʻri donalar koʻrinishida boʻladi. Poliksen rangi – kumushdek oq, baʼzan poʻlatdek kulrang. Qattiqligi 44,5. U ham boshqa metallardek ezi-luvchanlik xususiyatiga ega, ulanish tekisligi yoʻq. Poliksen magnitga tortiladi va elektrni yaxshi oʻtkazadi, ammo kislotalarda erimaydi. Platina guruhi minerallari genetik jihatdan oʻta asos magmatik jinslar bilan uzviy bogʻliq boʻlgan magmatik konlar hosil qiladi.

Osmiy-ruteniy (Os, Ru) va osmiyli iridiy guruhi minerallari nisbatan kam tarqalgan.

Nevyanskite – (Ir, Os). U birinchi marta Uralning Nevyansk hududida topilgan. Tarkibi oʻzgaruvchan (% hisobida) Ir–46,8-77,2; Os–21,0-49,3; Ru–0-0,5. Rh–0,5-7,7; Pt–0,1-5,5; Cu–0-0,9; Fe–0-1,4. Nevyanskite – geksagonal singoniyada kristallanadi, rangi qalayi kabi oq, metall kabi yaltiroq. Qattiqligi 6-7, ancha moʻrt, solishtirma ogʻirligi 17,0 dan 21,0 gacha.

Ushbu guruh minerallari genetik jihatdan oʻta asos (dunit, peridotit) jinslar bilan uzviy bogʻliq. Bu jinslarda platina guruhi minerallari asosan xromshpinelidlar bilan baʼzan mis sulfidlari bilan birga uchraydi.

Siserskite – Os, Ir. mineral nomi topilgan joyi Uralning Ekaterinburg viloyati Sisertsk hududidan kelib chiqqan. Geksagonal singoniyali, rangi och kulrang, baʼzan toʻq kulrang. Solishtirma ogʻirligi oʻzgaruvchan – 17,8-22,2 gacha. Bu mineral ham oʻta asosli intruziv jinslar natijasi hosil boʻladi. Yuqorida bayon etilgan minerallar bironta kislotada erimaydi.

10.2. Yarim metallar guruhi minerallari. Ushbu guruh minerallari tabiatda kam uchraydi. Yarim metallarning ichki tuzilishining o'ziga xos xususiyati shundaki, har biri atom atrofidagi olti atomning uchtasi bilan kovalent bog'lanib o'zaro birikkan strukturani hosil qiladi.

Margimush – As tabiatda kam uchraydi. Tarkibi o'zgaruvchan bo'lib As – 84-95% tashkil etadi. Aralashma holda Sb – 1,7-9,2%, kamdan-kam Ag, Fe, Ni ba'zan V ishtirok etadi. Trigonal singoniyada kristallanadi. Margimush buyraksimon, oqiq shaklli qobiqlar, stalaktit mahsulotlar holida uchraydi. Margimushning rangi qalayidek oq bo'lib vaqt o'tishi bilan sariq-qo'ng'ir tusga kirib keyinchalik batamom qorayib qoladi. U yaltiroq, qattiqligi – 3,5 ancha mo'rt, solishtirma og'irligi 5,6 – 5,7. Sof margimush gidrotermal jarayonda paydo bo'ladi. Margimush odatda surma, nikel, kobalt, kumush va qo'rg'oshinlar bilan birga uchraydi. Ba'zi adabiyotlarda margimush ma'dan konlarining nurash zonalarida ikkilamchi mineral sifatida yuzaga kelishi qayd etilgan. Bo'yraksimon ko'rinishidagi sof tug'ma margimushning yirik uyumlari Rossiya'ning Zabaykale viloyati Chikoya daryosi qirg'og'ida uchraydi. Bundan tashqari, Saksoniyadagi bir qator konlarda (Freyberg, Shneeberg, Annaberg) topilgan.

Vismut – Bi. Bu mineral margimush va surmaga qaraganda ko'proq uchraydi. Vismut trigonal singoniyada kristallanadi. Yaxshi kristallari kam uchraydi. Odatda hol-xol donali, ba'zan bargsimon va patsimon shakllarda uchratish mumkin. Vismut rangi kumushdek oq bo'lib, sarg'ish tovlanadi. Qattiqligi 2,5, ulanish tekisligi mukammal, qiyinchilik bilan ezi-ladi. Solishtirma og'irligi 9,7-9,8. Vismut yuqori haroratli gidrotermal jarayonda paydo bo'ladi va kassiterit – SnO_2 , arsenopirit – FeAsS , vismutin – Bi_2S_3 , volframit ($\text{Fe, Mn}\text{WO}_4$), molibdenit – MoS_2 va boshqalar bilan birga uchraydi.

10.3. Uglerod guruhi minerallari. Bu guruhga olmos va grafit kiradi. Ular bir-birlaridan fizik xususiyatlari bilan keskin farq qiladi.

Olmos – S. Nomi grekcha – «adamas» yengilmas degan ma'noni anglatadi. U tabiatda o'ta qattiqligi va turli shakli: oktaedr, rombododekaedr va kub shakllarida mavjud (70-rasm). Olmosning oddiy ko'z bilan payqamaydigan xillaridan tortib, to yuz va ming karatli (1 karat – 0,2 g) va undan ham yirik kristallari uchraydi. Dunyodagi eng yirik olmos kristalli – 3106 karatli «kullinan», 1905 yilda J.Afrikada topilgan (16-jadval).

16-jadval
Dunyodagi yirik olmos kristallari haqida
ma'lumotlar (V.A.Milashev bo'yicha, 1978)

Yirik olmos nomi	Og'irligi (karat hisobida)	Topilgan joyi va yili
Kullinan	3106	Janubiy Afrika, 1905
Ekselsior	971,5	Janubiy Afrika, 1983
Serra Leone yulduzi	968,9	G'arbiy Afrika, 1972
Buyuk Mogol	787	Hindiston XVII asr
Prezident Vargas	726,6	Braziliya, 1938
Nizomii	440	Hindiston, 1935
Viktoriya	428,5	Janubiy Afrika, 1880
Toj-Mahal	146	Hindiston, 1920
Shoh Akbar	119	Hindiston, 1918

Olmosning rangi, shaffofligi turlicha: rangsiz, shaffof, oq, havorang, yashil, sarg'ish, jigarrang, qizg'ish, to'q kulrang, ba'zan qora. Olmosning ichki tuzilishi uning hosil bo'lish sharoiti haqida qo'shimcha ma'lumot beradi. Masalan, yuqori haroratda yuzaga kelgan olmos – oktaedr shaklida



70-rasm. Olmos.

rangsiz bo'ladi, haroratning asta-sekin pasayishi natijasida uning shakli rombododekaedrdan kub shakliga qarab o'zgaradi va rangi quyۇqlashib qora bo'ladi. Olmosning qattiqligi 10. Mutlaq qattiqligi kvars qattiqligidan ming marta, korund qattiqligidan 150 marta ortiq. Olmos mo'rt bo'lib, ulanish tekisligi (III) bo'yicha o'rtacha mukammal. Solishtirma og'irligi – 3,4-3,5, kuchsiz elektr o'tkazuvchan. Tabiatda olmosning o'ta sifatli, chiroyli xillari bilan birga yomon xillari uchraydi: 1) bort shaklchiz, darzliklardan tashkil topgan, mayda qo'shimchalarga boy; 2) ballas – shu'lasimon, sharsimon mayda zarrali turi; 3) karbonado – zich kristalli, qora rangli ba'zan mayin, g'ovak donali agregatlardan iborat.

Olmosning tub konlari genetik jihatdan o'ta asos jinslar – dunit, kimberlit, lamproitlar va peridotitli magmatik jinslar bilan uzviy bog'liq. Dunyodagi eng yirik konlari kimberlitli magmaning yer yuziga yaqinlash-

gandagi kuchli portlashi natijasida sodir bo'ladi (Janubiy Afrika, Tanzaniya, Zoir, Angola, Botsvana va boshqalar). Bularda olmos, olivin, xromshpinelid, xromdiopsid, pirop, ilmenitlar bilan birga uchraydi va ular olmos uchun mansub mineral hisoblanib, olmos to'g'risida qo'shimcha xabar beradi. E'tiborli tomoni kimberlitlardagi eklogit ksenolitlardagi olmosning uchrashi, olmos kristallariga qo'shilib ketgan minerallardan granat, xromga to'yingan piroksen (enstatit), olivinlar olmos konini izlashda darakchi hisoblanadi.

Laboratoriya usulida olingan eksperimentlarning natijasiga binoan olmos konlari yuqori mantiyaning 100-200 km chuqurlikda yuqori bosim 5-9 KB, kuchli harorat 1470-1970°da kimberlitli va eklogitli magmalarning kristallanishidan hosil bo'ladi. Bulardan tashqari, ayrim olmos donalari serpentinlashgan garsburgitlarda va lertsolitlarda Rossiya'ning Karyak tog'larida hamda Kamchatkadagi dunit-piroksenit formatsiyalarida aniqlangan. Hozirgi vaqtda laboratoriya usulida sun'iy olmos olish bo'yicha yaxshi natijalarga erishilmoqda. 1953 yili shved mutaxassisleri birinchi marta sun'iy olmosni laboratoriyada 3270°li haroratda va 10 KB bosimda olishga muvofiq bo'lishgan. Keyingi yillarda ko'p mamlakatlar sun'iy olmos olishni tezlashtirdi va oqibatda, olmos olish uchun harorat 1470-1770° atrofidaligi aniqlandi. Sun'iy olmos olishda grafit ishlatilmasdan oddiy ko'mirdan foydalanishgan. Olmosning aksariyat qismi cho'kindi – sochma jinslardan ajratib olinadi – Zoir, Angola, Serra Leoneda mamlakatlari misolida. Dunyo bo'yicha qazib olinadigan olmosning 75 – 95% sochma konlar hisobidan olinmoqda. Olmosning mutlaq shaffof xili qimmatbaho – brilliantlar tayyorlashda ishlatiladi. Texnik maqsadlarda esa olmosning sifatsiz turlari ishlatib kelinmoqda.

10.4. Oltingugurt va shunga o'xshash birikmalarning sulfid minerallari.

Oltingugurt – S. Tabiatda oltingugurtning bir necha polimorf modifikatsiyasi ma'lum. Bulardan biri rombik tuzilishga ega α - oltingugurt so'f holda uchraydi. U oddiy sharoitda 96,5dan yuqoriroq haroratda qizitilsa, unda u monoklinal singoniyali β – oltingugurtga aylanadi, sovitilsa avvalgi holatiga keladi.

Ko'pincha toza holda bo'ladi, ammo ba'zan gil yoki organik moddalar, neft tomchilari, gaz va boshqalar bilan mexanik aralashma holda bo'ladi. Ayrim hollarda oltingugurt tarkibida 5% selen bo'lishi mumkin. Rombik singoniyali, ba'zan rombodipiramidal shakllarda uchraydi. Oltingugurt yaxlit, tuproqsimon massalar holida topiladi. Buyraksimon, oqiq – tom-

ma shakllarda bo'ladi. Rangi to'q sariq, limon-sariq, asal-sariq, sariq, kulrang-sariq, qo'ng'ir va qora. Kristallari olmosdek, ba'zan yog'langandek yaltiraydi. Toza kristalli numi yaxshi o'tkazadi. Oltingugurtning qattiqligi – 1 – 2, ancha mo'rt, ulanish tekisligi mukammal, solishtirma og'irligi 2,05-2,08. U elektr va issiqlikni yomon o'tkazadi (yaxshi izolyator). Oltingugurt boshqa o'ziga o'xshash minerallardan ajratish belgilari – rangi, kichik qattiqligi, mo'rtligi, yaltirashi va boshqalar.

Sof tug'ma oltingugurt Yer po'stining ustki qismida joylashgan. Oltingugurt turli yo'llar bilan yuzaga keladi: 1) vulqon harakatida qator gazlar bilan oltingugurt havoga uchadi, ba'zilar vulqon mo'rilari, jins yoriqlarida yopishib qotadi. Hozirgi vaqtda vulqonli mamlakatlarda Rossiya (Kamchatka, Kuril orollari), Yaponiya, Italiya'ning vulqonlar uchraydigan joylarida solfator manbalarida erigan holda chiqadi va soylar va jarliklarda oqimlar ko'rinishida qotadi; 2) ma'dan konlari oksidlanish zonalarining ostki qismida sulfidlarning, ayniqsa, piritning parchalanishidan paydo bo'ladi; 3) cho'kindi gips qatlamlarining parchalanishidan ham hosil bo'ladi.

Oltingugurt sanoatning turli tarmoqlarida zarur element hisoblanadi. U turli kislotalar tayyorlashda rezina, bo'yoq, gugurt, mushaklar va qishloq xo'jaligida ishlatiladi.

SULFIDLAR VA SULFOTUZLAR SINFI

Xalkozin – Cu ₂ S	Aykinit – PbCuBiS ₃	Vismutin – Bi ₂ S ₃
Argentit – Ag ₂ S	Kalaverit – AuTe ₂	Tetradimit – Bi ₂ (Fe,S) ₃
Kovelin – CuS	Sfalerit – ZnS	Realgar – AsS
Shtromeyirit – (Ag,Cu) ₂ S	Silvanit –	Molibdenit – MoS ₂
Xalkopirit –	AuAgTe ₄	Auripigment – As ₂ S ₃
CuFeS ₂	Vyurtsit – ZnS	Tungstenit – WS ₂
Gessit – Ag ₂ Te	Kinovar – HgS	Antimonit – Sb ₂ S ₃
Kubanit – CuFe ₂ S ₃	Grinokit – CdS	Alabandin – MnS
Diskrozit – Ag ₃ Sb	Metatsinabarit – HgS	Pirit – FeS ₂
Bornit – Cu ₅ FeS ₄	Galenit – PbS	Kobaltin – CoAsS
Domeykit – Cu ₃ As	Stanin – SnCu ₂ FeS ₄	Markazit – FeS ₂
Prustit – Ag ₃ AsS ₃	Djemsonit –	Lellingit – FeAs ₂
Pirargirit – Ag ₃ SbS ₃	Pb ₂ Sb ₂ S ₅	Sperrelit – PtAs ₂
Stefanit – Ag ₅ SbS ₄	Bulanjerit – Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁	
Polibazit – (Ag,Cu) ₁₆ Sb ₂ S ₁₁	Frankit – Sn ₃ Pb ₅ Sb ₂ S ₁₄	
	Burnonit – CuPbSbS ₃	

Oltinugurtli va shunga o'xshash birikmalar Yer po'stida keng tarqalgan birikmalar hisoblanadi. Bu guruh minerallari kimyoviy birikmalarining turlariga qarab – oltinugurtli, selenli, tellurli, margimushli va surmali turlarga bo'linadi. Ushbu guruh minerallari sanoatda juda katta ahamiyatga ega va turli xil konlar hosil qiladi. Oltinugurt bilan birikma hosil qiluvchi minerallar soni 40 dan ortiq va ularning aksariyati metall hisoblanadi.

Rentgenometrik ma'lumotlariga binoan sulfidlar va shunga o'xshash birikmalarni ion birikmalar qatoriga va ikkinchidan sof tug'ma elementlar qatoriga qo'shish mumkin. Qutblanish hodisasi kristall strukturalarda qarama-qarshi zaryadlangan qo'shni ionlar elektronlarini qisman birlashtirishga olib keladi.

Xalkozin – Cu₂S. Nomi yunoncha «xalkos» mis so'zini anglatadi. U ba'zan mis yaltirog'i ham deyiladi. Xalkozin uch modifikatsiyada uchraydi bulardan biri quyi haroratda bo'lib, 91° dan past haroratda turg'un bo'lib, rombik singoniyada kristallanadi. Qolgan ikkitasi yuqori haroratda (91° dan yuqorida) yuzaga kelib, geksagonal va kubik shakllarda kristallanadi. Tabiiy xalkozin ko'pincha quyi haroratda hosil bo'lgan rombik (β – xalkozin) va xalkozin aralashmasidan tashkil topgan.

Xalkozin tarkibida – Cu – 79,9% va S – 20,1%, bundan tashqari Ag, As, Fe, Co, Ni aralashmalari bo'ladi. Singoniyasi – rombik. Xalkozinning yaxshi kristallari kam uchraydi ammo ko'pincha qalin tabletkasimon, kalta ustunlar hosil qiladi. Ayrim hollarda geksagonal shaklda bo'ladi. Tabiatda yaxlit, mayda donali bo'lib – bornit, xalkopirit ba'zan sfalerit, galenit, kovelinlarning o'miga pesvdomorfozalar shaklida hol-xol bo'lib uchraydi. Xalkozinning rangi – qo'rg'oshindek kulrang, metall kabi yaltiraydi. Qattiqligi 2 – 3, solishtirma og'irligi 5,5 – 5,8, elektr tokini yaxshi o'tkazadi. Xalkozin HNO₃ da erib, oltinugurt ajraladi.

Xalkozin gidrotermal va ayniqsa, ekzogen jarayonda paydo bo'ladi. Xalkozin nurash zonalarida bardosh beraolmaydi va parchalanib kuprit, malaxit va azurit kabi mis oksidlariga aylanadi. Xalkozin misga eng boy sulfid bo'lib, mis qazib olishda katta ahamiyatga ega. Xalkozin ma'danining yaxlit massalari Shimoliy Uraldagi Turinsk konida uchraydi. Uncha boy bo'lmagan hol-xol xalkozin ma'danlari Qo'ng'iro't (Balxash ko'li) Qozog'iston va Olmaliq mis konlarida aniqlangan.

Argentit – Ag₂S. Nomi yunoncha «argentum» kumush so'zidan kelib chiqqan. Argentitning ikki modifikatsiyasi mavjud, bulardan biri – yuqori

haroratli (1790S dan yuqori) kubik modifikatsiyali – argintit va 2) past haroratli (1790 S past) rombik singoniyali – akantit.

Argentit tarkibida – Ag – 87,1%, S – 12,9%, bundan tashqari aralashma sifatida mis, qo'rg'oshin, surma uchraydi. Argentit – rombik singoniyali, rangi qo'rg'oshindek kulrang, metall kabi yaltiraydi, pichoqda yaxshi kesiladi. Tabiatda kub, ba'zan oktaedr ko'rinishlarda bo'ladi. Qattiqligi –2 – 2,5, mo'rt mineral. Ulanish tekisligi kub bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi – 7,2-7,4. Argentitning aksariyati gidrotermal jarayonida paydo bo'ladi. Odatda tarkibida kumush bo'lgan boshqa minerallar bilan birga kumush oladigan manba hisoblanadi.

Galenit – PbS. Nomi yunoncha «Galena» qo'rg'oshin ma'dani so'zidan kelib chiqqan. Tarkibida Pb – 86,6% va S – 5-13,4%, aralashma tariqasida, Cu, Zn, Bi, Fe, As, Sb uchraydi. U kubik singoniyada kristallanadi. Rangi qo'rg'oshindek kulrang, metall kabi yaltiraydi. Qattiqligi 2-3, u ancha mo'rt mineral, ulanish tekisligi kub bo'yicha mukammal. Solishtirma og'irligi 7,4-7,6. U kuchsiz elektr tokini o'tkazadi.

Galenit asosan gidrotermal jarayonda vujudga keladi. Tashqi ko'rinishi bilan antimonit Sb_2S_3 , bulanjerit $Pb_5[Sb_2S_4]_2S_3$ va burnonit – $CuPb[SbS_3]$ larga juda o'xshash, ularning farqi: antimonit – cho'zinchoq – zirapchasimon kristall hosil qiladi. Bulanjerit esa, shu'lasimon, tolasimon ko'rinishda. Burnonit – cho'zinchoq ustunsimon shakli. Nurash jarayonida galenit oksidlanib serussitga – $PbCO_3$ va anglezit – $PbSO_4$ aylanadi. Galenit qo'rg'oshin olishda muhim asosiy manba hisoblanadi. Respublikamizda polimetall deb ataluvchi gidrotermal konlar yetarli darajada, ular Uchquloch (Shimoliy Nurota) va Olmaliq konlaridir.

Sfalerit – ZnS. Nomi yunoncha «Sfaleros» – aldamchi degan ma'noni bildiradi. Tabiatda bir necha xillari mavjud: Kleyofon – oq rangli (deyarli aralashmalari yo'q), marmatit – qora rangli (temirga boy). Poshibramit (kadmiyga boy). Ularning tarkibida Zn – 67,1%, S – 32,9%. Aralashma sifatida – Fe – 20%, Mn – 8%, Cd – 2,5-9,2%, Cu – 2,5% gacha. Sfalerit kubik singoniyada kristallanadi. Yaxshi shakllari kam uchraydi ammo ba'zi bo'shliqlarda yuzaga kelib to'g'ri tetraedr shaklida uchraydi. Yaxlit donali kristallaridan iborat ulanish tekisligi yaxlit ko'rinishda turadi. Ba'zan kristallarning yiriklari ham uchraydi. Rossiya'ning Chita viloyatidagi Klichkin konida sfaleritning 10 sm kristali bo'lsa, AQSHning Jopein konida 1 t og'irlikda tetraedr va rombododekaedr ko'rinishida topilgan. Rangi qora yoki jigarrang olmos kabi yaltiraydi. Qattiqligi 3 – 4, ancha

mo'rt, u elektr tokini o'tkazmaydi. Suyultirilgan HNO_3 da eriydi va oltin-gugurt ajralib chiqadi. Sflerit ko'pincha galenit va mis sulfidlari bilan birga uchraydi.

Sflerit ekzogen sharoitida deyarli yuzaga kelmaydi. Olinadigan ruxning qariyb yarim polimetall konlardan olinib, ushbu konlarda sflerit-ning miqdori galenitnikidan yuqori bo'ladi. Sflerit rux olish uchun asosiy manba, ammo qo'shimcha ravishda kadmiy va galliy elementlari ajratib olinadi.

Grinokit – CdS . Kadmiy aldamchisi deyiladi va tabiatda juda kam uchraydi. Tarkibida – 77% kadmiy bor. Geksagonal singoni-yada kristallanadi va o'tkir piramida shakllarida bo'ladi. Ba'zan kukun, tuproqsimon holatlarda topiladi. Uning rangi sariq, qizg'ish-sariq, to'q qizg'ish-sariq, yaltirashi olmosdek, qattiqligi 3-3,5. U mo'rt mineral, ula-nish tekisligi mukammal, solishtirma og'irligi – 4,9-5,0. U kislotalarda eriyotganda H_2S hidini chiqaradi. Kadmiyning yirik konlari uchramaydi. Grinokit polimetall konlarning oksidlanish zonalarida aniqlangan, bular – Qizil-Espe (Qozog'iston), Sibilevsk koni (Janubiy Ural), Arshibram koni Chexoslovakiya, Pensilvaniya (AQSH).

Kinovar – HgS . Nomi Hindistondan kelib chiqqan deb taxmin qilina-di, ularda qizil smola, kinovar «ajdarho qoni» deyiladi. Simob sulfidi ikki modifikatsiyada – kinovar va metatsinabarit. Tarkibida Hg – 86,2%, S – 13,8%. Singoniyasi – trigonal, uning qalin tabletkasimon va romboedr kristallari uchraydi ba'zan noto'g'ri shaklli, hol-xolli donalar holida, ba'zan kukunsimon, yupqa po'stloq tariqalarida bo'ladi. Rangi qizil, ba'zan qo'rg'oshindek kulrang bo'lib tovlanadi. U kuchli yarim metall kabi yaltiraydi. Uning qattiqligi – 2 – 2,5 mo'rt mineral. Ulanish tekisligi ba'zi yo'nalishi bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi 8, u elektr tokini yomon o'tkazadi. Kinovar va metasenobarit – past haroratli gidrotermal (teletermal) jarayonda yuzaga keladi. Ba'zan vulqon jinslari natijasida ham namoyon bo'ladi. Kinovar hosil qiluvchi teletermallardagi tog' jinslari kvarslashadi (jesperoidlar yuzaga keladi), serisitlashadi, kaolinlashadi va seolitlashadi.

Kinovar konlarida quyidagi yetakchi ma'dan minerallari – kinovar, metasenobarit, antimonit, realgar, auripigment, aynama ma'dan (bleklaya ruda) hamda kvars mayda donalardan xalsedongacha, ba'zan flyuorit, barit va karbonatlar birga uchraydi.

Dunyoda eng yirik konlari Almaden (Syudad-Real) Ispaniyada mav-jud. Ushbu kondan 200 yildan ortiq simob olinmoqda, ma'lumotlarga

qaraganda zaxirasi yana 100 yilga yetadi. Ukrainadagi Nikitovsk, Haydarkon Kirg'iziston va respublikamizning Turkiston tog'larining shimoliy etaklari yon bag'rlarida (Qorasuv, Sox va boshqalar) topilgan. Kinovar simob olinadigan birdan-bir manba hisoblanadi. Simob oltinni kimyoviy tayyorlashda, fizik asboblarda va portlovchi simob Hg(CNO) detonatorlar uchun modda tayyorlashda ishlatiladi.

Realgar – AsS tarkibida As – 70% va S – 29,2% bo'ladi. Nomi arabchadan olingan realgar – «shaxta changi» ma'nosini anglatadi. U monoklin singoniyali. Kristall tuzilishi prizmatik holda uchraydi. Odatda prizmaning cho'zinchoq o'qi bo'yicha chiziqlar bilan qoplanadi, ba'zan donador agregatlar, ba'zan po'st va tuproqsimon agregatlar hosil qiladi. Realgaming rangi sarg'ish-qizil, ba'zan to'q qizil, u yarim shaffof, olmosdek yaltiraydi. Realgar qattiqligi 1,5-2, ulanish tekisligi mukammal, solishtirma og'irligi 3,4-3,6. Realgar vaqt o'tishi bilan sarg'ish-qizil kungunga aylanadi, elektr tokini o'tkazmaydi. Tabiatda realgar har doim auri-pigment bilan birga uchraydi. Realgar konlarida uning yirik kristallari 1 – 2 sm kattalikda uchraydi (Luxumsk koni – Gruziya).

Antimonit – Sb₂S₃. Mineral nomi yunoncha «antimonium» surma so'zini anglatadi. Tarkibi Sb – 71,4%, S – 28,6%, aralashma sifatida As, Ag, Au uchraydi. Rombik singoniyali, ko'proq prizma shaklida ustunchaga, ignaga o'xshash, yonlari tik chiziqlar bilan qoplangan bo'ladi. Ba'zan antimonit kristallari qiyshaygan, hatto buralib ketgan bo'ladi. Antimonitning rangi qo'rg'oshindek kulrang, ayrim kristallari ko'kintir qora bo'lib tovlanadi. U shaffof emas, ammo metall kabi yaltiraydi, uning qattiqligi 2 – 2,5, ancha mo'rt mineral. Ulanish tekisligi prizma bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi 4,6, elektr tokini o'tkazmaydi.

Uning yirik uyumlari gidrotermal jarayonda yuzaga keladi. Ba'zan vulqon mo'rilarida va atrofida. vulqon mahsulotlari orasida uchraydi. Oksidlanish zonalarida ancha osonlik bilan parchalanib turli oksidlarga – valentenid, servantit, kermezitlarga aylanadi.

Mashhur konlarga Farg'ona vodiysidagi – Qadamjoy, Yaponiya-ni Shikoku orolidagi Itshinokava konlari yaxlit misol bo'la oladi. Surma qo'rg'oshin va rux bilan tayyorlangan qotishmasi «tipografiya metalli» deb yuritiladi. Surma, rezina, kauchuk, to'qimachilik sanoatida. shisha tayyorlashda va tibbiyotda ishlatiladi. Surmani qazib olishda antimonit asosiy manba hisoblanadi.

Nikelin – NiAs . Tarkibida – 43,9% nikel – 56,1% margimush bo'ladi, izomorf aralashma holida Fe – 1-2,5%, S – 1-5%, Cu – 0,1%, Sb – 2%, Bi – 0,1% uchraydi. Tabiatda geksagonal singogiyada kristallanadi. Nikelin kristallari kam uchraydi odatda yaxlit massalar, ba'zan hol-xol hamda buyraksimon ko'rinishlarda yuzaga keladi. Qattiqligi – 5, mo'rt, ulanish tekisligi mukammal emas. U elektr tokini yaxshi o'tkazadi. Nikelin rangi – misdek – qizil, metall kabi yaltiraydi. Fizik xossalari bo'yicha bornitga o'xshash, undan rangi va metall kabi yaltirashi bilan farqlanadi.

Nikelinning aksariyat qismi gidrotermal jarayonda yuzaga keladi. Nikelin oksidlanish hisobiga och yashil rangli mineral annabergitga – $\text{Ni}[\text{AsO}_4] \cdot 2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ – aylanadi. Saksoniyadagi ma'dan tog' konida nikelin sof tug'ma vismutli (ginesberg) kobalt-nikel-kumush formatsiyasini hosil qiladi.

Pentlandit – $(\text{Fe}, \text{Ni})_9\text{S}_8$. Mineral nomi birinchi aniqlagan Dj.B. Pendland sharafiga bilan ataladi. Pentlandit – temir-nikel kolchedani deyiladi va $\text{Fe}:\text{Ni}$ munosabati 0,2 dan 1,5 gacha. Ba'zan yuqori miqdorda kobalt uchraydi. Kobalt-pentlandit (Varislaxti Finlyandiyada) kobalt – 49%, Langis (Kanadada) 54% S o, nikel miqdori esa 10,5%. Bulardan tashqari, pentlanditda mis – 6,5, kumush – 14% gacha (Talnax konida) aniqlangan. Pentlandit kubik singoniyada yuzaga keladi. Uning rangi bronza – sariq, ba'zan och rangi uchraydi. Metall kabi yaltiraydi. Qattiqligi – 3,4, ulanish oktaedr bo'yicha mukammal. Solishtirma og'irligi 4,5-5. U elektr tokini yaxshi o'tkazadi, ammo magnitlik xususiyati yo'q. Tabiatda xarakterli shakldagi kristallari kam uchraydi.

Pentlandit magmatogen konlarda pirrotin va xalkopiritlar bilan uchraydi, yirik uyumlar hosil qiladi. Ular bilan birgalikda platina minerallari – sperilit – PtAs_2 , palladiyli platina, kuperit – PtS lar uchraydi. Oksidlanish zonasida nikel sulfidlaridan suvda oson eriydigan ikkilamchi minerallari – morenozit – $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, ryotgersit – $\text{NiSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ hosil bo'ladi.

Dunyodagi nikelning 90%, jahondagi mashhur – Kanadadagi Syodberi, Janubiy Afrikadagi Bushveld va Rossiyadagi Norilsk, Talnax va boshqa konlardan qazib olinadi. Ushbu konlarning ma'danlaridagi nikel miqdori 1-5%, mis – 2-3% atrofida bo'ladi.

Nikeldan maxsus asboblari, idishlar tayyorlashda hamda texnika jihatidan ahamiyatga ega bo'lgan qotishmalar tayyorlashda va temir asboblarni tayyorlashda foydalaniladi.

Xalkopirit – CuFeS_2 . Nomi yunoncha «xalkos» – mis, «Piros» – olov ma'nosini bildiradi. (Mis kolchedani) tarkibida – Cu – 34%, Fe – 30,54%, S – 34,9%. Bundan tashqari: Mn – 3%, As – 1,5%, Sb – 1%, Ag, Zn, Bi – 0,2%, atrofida aniqlangan. Uning tetragonal singoniyali yaxshi kristallari bo'shliqlarda paydo bo'ladi. Rangi jez-sariq, to'q-sariq, ola-bula bo'lib tovlanadi. U shaffof emas, metall kabi kuchli yaltiraydi, mo'rt mineral. Xalkopiritga pirit o'xshash, farqi, rangi va qattiqligi bilan farqlanadi. Xalkopirit HNO_3 kislotada parchalanadi va oltingugurt ajraladi. Xalkopirit, pirrotin, petlandit va boshqalar birga intruziv jinslar oralarida magmatogen konlar hosil qiladi. Uni ba'zan gidrotermal konlarda uchratish mumkin. Xalkopirit nurash jarayonlarida parchalanib mis va temir sulfatlarini hosil qiladi. **Mis-porfirsimon** kristallar – xalkopirit, bornit, sfalerit va molibdenitlardan iborat (Chilidagi Chukikamata, Bolgariyadagi Medet). Xalkopirit uyumlari ba'zan vulqon jinslarida qora rangli ma'danlar hosil qiladi va ular mayda zarrachasimon xalkopirit, bornit, sfalerit, kassiterit va volframitlardan tashkil topgan (Yaponiyadagi – Akenobe, Ikuno konlari).

Xalkopiritning yirik uyumlari skamlarda hosil bo'ladi Turinsk, (Rossiya), Olmaliq (O'zbekiston) va mis olishdagi asosiy manbalardan hisoblanadi. Sanoatbop ma'danlarda misning miqdori 2-2,5% bo'lishi lozim, shundagina qazib olishning imkoniyati tug'iladi. Albatta, bu ko'rsatkich o'zgaruvchan, chunki yerning chuqur qismidan qazib olish maqsadga muvofiq emas.

Molibdenit – MoS_2 . Grekcha «molibdos» qo'rg'oshin degan so'zni anglatadi. Tarkibida Mo – 60%, S-40%. Izomorf aralashma sifatida Re – 0,1-2,0%, Tu – 2% gacha va boshqalar bo'ladi. Molibden geksagonal singoniyada kristallanadi, u odatda qavat-qavat bo'lib uchraydi. Har qaysi qavatlardagi ionlar bir-biri bilan mustahkam bog'lanish hosil qilmaydi. Kristallari geksagonal shaklda uchraydi. Prizmatik kristallari kam uchraydi. Ko'proq varaqsimon, tangachasimon, sferolit ko'rinishlarda, qoramtir rangli tuproqsimon hollarda uchraydi. Molibdenit rangi qo'rg'oshindek kulrang, havorang bo'lib tovlanadi. U metalldek yaltiraydi, yupqa varaqchalari egilgan va bukilgan, qattiqligi – 1, solishtirma og'irligi – 4,7-5,0, molibdenitning asosiy belgilari – qo'lga yog'langandek tuyulishi va qog'ozda iz qoldirishidir. Molibdenitning elektr tokini o'tkazish qobiliyati o'zgaruvchan, ya'ni oddiy haroratda sust darajada o'tkazsa, harorat ortishi bilan o'tkazmaydi.

Tabiatda uchraydigan aksariyat molibdenit konlari nordon intruziv jinslar bilan genetik bog'liq. Molibdenit gidrotermal jarayonda kvartslarida kassiterit – volframit, ba'zan muskovit, topaz va vismutinlar bilan paragenesis hosil qiladi. Karaoba Qozog'iston, Beluxa va Bukuka Chita viloyati Rossiya, Xermingi, Gavay, Birma. Bulardan tashqari dunyodagi eng yirik konlari yuqori haroratli gidrotermal mahsuloti – mis porfirli konlardir. Bunda molibdenit, xalkopirit, bornit va piritlar bilan birga uchraydi. (AQSHning Kolorado shtatidagi kon – Klaymaks, Kadjaran, Armaniston, Kounrad, Qozog'iston, Olmaliq, O'zbekiston). Ushbu genetik turdagi konlar dunyoda qazib olinadigan molibdenning 80 – 90% beradi. Undan tashqari, molibdenit skarn konlarida ham uchraydi (Chimyon intruzivi,)

Pirit – FeS_2 . Yunoncha «piros» olov demakdir (urganda uchqun chiqadi). Tarkibida Fe – 46,6%, S – 53,4% ni tashkil etadi. Bulardan tashqari 10% gacha kobalt, Ni, Hg – 2% atrofida 0,2-0,5% hisobida, ba'zan Cu, As, Zn, Pb, Ti bo'ladi. Nisbatan kamroq miqdorda Au, Sb, Cd, Ge va boshqalar aniqlangan. Pirit kub singoniyali (71-rasm).

Odatda to'g'ri tuzilgan kristallari uchraydi. Ma'danlarda uchraydigan pirit kubik, pentagondodekaedr, ba'zan oktaedr ko'rinishda yuzaga keladi, bulardan tashqari tog' jinslarida hol-xol ko'rinishda uchratish mumkin. Piritning rangi och mis-sariq, sarg'ish-qo'ng'ir, ola-bula bo'lib tovlanadi. Bu metall kabi yaltiroq, qattiqligi 6-6,5, u elektr tokini yaxshi o'tkazmaydi. Keng tarqalgan pirit koni miskolchedanli (Urup – Karachay – Cherkesda, Sibay, Gay, Degtyarka, Karabash, Uchali Markaziy Ural). Kolchedan polimetalli (Buryatiya, Orlovsk, Tishinsk, Altay, Jeyran, Qozog'iston, Rio-Tinto, Uelva, Ispaniya), oltingugurt kolchedanli (rifeyvend jinslardagi (Kareliya, Rossiya) bulardan tashqari pirit skarn, oltin-sulfidli, qo'rg'oshin, rux ma'dan konlarida yuzaga keladi.



71-rasm. Pirit.

Albatta, turli genetik konlardagi pirit turining fizik xossalari bilan farqlanadi. Ushbularni e'tiborga olgan holda formatsiya turlarini ajratishda foydalanishi mumkin.

Kobaltin CoAsS . Sinonimi kobalt yaltirog'i ham deyiladi, tarkibida – So – 35,4%, As – 45,3% va S – 19,3%, bulardan tashqari Fe -16% gacha, nikel – 7,7 atrofida uchraydi. Kobaltin kubik singoniyali, uning aniq va

to'g'ri kristallari: kub, oktaedr, pentagon dodekaedrik shakllari keng uchraydi. Kobaltinning rangi oq yoki po'latdek kulrang bo'lib, pushtiroq tovlanadi. Temirga boy turlari to'q kulrang va qora bo'ladi. U metall kabi yaltiraydi, qattiqligi 5-6, ancha mo'rt, ulanish tekisligi kub bo'yicha mukammal, elektr tokini yaxshi o'tkazmaydi. Kobaltin – gidrotermal jarayonlar uchun xos mineral bo'lib, kontakt – metasomatik temir konlarida uchraydi.

Kobaltinning sanoatbop minerallari – skarn-metasomatik ma'danlarida (Dashkesan, Ozarbayjon Respublikasi) magnetit, xalkopirit, pirit, sfalerit, molibdenitlar bilan birgalikda yirik uyumlar hosil qiladi. Yuqori haroratli gidrotermal jarayonda yuzaga keluvchi konlarda kobaltin, safflorit, skutterudit, smaltin va boshqalar bilan ko'rish mumkin (Ontario, Kanada, Skuttered – Norvegiya, Tunaberg – Shvetsiya).

Sperrilit – $PtAs_2$. Tarkibida – Pt – 56,5%; As – 43,5% miqdorda va aralashma sifatida Rh – 1,6%, Fe – 0,4%, Cu – 0,7%, Sb – 0,6%, ba'zan Sn – 3,6% uchratish mumkin. Sperrilit – kub singoniyali, shakli bo'yicha piritga o'xshab ketadi. Tabiatda bu mineral kub, oktaedrik ba'zan pentagon dodekaedr shakllarida uchraydi. Uning rangi qalayidek oq, metall kabi yaltiraydi. Qattiqligi – 6 – 7, solishtirma og'irligi 9,5-10,7, ulanish tekisligi kub bo'yicha mukammal. Mineral elektr tokini o'tkazmaydi. Sperrilitning hosil bo'lishi asos intruziv jinslar gabbro, gabbro-norit bilan uzviy bog'liq (Syodberi – Kanada, Bushveld – Janubiy Afrika, Norilsk – Rossiya). Bu konlarda sperrilit, pirrotin, xalkopirit, pentlandit va boshqalar bilan o'zaro paragenetik bog'langan.

Prustit – Ag_3AsS_3 . Fransuz kimyogari J.L.Prusta nomi bilan atalgan. Mineral tarkibi: Ag – 65,4%, As – 15,2%, S – 19,4%. Trigonal singoniyali. Ko'pincha cho'zinchoq romboedr shaklda mavjud. Bulardan tashqari, asosiy shakllarga – geksagonal, prizma va ditrigonal piramidalar holida uchraydi.

Prustitning rangi qizil, to'q qizil, olcha qizil. U yarim shaffof, olmos kabi yaltiraydi, ulanish tekisligi prizma va piramidalar bo'yicha mukammal, chig'anoqsimon yuza hosil qilib sinadi. Uning solishtirma og'irligi 5,5-5,6, elektr tokini yaxshi o'tkazmaydi. Prustit o'rta va past haroratli gidrotermal jarayonda yuzaga keladi. Prustit – qo'rg'oshin-rux-kumush ma'danli formatsiyalarida keng tarqalgan. Oksidlanish zonalarida pirargirit parchalanib sof tug'ma kumush bilan argentit yuzaga keladi. Prustitning yirik konlari Rossiyada, Meksikada, Chili, Peru va Boliviya mamlakatlarida aniqlangan.

Tetraedrit – $\text{Cu}_{12}\text{Sb}_4\text{S}_{13}$ yoki $3\text{Cu}_2\text{Sb}_2\text{S}_3$. Mineral nomi uchraydigan kristall shakllariga muvofiq berilgan tetraedrit aynama ma'danlarining (bleklaya ruda) tipik vakillari hisoblanadi. Aynama ma'danlar tarkibida ayrim komponentlarning miqdori quyidagicha bo'ladi (% hisobida): Cu–22,53, Ag–0,18, Zn–0,9, Fe–0,13, Hg–0,17, As–0,20, Sb–9,29,2, Bi–0,4,5, S–20,6–29,1. Tetraedrit singoniyasi–kubik. Bo'shliqlardan topilgan kristallari tetraedrik shaklga ega, ammo ko'pincha yaxlit massalar, noto'g'ri shakllarda uchraydi. Rangi po'latdek kulrang, temirdek qora, ba'zan qo'ng'irroq ranglarda. Shaffof emas, yarim metalldek yaltiraydi. Qattiqligi 3 – 4, ulanish tekisligi ko'rinmaydi, solishtirma og'irligi 4,4–4,5 atrofida ancha mo'rt mineral, elektr tokini kuchsiz o'tkazadi. Tetraedrit, xalkopirit, pirit, oltin, aykinitlarda yirik kristalli (5–10 sm) Rossiyadagi Berezovsk oltin-kvars konida topilgan. Bu mineral Darasun (Chita, Rossiya) oltin konida ikkinchi darajali mineral. Tetraedrit vulqon jinslarga aloqador ma'dan minerallarida keng tarqalgan (Ikuno, Xonsyu, Yaponiya).

Enargit – Cu_3AsS_4 . Nomi yunoncha «enargis» aniq, yoki aniq ko'rinib turadigan ulanish tekisligiga asoslangan. Tarkibida Cu – 48,3%, As–19,1%, S–32,6% miqdorida uchraydi. Aralashma sifatida Sb–6,5%, Fe–5,7% va kam miqdorda Pb, Zn, Ag bo'ladi.

Enargitning singoniyasi rombik. U taxtachasimon ko'rinishda, yaxlit donali massalar va hol-xol donalar bo'lib topiladi. Uning rangi po'latdek kulrang, ba'zan qora bo'ladi, u shaffof emas, yarim metall kabi kuchli yaltiraydi. Enargitning qattiqligi 3,5, mo'rt mineral, solishtirma og'irligi 4,5%, elektrni kuchsiz o'tkazadi. Enargitni soda bilan qizdirganda mis sharchasi ajralib chiqadi. Odatda, enargit gidrotermal jarayonda yuzaga keladigan aynama ma'dan (bleklaya ruda)larda xalkopirit, galenit, pirit va boshqalar bilan birga uchraydi. Yirik uyumlari mis va margimush olishda asosiy manba hisoblanadi.

Bulanjerit – $\text{Pb}_5\text{Sb}_4\text{S}_{11}$ yoki $5\text{PbS} \cdot 2\text{Sb}_2\text{S}_3$. Tarkibida Pb – 55%, Sb – 25,7% va S – 18,9% uchraydi. Ba'zan 1% Cu uchraydi. Monoklin singoniyali, rangi qo'rg'oshindek kulrang va temirdek qora. U shaffof emas, metall kabi yaltiraydi. Qattiqligi 2,5–3, ancha mo'rt, solishtirma og'irligi 6,2, ulanishi tekisligi ayrim tomonlar bo'yicha mukammal. Bulanjerit gidrotermal sharoitda yuzaga keladigan qo'rg'oshin-rux ma'danlarida galenit, sfalerit, pirit, arsenopiritlar bilan birga uchraydi. Oksidlanish zonalarida bulanjerit parchalanib serussit PbCO_3 bilan surmaning gidrooksidlarini hosil qiladi (Zabaykale, Rossiya). Bulanjeritning katta uyumlari qo'rg'oshinning ma'dani sifatida ahamiyatga ega.

10.5. OKSIDLAR SINFI

I – oddiy oksidlar:

Kuprit – Cu_2O	Rutil – TiO_2
Korund – Al_2O_3	Anataz – TiO_2
Gematit – Fe_2O_3	Brukit – TiO_2
Uraninit – UO_2	Kassiterit – SnO_2
Kvars – SiO_2	Piroluzit – MnO_2
Xalsedon – SiO_2	Koesit – SiO_2
Opal – $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	Stishovit – SiO_2

II – murakkab oksidlar

Ilmenit – FeTiO_3	Shpinel – MgAl_2O_4
Ferberit – FeWO_4	Kolumbit – $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$
Xrizoberill – BeAl_2O_4	Gertsinit – FeAl_2O_4
Gyubnerit – MnWO_4	Tantalit – $(\text{Fe}, \text{Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$
Braunit – $\text{MnO} \cdot \text{MnO}_3$	Magnetit – $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
Perovskit – CaTiO_3	Camarskit – $(\text{Y}, \text{Er})_4[(\text{Nb}, \text{Ta})_2\text{O}_7]_3$
	Xromit – FeCr_2O_4

Suvli oksidlar

Brusit – $\text{Mg}(\text{OH})_2$	Manganit – $\text{MnO}_2 \cdot \text{Mn}(\text{OH})_2$
Gyootit – HFeO_2	Diaspor – HAlO_2
Gibbsit – $\text{Al}(\text{OH})_3$	Lepidokrokit – $\text{FeO} \cdot \text{OH}$

Bu guruh minerallari metall va metalloidlarning kislorod va gidrooksidlar bilan qoʻshilib hosil qiladigan eng oddiy birikmalarini oʻz ichiga oladi. Keyingi maʼlumotlarga binoan kislorod bilan 40 dan ortiq kimyoviy element turli xil birikmalar hosil qiladi.

Yer poʻstida oksidli birikmalar ogʻirligi boʻyicha 17% tashkil qiladi, bulardan 12% ni kremniy oksidi (SiO_2), 3,9% temir oksidi va gidrooksidi tashkil qiladi. Boshqa elementlardan: alyuminiy, titan, marganes, xrom, mis oksidlari va boshqalar katta oʻrin tutadi.

Atmosferada oksidlardan – karbonat angidrid (SO_2) va suv bugʻlari keng tarqalgan va ularning tarqalish chegarasi yer yuzasidan 12 km balanddan oʻtadi. Hidrosferaning tarkibi va asosiy qismi suvdan iborat, ular tabiatda keng tarqalgan.

Demak, yuqoridagilardan maʼlum boʻldiki, tarkibi xilma-xil boʻlgan oksid, gidrooksidlarning maksimal miqdori yer poʻstining ustki qism-

larida – erkin kislorodli atmosfera chegarasida joylashgan. Yer po‘stining chuqur qismiga kislorodning kirib borishi yer osti suvining sathiga bog‘liq. Yer po‘stining ustki qismi turli tog‘ jinslari va ma‘dan konlarining oksidlanish zonasi minerallarni qayta hosil qiluvchi kimyoviy reaksiyalar yuzaga keladigan maydon hisoblanadi. Ushbu oksidlanish maydonlarida yuzaga kelgan minerallar orasida metall oksidlari va gidrooksidlari muhim rol o‘ynaydi. Oksidlanish zonasidagi ikkilamchi minerallarning paydo bo‘lishida tarkibida karbonat angidrid bo‘lgan yomg‘ir suvlarining ahamiyati juda katta.

Havoga to‘yingan 1 litr yomg‘ir suvida 25 – 30 sm³ gaz borligi aniqlangan. Bu gaz tarkibining 30% ni kislorod, 60% azot va 10% ga yaqinini karbonat angidrid tashkil etadi. Yomg‘ir suvi Yerning chuqur qismiga borgan sari erkin kislorod sulfid va shunga o‘xshash birikmalarni oksidlantirish uchun sarf bo‘ladi. Tog‘ jinslari va ma‘dan maydonlarida ishtirok etgan Fe+2, Mn+2, V3 tez oksidlanib, kislorodli birikmalar hosil qiladi. Oksidlanish zonalarida dastlab yuzaga kelgan tuzlar (sulfatlar, karbonatlar va boshqalar) ma‘lum tezlikda suv bilan reaksiyaga kirib parchalanadi – gidrolizlanadi, natijada metallarning aksariyati suvda qiyin eriydigan gidrooksidlar holida ajraladi. Minerallarning fizik hossalari ularning strukturasi (tuzilishi) va tarkibiga bog‘liq. Oksidlar strukturasi-ning (kubik, geksagonal) asosida zichlashgan kislorod atomi, hamda oktaedrlardagi bo‘shliqda kationlar joylashadi. Kremniy, alyuminiy va magniy oksidlari ion-kovalent bog‘lanishni hosil qilsa, qolgan oksidlar (mis, temir, xrom va boshqalar) metall bog‘lanishdan yuzaga keladi. Shuning uchun ham kremniy, alyuminiy, magniy oksidlari yuqori qattqlikka ega, ya‘ni kvars, shpinel, korund, xrizoberillarning qattqligi – 7-9 ni tashkil etadi, qolgan oksidli minerallarning qattqligi – 5-6 atrofida. Oksidlar-ning zichligi 2,5 dan (kvars) – 10,6 gacha (uranit) bu o‘zgarish shu tarkibga kiruvchi elementlarning atom og‘irligining ortib borishiga uzviy bog‘liq.

Varaqsimon kristall strukturaga ega bo‘lgan gidrooksidlar qatlamlari orasidagi mavjud bo‘sh bog‘lanishga binoan, uncha mustahkam bo‘lmagan kristall panjarasi bilan belgilanadi.

Kuprit – Cu₂O. Mineral nomi yunoncha «kuprum» – mis so‘zidan kelib chiqqan. Tarkibida mis miqdori – 88,8%ni tashkil etadi. Kubik singoniyali. Odatda donador ba‘zan holsimon xillarda uchraydi. Rangi qizil, metall kabi yaltiraydi. Kupritning qattqligi 3,5-4, solishtirma og‘irligi 5,8-6,2. Ulanish tekisligi kub bo‘yicha mukammal. Kupritga xos xususi-

yatlari: olmosdek yaltiraydi, qizil rangi. U misning gipergen zonalarida keng tarqalgan bo'lib, bornit, xalkozin, kovellin, aynama ma'dan (bleklaya ruda) lar bilan birga uchraydi.

Korund – Al_2O_3 . Tarkibida Al – 52,91% va O – 47,09%, aralashma sifatida birozgina xrom bo'lsa rangi qizil tusli, Fe^{+3} – jigarrang, Mn – pushti, Ti – aralashsa ko'k va Fe^{+} qora ranglarda bo'ladi. Korund trigonal singoniyali bo'lib, odatda kristallari to'g'ri tuzilgan ustunsimon, piramidal ko'rinishlarda uchraydi. Uning rangi ko'kish, sarg'ish-kulrang, ba'zan shaffof bo'ladi. Korundning turli rangli – qimmatbaho xillari ham uchraydi. Ko'k sapfir va qizil rubin. U shisha kabi yaltiraydi. Qattiqligi – 9, solishtirma og'irligi – 3,95-4,0, ulanish tekisligi yo'q. Korund odatda glinozemga boy, kremnezemi kam intruziv jinslarda sienit, anortozitlarda uchraydi hamda kontakt metasomatik jarayonlarda ham yuzaga keladi, kengroq miqdorda regional-metamorfizm natijasida yuzaga kelgan jinslarda hosil bo'ladi.

Gematit – Fe_2O_3 . Nomi – «gematikos»: rangi qonga o'xshash. Tarkibida Fe – 70%, O – 30%, kam miqdorda Ti bilan Mg ishtirok etadi. U trigonal singoniyali bo'lib, plastinkasimon, romboedrik, ba'zan kichik prizmatik kristallar holida uchraydi. Bulardan tashqari, zich yaxlit massalar holida, varaq-varaq agregatlarga o'xshash ko'rinishlarda bo'ladi. Gematit rangi – kulrang, qora. Uning chizig'i olchadek qizil, shaffof, ba'zan yarim metall kabi yaltiraydi. Gematitning qattiqligi – 5,5-6,0, solishtirma og'irligi – 5,2, ancha mo'rt bo'ladi. U HCl da sekin eriydi.

Gematit asos, o'rta va nordon intruziv jinslarda paydo bo'ladi, ba'zan gidrotermal jarayonlarda yuzaga keladi. Regional metamorfizm hosilasi kristallik slaneslarda va kontaktli metamorfik jinslarda ko'p uchraydi.

Gematit temir olishda asosiy sanoatbop xomashyo hisoblanadi.

Rutil – TiO_2 . Nomi yunoncha «rutilus» qizil degani. Bunda Ti – 60%, O-40% bo'ladi, bundan tashqari, Fe, Cr, V ishtirok etsa, Sn – miqdori 1,5% bo'ladi. Rutilning temirga boy xilini nigirin, niobiy va tantalli turi – struverit deb yuritiladi. Rutilning tolasimon, qilsimon ko'rinishidagisini – sagenit deyiladi. U tetragonal singoniyada kristallanadi, odatda prizmasimon, ninasimon, ustunsimon shakllarda bo'ladi. Rutil – qo'ng'ir, to'q sariq, qizil va qora ranglarda uchraydi. U olmos kabi yaltiraydi, qattiqligi – 6, solishtirma og'irligi – 4,2, ancha mo'rt mineral. Rutil o'ziga o'xshash modifikatsiyalar – anataz – TiO_2 , brukit – TiO_2 lar orasida eng barqarori hisoblanadi.

Rutil xilma-xil sharoitlarda hosil bo'ladi. Kamdan-kam holda o'rta va nordon intruziv jinslarda va ular pegmatitlar hamda metamorfik jinslarda paydo bo'ladi. Rutilning yirik konlari – Norvegiya, Shvetsiya, Rossiya'ning Ilmensk tog'larida, AQSHning Virgina shtatlarida mavjud.

Kassiterit – SnO_2 . Yunoncha «kassiteris» – qalayi demakdir. Tarkibida – Sn – 78,8%, aralashma holda Nb, Ta, Ti uchraydi. U tetragon singoniyali. Kassiterit kristallari keng tarqalgan, ular mayda, ba'zan 10 sm gacha yiriklarini uchratish mumkin. Uning rangi – to'q qo'ng'ir, ba'zan qora smolaga o'xshash. U olmos kabi yaltiraydi. Qattiqligi – 6-7, solishtirma og'irligi – 6,8-7,0, mo'rt mineral. Kassiterit genetik jihatdan nordon intruziv jinslar bilan uzviy bog'liq. Kassiterit kontakt-metasomatik sulfid konlarida paydo bo'ladi, bundan tashqari, gidrotermal sharoitda kvars-kassiterit va sulfid-kassiterit formatsiyali yirik konlarini hosil qiladi. Kassiterit ma'danlari qalayi olinadigan birdan-bir xomashyo hisoblanadi.

Pirolyuzit – MnO_2 . Tarkibida – Mn – 63,2% bo'ladi. Tetragonal singoniyali, yashirin kristallangan, kukunsimon, qurumsimon, buyraksimon agregatlar ko'rinishida uchraydi. Rangi qora, u metallarga xos ko'kimtir tusda tovlanadi. Pirolyuzitning qattiqligi – 5-6, solishtirma og'irligi – 4,7-5,0. U HCl da eriydi va xlor ajralib chiqadi. Pirolyuzit – nurash jarayonidan hosil bo'ladi. Konlari Chiaturi – Gruziyada, Rossiyada, Hindistonda, Kanada, Braziliyada va Janubiy Afrikada mavjud.

Uraninit – UO_2 . Mineral nomi tarkibiga qarab berilgan. Uraninitning uranga boy turini norvegiyalik kimyogar B.V.Breyogger (1851-1940) sharafiga breyoggerit, kam tarqoq elementlarga boy turini shvetsiyalik P.T.Kleva (1840-1905) nomiga kleveit deb atalgan. Uraninit kubik singoniyali oktaedr va rombik dodekaedr shakllarda bo'ladi hamda buyraksimon, oqiq shakllarda uchratish mumkin. Uning rangi qora, ba'zan rangsiz binafsha holda tovlanadi va yarim metall kabi yaltiraydi, odatda smolaga o'xshash qora. Qattiqligi – 5-6, solishtirma og'irligi – 10-10,6. U kuchli radioaktiv metall. Uraninitning yirik uyumlari ishqorli va nordon jinslarning pegmatitlarida aniqlangan. Ularda toriy va kam tarqalgan elementlarning minerali – stryuverit, fergyusanit, blamstrandin va boshqalar bilan bir paragenenezisda yuzaga keladi.

Uraninitning konlari gidrotermal jarayonlarda paydo bo'ladi. Bulardan tashqari, ekzogen sharoitlarda hosil bo'lgan yirik konlarini uchratish mumkin.

Kvars – SiO_2 . Kremniy oksidi minerallari yer po'stida keng tarqalgan (minerallarning 12% dan ko'prog'ini tashkil etadi) va to'liq o'rganilgan.

Kremniy oksidi polimorf turlarining bu guruhga oid uch xili – kvars, kamroq ahamiyatli tridimit va kristobalit bo'lib, ular o'z navbatida ikkita – yuqori va past haroratli xillarga bo'linadi. Past haroratda hosil bo'lgan – kvarsning kristallik tuzilishi, yuqori haroratda kristallanadigan β – kvars tuzilishidan ancha farq qiladi.

Kremniy oksidining turli xil singoniyali turlari (modifikatsiyalari) bir-biridan fizik xossalari va optik xususiyatlari bilan farq qiladi (19-jadvalga qarang).

U rangsiz, shaffof, sutdek oq (72-rasm). Ba'zilarining tarkibida rutil, aktinolit va boshqa minerallarning mayda zarrachalari bo'ladi. Kvarsning turli ranglarga bo'yalgan xillarining alohida nomlari bo'ladi: 1) tog' billuri – rangsiz, shaffof (73-rasm); 2) ametist – binafsha (74-rasm);

3) rauxtopaz – kulrang qo'ng'ir tusli; 4) morion – qora rangli; 5) sitrin – tilla sariq, limon sariq rangli. Kvarsning qattiqligi – 7, ulanish tekisligi yo'q, solishtirma og'irligi – 2,5-2,8. Kvars asosan nordon vulkanik va intruziv jinslar uchun mansub mineral hisoblanadi.



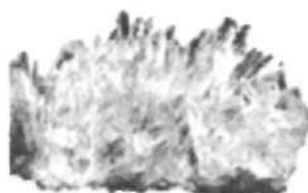
72-rasm. Kvars.

Xalsedon – SiO_2 – tolasimon tuzilishga ega. Odatda rangsiz, oq, kulrang va boshqa ranglarda uchratish mumkin. Rangining o'zgarishiga sabab tarkibida xromofor – rang beruvchi – temir, xrom, nikellarning mavjudligidir.

Koesit – SiO_2 kremniy oksidining zich turlaridan bo'lib birinchi marta sun'iy ravishda yuqori bosim (35000 atm.) va kuchli haroratda (500-800o). Yapon olimi Koes (1953)

tomonidan Na_2SiO_3 va $(\text{NH}_4)\text{HPO}_4$ birikmalaridan olindi.

Stishovit – SiO_2 . Tetragonal singoniyali bu kremniy oksidining eng zich turi (4,3 g/sm³). U yuqori bosim (160000 atm.) va kuchli haroratda (1200-1400oS) Rossiya olimlari Stishov va Popovlar (1961) tomonidan sun'iy ravishda olingan.



73-rasm. Tog' billuri.

Ilmenit – FeTiO_3 . Tarkibida Fe – 36,8%, Ti – 31,6%, O – 31,6%. Nomi Uraldagi Ilmen tog'i nomlaridan olingan. U trigonal singoniyali bo'lib tabiatda yo'g'on ustunsimon, plastinkasimon ko'rinishda paydo bo'ladi. Ilmenit – temir kabi qora, ba'zan po'latga o'xshash kulrang, yarim metall kabi yaltiraydi.

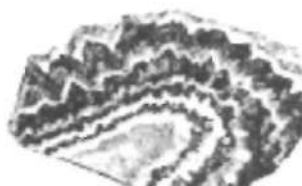
qattiqligi – 5-6, solishtirma og'irligi – 4,7, kuchsiz magnitlik xususiyatga ega. Ilmenit titan olishda asosiy mineral hisoblanadi. Ilmenitlar asos intruziv jinsgabbroidlar bilan uzviy genetik bog'liq. Bunda ilmenit, magnetit, apatitlar bilan birga uchraydi.

Kimberlitlarda esa ilmenit-pirop, xromshpinelidlar bilan birgalikda yuzaga keladi. Magmatik jinslarda ilmenit tabletkasi-mon, ba'zan oltiburchakli shakllarda uchrasa, metamorfik jinslarda esa oddiy shaklda – psevdooktaedr ko'rinishda bo'ladi. Mavjud ma'lumotlardan ma'lumki ilmenit shakli uning kimyoviy tarkibi bilan uzviy bog'liq.

Jadvalda ko'rish mumkin, ilmenitning kimyoviy tarkibi turli magmatik jinslarda sezilarli darajada farqlanadi.

Magnetit – $\text{FeO}^4\text{Fe}_2\text{O}_3$. Magnetit tarkibida 72,4% temir bo'ladi. Magnetit tarkibida TiO_2 miqdori bir necha foiz ko'proq bo'lsa – titanomagnetit deyiladi, agar xrom bo'lsa, xrommagnetit deb ataladi. U kubik singoniyali bo'lib, tabiatda oktaedrik, rombo-dodekaedrik shakllarda bo'ladi. Magnetitning rangi qora, yarim metall kabi yaltiraydi. Qattiqligi 5,5-6, solishtirma og'irligi – 4,9-5,2. Kub bo'yicha ulanish tekisligi mukammal. Magnitlik xususiyatlari juda yuqori, ammo 580°ga yaqin haroratda qizdirilganda bu xususiyat yo'qoladi, sovitilganda yana dastlabki holatiga qaytadi. Magnetit turli jinslarda uchraydi va magmatik jinslarda xol-xol donador shakllarda bo'ladi. Magnetit pegmatitlarda ham paydo bo'ladi, ammo yirik uyumlari yuzaga kelmaydi. Kontakt metasomatik jarayonlarda magnetit yirik konlar hosil qiladi va piroksen, granat, amfibollar va sulfid minerallari bilan birga uchraydi. Dunyodagi mashhur konlar (Rossiya, Ukraina, Kanada, Hindiston) regional metamorfizmida paydo bo'ladi.

Xromshpinelidlar – $(\text{Mg,Fe})_3(\text{Cr,Al,Fe})_2\text{O}_4$. Kimyoviy tarkibiga ko'ra, xromshpinelidlar quyidagi turlarga bo'linadi: xromit – $\text{Fe-Cr}_2\text{O}_4$, magnoxromit $(\text{Mg,Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$, alyumoxromit – $\text{Fe}(\text{Cr}_2\text{Al})_2\text{O}_4$ va xrompikotit $(\text{Mg,Fe})(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$. Ushbu turlarda Cr_2O_3 miqdori 18-62% gacha o'zgaradi, FeO – 0-18%, MgO – 6-16%, Al_2O_3 – 33%, Fe_2O_3 – 2-30%. Bulardan tashqari tarkibida TiO_2 – 2% gacha, 1,0% chamasi MnO va biroz vanadiy oksidi bo'ladi. Ular kubik singoniyali. O'ta asosli jinslarda xromit oktaedrik shakllarda mavjud.



74-rasm. Ametist.

Donador, yirik kristalli yaxlit agregatlar tarzida uchraydi. Rangi qora, yarim shaffof ba'zan to'q qizil, jigarrangli. Xromshpinelidlarning yaltirog'ligi metalldek, qattiqligi – 5,5-7,5, ulanish tekisligi yo'q, solishtirma og'irligi – 4,8, tarkibida temir bo'lgan xromshpinelidlar kuchsiz magnit tortish xususiyatiga ega. Xromshpinelidlar doimo o'ta asos magmatik jinslarning oralarida shtok, uyasimon, ustunsimon shaklli yirik konlar hosil qiladi. Ba'zi o'ta asos intruziv jinslarda xromshpinelidlar platinoid guruhi minerallari bilan birga paragenetik bog'liqligi aniqlangan. Nurash zonalarida xromshpinelidlar kimyoviy barqaror, ammo issiq iqlimli sharoitda ular ham oksidlanadi va parchalanadi.

Yirik xromit konlari Rossiya, Yangi Kaledoniya, Turkiya, Kuba va boshqa mamlakatlarda joylashgan.

Shpinel – $MgAl_2O_4$. Tarkibida MgO – 28,2, Al_2O_3 – 71,8% tashkil etadi. Bulardan tashqari FeO , ZnO , MnO , Fe_2O_3 va Cr_2O_3 uchraydi. Ushbu birikmalar tufayli shpinelning boshqa turlari hosil bo'ladi. Gersinit – $FeAl_2O_4$, ganit – $ZnAl_2O_4$, galaksit – $(Mn,Fe)Al_2O_4$. Shpinel kubik singoniyali. Odatda jinslar oralarida oktaedrik shakllarda uchratish mumkin. Uning kristallari uncha katta bo'lmaydi, ba'zan yirik (25 sm) donalari uchraydi. Shpinel rangsiz, shaffof, har xil rangli – qizil, pushti, yashil, ko'k ranglilari mavjud. U shisha kabi yaltiraydi, qattiqligi – 8, solishtirma og'irligi – 3,8, kislotalar ta'sir etmaydi.

Shpinellar kontakt-metasomatik jarayonlar mahsuli bo'lib, granatlar, piroksenlar bilan birga paragenetik uyushmalarda uchraydi. U ba'zan pegmatitlarda yuzaga keladi. Shpinellar o'rta darajali metamorfizm jarayonlarda yuzaga kelgan gneyslar va kristallik slaneslar oralarida uchratish mumkin. Qizil rangli qimmatbaho asl shpinellarning konlari Seylon, Birma, Tailand, Afg'onistonlarda topilgan. Shpinelning mutlaqo shaffof va darzi yo'q yirik kristallari qimmatbaho bezak toshlar sifatida ishlatiladi.

Xrizoberill – $BeAl_2O_4$. Uning turlari – zumrad kabi yashili aleksandrit deyiladi. Xrizoberill tarkibi quyidagicha: BeO – 19,8%, Al_2O_3 – 80,2%, aralashma sifatida Fe_2O_3 – 3,5-6%, ba'zan TiO_2 – 3% gacha va Sr_2O_3 – 0,4% ishtirok etadi.

Aleksandritning zumrad kabi yashil rangi xrom aralashmasiga bog'liq. Xrizoberill – rombik singoniyali bo'lib, kristallari qalin taxtasimon, ba'zan qisqa va uzun ustunsimon prizmatik bo'ladi. Xrizoberill odatda sariq rangli, yashilroq goho rangsiz bo'ladi. Uning qattiqligi – 8,5, solishtirma og'irligi 3,8, ulanish tekisligi ba'zi tomonlari bo'yicha mukammal. U kislotalarda erimaydi, ancha barqaror mineral.

Xrizoberillning mineral uyumlari pegmatitlarda, kontakt-metasomatik jarayonlarda yuzaga keladi. U slaneslar oralarida ham paydo bo'ladi va zumrad va dalashpatlari bilan birga uchraydi. Xrizoberillning shaffof, rangli xillari qimmatbaho bezak tosh sifatida ishlatiladi.

Kolumbit-tantalit – $(\text{Fe,Mn})\text{Nb}_2\text{O}_6$ – $(\text{Fe,Mn})\text{Ta}_2\text{O}_6$ – uzluksiz izomorf aralashmalar qatorini hosil qiladi. Tabiatda kolumbit va tantalit alohida mineral holda uchraydi. Kolumbitda 10-12% Ta_2O_5 , tantalitda esa – 46-62% Ta_2O_5 bo'ladi. Ba'zan tarkibida skandiy va lantanoidlar – 2%, titan – 4,6%, qalay, volframlarning miqdori – 1% atrofida aniqlangan. Ular rombik singoniyali bo'lib, taxtasimon, ba'zan kalta ustunsimon kristallari aniqlangan. Ularning rangi qora, qo'ng'ir-qora, yarim metall kabi yaltiraydi, qattiqligi – 6, solishtirma og'irligi – 5,2-8,2 gacha. Kolumbit o'zidan elektr toki o'tkazadi hamda kislotalarda erimaydi. Kolumbit va tantalitni tashqi belgilariga qarab ajratish qiyin.

Bularning yirik uyumlari nordon va ishqorli jinslarning pegmatitlarida yuzaga keladi va kvars, muskovit, turmalin, volframit, kassiterit, samarskit va monatsitlar bilan bir assotsiatsiyalarda uchraydi. U oksidlanish zonalarida barqaror, ularning sochma konlari ham uchrab turaadi. Bu minerallarning konlari Norvegiya, Fransiya, Rossiya (Kola yarim oroli), O'zbekistonda Nurota tog'larida (Aqtog' va Aqchop intruzivlari) granitlarining pegmatitlarida topilgan. Ushbu minerallar niobiy va tantal metallarini qazib olishda asosiy manba bo'lib xizmat qiladi.

10.6. Gidrooksidlar. Bu guruhga kiradigan minerallar orasida eng muhim ahamiyatga ega bo'lgan gidratlar yoki gidrooksidlar deb yuritiladigan minerallar, metallarning oksidlar tarkibidagi kislorod va ON gidrooksil guruhi bilan hosil qilgan birikmalari kiradi. Masalan, magniy oksidi – MgO o'rnida $\text{Mg}(\text{OH})_2$, alyuminiy oksidi Al_2O_3 o'rnida $2\text{AlO}(\text{OH})$ yoki $2\text{Al}(\text{OH})_3$.

Gidrooksidlarning aksariyati past haroratda hosil bo'ladi. Juda issiq iqlimli maydonlarda tarkibidagi suvni yo'qotib yana oksidlarga aylanadi.

Brusit – $\text{Mg}(\text{OH})_2$. Tarkibida 69% MgO va H_2O – 31% mineral trigonal singoniyali bo'lib, qatlam-qatlam holda tuzilgan. Brusitda anion sifatida dipol gidrooksil guruhi $[\text{OH}]$ -1 ishtirok etadi. Brusit mineralining uchraydigan kristallari qalin taxtachasimon shaklli, talkka o'xshash varaqsimon agregatlar holida uchraydi. Brusitning rangi oq, rangsiz, ba'zan biroz yashil tusda bo'ladi va sadafdek yaltiraydi. Brusitning qat-

tiqligi – 2,5, solishtirma og'irligi – 2,4. Brusit erigan magniy birikmalarining ishqorli muhitda gidrolizlanish natijasida yuzaga keladi. Brusitning juda katta uyumlari magniyya xomashyo hisoblanadi.

Gyotit – HFeO_2 . Mineralning nomi shoir Gyote (1749 – 1832) sharafiga qo'yilgan. Tarkibida Fe_2O_3 – 89,9%, H_2O – 10,1% bo'ladi. Rombik singoniyali. Odatda kristallari ignasimon, ustunchasimon shakllarda bo'ladi. Ko'proq minerallarning ichki tuzilishi ingichka radial yoki parallel tolalardan iborat oqiq buyraksimon shakllarda bo'ladi.

Gyotitning rangi to'q qo'ng'irdan qoragacha. U yarim metalldek yaltiraydi. Qattiqligi – 5,5, solishtirma og'irligi – 4,0–4,4. Gyotit ignasimon yoki ustunsimon kristall shakllarida ko'ramiz. U asosan ekzogen mineral bo'lib, doimo kolloromorf yoki metakolloid massalar shaklida tarqalgan. Demak, gyotit yer yuzasining eng ustki qismida kislorod va suv yetarli bo'lgan sharoitda hosil bo'ladi. Bu mineral ham temir olishda xomashyo hisoblanadi.

Psilomelan – $\text{MnO} \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Kimyoviy tarkibi o'zgaruvchan MnO – 60-80%, H_2O – 4-6% atrofida. Rombik singoniyali, ko'pincha konsentrik zonal tuzilishdan oqiq shakllar yoki dendritsimon holda uchraydi. Uning rangi qora ba'zan qo'ng'ir-qora, yarim metall kabi yaltiraydi. Qattiqligi – 4-6, solishtirma og'irligi 4,4–4,7, ancha mo'rt. Bu guruhga kiradigan minerallar ma'danlarning oksidlanish zonalarida cho'kish yo'li bilan hosil bo'ladi. Psilomelanli gigant cho'kindi marganes konlari (Chiatu-ri – Gruziya, Nikopol – Ukraina) mavjud.

10.7. Karbonatlar sinfi. Karbonat guruhi minerallari Yer po'stida juda keng tarqalgan. Keyingi yillarda olingan ma'lumotlarga qaraganda karbonat minerallarining soni 90 dan ortiq. Tabiatda eng ko'p uchraydigan xillari quyidagilar:

Kalsit – CaCO_3	Rodokrozit – MnCO_3
Aragonit – CaCO_3	serussit – PbCO_3
Magnezit – MgCO_3	Siderit – FeCO_3
Stronsianit – SrCO_3	Dolomit – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$
Smitsonit – ZnCO_3	Malaxit – $\text{Cu}_2(\text{CO}_3)(\text{OH})_2$
Viterit – BaCO_3	Azurit – $\text{Cu}_3(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_2$

Jumladan kalsit – CaCO_3 juda ko'p tarqalgan bo'lib, u asosan dengiz cho'kindisi evaziga juda katta qatlamlarni tashkil qiladi. Bulardan tashqari karbonatlar turli konlarda ma'dan minerallarining yo'ldoshi sifatida xizmat qiladi.

Karbonatlarning asosiy kationlari quyidagilar: Ca, Mg, Na, Fe; nisbatan kamroq – Cu, Zn, Pb, Mn, Tr, Bi. Suvsiz karbonatlarning qattiqligi yuqori bo'lmaydi, odatda 3-5 atrofida karbonatlarning suvda eruvchanligi yuqori. Karbonat guruhi minerallarining rangi turlicha bo'ladi. U asosan tajribadagi ion-xromofor elementlarga bog'liq. Masalan, mis karbonatlar – yashil va ko'k, uranli-sariq. Lantanoidga boy karbonat minerallari – qo'ng'ir, kobaltli binafsha, ammo asosan ular rangsiz bo'ladi.

Aksariyat karbonatlar ekzogen va gidrotermal jarayonlarda paydo bo'ladi, chunki ularning ko'pchiligi okean va dengizlarda, nisbatan kamrog'i – gidrotermal sharoitda yuzaga keladi. Karbonat guruhiga kiradigan minerallar suvsiz va suvli turlarga bo'linadi.

Kalsit – CaCO_3 . Tarkibida CaO – 56%, CO_2 – 44%. Aralashma holda Mg, Fe, Mn – 8% gacha, kamroq – Zn – 2% gacha va Sr va boshqalar bo'ladi. Kalsit-trigonal singoniyali, qattiqligi – 3, solishtirma og'irligi – 2,8, ulanish tekisligi mukammal, ancha mo'rt mineral. Uning yaxshi kristallari mavjud, kalsitning shakli o'ziga xos belgi bo'lib, hosil bo'lish sharoitiga bog'liq (75-rasm).



75-rasm. Kalsit.

Toza, shaffof kalsit – island shpati¹ deyiladi. U rangsiz nurni ikkilantirib sindirish ko'rsatkichi nihoyatda yuqori. Tabiatda magmatik kalsit karbonatitlarda dayka va kichik shtoklar hosil qiladi. Magmatik kalsit ishqorli magmatik jinslarda va ularning turlarida ko'proq uchraydi. Kalsit gidrotermal sharoitda ham paydo bo'ladi va juda yirik kristallar hosil qiladi. Masalan, AQSHning Nyu-York, Meksika shtatidagi vulqon mo'rilari tomirlarida 30

tonnalik kristallar aniqlangan. Kalsitning qalin qatlamlari va yirik uyumlari biogen va xemogen usulda yuzaga keladi, ular – ohaktosh, mergel, bor jinslari bilan birga bo'ladi. Uning minerallari – sement hamda optik (island shpati) asboblari tayyorlashda asosiy manba hisoblanadi.

¹ Island shpati qutblangan mikroskopning polyarizator va analizator qurilmalarida ishlatiladi.

Rodoxrozit – $\text{Mn}(\text{CO}_3)$ – yunoncha «rodon» – atirgul. Tarkibida – MnO – 61,7%, SO_2 – 38,3%. Izomorf aralashma sifatida – Fe, Mg, Zn, Co ishtirok etadi. Yaxshi kristallari kam uchraydi odatda mayda donador, zich massa holda bo'ladi. Rangi pushti (malina rangiga o'xshash) bo'lib, donador mayin tuproqsimon massalarga o'xshaydi. Yaltirashi shishadek, qattiqligi – 3,5-4,5, solishtirma og'irligi – 3,6, ancha mo'rt mineral. Marganesning kam uchraydigan gidrotermal temir yoki metasomatik konlarida rodoxrozit, sulfid va marganes oksidlari bilan bir assotsiatsiyada braunit, gausmanit, baritlar bilan birga bo'ladi. Rodoxrozit yirik massalar holda dengiz cho'kindi konlarida ko'proq uchraydi.

Magnezit – MgCO_3 . Tarkibida MgO – 47,6%, CO_2 – 52,4%. Tabiatda yirik kristallari ham uchraydi. Uning rangi – oq, sarg'ish va kulrang bo'lib tovlanadi. Uning yaltirashi shishadek, qattiqligi – 4,1-4,5, solishtirma og'irligi – 2,9-3,1, mo'rt, ulanish tekisligi romboedr bo'yicha mukammal, sinishi notekis. Tabiatda keng tarqalgan magnezit, o'ta asos intruziv jinslari – dunit, peridotit va piroksenitlarning so'nggi jarayonlarda o'zgarishi va nurash oqibatida paydo bo'ladi.

Ushbu magnezitlar bronzit, serpentin, talklar bilan birga uchraydi. Quyidagi holda yuzaga kelgan magnezit, ba'zan yirik konlar hosil qiladi. Ba'zan yirik konlar gidrotermal-metasomatik jarayonlarda paydo bo'ladi, unda magnezit, dolomit, kalsit, barit, talk, kvars, pirit, xalkopiritlar bilan paragenetik assotsiatsiyada yuzaga keladi (Satka – Rossiya, Veytch – Avstriya, Kvebek – Kanada).

Siderit – FeCO_3 yunoncha «sideros» temir demakdir. Tarkibida FeO – 62,1%, SO_2 – 37,9%. Trigonal singoniyali, yaxshi kristallangan, donador, ba'zan yashirin kristallangan, shu'lasimon shakllarda uchraydi. Ba'zan yirik kristallari (1,5-2 sm) andezitlarda topilgan (Mulatalavavidi Vengriya). Sideritning rangi no'xatdek sariq, sariq-qo'ng'ir bo'ladi, yaltirashi shishadek, ba'zan sadafdek, mo'rt. qattiqligi – 4, solishtirma og'irligi – 3,9. Siderit gidrotermal jarayonlarda yuzaga kelgan polimetall konlarida katta uyumlarini hosil qiladi (Kornuoll, Angliya, Dreyberg, Germaniya). Sideritning eng yirik uyumlari ekzogen (xemogen) jarayonlarda paydo bo'ladi (Kerch koni, Kavkaz Jayram, Qozog'iston). Siderit temir olishda asosiy manbalardan biri hisoblanadi.

Smitsonit – ZnCO_3 . Tarkibida ZnO – 64,8%, SO_2 – 35,2%, bulardan tashqari – Fe, Mg, Mn, ba'zan So va Sa – 7,5% ni tashkil etadi. Yaxshi kristallari kam uchraydi. Odatda tuproqsimon yoki zich yas-

hirin kristall agregatlari uchraydi. Smitsonit – oq rangli, rangsiz, baʼzan sariq, qoʻngʻir, yashil va havoranglarda uchratish mumkin. Shishasimon yaltiroq va yogʻlangandek, baʼzan sadafdek yaltiraydi. Uning qattiqligi – 4,5-5,0, solishtirma ogʻirligi – 4,5, ulanish tekisligi romboedr boʻyicha. Smitsonit ohaktoshlar orasida uchraydigan qoʻrgʻoshin – rux polimetall konlarining ostki qismida uchraydi. Smitsonitning yirik uyumlari kon sifatida aniqlangan (Kerchinsk, Rossiya; Qoratogʻ, Janubiy Qozogʻiston). Smitsonit maʼdanlari rux olinadigan manba hisoblanadi.

Serussit – PbCO_3 . Yunoncha «serussa» oq boʻyoq demakdir. Tarkibida – PbO – 83,5%, SO_2 – 16,5%. Mexanik aralashma holda SrO – 3,2% gacha, ZnO – 4,5% gacha va boshqalar uchraydi. U rombik singoniyali, tabletkasimon, plastinkasimon, baʼzan nayzasimon koʻrinishda boʻladi. Serussit – oq, qordek oq, yarim shaffof, baʼzan kulrang, tutunsimondan qoragacha. Uning qattiqligi – 3-3,5, solishtirma ogʻirligi – 3,8, moʻrt, ulanish tekisligi mukammal. Serussit polimetall konlarning oksidlanish zonalarida yuzaga keladi (Broken-xill, Avstraliya, Mindouli, Kongo, Bisbi – AQSH). Hidrotermal jarayonda yuzaga kelgan selestin, barit, kalsit va sulfidlar bilan uchraydi. Serussit gipergen sharoitda galenit va anglezit hisobiga paydo boʻladi. Serussitning yirik uyumlari qoʻrgʻoshin olishda manba hisoblanadi.

Stronsianit – SrCO_3 . Bunda SrO – 70,2%, SO_2 – 29,8% boʻladi. Mexanik aralashma sifatida CaO – 6-72, BaO , PbO , CaO juda oz miqdorda uchraydi. Stronsianit rombik singoniyali, donador, ingichka nayzasimon yoki tola-tola agregatlar hosil qiladi. U rangsiz, shaffof, sargʻish, qoʻngʻir, baʼzan qizgʻish tushlarda koʻrish mumkin. Tabiatda shishadek, baʼzan sadafdek yaltiraydi, kristallari yogʻlangandek tuyuladi. Stronsianitning qattiqligi – 3,5-4, solishtirma ogʻirligi – 3,8, moʻrt stronsianitning yirik uyumlari gidrotermal sharoitda yuzaga keladi. Germaniyadagi Gamm konida tomir va tomirchasimon shakllarda mavjud. Stronsianit stronsiy olinadigan manba hisoblanadi.

Viterit – BaCO_3 . Mineralning nomi angliyalik mineralog V.Viteren sharafiga qoʻyilgan. Tarkibida BaO – 77,7%, SO_2 – 22,3% boʻladi, aralashma sifatida MgO , CaO – 1% atrofida va Sr – 1,5% gacha aniqlangan. Yaxshi kristallari kamroq, baʼzan boʻyraksimon, varaqasimon agregat holda uchraydi. U rangsiz, qordek oppoq, baʼzan sargʻish tushlarda boʻlib shishadek yaltiraydi, baʼzan yogʻlangandek koʻrinadi. Uning qattiqligi 3-3,5, solishtirma ogʻirligi – 4,3, moʻrt, ulanish tekisligi aniq emas.

Viterit gidrotermal sharoitda paydo bo'ladi va kalsit, dolomit, baritlar bilan birga uchraydi. Uning yirik uyumlari juda kam uchraydi. Dunyodagi eng yirik koni – Settlandston Angliyada. Ushbu konda – viterit kalsit, sulfidlar bilan birga uchraydi. Bariy olishda ikkinchi darajali mineral hisoblanadi.

Dolomit – $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$. Fransuz mineralogi Dolome (1750-1801) nomi bilan atalgan. Tarkibida – CaO – 30,41, MgO – 21,86 va SO_2 – 47,73%. Trigonal singoniyali, kulrang, ba'zan sarg'ish, qo'ng'ir yashil tusda tovlanadi, shishadek yaltiroq, qattiqligi – 3,5-4, solishtirma og'irligi – 2,9, mo'rt, ulanish tekisligi romboedr bo'yicha mukammal. Dolomit ham kalsitga o'xshash keng tarqalgan, ayniqsa, kembriy davrigacha yuzaga kelgan jinslar oralarida yirik qatlamlar hosil qiladi. Dolomit gidrotermal temir konlarda magnezit, kalsit, sulfidlar, kvarts va boshqa minerallar bilan birga uchraydi. Dolomit qurilish materiali sifatida ishlatiladi.

Malaxit – $\text{Cu}_2[\text{CO}_3](\text{OH})_2$. Yunoncha «malaxe» gulxayri demakdir. Shu o'simlik rangiga o'xshashligi uchun nom berilgan bo'lsa kerak. Tarkibida – CuO – 71,9%, SO_2 – 19,9%, N_2O – 8,2% miqdorida aniqlangan. U monoklinal singoniyali. Tabiatda radial shu'la kabi tuzilgan (76-rasm), ba'zan oqiq shakldagi, massa holida ham uchraydi ba'zan konsentrik zonal tuzilishda bo'ladi. Malaxit yashil rangli, yaltirashi shishadek, olmosdek, ba'zan tolasimonlari ipakdek. Uning qattiqligi – 3,5-4, solishtirma og'irligi – 4, ulanish tekisligi mukammal. Malaxit mis sulfid konlarning oksidlanish zonalarida uchraydi. Malaxitning hosil bo'lishida mis sulfat moddalarining karbonat kalsiylar bilan uchrashishi tufayli paydo bo'ladi:



76-rasm. Malaxit.

Malaxit bilan yo'ldosh mineral sifatida azurit, xrizokolla, tenorit, kuprit, sof mis va boshqalar bilan birga paragenetik assotsiatsiya hosil qiladi. Malaxit bezak buyumlar tayyorlashda ishlatiladi.

Azurit – $\text{Cu}_3[\text{CO}_3]_2(\text{OH})_2$. Nomi fransuzcha «azure» havorang demakdir. Tarkibida – CuO – 69,2%, SO_2 – 25,6%, N_2O – 5,2% bo'ladi. U monoklinal singoniyali, tabiatda kalta ustuncha yoki prizma, qalin tabletkasimon shakllarda topilgan. Azuritning rangi to'q ko'k, havorang, yaltirashi shisha

kabi (77-rasm). Uning qattiqligi – 4, solishtirma og'irligi – 3,9, ulanish tekisligi mukammal emas. U sulfid konlarining oksidlanish zonalarida yuzaga keladi. Kuzatishlardan ma'lumki namgarchilik hududlarda azurit malaxitga aylanadi:



77-rasm. Azurit.

Azurit va malaxit odatda birga uchrashadi, ammo miqdori bo'yicha malaxit keng tarqalgan. Yirik uyumlari – Sumeb, Namibiya, Broken-Xill, Avstraliya, Kayrakto' (Qozog'iston).

Soda – $\text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, tarkibi: Na_2O – 21,6%, SO_2 – 15,4% va N_2O – 63%. U monoklin singoniyali, rangsiz yoki kulrang, yaltirashi shishadek, qattiqligi – 1-1,5, solishtirma og'irligi –

1,4. Sodaning yirik uyumlari natriyga boy bo'lgan sho'r suvli ko'llarda paydo bo'ladi.

10.8. SULFATLAR SINFI

Suvsiz sulfatlar

Tenardit – Na_2SO_4

Glauberit – $\text{Na}_2\text{Ca}[\text{SO}_4]_2$

Angidrit – CaSO_4

Selestin – SrSO_4

Barit – BaSO_4

Anglezit – PbSO_4

Suvli murakkab sulfatlar:

Brochantit – $\text{Cu}_4[\text{SO}_4](\text{OH})_6$	Goslarit – $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Alunit – $\text{KH}_3[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$	Melanterit – $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Yarozit – $\text{KFe}_3[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$	Morenozit – $\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Mirabilit – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	Biberit – $\text{CoSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$
Kizerit – $\text{KFe}_3[\text{SO}_4]_2(\text{OH})_6$	Xalkantit – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
Astraxanit – $\text{Na}_2\text{Mg}[\text{SO}_4]_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	Pikkingit – $\text{MgAl}[\text{SO}_4] \cdot 22\text{H}_2\text{O}$
Gips – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Algonogen – $\text{Al}_2[\text{SO}_4]_3 \cdot 16\text{H}_2\text{O}$
Epsomit – $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Mendotsit- $\text{NaAl}[\text{SO}_4]_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$
Butit – $\text{CuSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	Uranopilit – $\text{U}_6\text{O}_{12}(\text{OH})_{10}[\text{SO}_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$

Sulfatlar sinfiga kiruvchi minerallarga sulfat kislotaning selenatli va selenitli birikmalari kiradi. Bu sinfga kiruvchi minerallar 175 dan ortiq, ularning ayrimlari qo'shimcha anionlar $[\text{PO}_4]$, $[\text{AsO}_4]$, $[\text{CO}_3]$ tufayli hosil bo'ladi. Sulfatlarning tuzilishida $[\text{SO}_4]^{2-}$ anionining ahamiyati ulkan, bunda olti valentli oltingugurtni kislorodni qurshab olgan va ular faqat yirik

ikki valentli kationlar bilan birikishi natijasida barqaror panjaralar hosil qiladi. Sulfat minerallarini hosil qilishda faol kationlardan: Ca, Ba, Na, Pb, K, Mg, Cu, Zn ning roli katta.

Barit – BaSO₄. Yunoncha «baros» – og‘irlik demakdir. Kub-singoniyali, kristallari donador, kamdan-kam zich, yashirin kristallangan, tuproqsimon bo‘ladi. Barit – qordek oq, shaffof, ba‘zan sarg‘ish, ko‘kish, qo‘ng‘irroq bo‘ladi. Uning yaltirashi – shishadek, ulanish tekisligi sadafdek mukammal, qattiqligi – 3,5, solishtirma og‘irligi – 4,5. Barit uyumlari o‘rta va past haroratli gidrotermal jarayonda yuzaga keluvchi – barit-polimetall konlarning – 50-60% ni tashkil etadi, barit-flyuorit tomirlarida esa undan ham ko‘plab uchraydi Shimoliy Angliya, Garts, Gyuringi, Germaniya, ba‘zan galenit, sfalerit va kinovarlar bilan birga uchraydi (Xaydarkon, Farg‘ona). Barit vulqon jinslari orasida tomir va tomirchalar hosil qiladi (Bolnis, Gruziya). Barit sanoatning turli tarmoqlarida keng qo‘llaniladi.

Selestin – SrSO₄. Yunoncha «selestis» havorang demakdir. Tarkibida – SrO – 56,4% bo‘ladi, ba‘zan Sa va Va – 1,5-2% atrofida. U rombik singoniyali, kristallari tabletkasimon, ustunsimon yoki prizma ko‘rinishda bo‘ladi. Uning rangi havorang, sarg‘ish, qizg‘ish, ba‘zan rangsiz, shaffof, yaltirashi shishadek, ulanish tekisligi mukammal, sadafdek tovlanadi. Selestinning qattiqligi – 3,5, solishtirma og‘irligi–4, mo‘rt mineral. Uning asosiy uyumlari cho‘kindi – xemogen sharoitda paydo bo‘ladi va gips, angidrid, stronsianit va baritlar bilan birga uchraydi ba‘zan shu jinslarning muayyan bir qatlami bilan bog‘liq holda topiladi. U dengiz organizmlarida, jumladan, radiolyariya va ammonitlarning toshqotgan chig‘anoqlarida aniqlangan. Selestin perm davri cho‘kindi jins qatlamlarida keng tarqalgan (Arxangelsk, Boshqirdiston, Orenburg, Rossiya). Selestin stronsiy olishda birdan bir manbadir.

Anglezit PbSO₄. Birinchi marta Anglezi orolida topilgan bo‘lib, nomi shundan kelib chiqqan. Tarkibida: PbO – 73,6%, SO₃ – 26,4% bo‘ladi, bundan tashqari VaO – 8,5% bo‘lishi mumkin. U rombik singoniyali, tabletkasimon, ba‘zan kalta ustunsimon, piramidall shakllarda bo‘ladi. Odatda, u rangsiz, shaffof, kulrang, olmosdek yaltiraydi, qattiqligi – 3, solishtirma og‘irligi – 6,4, ulanish tekisligi rombik bo‘yicha mukammal. Qo‘rg‘oshin va boshqa sulfid konlarining oksidlanish zonalarida paydo bo‘ladi. Anglezit galenit sifatida, ulanish tekisligi bo‘ylab oksidlanishi tufayli vujudga keladi: $PbS + O_4 = PbSO_4$.

Tenardit – Na₂SO₄. Tarkibi: Na₂O – 43,7%, SO₃ – 56,3%. U rombik singoniyali donador agregatli, dipiramidalli, tabletkasimon shaklga ega.

U rangsiz, shaffof, shishadek yaltiraydi. Qattiqligi – 2-3, solishtirma og'irligi–2,6, mo'rt, suvda eruvchan. O'ta to'yingan eritma'dan, faqat – 32,5odan yuqori haroratda cho'kadi, bundan past haroratda mirabalit $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ yuzaga keladi. Ba'zi kulda Na va SO_4 ionlari o'ta to'yingan namakobda bevosita cho'kib tenardit paydo qiladi. Tenarditning fumarol vulqonlar harakatining mahsuloti sifatida yuzaga keladi (Vezuviy, Italiya). Tuz konlarida tenardit, mirabilit, astraxanit, galit va gipslar bilan birga uchraydi. Tenardit yirik konlari Uzun-Su Turkmaniston va Barabin, Rossiyada mavjud.

Mirabilit – $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. (Ko'pincha uni glauber tuzi deyiladi). Tarkibi – Na_2O – 19,3%, SO_3 – 24,8%, N_2O – 55,9%. Monoklinal singoniyali, kristallari kalta ustunsimon shaklga ega. Odatda, yaxlit donador, po'stloq ko'rinishda topiladi. U rangsiz, shaffof, ba'zan xira sarg'ish, ko'kimtir yashilroq tusda tovlanadi. Uning qattiqligi – 1,5-2, solishtirma og'irligi – 1,5, shishadek yaltiraydi, quruq va issiq havoda, tarkibidagi suvi yo'qoladi va tenarditga aylanadi. Mirabilit suvda oson eriydi. Natriy va sulfat anionlari bilan to'yingan sho'r suvli ko'llarda hosil bo'ladi. Yirik donalari shimoliy Kaspiy bo'yida, Shimoliy-Sharqiy Qozog'istonda (Qulundi cho'llarida), Shimoliy Kavkazda Stravropoldan janubda joylashgan, bulardan tashqari AQSHning katta sho'r ko'li, Argentina va Meksikalarda uchraydi.

Angidrit – CaSO_4 . Tarkibi – CaO – 41,2%, SO_3 – 58,8%. Qalin tabletkasimon yoki prizmatik. Tabiatda yaxlit donador massalar, ba'zan nayzasimon holida uchraydi. Uning rangi oq, havorang, kulrang, qizg'ish tusda bo'ladi, ba'zan rangsiz shaffof xillari mavjud, shishadek yaltiraydi, ulanish tekisligi mukammal, qattiqligi – 3,5, solishtirma og'irligi – 3,0. Namgarchilik ko'p joylarda, angidrit gipsga aylanadi, natijada hajmi 30% gacha kengayadi. Angidritning katta uyumlari cho'kindi tog' jinslar oralarida qatlam-qatlam bo'lib joylashadi. U tuz konlarining asosiy minerallaridan biridir, dengiz va ko'llarda harorat 42o dan yuqori bo'lganda kristallanadi. U galit, silvin, karnallit va boshqalar bilan qavat-qavat yupqa qatlamchalar tashkil etadi.

Angidrit konlari AQSHning Texas va Luizian tuzli gumbazlarda, Germaniya'ning Shtasfurtda, Polshada va G'arbiy Pokistonlarda topilgan.

Gips – $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Tarkibi CaO – 32,5% SO_3 – 46,6%, H_2O – 20,9%. Unda mexanik aralashma holida turli gillar, qum, organik moddalar bo'ladi. U monoklin singoniyali, yo'g'on tabletkasimon, ba'zan ustunsimon yoki prizmatik ko'rinishda bo'ladi. Gips yoriqlarida asbest-

ga o'xshash iraksimon holda joylashadi. Yirik alohida-alohida kristallari – qaldirg'och dumiga va ba'zan atirgulga o'xshash shakllarda uchraydi. Uning rangi oq, shaffof, ba'zan asaldek sariq, qizil va qoramtir bo'ladi. U shishadek yaltiraydi, ulanish tekisligi sadafdek. Gipsning qattiqligi–1,5-2 (timoqda chiziladi), solishtirma og'irligi – 2, ulanish tekisligi mukammal. U suvda erish xususiyatiga ega. Gips ekzogen sharoitda (nurash) paydo bo'ladi. Yirik suv havzalarida ohaktoshdan keyin yuzaga keladi. Gipsning yirik konlari Jirjenta, Sitsiliyada, Fransiyada, Germaniyada, Polshaning Krakova hududida, Avstraliya, AQSHning Michigan, Nyu-York shtatlarida, Xilsbora Kanadalarda joylashgan. U qurilish ishlarida ishlatiladi.

Xalkantit – $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$. Yunoncha «xalkos» mis «ante» – gul, ya'ni mis guli demakdir. Mis kuporosi yoki to'tiyo ham deyiladi. Tarkibi: CuO – 31,8%, SO_3 – 32,1%, N_2O – 36,1%. U triklin singoniyali, kristallari tabletkasimon, kalta ustunsimon, yaxlit massalar holida yoki radial tolasimon xillari uchraydi. Uning rangi havorang, ba'zan yashilroq, shisha kabi yaltiraydi, qattiqligi–2,5, solishtirma og'irligi–2,3, mo'rt, chig'anoqsimon yuza hosil qilib sinadi. Suvda oson erib uni ko'k rangga bo'yaydi. U ekzogen sharoitda quruq iqlimli mamlakatlarda mis-sulfid konlarining oksidlanish zonalarida paydo bo'ladi.

Xalkantitdan tayyorlangan suyuqlik meva va tokzor zararkunandalariga qarshi kurashda, buyoqchilik va sanoatning boshqa tarmoqlarida ishlatiladi.

Alunit – $\text{KAl}_3[\text{SO}_4](\text{OH})_6$. Tarkibi K_2O – 11,4%, Al_2O_3 – 37%, SO_3 – 38,6% va N_2O –13%. Trigonal singoniyali, ditrigonal–piramidalar ko'rinishda yoki tabletkasimon shaklli, kulrang, sarg'ish ba'zan qizg'ish – oq, shisha kabi yaltiraydi, qattiqligi–4, solishtirma og'irligi–2,8. Mis – sulfid konlarining oksidlanish zonalarining yuqori qismida joylashadi. Mis olishda qishloq xo'jalik zararkunandalariga qarshi kurash hamda bo'yoq sanoatida ishlatiladi.

Kaliyli achchiqtosh – $\text{KAl}[\text{SO}_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$. Tarkibi: K_2O – 9,9%, Al_2O_3 – 10,8, SO_3 –33,8%, N_2O –45,5%. U rangsiz shishadek yaltiraydi, kub singoniyali, qattiqligi – 2, solishtirma og'irligi – 1,7, mo'rt, suvda oson crydi, tuproqsimon massa holida, qobiqsimon, ba'zan yaxlit donador agregatlari Tombovda, Dog'istonda, Turkmanistonda, O'zbekistonda – Sho'rsuvda topilgan. Kaliyli achchiqtosh qog'oz, bo'yoq, charm tayyorlashda ishlatiladi.

10.9. Volframatlar va molibdatlar. Bu guruhga 15dan ortiq minerallar kiradi. Ularning aksariyati volfram va molibden kislotalarining tuzlaridir. Minerallarning asosiy qismini Ca , Fe , kamroq Pb , $\text{Mn}+2$, $\text{Cu}+2$, kationlar tashkil qilib, ba'zan o'zaro izomorf qatorlarini hosil qiladi.

Volframat guruhiga gyubnerit – $MnWO_4$ – ferberit – $FeWO_4$ izomorf aralashma qatori minerallari kiradi. Bularning ko'p xususiyatlari bir-biriga juda yaqin va tabiatda ular keng tarqalgan.

Volframit (Mn,Fe) WO_4 . Yunoncha «bo'ri ko'pigi» ma'nosini anglatadi. Bu mineral bilan aralashgan qalayi ma'danlarini eritganda, qalayi ustida ko'pik paydo bo'ladi. Shuning uchun mineralning nomi shu xususiyati asosida yuzaga kelgan. Ferberit – $FeWO_4$, volframit – $(Mn,Fe)WO_4$, gyubnerit– $MnWO_4$ lar izomorf qatorining tarkibi o'zgaruvchan, ularning chegaralari quyidagicha: ferberit–100-80%, volframit – 80-20% va gyubnerit – 20,0% ni tashkil etadi. Ular tarkibida ba'zan $(Nb,Ta)_2O_6$ – 2,5%, CuO – 1,3% miqdorda aniqlangan.

Volframit monoklin singoniyali, tabiatda qalin tabletkasimon yoki prizmatik shakllarda va ba'zan yaxlit yirik donador agregatlar bo'lib uchraydi. Uning rangi – qora, gyubnerit qizg'ishroq yoki binafsharang, ferberit esa qora bo'ladi. Yaltirashi oynadek, olmosdek, ba'zan yog'langandek tuyuladi. Mineralning qattiqligi – 5,5, solishtirma og'irligi – 7,5 gacha.

Volframit – gipogen mineral kontakt-metasomatik (skarn), greyzenlarda va yuqori haroratli gidrotermal jarayonlarda yuzaga keladi. U ancha barqaror mineral va kon atrofida sochilmalar hosil qiladi. Volframit aksariyat holda kassiterit, vismutli sulfidlar, vismutin, topaz, berill, molibdenit, magnetit, arsenopirit, pirit, jilbertitlar bilan birga assotsiatsiyalarda uchraydi (Zabaykale, Rossiya, Qozog'iston, Ta-yu, Kit-an, Xitoy, Vetnam, Birma va AQSHning janubiy shtatlari). Volframit WO_3 qazib olishda asosiy manbalardan biri hisoblanadi.

Sheelit – $CaWO_4$. Shved kimyogari K.V.Sheell nomi bilan atalgan. Tarkibi: SaO – 19,4%, WO_3 – 80,6%, aralashma holida MoO_3 – 10% gacha, CuO – 7% uchraydi. U trigonal singoniyali, tetragonal prizmatli, yassi tabletkasimon ko'rinishda bo'ladi. Ma'danlarda noto'g'ri shaklli donalar, ba'zan yaxlit massalar holida topiladi. U rangsiz, sariq, yashil-sariq, qo'ng'ir, kulrang, yog'langandek tuyuladi va olmosdek yaltiraydi. Qattiqligi – 4,5, solishtirma og'irligi – 6,2, mo'rt, notekis yuzalar hosil qilib sinadi.

Sheelitning yirik konlari kontakt – metasomatik (skarn) sharoitda paydo bo'ladi. Bunday konlar nordon intruziv (granit, granodiorit) jinslarning karbonatlar bilan tutash joylarda yuzaga keladi. Odatda sheelit – monoklin piroksen (diopsid-gedenbergit qatori), granat va sulfid minerallari –

xalkopirit, pirit, pirrotin, molibdenitlar bilan birga uchratish mumkin. Yirik konlari Sangdon, Koreya, Qo'ytosh, Ingichka, Langar – O'zbekiston.

Povelit – SaMoO_4 . Tarkibi SaO – 28%, MoO_3 – 72%. Nomi Amerika geologi – Jona Poveilla (1834-1902) sharafiga qo'yilgan. Uning kristallari mayda tetragonal-dipiramidal, ba'zan yassi tabletkasimon, tuproqsimon – varaqasimon shakllarda topiladi. Povelitning rangi och-sariq, yashil-sariq, olmosdek yaltiraydi. ulanish tekisligi yo'q, qattiqligi – 3,5, solishtirma og'irligi – 4,5, mo'rt. U HCl va HNO_3 kislotalarida eriydi. Povelit-molibden konlarining oksidlanish zonalarida va ba'zan gidrotermal konlarda katta uyumlari aniqlangan. Sanoatbop molibden olishda foydalaniladi.

Vulfenit – PbMoO_4 . Mineral Avstraliya mineralogi Fransa Vulfen (1728-1805) nomi bilan atalgan. Tarkibi: PbO – 61,4%, MoO_3 – 38,6%, aralashma holda CuO , MgO , WO_3 , Cr_2O_3 lar aniqlangan. U tetragonal singoniyada kristallanadi, ko'pincha tabletkasimon, ba'zan yassi va cho'ziq piramidalarga o'xshab uchraydi. Vulfenitning rangi mumdek qora, asaldek sariq, qo'ng'ir, qizg'ish tuzlarda bo'ladi. Uning qattiqligi–3, solishtirma og'irligi–7, olmosdek yaltiraydi, yangi singan joyi sadafdek.

Vulfenit qo'rg'oshin konlarining oksidlanish zonalarida ko'proq uchraydi va odatda galenit, serussit, vanadinitlar bilan birga topiladi. Katta uyumlari boshqa ikkilamchi minerallar bilan molibden va qo'rg'oshin olishda asosiy manba hisoblanadi.

10.10. X r o m a t l a r. Xromatlar tabiatda kam tarqalgan va ular xrom kislotasining tuzlari hisoblanib, odatda kislorodga to'yingan muhitdagina yuzaga keladi. Xromatlar orasida keng tarqalgani qo'rg'oshinli turi bo'lib, ular polimetall konlarining oksidlanish zonalarida paydo bo'ladi.

Xromatlarga quyidagi minerallar kiradi:

krokoit – PbCrO_4 ;

magnoxromit – $(\text{Mg}, \text{Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$;

xrompikotit – $(\text{Mg}, \text{Fe})(\text{Cr}, \text{Al})_2\text{O}_4$;

xromit – FeCr_2O_4 .

Krokoit – PbCrO_4 . Tarkibida PbO – 68,9%, CrO – 31,1%. Aralashma holda kumush bo'ladi. U monoklin singoniyali, prizmatik shaklli, ba'zan yoriqlarda nayzasimon, uyasimon kristallar hosil qiladi. Krokoit qizil, qizg'ish-sariq rangda bo'ladi, olmos kabi yaltiraydi, qattiqligi–2,5-3, solishtirma og'irligi–6, ulanish tekisligi mukammal. U qo'rg'oshinga boy bo'lgan ma'dan konlarning oksidlanish zonalarida paydo bo'ladi va

kolenit (Rb, Cu) $3\text{Cr}_2\text{O}_9$, lakemanit – (Pb, Cu) $5(\text{PO}_4)_2[\text{CrO}_4]_2$ va fetnisit – $\text{Pb}_3\text{O}[\text{CrO}_4]_2$ lar bilan uchraydi (Ural-Berezov oltin koni, Rossiya).

10.11 Fosfatlar, arsenatlar va vanadatlar. Ushbu guruh minerallari fosfor, margimush va vanadiylarning tuzlari bo'lib, tabiatda kam tarqalgan. Ularni hosil qiluvchi kationlar – Al, Fe, Mn, Ca, Zn, Cu va Rb. Fosfatlar, arse-natlar va vanadat minerallarining ichki tuzilishini tashkil qilishda quyidagi tetraedrlar radikali $[\text{PO}_4]^{-3}$, $[\text{AsO}_4]^{-3}$ va $[\text{VO}_4]^{-3}$ muhim hisoblanadi.

Monasit – ($\text{Ce, La} \dots$) PO_4 . Yunoncha «monaydzen» yakka qilish demakdir (monax so'zidan olingan). Tabiatda u yakka-yakka holda uchraydi. Tarkibi – seriy va lantan 50-68%, R_2O_5 – 22-31,5%. Izomorf aralashma holida ittriy – 5%gacha, toriy – 5-60% atrofida bo'ladi. Monasit monoklinal singoniyali, tabletkasimon, prizmatik shakllarda uchraydi. Magmatik jinslarda (intruziv va pegmatitlarda) mayda donali, ba'zan bir necha kilogrammlik xillari mavjud. Uning rangi xilma-xil – qo'ng'ir, sarg'ish-qo'ng'ir, jigarrang, qizil, ba'zan yashil, shishadek yaltiraydi, yog'langandek. Qattiqligi – 5,5, solishtirma og'irligi – 5,5. Monasit kam uchraydi odatda nefelinli sienit, granit, alyaskit va ularning pegmatitlarida ko'proq tarqalgan. U seriy, lantan hamda toriy olishda asosiy manba hisoblanadi.

Ksenotim – YPO_4 . Tarkibida ittriy oksidi 63% gacha, biroz seriy, evropiy uchraydi ba'zan toriy va uran oksidlari – 5% gacha bo'ladi. U tetragonal singoniyali, prizmatik kristall va ba'zan yaxlit massalar holida topiladi.

Ksenotim – sarg'ish-qo'ng'ir, kulrang, qo'ng'ir ranglarda uchraydi. Uning yaltirashi shishadek, yog'langandek, notekis yuzalar hosil qilib sinadi.

Ksenotimning qattiqligi – 5, solishtirma og'irligi – 4,6. U kuchli radioaktivlikka ega. Ksenotim nordon va ishqorli intruziv va ularning pegmatitlarida keng tarqalgan. U monasitdek barqaror mineral bo'lib, odatda sochma konlar hosil qiladi. Ularning yirik uyumlari dengiz qirg'oqlarida aniqlangan. U ham monasitga o'xshash ittriy va uran, toriy olishda katta ahamiyatga ega.

Apatit – $\text{Ca}_5[\text{PO}_4]_3(\text{F, Cl})$. Tarkibida SaO – 55,5%, R_2O_5 – 42,3%, flor – 3,8%, xlor – 6,8% va tarqoq elementlardan Cl_2O_3 – 5% gacha bo'ladi. U geksagonal singoniyali, igna shaklida kalta ustunsimon va tabletkasimon kristallari holida uchraydi.

Apatitning magmatik intruziv jinslarda qilsimon nayzadek va ba'zan qisqa tabletkasimon kristallari mavjud. U rangsiz, shaffof, oq, och-yashil

havorang, qo'ng'ir, ba'zan binafsharang, shishadek yaltiraydi, notekis yuzalar hosil qilib sinadi. Qattiqligi – 5, solishtirma og'irligi – 3,2, mo'rt, ulanish tekisligi yo'q. Apatitning yirik konlari nefelinli sienit va ularning pegmatitlari bilan uzviy bog'liq. Bu jinslar tarkibidagi yaxlit donador massalarda nefelin, sfen, evdialit, ishqorli amfibollar, egirinlar bilan bir assotsiatsiyada bo'ladi (Kola yarim oroli, Rossiya – mashhur Xibinsk apatit koni). Bulardan tashqari, apatit uyumlari kontakt-metasomatik jarayonlarda vujudga keladi.

Vanadinit – $Pb_5(VO_4)_3Cl$. Tarkibida PbO – 78,3%, V_2O_5 – 19,3% va Cl – 2,4% bo'ladi. Aralashma holda R_2O_5 , Al_2O_5 uchraydi. U geksagonal, prizma va ignasimon shakllarda uchraydi. Ba'zan radial shu'la, tola-tola holda aniqlangan. Vanadinitning rangi sariq, qo'ng'ir va qizg'ish tuslarda bo'ladi. Uning yaltirashi shishadek, yog'langandek tuyuladi, qattiqligi–3, solishtirma og'irligi – 7, mo'rt, notekis yuzalar bilan sinadi. Vanadinit qo'rg'oshin-rux konlarining oksidlanishi zonalarida hosil bo'ladi. U vanadiy manbayi sifatida sanoat ahamiyatiga ega.

Annabergit – $Ni_3[AsO_4]_2$. Nomi Saksoniyadagi Annaberg konidan kelib chiqqan. Tarkibida – NiO – 37,5%, As_2O_5 – 38,5%, N_2O – 24%. U monoklin singoniyali, prizmatik kristallar hosil qiladi, ba'zan tuproqsimon massalar yuzaga keladi.

Annabergit yashil, to'q-yashil ranglarda uchraydi. Yaltirashi shishadek, ulanish tekisligi mukammal, kislotalarda asosan eriydi.

10.12. Boratlar. Boratlar bor kislotasining tuzlari, ularning soni 40 dan oshmaydi va er po'stida kam tarqalgan. Borning asosiy minerallari silikatlar sinfiga kiradi. Boratlar kalsiy, magniy va natriyli turlarga bo'linaadi va ularning aksariyatining tarkibida suv bo'ladi. Boratlar shaffof, oq rangli, qattiqligi va solishtirma og'irligi past, kislotalarda va ba'zan suvda eriydi.

Tarkibi – MgO – 47,9%, V_2O_3 – 41,4% va N_2O – 10,7%. Rombik singoniyali, oq rangli, shaffof, shishadek yaltiraydi, sochiluvchan ba'zan qo'lga yuqadi. Uning qattiqligi–3,5, solishtirma og'irligi–2,6, ancha mo'rt mineral.

Apatit ikkilamchi mineral sifatida tuz qatlamlarida paydo bo'ladi. Boratlar yuqori miqdorda vulqon mo'rilarida aniqlangan (Italiya, Kamchatka), ba'zan nurash zonalarida boratlarni uchratish mumkin. Boratlarining yirik uyumlari bor olish uchun manba hisoblanadi.

Bura – $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$. Mineral shakli prizmasimon, ba'zan tuproqsimon massa holda ham uchraydi. U rangsiz, kulrang, sarg'ish, ko'kimtir, yashilroq tovlanadi, yaltirashi shishadek, yog'langandek. Uning

qattiqligi – 2,5, solishtirma og'irligi – 1,7. Bura quriyotgan sho'r ko'llarda yuzaga keladi, suvda oson eriydi. Issiq havoda suvini yo'qotib, xiralashadi va nihoyat juda mayin oq kukunga aylanadi. Bura bor olishda asosiy manbalardan biri hisoblanadi.

10.13. Nitratlar. Nitratlar kuchli azot kislotasining tuzlari, suvda oson eriydi, issiq mamlakatlarda, deyarli hozirgi zamon mahsuloti sifatida yuzaga kelgan.

Natriyli selitra – NaNO_3 – Chili selitrasi.

Kaliyli selitra – KNO_3 – Hindiston selitrasi. Kristallari romboedr shaklida. Ko'pincha qobiq mog'olga o'xshash, yaxlit massalar holida uchraydi. U rangsiz, oq qizg'ish, qo'ng'ir, limondek sariq, shisha kabi yaltiraydi. Qattiqligi–2, solishtirma og'irligi–2,3, mo'rt, ulanish tekisligi romboedr bo'yicha.

Selitra suvda oson eriydi, mazasi sho'r, og'izni qattiq sovitadi. Nitratlar issiq mamlakatlarda tarkibida azoti bo'lgan organik moddalarning (parranda va hayvonlar qiyi va boshqa qoldiqlari), shuningdek, mikro-suv o'simliklari va nitrobakteriyalarning biokimyoviy parchalanishi natijasida yuzaga keladi. Bunday joylarda juda kam bo'ladigan yog'in-lar hosil bo'lgan selitrani soyliqqa oqizadi, vaqt o'tishi bilan selitra-li sho'rhok yerlarda selitra uyumlarini hosil qiladi. Bu joylarda selitra bilan bir paragenezisda gips, mirabilit va galitlar uchraydi. Uning yirik uyumlari Hindiston, Misr, Fransiya, Chili va boshqa yerlarda mavjud. Masalan, Shimoliy Chili selitrasining maydoni quyidagicha – uzunligi 140 km, kengligi 18-80 km va qalinligi 1,5 m atrofida qatlamsimon kon hisoblanadi. Selitra mineral o'g'itlarning eng yaxshi turi hisoblanadi. U shisha sanoatida, portlovchi moddalar tayyorlashda ishlatiladi.

10.4. Galloid birikmalar (Galogenidlar). Kimyoviy nuqtayi nazardan qaraganda HF, HCl, HBr va HS kislotaning tuzlari bo'lib, vodorod o'miga ishqoriy, ishqoriy yer metallar, hamda Cu, Ag, Pb, Hg, Fe, Mn lar kation vazifasini bajaradi. Namunaviy ion bog'lanishli galogenlarda zaryadi kichik va ion radiusi katta, shunga muvofiq faol qutblashga moil bo'lgan yengil metallarning kationlari ishtirok etganligi uchun ushbu minerallar shaffof, rangsiz, solishtirma og'irligi kichik va oson eruvchanlik xususiyati hamda shishadek yaltirashi xarakterli.

Flyuorit – CaF_2 . «Flyuorum» – fluor elementining lotincha nomi. Tarkibi – Sa – 51,2%, F – 48,8%. Izomorf aralashma holda ittriy, seriy va uran bo'ladi. U kub singoniyali, to'g'ri tuzilgan kubik, ba'zan oktaedrik,

dodekaedrik kristallar holida uchraydi. Baʼzan hol-xol donali yaxlit massa boʻlib, baʼzan tuproqsimon massa shaklida topiladi. Odatda rangsiz, shaffof, baʼzan sariq, yashil, havorang, gunafsha, qoramtir boʻladi.

Eʼtiborga sazovorligi flyuoritni qizdirganda rangi yoʻqoladi, rentgen nurlarning taʼsirida yana boʻyalib qoladi. U shishadek yaltiraydi. Qattiqligi-4, solishtirma ogʻirligi-3,2, moʻrt, ulanish tekisligi kub boʻyicha mukammal. Flyuoritning aksariyat qismi gidrotermal jarayonda paydo boʻladi.

Flyuorit yirik konlarda barit, kalsit, kvarts va sulfid minerallari bilan birga uchraydi. U intruziv jinslarda ikkinchi darajali greizen va pegmatitlarda katta miqdorda boʻlishi mumkin. Flyuoritning 70% yaqini metallurgiyada oson eriydigan shlaklar olish uchun ishlatiladi. U kimyo sanoatda, keramika va shisha sanoatida va boshqa juda koʻp joylarda foydalaniladi.

Galit – NaCl. Grekcha «galos» – dengiz, tuz demakdir. U osh tuzi ham deyiladi. Tarkibi – Na – 39,4% va Cl – 60,6%. Mexanik aralashma sifatida gil, organik moddalar boʻladi. U kub singoniyali, tuz havzalari-ning ostida bir-birlariga yopishmagan dona-dona boʻlib, zich kristallangan koʻrinishda topiladi. Galit shishadek yaltiraydi, qattiqligi-2, solishtirma ogʻirligi – 2,2, moʻrt, suvda oson eriydi, mazasi shoʻr. U juda gigroskopik. havo namini oʻziga tortib oladi. Galit ekzogen sharoitda quriyotgan koʻllarda yoki dengiz havzasidan qum toʻsiqlari bilan ajralgan sayoz qoʻltiqlardan quruq va issiq iqlimli sharoitlarda paydo boʻladi. Galitning eng katta zaxirali konlari turli geologik davrlarda yuzaga kelgan. Ammo uning yirik konlari perm davriga mansub. Bu davr uchun uzoq davom etgan issiq kontinental iqlim xos boʻlgan (Evropa, Osiyo, Amerika va boshqa mamlakatlarda). Galit muhim oziq-ovqat mahsuloti. U sanoat va qishloq xoʻjaligining turli tarmoqlarida ishlatiladi.

Silvin – KCl. Tarkibi – K – 52,5%, Cl – 47,5%. Mexanik aralashma holda NaCl, Fe₂O₃ ishtirok etadi. U kub singoniyali, qavat-qavat teksturali yaxlit donador massalar holida topiladi. Silvinning toza xillari – shaffof, rangsiz, oq, och qizil va pushti rangli boʻladi, shishadek yaltiraydi, qattiqligi-1,5-2, solishtirma ogʻirligi-1,99. Uning mazasi oʻtkir shoʻr, baʼzan achchiq ancha moʻrt mineral. U galit kabi qurayotgan shoʻr suvli koʻllarda yuzaga keladi. Silvinning dunyodagi eng yirik koni Rossiyadagi – Solikamsk hisoblanadi. Bundan boshqa katta konlarga Germaniyadagi – Strassfurt va Elzas. Fransiyada topilgan. Malumki, kaliy tuzlarining koʻp qismi oʻgʻit sifatida, bir qismi kimyo sanoatida, tibbiyotda, parfyumeriya, qogʻoz sanoatida, shisha va lak-boʻyoq tayyorlashda qoʻllaniladi.

10.15 SILIKATLAR SINFI

Sirkon – ZrSiO_4 . Nomi forscha «Sar»-oltin, «gun»-rang degan soʻzlarni anglatadi. Uning tarkibida ZrO_2 -67% va SiO_2 -32% boʻladi, aralashma tariqasida, gafniy HfO_2 -4% gacha, siyrak Yer elementlaridan Y_2O_3 va Ce_2O_3 aniqlangan. Bularan tashqari, Nb va Ta, baʼzan ThO_2 -1,5% boʻladi.

Singoniyasi – tetragonal. Tabiatda tetragonal – dipiramidal, baʼzan prizma shaklida uchraydi.

Qattiqligi – 7-8, metamikt parchalanishga uchragan xillarida uning qattiqligi 6 gacha kamayadi. U notekis chigʻanoqsimon yuzalar hosil qilib sinadi. Solishtirma ogʻirligi – 4,6-4,7 uning oʻzgargan xili – sirtalitlarda 3,8 gacha kamayadi. Sirkon turlari boʻlgan malakon va sirtalit, odatda radioaktivdir.

Aniqlash belgilari – sirkon kristallari koʻproq tetragonal kalta ustunsimon hamda dipiramidal shaklda uchraydi. Quyidagi minerallarni 1) rutildan (qattiqligi va sindirish koʻrsatkichiga qarab ajratiladi); 2) kassiteritdan (solishtirma ogʻirligiga qarab), 3) toritdan (qattiqligi va kuchli ikkilanib sinish koʻrsatkichiga qarab ajratiladi). Sirkon magmatik intruziv jinslar: nefelinli sienitlarda, granitlarda, gneyslarda hol-xol boʻlib joylashgan shakllarda boʻladi. Odatda nordon va ishqorli jinslarning pegmatitlarida kengroq miqdorda uchraydi. Sirkonning shaffof hamda rangi chiroyli xillari zargarlikda ishlatiladi.

Torit – ThSiO_4 . Uning xillari: oranjit-sargʻish, qizil rangli shaffof xili. Uranotorit 10-16% gacha UO_2 boʻlgan xili – makkintoshit. U tetragonal singoniyali. Uning tashqi koʻrinishi sirkonga oʻxshash, ammo yaxshi kristallari kam uchraydi. Baʼzan xol-xol donalar koʻrinishda nordon va ishqorli jinslarning pegmatitlarida mavjud. Uning rangi qora, qoramtir, sariq va qizgʻish toʻq sariq boʻladi. Chizigʻi toʻq qora, yaltirashi shishadek, yogʻlangandek, qattiqligi – 4,5-5, moʻrt, ulanish tekisligi yoʻq, chigʻanoqsimon yuzalar boʻyicha sinadi. Solishtirma ogʻirligi – 5,4. U NSI da erib, kremnezyom hosil qiladi.

Torit ishqorli va nordon intruziv jinslarda ikkinchi darajali mineral holida uchraydi. U pegmatitlarda keng tarqalgan. Baʼzan yuqori haroratli gidrotermal jarayonlarda ham yuzaga keladi.

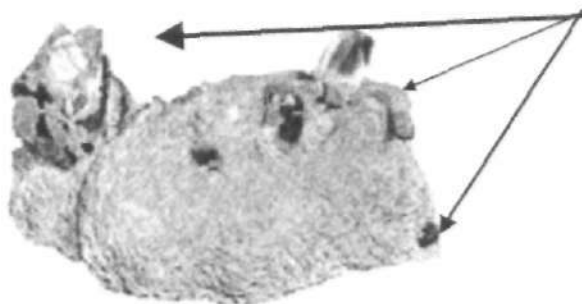
Villemit – ZnSiO_4 . Tarkibi ZnO -73%, SiO_2 -27%. Trigonal singoniyali. Romboedrik koʻrinishda, fenakit strukturasiga juda oʻxshash. Odatda uning kristallari prizma bilan romboedrik yonlaridan tashkil topgan.

Kristallari ko'pincha patga o'xshab tuzilgan, ignasimon yoki radial shu'la kabi tuzilgan agregat tarzida uchraydi. Villemit rangsiz yoki sarg'ish-qo'ng'ir, ba'zan yashilroq yoki qizg'ishroq (MnO aralashmasi bo'lgani) bo'ladi. U shishadek yaltiraydi, yog'langandek seziladi, qattiqligi – 5-6, mo'rt bo'ladi. Ulanish tekisligi (0001) bo'yicha aniq. U chig'anoqsimon yuzalar hosil qilib sinadi. Solishtirma og'irligi-3,89-4,18. Bu mineral qo'rg'oshin, rux va sulfid konlarining oksidlanish zonalarida uchraydi.

Fenakit – $BeSiO_4$. Tarkibi BeO -45,5%, SiO_2 -54,5%. Trigonal singoniyali, kristall shakli roboedrik, kalta ustunsimon. U shaffof, rangsiz yoki och-sariq, ba'zan pushti. Uning yaltirashi shishadek, yog'langandek, qattiqligi – 7,5. Chig'anoqsimon yuzalar hosil qilib sinadi. Solishtirma og'irligi 2,9-3,0.

Fenakit romboedrik yoki kalta ustunsimon shakli bilan berilning prizmatik kristallaridan farqlanadi. U nordon intruziv jinslarning pegmatitlarida ko'proq uchraydi. Pegmatitlarda berill (zumrad), xrizoberill, topaz, dala shpatlari, kvars, slyudalar bilan bir qatorda paragenetik assotsiatsiyada bo'ladi.

Topaz – $Al_2SiO_5(F,OH)_2$. Nomi Qizil dengizdagi Topazos orolidan kelib chiqqan. Tarkibi Al_2O_3 -62,0-48,2%, SiO_2 3-28,2%, F -13-20,4%. H_2O -2,45% gacha. U rombik singoniyali, uning yaxshi kristallari kam uchraydi faqat bo'shliqlarda topiladi. Topazning yirik kristallari-25-32 kg pegmatitlarda topilgan (78-rasm). U ko'pincha pinakoid, dipiramidalar



78-rasm. Qora kristallar. Topaz.

va boshqa shakllari ko'proq uchraydigan prizmatik shakllarda mavjud. U rangsiz, ba'zan och sariq, somon sariq va och havorang, och push-ti, kamdan-kam och qizil tushlarda bo'ladi. Yaltirashi shishadek, qattiqligi – 8, ulanish tekisligi (001) bo'yicha mukammal.

Uning solishtirma og'irligi 3,5-3,57. To-

paz nordon intruziv jinslarda aksessor mineral sifatida juda kam miqdorda uchraydi ammo ularning pegmatitlarida, aksincha, juda ko'p uchraydi. Bular da flyuorit, turmalin kvars, berill, kassiterit, volframitlar bilan bir paragenetik assotsiatsiyalar hosil qiladi. Topaz ayniqsa, greyzenlarda keng tarqalgan. U slanes, gneyslar oralaridagi yuqori haroratli gidrotermal tomirlarda ham yuzaga keladi. Topazning yirik, shaffof kristallari bezak tosh hisoblanadi.

Disten – $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{yoki Al}_2\text{O}_3$. SiO_3 yunoncha «Di» – ikki xil «stenos»-qarshilik ko'rsatuvchi, ya'ni ikki xil yo'nalishda va ikki xil qattiqlikka ega degan ma'noni anglatadi. Tarkibi Al_2O_3 -63,1%, SiO_2 -3,69%. U triklin singoniyali, «S» o'qi bo'yicha cho'ziq ustunsimon, ba'zan yassi taxtachaga o'xshash kristallari yuzaga keladi. Uning rangi havorang, ko'k, ba'zan yashil, yaltirashi shishadek, ulanish tekisligi yuzasi sadafdek yaltiraydi, qattiqligi 6-7,5. U mo'rt, ulanish tekisligi (100) bo'yicha mukammal solishtirma og'irligi 3,5-3,7.

Disten kristallangan slaneslar uchun tipomorf mineral hisoblanadi. U metamorfik jinslarda stavrolit va sillimanitlar bilan birga uchraydi.

Andaluzit – $\text{Al}_2[\text{SiO}_4]\text{O}$. Nomi Ispaniyadagi Andaluziya nomini anglatadi. Tarkibi distenga o'xshash. U rombik singoniyali simmetrik ko'rinishi rombo-dipiramidal. Bu mineral rangi, odatda kulrang, sariq, qo'ng'ir, pushti rangli bo'ladi. Qattiqligi 7-7,5, ulanish tekisligi (110) bo'yicha aniq. U notekis hamda zirapchasimon yuzalar bo'yicha sinadi, solishtirma og'irligi – 3,0-3,2.

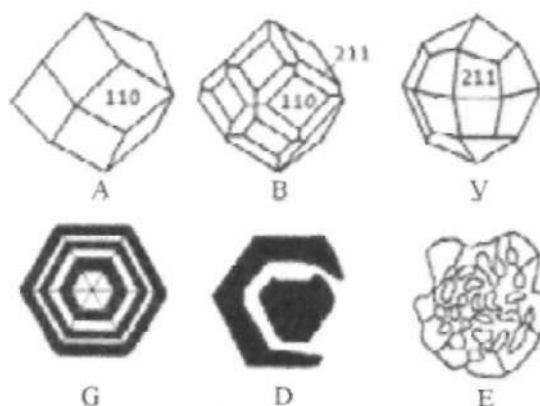
Andaluzit nordon intruzivlari tog' jinslari bilan gilli slanes o'rtasidagi kontakt-metamorfizm da paydo bo'ladi. U gneyslar va slyudali slaneslarda granat, korund, distenlar bilan bir paragenetik assotsiatsiyalarda uchraydi.

Stavrolit – $\text{FeAl}_4[\text{SiO}_4]_2\text{O}_2(\text{OH})_2$. Nomi yunoncha «Stavros»-krest demakdir. Tarkibi FeO -15,8%, Al_2O_3 -55,9%, H_2O -2%. Rombik singoniyali, simmetriya ko'rinishi rombo-dipiramidal. Odatda kalta va yo'g'on prizmal ko'rinishda, uning o'ziga xos qo'shaloq kristallari ham uchraydi.

Stavrolitning rangi qizil-qo'ng'irdan qo'ng'ir-qoragacha, kamdan-kam shaffof bo'ladi. U shishadek yaltiraydi, qattiqligi 7-7,5, ulanish tekisligi (010) bo'yicha mukammal, notekis yuzalar bilan sinadi. Solishtirma og'irligi 3,6-3,7.

Stavrolit regional metamorfizm jarayonida (kamdan-kam kontakt-metamorfizm da) yuqori haroratda yuzaga keladi. Bu mineral kimyoviy jihatdan barqaror hisoblanadi.

10.16. GRANATLAR GURUHI

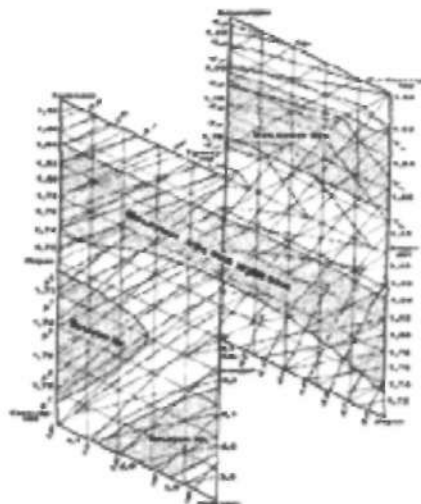


79-rasm. Granatlar: A, B V – kristallar; G – qo'shaloqli kristalldan kesma; D – skeleti kristalldan kesma; E – begona aralashmalari bo'lgan kristalldan kesma.

Granatlarning umumiy xususiyati: kub singoniyali, rombodekaedr yoki tetragontrioktaedr shakllarda kristallanadi (79-rasm). Qattiqligi 6,5-7,5, solishtirma og'irligi 3,5-4,3. Umumiy formulasi $X_3Y_2[SiO_4]_3$, bu yerda X – Sa^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} ; Y – Al^{3+} , Sg^{3+} , Fe^{3+} , Mn^{3+} , V^{3+} , Ti^{3+} , Ti^{4+} , Zr^{4+} . Vinchell mazkur guruhni

quyidagi turlarga bo'ladi: piralspitlar (Al – granatlari) va ugranditlar (Sa – granatlari).

Piralspitlar tarkibida alyuminiydan tashqari Mg, Fe^{2+} , Mn kabi elementlar keng tarqalgan, ugranditlar uchun esa, Sa va qisman Fe^{3+} , Sg xarakterlidir. Ko'pincha granatlar qattiq eritmalar – qorishmalar holatida uchraydi (grossulyar andradit bilan, almandin spessartin bilan, almandin uvarovit bilan va hokazo, 80-rasm).



80-rasm. Granat guruhi minerallarining tarkibi, solishtirma og'irligi va sindirish ko'rsatkichlari bo'yicha o'zaro bog'liqlik diagrammasi (Kennedi bo'yicha, 1947)

17-jadval

Granat guruhi minerallarining tasnifi va fizik xususiyatlari

Piralspitlar (Al-granatlari)	Kimyoviy formulasi	Rangi	Solishtirma og'irligi -	Sinish ko'rsatkichi
Almandin	$\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	qizil, qo'ng'ir, qora	4,25	1,778-1,815
Pirop	$\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	qizil	3,51	1,705-1,760
Spessartin	$\text{Mg}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	sariq, qizil	4,68	1,792-1,800
Grossulyar	$\text{Sa}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$	Rangsiz, och yashil qahrabo rang (yantar rang)	3,52	1,736-1,763
Andradit	$\text{Sa}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$	qo'ng'ir, yashil, qora	3,75	1,856-1,911
Uvarovit	$\text{Sa}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$	yashil	3,52	1,836-1,870

Granatlar har xil rangi, olmossimon o'tkir yaltirashi bilan o'ziga diqqatni jalb etadi va qimmatbaho toshlar (gavharlar) turkumiga kiradi (17-jadvalga qarang).

Bu guruh minerallari metamorfik tog' jinslari uchun xarakterli, lekin shuning bilan bir qatorda magmatik va cho'kindi jinslarda ham uchraydi.

O'rta Osiyoda grossulyarli va andraditli granatlar skarn jinslarida, volfram va magnetit konlarida juda ko'p miqdorda uchraydi (Qo'ytosh, Langar va To'rangli konlarida); gilos rang munchoq shaklidagi almandin va spessartinli granatlar, Turkiston va Qoratepa tog'laridagi pegmatit tomirlarida dala shpatlar, kvars, muskovit, turmalin va boshqa minerallar bilan birga uchraydi.

Piralspitlar (Al – granatlari) Almandin – $\text{Fe}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$.

Almandinni birinchi marta topilgan joy Alabanda (Turkiya) nomi bilan atalgan. Singoniyasi kub geksaedrli. Qimmatbaho toshlar qatoriga kiradi. Rangi odatda qizil, to'q qizil, binafsha-qizil rangdan qo'ng'ir, qora rang-gacha o'zgaradi. Shlifda almandin rangsiz yoki pushti qizil rangga ega. Almandin boshqa barcha granatlar kabi yuqori kristallanish qobiliyatiga ega va ko'pincha dodekaedrik va tetragontrioktaedrik shakllar hosil qiladi. Sun'iy almandinlar och qo'ng'ir rangga ega, ba'zan tabiatda uchraydigan kristallarga xos shakllar hosil qiladi. Qattiqligi 6,5-7,5, solishtirma og'irligi 4,2. Ajralish tekisliklari yo'q. Sinishi chig'anoqsimon, notekis. Odatda kristallari izometrik, donador ko'rinishdan tortib, bir-biriga zich yopishgan mineral agregatlarini hosil qiladi.

Almandin ko'plab intruziv (granitlar) va effuziv (dasit, riolitlar) jinslarda nodir mineral sifatida uchraydi. Gilli jinslarning regional metamorfizmida hosil bo'lgan kristallik slaneslarda, gneyslarda keng tarqalgan. Undan tashqari, almandinning termal yoki kontakt metamorfizmida ham uchrashligi aniqlangan.

Pirop – $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$ – yunonchadan – «piropos» – alangali so'zidan olingan. Magnezial – glinozemli granat. Singoniyasi kub geksoedrik. Rangi qizil, ba'zan binafsha. Tabiatda uchraydigan qizil rangga ega turlari qimmatbaho toshlar (yoqut) sifatida foydalangan. Yaltiroqligi shishasimon, moysimon. Shaffofdan yarim shaffofgacha o'zgaraadi, chizig'ining rangi oq, qattiqligi – 6,5-7,5, solishtirma og'irligi – 3,5. Ajralish tekisligi yo'q, sinishi notekis. Ajralib chiqish shakli: to'g'ri shakli kamdan-kam uchraydi odatda yumaloq donalar hosil qiladi, ularning o'lchami o'rtacha 5 – 7 mm. Piroplar ultrabazitlarda, granatli peridotitlarda, piroksenitlarda, kimberlitlarda porfir ajralmalar hosil qiladi. Undan tashqari, bazalt brekchialarida hamda allyuvial-delyuvial sochilmalarda ham uchraydi. O'ta asos jinslarda pirop olmosning yo'ldoshi deb hisoblanadi. Pirop keng tarqalgan zargarlik mahsuloti sifatida ishlatiladi.

Spessartin – $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$. Birinchi topilgan joyi Shpessert (Bavariya) nomi bilan atalgan. Singoniyasi kub, geksaedrik. Rangi to'q sariq, qizg'ish-sariq, jigarrang-qizil, sarg'ish. Yaltiroqligi shishasimondan moysimongacha. Chizig'ining rangi oq, qattiqligi – 6,5-7,5, solishtirma og'irligi – 4,2. Ajralish tekisligi yo'q yoki juda kam nomukammal. Sinishi notekis, chig'anoqsimon.

Ajralib chiqish shakli: rombododekoedrli, tetragontrioktaedrli. Spessartitni zargarlik sifati bo'lgan xillari petmatitlarda, marganesga boy bo'lgan skarlarda va metamorfik tog' jinslarda uchraydi.

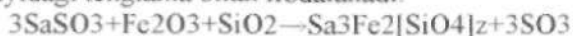
Ugranditlar (Sa granatlari).

Grossulyar – $Sa_3Al_2[SiO_4]_3$. Lotin tilida, tashqi ko'rinishi qulupnayga (Grossular) o'xshaganligi uchun grossulyar deb atalgan. Singoniyasi kub, geksaoktaedrik. Rangi oq yashil, yashil, yashil-kulrang, sariq, pushtirang, jigarrang. Yaltirashi shishasimon, moysimondan olmossimongacha. Chizig'ining rangi oq, qattiqligi 6,5-7,5, solishtirma og'irligi – 3,53-3,60. Ajralish tekisligi yo'q. Sinishi chig'anoqsimon, yuzasi g'adir-budur.

Shakllari: tetragontrioktaedrli kristallar yoki oddiy kristallar, qo'shaloqlar, noto'g'ri shakldagi donalar, zich va yaxlit agregatlar ko'rinishda uchraydi. Kontakt va regional metamorfik jinslarda, jumladan, ohak-toshlarda va skarlarda keng tarqalgan.

Andradit – $\text{Ca}_3\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$. Portugal mineralogi d'Andrada E.Silva nomi bilan atalgan. Singoniyasi kub-geksaedrik. Andraditning rangi: qora rangdan, to qizil, qo'ng'ir, sariq, yashil ranggacha o'zgaradi. Shlifda u ko'pincha sariq yoki sarg'ish. Uning rangini xilma-xilligi tarkibida Ti va Mn larning borligi bilan belgilanadi. Chizig'ining rangi oq. qattiqligi 6,5-7,5, solishtirma og'irligi – 3,7-3,8. Ajralish tekisliklari yo'q. Kristallari-ning shakli rombododekaedr, tetragontrioktaedr, polisintetik qo'shaloqlar hosil qiladi, donador, ba'zan yaxlit yashirin kristallik massasini tashkil qiladi.

Andradit ohakli jinslarning kontakt va termal metamorfizmi natijasida hosil bo'ladi. Ayniqsa, metasomatik yo'l bilan hosil bo'lgan skamlarda andradit tipik mineral hisoblanadi. Skamlarda andraditning hosil bo'lishi Fe_2O_3 va SiO_2 larning ohaktosh va nordon magma'dan keltirilishi bilan bog'liq va quyidagi tenglama bilan ifodalanadi:



kalsit

granat

Uvarovit – $\text{Ca}_3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$. Graf S.Uvarov sharafiga bilan atalgan. Singoniyasi kub-geksaedrik. Uvarovit granat guruhidagi eng kam tarqalgan mineral hisoblanadi. Rangi to'q-yashildan yashilgacha o'zgaradi, shlifda yaqqol yashil rangga ega. Uvarovit ko'pincha kuchsiz anizotrop xususiyatiga ega bo'ladi, zonal ko'rinishi ham bo'lishi mumkin. Yaltiroqligi shishasimon, chizig'ining rangi och yashil. Kattiqligi 6,5-7,5, solishtirma og'irligi – 3,71-3,79. Ajralish tekisligi yo'q, sinishi chig'anoqsimon.

Uvarovit ko'pincha xromit rudalarida mayda yashil donachalar ko'rinishida uchraydi. Bushveld kompleksi, O'rol xromit ruda konlarini misol sifatida ko'rsatish mumkin. Uvarovit (tarkibida xrom bo'lgan granatlar) kam miqdorda metamorfizmga uchragan ohaktoshlarda ham aniqlangan (Kvebek, Kanada).

Shlifda granatlar rangsiz yoki pushtirang, alohida dumaloq donalar yoki ularning bir-biriga yopishib ketgan yig'indilari holida uchraydi. Yumaloq donalarning chekkalari ko'pincha kemtik bo'ladi. Ba'zi granatlar o'zgarib, kvars, biotit, xlorit yohud boshqa minerallarga aylanganini kuzatish mumkin.

Granatlarning eng xarakterli belgilari: shakldor, donalarida ajralish tekisliklari yo'qligi, och pushti yoki sarg'ish rangi, juda g'adir-budur reliefi, izotrop yoki zonali ko'kimtir kulrang anomal interferensiyalar rangining mavjudligidir. Shpineldan deyarlik rangsizligi va kristall shakllari, leysitdan yuqori reliefi va paragenezisi bilan farq qiladi.

Granatlar guruhi minerallari ikki qatorga bo'linadi:

1) almandin qatori-(Mg,Fe,Mn) $3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$

pirop-Mg $3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$

almandin-Fe $3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$

spessartin-Mn $3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$

2) andradit qatori-Ca $3(\text{Al,Fe,Cr})_2[\text{SiO}_4]_3$

grossulyar-Ca $3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$

andradit-Ca $2\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]_3$

uvarovit-Ca $3\text{Cr}_2[\text{SiO}_4]_3$

Granatlar guruhi minerallari kub singoniyali; simmetriya ko'rinishi geksaoktaedrik. Kristall shakli rombik dodekaedr, tetragon-trioktaedr. Ko'pincha donador yaxlit massalar holida topiladi. Granatlarning rangi va tarkibi o'zgaruvchan bo'ladi (23-jadval). Odatda ular qizil, qo'ng'ir-qizil, sariq, zumrad-yashil, qoramtir, ba'zan qora. Qattiqligi 6,5-7,5, notekis yuzalar hosil qilib sinadi. Solishtirma og'irligi 3,5-4,2. Granatlarga xos belgi-kristallarning o'ziga xos shakli, yog'langandek yaltirashi, yuqori qattiqligi. Granatlar kontakt-metasomatik, regional metamorfizmda yuzaga keladi. Granatlarning shaffof rangi chiroyli xillari zargarlik ishlarida qimmatbaho tosh sifatida ishlatiladi.

Sfen – $\text{CaTi}[\text{SiO}_4]\text{O}$. Yunoncha «sfen» – pona ma'nosini bildiradi. Tarkibi CaO-28,6%, TiO₂-40,8%, SiO₂-30,6%, bundan tashqari FeO-6% gacha, MnO-3% gacha, (Y,Ce)₂O₃-12% gacha aralashmalar borligi aniqlangan. U monoklin singoniyali, simmetriya ko'rinishi rombo-prizmatik, kristallarining ko'ndalang kesimi ponaga o'xshash, ba'zan tablet-kasimon. Sfen rangi sariq, qo'ng'ir, yashil, ba'zan qora, pushti yoki qizil bo'ladi. Yaltirashi olmosdek, yog'langandek, qattiqligi 5 – 6, solishtirma og'irligi 3,2-3,5, aniqlash belgisi sarg'ish-qo'ng'ir rangi va panasimon shakli bilan ajraladi. U qizdirilgan HCl, H₂SO₄ kislotalarida Ca sulfat tuzi hosil qilib, butunlay parchalanadi. Sfen ikkinchi darajali mineral sifatida ishqorli va nordon o'rta intruziv jinslarda dala shpatlari, nefelin, egrin, sirkon, apatit va boshqa minerallar bilan bir assotsiatsiyalarda uchraydi biroq uning yirik kristallari ishqorli pegmatitlarda bo'ladi. U ba'zan metamorfik jinslar (gneyslar, kristallik slaneslarda, amfibolitlarda) uchun xos mineral holida yuzaga keladi.

Aksinit – $\text{Cu}_2(\text{Mn,Fe})\text{Al}_2\text{BSi}_4\text{O}_{15}[\text{OH}]$. Yunoncha «aksine» – bolta demakdir. Tarkibi o'zgaruvchan, triklin singoniyali, simmet-

riya ko'rinishi pinokoidal, kristallari bo'shliqlarda ko'pincha druzalar tarzida uchraydi. Odatda jigarrang, qo'ng'ir, pushti, oq, kulrang, shishadek yaltiraydi, qattiqligi 6,5-7, ulanish tekisligi (010) bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi 3,2-3,30. U gidrotermal mineral sifatida, kontakt zonalarida yoki dioritlarda uchraydi. Sanoatda bor elementini olishda manba hisoblanadi.

Datolit – $\text{Ca}_2\text{B}_2[\text{SiO}_4][\text{OH}]_2$. Tarkibida CaO – 35%, B_2O_3 –21,8%, SiO_2 – 37,6%, H_2O – 5,6% bo'ladi. Monoklin singoniyali, simmetriya ko'rinishi prizmatik. U donador agregatlar tarzida keng tarqalgan. Rangi oq, ba'zan kulrang-tovlanuvchan och yashil, sariq, qattiqligi 5-5,5, ulanish tekisligi ko'rinmaydi. U chig'anoqsimon yuzalar hosil qilib sinadi. Datolit shishadek yaltiroq, solishtirma og'irligi 2,9-3,0. Mineralni o'ziga xos shishadek yaltirashi, chig'anoqsimon yuzalar hosil qilib sinishi va shakli bilan boshqalardan farqlash mumkin. U skarlarda, ma'danli tomirlarda bodosimon ko'rinishda magmatik jinslar oralarida uchraydi. U bor elementini olishda manba hisoblanadi.

Lamprofillit – $\text{Na}_2\text{Sr Fe Ti}_2[\text{SiO}_4]_3(\text{F,OH})$. Tarkibida ba'zan V_2O_5 –2% gacha, F –1,8 gacha bo'ladi. Rombik singoniyali, kristall shakli «S» o'qi bo'yicha cho'zinchoq, ba'zan uzunligi 20 sm gacha bo'ladi. U oltin rang-qo'ng'ir tovlanadi, yaltirashi shishadek. Uning qattiqligi 2-3, mo'rt, ulanish tekisligi (100) bo'yicha o'ta mukammal, solishtirma og'irligi 3,5.

Lamprofillit nefelinli sienitlarda va ularning pegmatitlarida egirin, nefelin, evdialit, sodalit, murmanitlar bilan birga uchraydi.

Kalamin – $\text{Zn}_4[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{OH}]_2\text{H}_2\text{O}$. Tarkibida ZnO –67,5, SiO_2 –25%, H_2O –7,5% aniqlangan. 500° gacha qizdirilganda tarkibidagi suvning yarmisi ajralib chiqadi, shaffofligi yo'qolmaydi, qolgan qismi kristall panjarasi buzilgandan keyin yo'qoladi. U rombig singoniyali, simmetriya ko'rinishi rombo-piramidal. Mineral agregatlari ko'pincha radial shu'la kabi tuzilgan, ba'zan buyraksimon yoki staliktit massalar tarzida uchraydi. U odatda rangsiz, ba'zan sariq, qo'ng'ir, yashil va havorang kabi tovlanadi. Yaltirashi shishadek, ulanish tekisligi yuzalarda-sadafdek, qattiqligi 4-5. Ulanish tekisligi (110) bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi 3,5. Kalamin sulfid qo'rg'oshin – rux konlarining oksidlanish zonalarida smisonit, serussit, limonit va boshqa minerallar bilan birga paydo bo'ladi. U smisonit bilan birga muhim rux ma'dani hisoblanadi va odatda yirik uyumlar hosil qiladi.

Soizit – $\text{Ca}_2\text{Al}_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}[\text{OH}]$. Tarkibida CaO –24,6%, Al_2O_3 –33,9%, SiO_2 –39,5%, H_2O –2%, ba'zan Fe_2O_3 –2-5% gacha bo'ladi.

Rombik singoniyali, simmetriya ko'rinishi rombodipiramidal, kristallari prizmatik, agregatlari nayzasimon yoki donador tuzilgan bo'ladi. U kulrang tovlanadi, yaltirashi shishadek, qattiqligi – 6, ulanish tekisligi (010) bo'yicha mukammal, notekis yuzalar hosil qilib sinadi, solishtirma og'irligi 3,3. Mikroskopda optik belgilariga qarab aniqlanadi. Sozitiv intruziv jinslardagi plagioklazlarning gidrotermal o'zgargan mahsuloti bo'lib yuzaga keladi. Bulardan tashqari kristallik slaneslarda va amfibollarda uchraydi.

Epidot – $\text{Ca}_2(\text{AlFe})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{OH})$. Tarkibida CaO 23,5%, Al_2O_3 24,1%, Fe_2O_3 12,6%, SiO_2 37,9%, H_2O 1,9% gacha aniqlangan. Monoklin singoniyali, simmetriya ko'rinishi rombo-prizmatik. Kristall shakli prizmatik «V» o'qi bo'yicha cho'ziq, ba'zan nayzasimon. Epidotning rangi har xil tusda, yashilroq, sariq, qora, kulrang tovlanadi. Yaltirashi shishadek shaffof, qattiqligi 6,5, ulanish tekisligi (001) bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi 3,3 – 3,4. Tabiatda eng ko'p tarqalgan xillari pista rang-yashil rangiga va shakliga qarab osonlik bilan aniqlanadi. Epidot tabiatda hosil bo'lish sharoitlari va u bilan birga uchraydigan minerallar paragenезisi gidrotermal sharoitda yuzaga kelishi aniqlangan. Bulardan tashqari, kontakt-metasomatik konlarda kvars, xlorit, kalsit va sulfid minerallari bilan yirik uyumlar hosil qiladi.

Ortit – $(\text{Ca,Ce})_2(\text{Al,Fe})_3[\text{Si}_2\text{O}_7][\text{SiO}_4]\text{O}(\text{O,OH})$. Tarkibida Ce_2O_3 6% gacha bo'ladi. Bulardan tashqari, FeO , MgO , MnO 8% gacha, V_2O_3 , Sc_2O_3 , ThO_2 3,8% gacha aniqlangan. Monoklin singoniyali, simmetrik ko'rinishi rombo-prizmatik, qalin ustunsimon, ba'zan nayzasimon, ko'pincha hol-xol donalar tarzida topiladi. Rangi qoramtir, mumdek qora, goho sariq, yaltirashi shishadek (mumsimon), yog'langandek. Ortitning qattiqligi 6, ancha mo'rt, chig'anoqqa o'xshash yuzalar hosil qilib sinadi. Uning solishtirma og'irligi 4,1, radioaktivlik xususiyatga ega. Tabiatdagi qora rangi, mumsimon yaltirashi, notekis yuzalar hosil qilib sinishi ortit uchun mansub belgi hisoblanadi. Ortit hol-xol dona holida ko'pincha intruziv jinslarda granit, sienit va ularning pegmatitlarida, ba'zan gneys, kontakt-metasomatik konlarda ham topilgan.

Ilvait – $\text{CaFe}_2\text{Fe}[\text{Si}_2\text{O}_7] \cdot [\text{OH}]$. Tarkibi o'zgaruvchan. CaO – 13,7%, FeO 35,2%, Fe_2O_3 19,6%, SiO_2 29,3%, H_2O 2,2%. Rombik singoniyali, ko'rinishi rombo-dipiramidal, ko'pincha prizma o'xshash. Tabiatda yaxlit donador massalar, ba'zan shu'la kabi joylashgan nayzasimon agregatlar holida uchraydi. Rangi qora, qo'ng'ir yaltiroq tovlanadi. Yaltirashi yog'langandek, yarim metall kabi. Uning qattiqligi 5,5 – 6, mo'rt

ulanish tekisligi (001) va (010) bo'yicha mukammal, notekis, qisman chig'anoqsimon yuzalar hosil qilib sinadi. Solishtirma og'irligi 3,8 – 4,1. Ilvait kontakt-metasomatik temir konlarida granatlar (andradit), gedenbergit, magnetit temir va mis sulfidlari bilan bir assotsiatsiyada uchraydi. Nurash zonalarida parchalanib, limonit, ba'zan marganes gidrook-sidlari hosil qiladi.

Berill – $\text{Be}_2\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$. Tarkibida BeO – 14,1%, Al_2O_3 – 19,0%, SiO_2 – 66,9%, aralashma holida K_2O , Li_2O , Rb_2O – 7% gacha uchraydi. U geksagonal singoniyali, ko'rinishi digeksagonal-dipiramidal. Berillning kristallari aniq tuzilgan ustunsimon yoki prizmatik shaklga ega. Uning rangi och yashil, sarg'ish, yashil, havorang, tiniq yashil (81-rasm). Rangsiz shaffof hillari ham uchraydi. Rangiga qarab quyidagi xillarga bo'linadi: 1) zumrad och yashil, yashil va shaffof xillari eng qimmatbaho hisoblanadi; 2) akvamarin-tiniq ko'kimtir havorang, 3) vorobevit-pushti rangli va geliodor-sariq shaffof. Bularning barchasi shishadek yaltiraydi. Uning qattiqligi 7,5 – 8,0, ancha mo'rt, ulanish tekisligi (1010) prizma va (0001) pinakoid bo'yicha mukammal emas, notekis yuzalar hosil qilib chig'anoqqa o'xshab sinadi. Solishtirma og'irligi – 2,6-2,9.



81-rasm. Berill.

Berill nordon va ishqorli intruzivlarning pegmatitlarida paydo bo'ladi. Ba'zan pnevmatolit-gidrotermal jarayonlarda yuzaga keladi. Ushbu jarayonlarda berill topaz, turmalin, flyurit, fenokit, xrizoberill, volframit, kassiteritlar bilan bir paragenetik assotsiatsiyalarda ko'rish mumkin. Berill ayrim konlarda yirik, gigant kristallar (AQSHda og'irligi 16 ton-nagacha), uzunligi 5m gacha va ko'ndalangligi 1,5m gacha topilgan. Rangli va shaffof xillari zumrad, akvamarin zargarlikda ishlatiladi.

Ashirit – $\text{Cu}_6[\text{Si}_6\text{O}_{18}] \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ yoki $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Tarkibi CuO – 50,5%, SiO_2 – 38,1%, H_2O – 11,4%. Trigonal singoniyali, ko'rinishi romboedrik. Kristall shakllari kalta, uchlari nayza ustunchalar shaklida bo'ladi. Ashiritning rangi zumrad-yashil, chizig'i yashil, yaltirashi shishadek, shaffof. Qattiqligi-5, mo'rt, ulanish tekisligi romboedr bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi – 3,3. U mis konlarining nurash zonalarida paydo bo'ladi.

Xrizokolla – $\text{CuSiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Tarkibi o'zgaruvchan, singoniyasi aniq emas, ko'pincha tiniq kolloidan iborat. Sirti oqiq, tuproqsimon uyumlar hosil qiladi. U havorang, ba'zan yashil, ko'k, qo'ng'ir qattiqligi 2,

moʻrt, notekis yuzalar boʻyicha sinadi. Uning solishtirma ogʻirligi-2, tarkibidagi suv 100° yuqori darajada qizdirilganda ajraladi. U mis konlarining oksidlanish zonalarida yuzaga keladi, quruq issiq iqlimli joylarda keng tarqalgan. Xrizokollaning malaxit, azurit kalsit va boshqa minerallar oʻrnida psevdomorfozalari uchraydi.

Evdialit – $(\text{Na,Ca})_6\text{ZrSi}_6\text{O}_{18}(\text{OH, Cl})$. Tarkibi (% hisobida): Na_2O 11-17,3, CuO -9-11,3, ZrO_2 -12-15, $[\text{Ce,La,Y}]_2\text{O}_3$ -3 gacha, SiO_2 -47-52, H_2O -1-3, Cl -1,5 gacha. Trigonal singoniyali, kristall shakli yoʻgʻon ustunsimon, plastinkasimon, baʼzan prizmatik.

Evdialitning rangi pushti, qizgʻish-qoʻngʻir, yaltirashi shishadek, qattiqligi – 5-5,5, moʻrt, ulanish tekisligi (0001) boʻyicha mukammal, solishtirma ogʻirligi – 2,8-2,9. Uni rangi har xil tusli, pushti yoki qizil boʻlishi xarakterli. U faqat ishqorli intruziv jinslar (nefelinli sienit) va ular pegmatitlarida nefelin, dala shpatlari, egirinlar bilan birga uchraydi. Odatda evdialit luyavritlarda uyumlarni hosil qiladi, bu esa sirkoniy olishda asosiy manba hisoblanadi.

Turmalin – $(\text{Na,Ca})(\text{MgAl})_6[\text{B}_3\text{Al}_3\text{Si}_6](\text{O,OH})$. Tarkibi oʻzgaruvchan- SiO_2 -30-44%, B_2O_3 -8-12%, Al_2O_3 -18-41%, FeO Fe_2O_3 -38%, MgO -25%, gacha, Na_2O -6% gacha, CaO -4% gacha va H_2O -4% gacha. Turmalinning magnitga boy xili dravit, temirga boyini sherl, liitlyli xili-elvanit deyiladi. Uning singoniyasi trigonal, simmetriya koʻrinishi ditrigonal-piramidal. Agregatlari nayzasimon, radial shuʼla kabi joylashgan, chalkashib yotgan ignachalar yoki tola-tola holida uchraydi. Uning rangi kimyoviy rangiga bogʻliq. Odatda yashil, pushti, qizil va qora ranglarda boʻladi. Yaltirashi shishadek, qattiqligi 7-7,5 «S» oʻqi boʻyicha choʻzinchoq, notekis yuzalar hosil qilib sinadi, solishtirma ogʻirligi – 2,9-3,3. Turmalin pegmatitlarda pnevmo-gidrotermal jarayonlarda, baʼzan kristallik slaneslarda, gneyslarda paydo boʻladi. U koʻpincha kvars, topaz minerallar bilan bir paragenetik assotsiatsiyalarda uchraydi. Turmalinning shaffof, rangi tiniq-chiroyli xillari zargarlikda bezak buyumlar tayyorlashda ishlatiladi.

Vollastonit – $\text{Ca}_3[\text{Si}_3\text{O}_9]$ yoki CaSiO_3 , nomi kimyogar V.Vollaston (1766-1828) sharafiga qoʻyilgan. Tarkibi CaO -48,3%, SiO_2 -57,7%, baʼzan FeO -9% gacha borligi aniqlangan. U triklin singoniyali, kristall shakli-tabletkasimon, koʻpincha «V» oʻqi boʻyicha choʻziq kristallar hosil qiladi. Agregatlari varaqsimon, radial shuʼlasimon yoki nayzasimon baʼzan

tolasimon shakllarda uchraydi. U kulrang, oq, goho qizg'ish, shishadek yaltiraydi ulanish tekisligi yuzalari sadafdek tovlanib turadi. qattiqligi 4,5 – 5, ulanish (100) (001) bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi 2,7-2,9 atrofida. Vollastonit-kontakt-metasomatik jarayonlarda (skamlarda) yuzaga kelib granatlar, diopsid, gedenbergit, vezuvian, sheelit va sulfid minerallari bilan birga uchraydi.

Rodonit – $(\text{Mn,Ca})\text{SiO}_3$. Nomi grekcha «rodon» – pushti so'zidan olingan. Tarkibida MnO -46,0-30,0%, CaO -4-6,5% ba'zan FeO -2-12% bo'ladi. Triklin singoniyali, simmetriya ko'rinishi pinakoid, ko'pincha uchraydigan kristallari tabletkasimon izometrik, goho prizmatik yoki yaxlit zich massalar holida uchraydi. Rodonitning rangi o'ziga xos pushti –kulrang, shishadek yaltiraydi, ulanish tekisligida yuzasi sadafdek tovlanadi, qattiqligi 5 – 5,5, ulanish tekisligi (110) bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi 3,4 – 3,7, u past haroratda paydo bo'lib, rodoxrozit, bustamit, boshqa marganes minerallari va sulfidlar bilan birga topiladi. Rodonit bezak buyumlari tayyorlashda ishlatiladi.

Talk – $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$. Tarkibida MgO -13,7%, SiO_2 -63,5%, H_2O -4,8%, ba'zan FeO -2-5% bo'ladi. Monoklin singoniyali, kristallari geksagonal va rombik shaklda. Agregatlari varaq-varaq, tangacha-tangacha, yog'langandek zich massa holda uchraydi. Uning rangi och yashil, yoki sarg'ish, qo'ng'ir, yashilroq oq, shishadek yaltiraydi va sadafdek tovlanadi. Uning qattiqligi 1, varaqchasimon, varaqlari egiluvchan, qayishqoq emas, ulanish tekisligi o'ta mukammal, solishtirma og'irligi 2,8, issiqlikni va elektr tokini yaxshi o'tkazmaydi. O'tga chidamli, 1300-1400oS da ham erimaydi. Uning yumshoqligi, qo'lga yog'langandek unashiga, rangiga va varaq-varaq tuzilishiga qarab aniqlanadi. Talk magniyga boy o'ta asos jinslarning gidrotermal o'zgarishidan paydo bo'ladi. Bunday paytlarda u qonuniy ravishda, xromshpinelidlarning qoldiq donalari va qayta hosil bo'lgan magniy karbonatlari bilan bir assotsiatsiyada bo'ladi. Minerallarning paragenезisiga qaraganda talk tarkibida karbon kislotasi bo'lgan gidrotermal eritma yordamida magniy silikatlar paydo bo'ladi.



Talk sanoatda keng qo'llaniladi, qog'oz, rezina, parfyumeriyada, bo'yoqchilik, qalamlar ishlab chiqarishda ishlatiladi.

Profillit – $\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$. Tarkibida Al_2O_3 -28,3%, SiO_2 -66,7, H_2O -5,0%, aralashma holida MgO -9% gacha, FeO -5% gacha bo'ladi. Monoklin singoniyali, odatda shu'la kabi tuzilgan agregatlar, ba'zan yashirin tangachalardan iborat zich jins holida topiladi. U sarg'ish oq, och yashil, yarim shaffof, shishadek yaltiraydi, varaqchalari sadafdek tovlanadi. Uning qattiqligi – 1, qo'lga yog'langandek tuyuladi, solishtirma og'irligi – 2,9. Profillitni talkdan ajratish qiyin. U past haroratda yuzaga kelgan mineral hisoblanadi.

10.17. Xloritlar guruhi minerallari. Bu guruhga mansub minerallar keng tarqalgan. Ko'p jihatdan slyu-dalarga o'xshaydi. Ular monoklin singoniyada kristallanadi. Qattiqligi va solishtirma og'irligi kichik, odatda shishadek yaltiraydi. Ushbu guruhga kiradigan minerallar tasnifi bilan Chermak, Vinchell shug'ullangan. Ular fikricha xloritlar-pennin, klinoxlor, piroxloritlarga ajratiladi.

Pennin – $(\text{Mg},\text{Fe})_5\text{Al}[\text{AlSi}_3\text{O}_{10}][\text{OH}]_8$. Kimyoviy tarkibi o'zgaruvchan: MgO -17,4-35,9%, FeO -1-17,4%, Fe_2O_3 -55,7%, Al_2O_3 -13,8-21,3%, SiO_2 -29,8-33,7%, H_2O -11,5-14,6% atrofida, monoklin singoniyali, plastinkasimon, tabletkasimon bo'ladi.

Uning rangi har xil tusli shishadek yashildan qoramtir yashilgacha, ba'zan pushti, ba'zan oq bo'ladi. Qattiqligi 2-2,5, varaqchalari egiluvchan, ulanish tekisligi (001) bo'yicha o'ta mukammal, solishtirma og'irligi 2,8. U ko'pincha xloritli slaneslarda uchraydi.

Shamozit – $\text{Fe}_4\text{Al}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}][\text{OH}]_6 \cdot n\text{H}_2\text{O}$. Tarkibi o'zgaruvchan (% hisobida) FeO -34-42, Fe_2O_3 , Al_2O_3 -13-20,1, SiO_2 -22-29, H_2O -10-13, aralashma holida MgO -4,4%, CaO -1,6% bo'ladi. U monoklin singoniyali, rangi yashildan qoragacha, shishasimon yaltiraydi, qattiqligi-3, solishtirma og'irligi 3,4, shamozit har xil yoshdagi, cho'kindi temir, ma'danlarida tarqalgan, temir sulfidlari, siderit bilan birga uchraydi. U ba'zan katta-katta qatlam jinslar tarzida topiladi va shunday paytlarda temir ma'dani sifatida sanoat ahamiyatiga ega.

Vermikulit – $(\text{Mg},\text{Fe})_2[(\text{SiAl})_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$. Nomi yunoncha «vermikulus» – chuvalchang so'zidan kelib chiqqan, sababi uni qizdirganda uzun chuvalchangsimon ustunchalar va tolalar hosil bo'ladi. Tarkibida MgO -14-23%, Fe_2O_3 -5-17%, FeO -1-3%, SiO_2 -37-42%, Al_2O_3 -10-13%, H_2O -8-18%, bundan tashqari K_2O -5% gacha va NiO -11% bo'ladi.

Monoklin singoniyali, qo'ng'ir, sarg'ish, qo'ng'ir, sariq ba'zan yashil-roq slyudalardek yaltiroq, yog'langandek. Uning qattiqligi 1-1,5, ulanish tekisligi bo'yicha mukammal, solishtirma og'irligi – 2,4-2,7. Vermikulit 900-1000oS qizdirilganda 25 marta kengayadi. Tabiatda slyudalarning nurashidan yuzaga keladi.

Glaukonit – $K(Fe,Al,Mg)_3[Si_3][SiAl]O_{10}(OH)_2nH_2O$. Tarkibida K_2O -4-9,5%, Na_2O -3 gacha, Al_2O_3 -5,5-26,3%, Fe_2O_3 -6,1%, FeO -8,6 gacha, MgO -2,4-4,5%, SiO_2 -47,6-52,9%, H_2O -4,9-13,5% bo'ladi. U monoklin singoniyali, yaxshi kristallari kam uchraydi. Uning rangi to'q yashildan qoramtir-yashilgacha, shishadek yaltiraydi, yog'langandek, qattiqligi – 2-3, mo'rt, solishtirma og'irligi 2,8 gacha. Glaukonit dengiz va okeanlarning sayoz, qirg'oqlarida yuzaga kelgan, qumtosh, gil, karbonatli cho'kindi jinslarda, fosforitli qatlamlarda keng tarqalgan. U qand-shakar, to'qimachilikda va boshqa sohalarda qo'llaniladi.

Serpentin – $Mg_6[Si_4O_{10}](OH)_8$. Tarkibida MgO -43%, SiO_2 -44,1%, H_2O -12,9%. Monoklin singoniyali, yaxshi kristallari uchramaydi. Uning yaxshi kristallari antigoritda mavjud. Uning rangi yashil, shishadek yaltiroq, yog'langandek. Qattiqligi – 2-3, antigoritda 3,5 atrofida. Serpentinlar o'ta asos jinslarning (dunit, peridotit, va olivinga boy asosli) gidrotermal o'zgarishidan yuzaga keladi. Serpentinning xrizotil-asbest turi mavjud. U ingichka tolali.

Paligorskit – $MgO \cdot 3SiO_2 \cdot 4H_2O \cdot nAl_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 5H_2O$. Tarkibi o'zgaruvchan, odatda oq rangli sarg'ish tusli bo'ladi. Qattiqligi – 2-2,5, solishtirma og'irligi – 2,3. Bu mineral tabiatda kam uchraydi o'ta asos jinslarning nurashidan paydo bo'ladi.

Kaolinit – $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$. Tarkibida Al_2O_3 -39,5%, SiO_2 -46,5%, H_2O -14%. Monoklin singoniyali, agregatlari sochiluvchan, tangachasimon zich mayda. U rangsiz, oq sarg'ish, ba'zan ko'kimtir tovlanadi, sadafdek yaltiraydi. Uning qattiqligi 1 ga yaqin. Tabiatda alyumosilikatlarga boy (dala shpatlari va slyudalarga) intruziv va kristallik slanelarning nurash zonalarida paydo bo'ladi. Kaolinit sanoatning ko'p tarmoqlarida ishlatiladi.

Galluazit – $Al_4[Si_4O_{10}]8.8H_2O$. Tarkibida Al_2O_3 -34,7%, SiO_2 -40,8%, H_2O -24,5%. U monoklin singoniyali, mayda disperslangan, zararlarni elektron mikroskoplarda aniqlash mumkin. Rangi har xil: sarg'ish, qizg'ish, qo'ng'irroq, yangi singan joyi chinniga o'xshash, goho mumdek

g'ovak-g'ovak va sochiluvchan, qattiqligi 1-2, mo'rt, mineralda timoq izi qoldiradi. Uning solishtirma og'irligi 2, kaolinitga o'xshaydi.

Galluazit tipik ekzogen mineral, ko'pincha asosli intruziv jinslarning nurash zonalarida paydo bo'ladi.

Montmorillonit – $Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$. Tarkibi o'zgaruvchan (% hisobida) SiO_2 -48,56, Al_2O_3 -11-22, MgO -4-9, H_2O -12-24, monoklin singoniyali, kulrang, ba'zan ko'kimtir, pushti qizil, yashil bo'ladi. U deyarli faqat ekzogen sharoitda asos va o'ta asos jinsning nurash zonalarida paydo bo'ladi. Uning ahamiyati katta, sanoatning ko'p tarmoqlarida ishlatiladi.

Lazurit – $Na_8[AlSi_4O_{10}]_6[SO_4]$. Tarkibida NaO -16,8%, CaO -8,7%, Al_2O_3 -27,2%, SiO_2 -31,8%, SO_3 -11,8%. U kubik singoniyali, rangi to'q ko'k, binafsha, ba'zan havorang, shishadek yaltiraydi. Uning qattiqligi 5,5 – mo'rt, solishtirma og'irligi – 2,4. U odatda ishqorli va nordon-ishqorli jinslar va ularning pegmatitlarida topiladi. Lazurit ko'rkam bezak tosh sifatida ishlatiladi.

Natrolit – $Na_2[Al_2Si_3O_{10}] \cdot 2H_2O$. Tarkibida Na_2O -16,3%, Al_2O_3 -26,8%, SiO_2 -47,4%, H_2O -9,5%. Rombik singoniyali, ustunsimon bo'ladi. Agregatlari radial-nursimon, goho tolali massa holida uchraydi. Qattiqligi-5,5, mo'rt, solishtirma og'irligi 2,2-2,5. U ko'pincha effuziv (bazalt) jinslarda va bodomsimon bo'shliqlarda uchraydi. Natrolit nefelinli sienitlarning nurash zonalarida yuzaga keladi.

Dala shpatlari guruhi. Dala shpatlar guruhi silikatlar orasida yer po'stida keng tarqalgan bo'lib, og'irligi bo'yicha 50% ni tashkil etadi. Dala shpatlari kimyoviy tarkibi (18-jadval) va ichki tuzilishi bo'yicha uch guruhga bo'linadi:

1. Natriy-kalsiyli $Na[AlSi_3O_8]$ – $Ca[Al_2Si_2O_8]^2x$ – qatorlaridan iborat bo'lib, plagioklazlar deb ataladi.

2. Kaliy-natriyli dala shpatlari, yuqori haroratda $K[AlSi_3O_8]$ – $Na[AlSi_3O_8]$ uzluksiz qattiq eritma qatorini hosil qilib, asta-sekin soviganda kaliyli va natriyli minerallarga ajraladi.

3. Kaliy-bariyli dala shpatlari ham $K[AlSi_3O_8]$ – $Ba[Al_2Si_2O_8]$ izomorf aralashmasidan iborat, tabiatda kam uchraydigan gialofanlar, deb ataladigan minerallarni hosil qiladi.

² x anortir (An) molekullarning % miqdori

18-jadval
Dala shpati guruhiga kiruvchi minerallarning kimyoviy tarkibi va optik konstantalari

Minerallarning nomi	Kimyoviy ifodasi	Ng	Nm	Np	Ng-Np
Ortoklaz	K Al Si ₃ O ₈	1,526	1,524	1,519	0,007
Sanidin	K Al Si ₃ O ₈	1,524-1,526	1,523-1,525	1,517-1,520	0,006
Mikroclin	K Al Si ₃ O ₈	1,525-1,530	1,522-1,526	1,516-1,522	0,007
Anortoklaz	(Na, K) Al Si ₃ O ₈	1,527-1,549	1,526-1,549	1,522-1,546	0,003-0,005
Plagioklazlar:					
Albit	Na, Al Si ₃ O ₈	1,536-1,541	1,529-1,536	1,526-1,532	0,008-0,009
Anortit (An)	Ca Al ₂ Si ₂ O ₈	1,582-1,588	1,577-1,583	1,571-1,575	0,01
Selzian	BaAl ₂ Si ₂ O ₈	1,594	1,589	1,584	0,01

10.18. Plagioklazlar guruhi. Bu guruhga kiradigan minerallar albit [Na AlSi₃O₈] va anortit [CaAl₂Si₂O₈] molekularining turli nisbatdagi qattiq izomorfik qorishmalaridan iborat.

Tabiiy va sun'iy birikmalar haqidagi ma'lumotlarga qaraganda, shu qatarning tarkibi sof albit (Ab) dan sof anortitgacha (An) bo'lib, uning uzluksiz o'zgaruvchan hamma xillari mavjud. E.S.Fyodorov plagioklazlarni ularning tarkibidagi anortit molekulasining foiz hisobidagi miqdoriga qarab raqamlar bilan belgilab, quyidagi minerallarga ajratdi (19-jadvalga qarang).

19-jadval

Minerallarning nomi	Molekulasi, % da		Plagioklaz raqami
	Ab	An	
Albit (Ab)	100-90	0-10	0-10
Oligoklaz (Ab, An)	90-70	10-30	10-30
Andezin (Ab, An)	70-50	30-50	30-50
Labrador (Ab, An)	50-30	50-70	50-70
Bitovnit (Ab, An)	30-10	70-90	70-90
Anortit (An)	10-0	90-100	90-100

Jadvaldan foydalanish:

Agar plagioklazning № 37 bo'lsa, unda 37 foiz anortit va 63 foiz albit molekulasini bo'lib, andezinning nordonroq xili deyiladi. Yozilishi quyidagicha: An37 Ab63. Agar plagioklaz № 56 bo'lsa, anortit 56% va albit molekulasini 44%ni tashkil qiladi va labrador deb ataladi (An56 Ab44). Demak, plagioklaz nomlari ularning tarkibidagi anortit molekulasidan xabar beradi.

Barcha plagioklazlar tarkibidagi Na va Ca miqdoriga qarab, nordon albit va oligoklaz, o'rta andezin va asosli labrador, bitovnit va anortitlarga bo'linadi hamda shu yo'nalish bo'yicha kremniy oksidining miqdori minerallarda kamayib boradi.

"Plagioklaz" yunoncha qiyshiq sinish demakdir. Albit lotincha "albus" oq demakdir; bitovnit, labrador, andezinlar birinchi topilgan joylari bo'yicha quyidagicha: Ottava (Kanada) shahriga yaqin Baytauna tog'i, Labrador va And tog'lari nomidan kelib chiqqan va nihoyat oligoklaz yunoncha kam ajraladi degan ma'noni anglatadi. Plagioklazlar qisqa to'g'ri burchaksimon yoki qisqa to'g'ri burchaksimon-prizmatik shaklga ega. Ular ko'pincha oq, sarg'ish, ko'kish, qoramtir bo'ladi. Tovlanuvchi qora ranglar ko'pincha labrador va bitovnitga xosdir, bu esa ularning tarkibidagi juda mayda gematit qipiqchalarining ma'lum tartibda joylashuvi oqibatidir. Plagioklazlarni boshqa o'xshash minerallardan ajratadigan belgilari: oddiy va murakkab (polisintetik) qo'shaloqlar hosil qilishidir (murakkab-polisintetik qo'shaloqlar oddiy qo'shaloqlarning bir necha marta ketma ket takrorlanishidir). Plagioklazlarning nur sindirish ko'rsatkichi albitdan anortitga qarab ortib boradi. Nur sindirish ko'rsatkichini to'g'ri o'lchansa, u vaqtda plagioklaz guruhiga kiradigan minerallarni jadval yordamida kimyoviy tarkibini aniqlash mumkin. Plagioklazlarning reliefi va undan o'tadigan yo'l farqi ancha past (0,007 – 0,010) va bu belgilari bilan ular kvarsiga o'xshash. Ularning bir-biridan farqi: plagioklazlarda o'zlariga xos oddiy va murakkab qo'shaloqlari mavjud, ularda ajralish tekisligi yaqqol ko'rinish turadi va (001) va (010) yo'nalishlarda bo'lib, bir-biri bilan to'g'ri burchak hosil qiladi. Bu guruhga kiruvchi minerallar har xil sharoitda yuzaga keladi, ya'ni anortit 15500Sda kristallansa, albit 11000Sda yuzaga keladi. Plagioklazlarning ketma-ket kristallanish jarayonini tajriba yo'li bilan kuzatilgan va olingan ma'lumotlar termik (issiqlik) diagrammasi yordamida ifodalanadi (82-rasm). Diagramma ikkita qiyshiq chiziqdan iborat. Ulardan yuqori chiziq kristallanishning boshlanishi bo'lib – likvidus deyilsa, pastkisi esa kristallanishning oxiri –

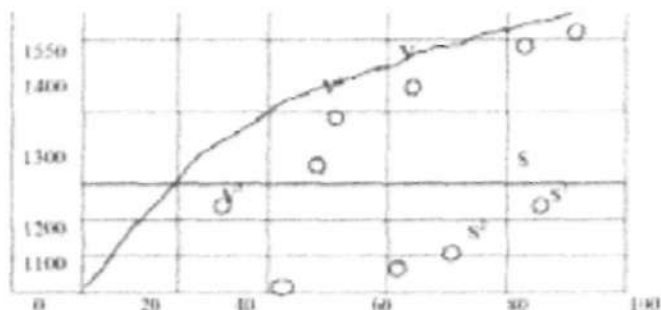
solidus deb yuritiladi. Jadvalni quyidagicha izohlash mumkin. Agar magmaning tarkibi (An50 Ab50) bo'lsa, kristallanish 14500Sda boshlanadi va hosil bo'lgan mineralning tarkibi kristallanayotgan eritma'dan farq qiladi, ya'ni hosil bo'lgan plagioklaz anortit (An82 Ab18) eritmaga nisbatan anortitga boy bo'ladi. Kristallangan mineralning tarkibi (An82 Ab18) S chizig'i bo'yicha aniqlanadi, bu ikkala nuqta birlashib, VS izoterma hosil qilib, solidus yo'nalishida bo'ladi. Ana shu xilda V1 S1, V2 S2 plagioklazlar ketma-ket bir necha marta hosil bo'ladi.

Plagioklazlarning nordon va o'rta xillari shlifda oq, ko'pincha kulrang bo'ladi. Odatda ularda rel'ef va oq-kulrang interferetsiyali g'adir-budir yuzasi bo'lmaydi. Bu belgilari bilan kvarsiga o'xshash.

Plagioklazlar asos vulkanik tog' jinslarining tarkibiy qismidir. Shuning uchun ularni puxta o'rganishning ahamiyati katta. Bu jinslarning tarkibidagi plagioklazlar hosil bo'lishiga qarab ikkiga bo'linadi. Bulardan yiriklari porfirsimon holda uchraydi. Ularning tarkibida anortit molekulasini yuqori bo'lib, labrador va bitovnit yuzaga keladi.

Plagioklazlar qatoriga kiruvchi minerallar barcha turdagi magmatik jinslarda uchraganligi uchun va ayniqsa, ularning miqdori va xillari magmatik jinslarning tarkibiga bog'liqligi tufayli ularning belgisi aniqlovchi sifatida ishlatiladi. Kuzatishlar natijasida aniqlangan nordon jinslar tarkibida odatda plagioklaz nordon oligoklaz (Ab80-70 An20-30), o'rta jinslarda andezin (Ab60-50 An40-50), asos jinslarda labrador va bitovnitni (Ab30-40 An70-60) uchratamiz.

Endi effuzivlarda sodir bo'ladigan jarayonlarni ko'raylik. Bazaltlarning tarkibida ikki xil plagioklazlarni uchratamiz. Ulardan biri - yirik porfir donali bitovnit, anortit bo'lsa, mayda donali asosiy qismi esa labradordan iborat bo'ladi.



82-rasm. Plagioklazlarning hosil bo'lish diagrammasi (Bouen, 1913).

Jadvaldan ma'lum bo'lishicha, (20-jadval), plagioklaz qatorida albit-dan anortit tomon SiO_2 (kremniy oksidi) va natriyning miqdori sezilarli darajada kamayib, kalsiy oksidi esa tobora oshib boradi. Shu yo'nalishda minerallarning optik xususiyatida sezilarli o'zgarish bo'ladi: nur sindirish ko'rsatkichi va nurni ikkilanib sindirish kuchlari hamda zichligi va solishtirma og'irligi ortib boradi. Bu xususiyatni inobatga olgan holda, magmatik jinslar tarkibidagi plagioklazlarni mashaqqat bilan ajratib, qimmatbaho kimyoviy usullarda aniqlash, albatta, og'ir va murakkab ish. Shuning uchun, petrograflar plagioklazlarni o'rganishda qulay bo'lgan optik usullardan foydalanadilar.

20-jadval
Plagioklaz qatoriga kiruvchi minerallarning
kimyoviy tarkibi (U.A.Dir va boshqalar, 1964)

Oksidlar	1	2	3	4	5	6
SiO_2	68,3	64,92	60,07	54,28	49,04	44,17
TiO_2	0,00	-	0,16	-	0,05	izi
Al_2O_3	19,64	22,2	24,84	28,28	32,17	34,95
Fe_2O_3	0,08	-	0,35	0,97	0,33	0,56
MnO	-	-	-	-	0,10	0,08
MgO	-	-	0,02	-	0,08	-
CaO	0,03	2,64	6,65	11,27	15,44	18,63
Na_2O	11,65	9,72	7,54	4,85	2,49	0,79
K_2O	0,08	0,68	0,34	0,41	0,19	0,05
H_2O	0,08	0,09			0,12	0,17
jami	100	100	100,27	100,06	100,19	100,24

1-albit (pegmatit, Shvetsiya); 2-oligoklaz (granit, Ontario, Kanada); 3-andezin (chamokit, Hindiston); 4-labrador (gabbro, Kvebek, Kanada); 5-bitovnit (norit, Rustenburg, Transvaal); 6-anortit (olivinni norit, Kaliforniya).

10.19. Kaliy-natriyli dala shpatlari. Kaliy-natriyli dala shpatlari nordon, o'rta va ishqorli magmatik jinslar uchun mansub minerallar hisoblanadi. Bular dala shpatlari orasida keng tarqalgan bo'lib, ahamiyati katta. Shunga qaramasdan, hozirgi kunda to'la o'rganilmagan va barcha uchun ma'qul bo'lgan tasnif yaratilmagan. Kaliyli dala shpatlari (KDSH) hosil bo'lish sharoitiga qarab ikki xil turda – monoklinal mikroklin – partit

turlari, hamda vulkanik jinslarda sanidin, sanidin-kripopertit (monoklin) va anortoklaz (triklin) hollarda uchraydi.

Kimyoviy tarkibiga ko'ra, kaliyli dala shpatlari ortoklaz (Or) – $K [Al Si_3O_8]$ va natriyli albit (Ab) – $Na [Al Si_3O_8]$ larning birlari bilan turli munosabatdagi qattiq, izomorf aralashmalaridan iborat. Nordon va o'rta intruziv jinslarning orasidagi KDSH ancha o'zgaruvchan bo'lib, Or20dan Or97gacha qiymatda bo'lsa, ishqorli intruziv jinslarda esa Or20dan Or50gacha bo'ladi. Ushbu ko'rsatkich effuziv jinslarda sezilarli darajada o'zgaruvchan: riolitlarda – Or40Or65 atrofida bo'lib, traxitlarda bu ko'rsatkich ancha kamayadi – Or20Or30. Ishqorli dala shpatlariga kiradigan birikmalarini kimyoviy jihatdan qaralganda ularning ichki tuzilishida yirik kationlar K, Na, Ca va Ba ahamiyati katta bo'lib, ularning atrofida faqat $[SiO_4]$ tetraedrlarigina emas, balki $[AlO_4]$ tetraedrlaridan tashkil topgan kompleks anionlar ham ishtirok etadi. Bunda kremniyning alyuminiyga nisbati $Si:Al=3:1$, shuning uchun ham alyuminiy kremniy anionlari quyidagicha yoziladi: $[Al Si_3O_8]^{-1}$. Natijada KDSH hosil qilish uchun kaliy ioni kirishi uchun sharoit yaratiladi. Kaliydan tashqari ularning tarkibida natriy ham bo'ladi, ammo ancha kamroq miqdorda. Tekshirishlardan ma'lumki, KDSHning natriyli xili yuqori haroratdagina barqaror, aks holda izomorf birligini yo'qotadi va alohida albit yuzaga keladi. Natijada dala shpatlarida pertit va antipertitlar paydo bo'ladi. Bulardan birinchisi – pertit kaliyli dala shpatlari ichida albit kristallarining har xil shakllarda o'sib chiqishiga (joylashishiga) aytilsa, ikkinchisi aksincha, nordon plagioklazlar ichida KDSH minerallari joylashadi. KDSHlar tarkibidagi Si va Al atomlarining joylashishiga binoan tartibsiz (neuporyadochenniy) va tartibilarga (uporyadochenniy) bo'linadi – $\Delta S = (2V - 440) \cdot 0,025$.

O r t o k l a z – $K [Al Si_3O_8]$. Yunoncha "ortoklaz" to'g'ri sinadigan ma'nosini anglatadi. Darhaqiqat, ulanish tekisliklari orasidagi burchak 900S ga teng. Uning tarkibidagi (% hisobida) $K_2O = 16, 9$; $Al_2 O_3 = 18, 4$; $SiO_4 = 64, 7$ oksidlar bo'ladi. Indikatriza o'qlari qiymati: $Ng = 1, 521-1, 526$; $Nm = 1, 518-1, 523$; $Np = 1, 514-1, 519$; sinish ko'rsatkichi $Ng - Np=0,007$. Kristallarining shakli prizmatik. Ulanish tekisligi (001) va (010) bo'yicha mukammal bo'lib, 900li burchakni tashkil etadi. Ortoklazning shaffof rangsiz xili adulyar deyiladi. U yuqori haroratda (9000) sanidiga (ayrim optik xususiyatlari bilan farq qiladigan turiga) aylanadi. Shaffof bo'lmagan ortoklazlar och pushti, och kulrang,

o'zgarganlari qizg'ish, qo'ng'ir bo'ladi. Shlifflarda ortoklaz odatda, rangsiz, ammo magma'dan keyingi jarayonlar tufayli kaolin va boshqa ikkilamchi gil minerallarga aylanadi. Bu o'zgarishni petrografiya "pelitlanish" deb yuritiladi. "Pelitlashganda" qo'ng'ir dog'lar, ya'ni gilli hosilalar paydo bo'ladi. Ortoklaz mikroskop tagida kvarsiga o'xshaydi. Kvarsning ajralish darzligi yo'q va sinish ko'rsatkichi va ikkilanib nur sindirish qiymati ortoklazdan ancha yuqoriroq. Ortoklazning belgilari: relefsiz, kichik sinish ko'rsatkichli, kulrang interferensiyang rangli, yaxshi ajralish darzligiga ega va pelitlashish oqibatida qo'ng'irsimon va dog'simon ko'rinishda bo'ladi.

M i k r o k l i n – $K[AlSi_3O_3]$. Yunoncha "mikroclin" sezilmas darajada qiyshaygan demakdir, ulanish tekisliklari (010:001) orasidagi burchak to'g'ri burchakdan atigi 200 farq qiladi. Kimyoviy tarkibi va barcha optik xususiyatlari bilan ortoklaznikiga o'xshash. Farqi, mikroclin triklin singoniyada kristallanadi va murakkab (polisintetik) qo'shaloqlari hosil bo'ladi. Bu qo'shaloqlar albit va periklin qonunlariga binoan vujudga kelgan va o'zaro to'g'ri burchak ostida kesishib panjarasimon tuzilish hosil qiladi. Ba'zan bu kesimlarda qo'shaloqlardan tamomila nishon qolmaydi. Natijada "panjarasiz" mikroklina aylanadi. Bu holda ularni Fedorov stoli yordamidagina aniqlash mumkin.

Mikroclinning optik belgilari: nur sindirish ko'rsatkichi o'zgaruvchan. $n_g = 1,525-1,530$; $n_m = 1,522-1,526$; $n_p = 1,516-1,522$; sinish ko'rsatkichi $n_g - n_p = 0,007-0,008$. $2v = -770-840$. Optik xususiyati manfiy.

10.20. FELDSPATITLAR

Bu guruhga kiradigan minerallar odatda kremniy oksidiga kambag'al, kaliy va natriyga boy bo'lgan magma'dan yuzaga keladi. Bularga nefelin, leysit, analsim, nozean, gayuin va sodalitlar kiradi.

N e f e l i n – $Na, K [AlSi_3O_4]$ (yunoncha "nefel" – bulut). U HCl da osonlik bilan parchalanib, bulutsimon kremniy oksidi hosil qiladi. Nefelin tarkibidagi kaliyning miqdori o'ta o'zgaruvchan. Odatda u nefelin (Ne) – $NaAlSi_3O_4$ bilan kalsilit (Ks) – $KAlSi_3O_4$ molekularining yuqori haroratdagi qattiq eritmalarining uzluksiz qatorini hosil qiladi. Nefelinning hosil bo'lish sharoitini aniqlovchi belgilardan biri tarkibidagi – K va Na kationlarining joylanishidir. Ko'pincha intruziv jinslarda K : Na nisbati 3:1 ga teng, vulkanik jinslarda nefelin tarkibi sezilarli o'zgaruvchan. Afrika, Italiya va MDHda tarqalgan vulqon jinslarda noyob mineral sifatida kalsilit uchraydi. Kalsilit mikroskop ostida nefeliga o'xshaydi.

Bu ikki mineralni bir-biridan ajratish qiyin, shuning uchun kimyoviy usul yordamida tarkibini aniqlab bir-biridan ajratish mumkin. Nefelin ishqorli jinslarga mansub mineral sifatida, nefelinli sienitlarda kalishpatlar bilan, ishqorli gabbro va nefelinli gneyslarda plagioklaz bilan birga, o'ta ishqorli jinslarda esa olivin va piroksenlar bilan birga uchraydi. Uning singoniyasi geksagonal bo'lib, kristallarning shakli prizma, kalta ustunsimon bo'ladi. Ng – 1, 529-1,546; Np – 1,526-1,542; Ng – Np=0,003-0,005.

U optik bir o'qli, belgisi manfiy. Odatda shlifda rangsiz, goho kulrang. Ko'pincha to'rt va olti burchakli donalar holida uchraydi. Nefelinning nur sindirish ko'rsatkichi Kanada balzaminikiga yaqinligi uchun relief va g'adir-budir yuza hosil qilmaydi. Nefelin optik belgilariga ko'ra, kvars va ortoklazga o'xshash. Ammo nefelin va kvars birga uchramaydi, aks holda albitga aylanadi:



Nefelin ortoklazdan bir o'qligi, numi ikkilantirib sindirishi va nur sindirish ko'rsatkichining yuqoriligi bilan va kislotalarda erishi xususiyatlari bilan ajralib turadi.

L e y s i t – K [Al Si₂ O₆] (yunoncha “leykos” – rangsiz, och rang) yosh vulqon jinslarga mansub bo'lib, past darajali bosimda yer yuziga yaqin yoki yer yuzasida hosil bo'ladi. Leysit dimorfizm xususiyatiga ega, 6250S dan yuqori haroratda kubik singoniyali kristall hosil qilsa, bundan past haroratda tetragonal turiga aylanadi. Leysit shlifda rangsiz, ulanish tekisligi yo'q, nur sindirish ko'rsatkichi (1,508-1,511) va numi ikkilantirib sindirish kuchi (0,001-0,002) past. Shuning uchun u mikroskopda o'zaro kesishgan nikollarda qora rangli bo'ladi. Leysit uchun xos belgilardan yana biri har tomonlama polisintetik qo'shaloqlarni hosil qilishidir. Ko'pincha leysit ichida egirin, magnetit, shisha mahsulotlarini qo'shimchalarini uchratish mumkin. Ba'zan leysit kristallari o'mida hosil bo'lgan ortoklaz va kaliyli slyudalar psevdomorfozalari uchraydi. Bunday psevdomorfozalar soxta (jevdo)³ leysit yoki epileysit deb ataladi.

10.21. SODALIT GURUHI MINERALLARI

Bu guruhga oid minerallar kub singoniyasida kristallanib, tarkibiga ko'ra, nefeliga o'xshab qotadi, ammo tarkibida qo'shimcha anionlar sifatida Cl, S-2, [SO₄]-2 ishtirok etishi bilan farq qiladi. Guruhga

³ “jevdo” – yolg'on, o'xshash, soxta

sodalit, nozean, gayuin kiradi. Bu minerallar nefelin va leysitlar bilan birga nefelinli sienitlar, fonolitlar va boshqa ishqorli magmatik jinslarda uchraydi (21-jadval).

21-jadval
Sodalit guruhi minerallarining optik xususiyatlari

Mineral nomi	Tarkibi	Nur sindirish ko'rsatkichi	Ulanish tekisligi	Rangi
Sodalit	$\text{Na}_8 [\text{AlSiO}_4]_6 \text{Cl}_2$	1,483-1,487	(110) yo'nalishi bo'yicha kuchsiz sezilarli	rangsiz, ba'zan yashil, havorang, kulrang
Nozean	$\text{Na}_8 [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{SO}_4)$	1,495	(110) yo'nalishi bo'yicha kuchsiz sezilarli	sarg'ish, yashilroq, havorang
Gayuin	$\text{Na}_6\text{Ca} [\text{AlSiO}_4]_6 (\text{SO}_4)$	1,495-1,505	(110) yo'nalishi bo'yicha kuchsiz sezilarli	ko'k, havorang, yashil-ko'k, kamroq sariq

Sodalit – kub singoniyali, kristallari rombododekaedrik shaklga ega. G'adir-budir yuzasi aniq. Boshqa ishqorli minerallardan optik xususiyatlari bilan farqlanadi. Sodalit ishqorli vulkanik jinslarning birlamchi minerali hisoblanadi. Ba'zan nefelinning o'zgarishidan ham hosil bo'ladi.

Nozean – kam tarqalgan mineral bo'lib, faqat vulkanik jinslarda uchraydi. Ko'p optik xususiyatlari sodalitga o'xshash. Nozean tarkibida boshqa minerallar (ilmenit, magnetit, ba'zan suyuqlik tomchilari va gaz pufakchalari)ning aralashmasi bo'ladi.

Gayuin – fonolit va unga yaqin jinslarga mansub bo'lib, lavalarning tez sovish jarayonida hosil bo'ladi. U sodalitga o'xshash. Ahyon-ahyonda oktaedr shakldagi gayuinli vulqon lavalarida (Albaniya tog'lari) leysit, granat va melilit bilan birga uchraydi. Gayuinli bazaltlarda leysit, nefelin va avgit bilan birga uchraydi (Italiya vulqonlarida va Kanadaning Kvebek hududi).

10.22. SLYUDALAR GURUHI

Bu guruhga kiruvchi minerallar 50dan ortiq bo'lib, Yer po'stidagi umumiy jins hosil qiluvchi minerallarning qariyb 3,8%ni tashkil qila-

di. Slyudalar guruhiga kiradigan minerallarning kimyoviy tarkibi juda o'zgaruvchidir. Bir xil kationlarning boshqa bir kationlar bilan almashinish hollari juda ko'p uchraydi. Kimyoviy jihatdan bu minerallar alyumosilikatlarning alohida guruhini tashkil etadi.

Bu guruhga kiruvchi minerallarning umumiy ifodasi:

$R \cdot R3 \cdot [AlSi3O_{10}] (OH)_2$ $R \cdot R2 \cdot [AlSi3O_{10}] (OH)_2$, bunda $R = K$; $R \cdot = Al$, ko'pincha Fe^{+3} , Mn^{+3} , kamdan-kam Cr^{+3} , V^{+3} , gohida Ti^{+4} ; $R \cdot = Mg$, ko'pincha Fe^{+2} , Mn^{+2} , shuningdek, Li^{+} , Na ioni slyudalar tarkibida kamroq ishtirok etadi. Slyudalar tarkibidagi $Mg: Fe^{+2}; Si: Al$ nisbatiga qarab 4 guruhga bo'linadi: flogopit, istonit, annit va siderofillit. Shunday qilib, izomorf almashinishlar slyudalarda keng miqyosda ro'y beradi, bir tomondan, odatdagidek Mg^{+2} bilan Fe^{+2} , Al^{+3} bilan Fe^{+3} almashsa, boshqa tomondan hech shubhasiz, Mg^{+2} (Fe^{+2}) bilan Al^{+3} (Fe^{+3}) va boshqalar geterovalent izomorf almashinishlar ham mavjuddir. $Fe^{+2} \leftrightarrow Mg$, $Fe^{+2} \leftrightarrow Mn^{+2}$; $Fe^{+3} \leftrightarrow Al^{+3}$, $K \leftrightarrow Na$ geterovalentli 3 (Mg, Fe) $2^{+} \leftrightarrow 2 Al$; 4 $Al \leftrightarrow 3 Si$.

Biotitda $Mg:Fe$ nisbati 2:1 dan kamroq, flogopitda $Mg:Fe$ nisbati 2:1 dan katta. Biotitlarning temirga boy xillari ($f = 80-85\%$) lepidomelan deyiladi. Slyudalar guruhiga mansub bo'lgan mineral turlarining hammasi ham monoklin singoniyada kristallanadi va tuzilishi o'ziga xos qavat-qavatdir.

Slyudalar kimyoviy tarkibiga qarab quyidagilarga bo'linadi:

biotit guruhi (Mg – temirli slyudalar);

muskovit guruhi (alyuminiyli slyudalar);

lepidolit guruhi (litiyli slyudalar).

Flogopit – $K Mg_3 [Si_3 AlO_{10}]_2$ (yunoncha “flogopos” – olovdek). $N_g = 1,566-1,606$; $N_p = 1,534-1,562$; $N_g - N_p = 0,003 - 0,047$. Optik xususiyati manfiy, so'nishi to'g'ri ($S : N_g = 0$), uzayish belgisi musbat. Odatda olti qirrali qavat-qavat yoki varaq-varaq agregatlar holida uchraydi. Ajralishi juda oson, rangi och sarg'ish-qo'ng'ir, qizg'ish-qo'ng'ir, jigarrang. Pleoxorizmi kuchsiz. Ulanish tekisligi (001) bo'yicha o'ta mukammal. Flogopit magniye boy bo'lgan metamorfik jinslarda uchraydi va kontakt-metasomatik hosilalar orasida tez-tez uchrab turadi. Flogopitning yaqin yo'ldoshlari diopsid, forsterit, shpinel, dolomit, kalsit, dala shpatlari, skapolit va boshqa minerallar hisoblanadi.

Flogopit odatda metamorfizm jarayonida yuzaga keladi va karbonatli metamorfik jinslar tarkibida uchraydi. Donalarning o'lchamlari har xil –

0,1 dan 1 sm gacha bo'ladi, gohida kristall cho'zinchoqligi eniga nisbatan 3-5 marta uzun bo'ladi. Flogopit o'ta asosli jinslarda, ayniqsa, kimberlitlarda uchraydi ammo hosil bo'lishi hanuz mavhumligicha qolmoqda. Yirik kristallari Sharqiy Kimberli (Janubiy Afrika) vulqon jinslarida topilgan. Undan tashqari, Kanada (og'irligi hatto 1,5 t), Madagaskar, Shri-Lanka, Hindistondagi kontakt-metasomatik jinslarda uchraydi.

Biotit – $K(Mg, Fe)_3[Si_3AlO_{10}](OH, F)_2$. Nomi fransuz mineralogi M.B.Biota (1774-1862) J.B.Bio (1774-1862) sharafiga qo'yilgan. U taxlangan varaqlarga o'xshash kristallar hosil qiladi. Odatda qora, qo'shg'ir. Ulanish tekisligi (001) bo'yicha o'ta mukammal. Biotit o'ziga xos pleoxorizmga ega, $Ng - to'q$ qo'ng'ir rangli, Np – och-sariq, absorbsiya sxemasi: $Ng = Nm > Np$, so'nishi to'g'ri. Bu xususiyatlari bilan o'ziga o'xshash amfibollardan ajralib turadi. Yana shuni aytish kerakki, Ng o'qi bo'ylab ulanish tekisligi uzayishiga mos yotadi, ana shu belgilari bilan o'ziga o'xshash turmalin mineralidan farq qiladi.

Biotit jins tashkil etuvchi mineral sifatida hol-xol donalar, taxlangan varaqlarga o'xshash kristallar hosil qilib, juda ko'p magmatik jinslar tarkibida uchraydi. Biotit yirik kristallar – 7 m2 holida muskovit bilan birga pegmatitlarda uchraydi (Shimoliy Kareliya, Ilmen va Vishneva tog'lari, Ural, Grenlandiya). Bulardan tashqari, biotit yirik porfirsimon kristall tariqasida, nordon lavalarda ham ma'lum (Monte-Somma, Alban tog'lari, Italiya). Biotit metamorfik jinslarda – ayniqsa, har xil slaneslarda, gneyslarda granat, kianit, ayrim jedritlar bilan birga uchraydi. Biotit andaluzit, kordierit, plagioklaz, gipersten va avgit bilan birlikda kontakt metaforizmida hosil bo'ladigan rogoviklar tarkibida ko'p uchraydi (Nurota tog' tizmalari, Zirabuloq-Ziyovutdin tog'lari, Janubiy Tyan-Shan).

Muskovit – $KAl_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ (nomi Moskvaning qadimgi nomi "Muska"dan olingan). Odatda rangsiz, ko'pincha varaq-varaqsimon bo'lib, ko'ndalang kesimi psevdogeksagonal yoki rombgga o'xshash bo'ladi. Ulanish tekisligi (001) bo'yicha o'ta mukammal, u sadafdek yaltiraydi. Shlifda rangsiz, ba'zan sarg'ish, relyefi va g'adir-budir yuzasi aniq, kuchli interferensiyalar ranglariga ega. Odatda to'g'ri so'nadi, (001) bo'yicha polisintetik qo'shaloq tuzilishda ko'rinadi.

Muskovit slyudalar orasida eng ko'p tarqalgan. U jins hosil qiluvchi mineral sifatida nordon magmatik jinslar (granitlar, pegmatitlar, aplitlar)da hamda metamorfik jinslar: slaneslar, gneyslarda bo'ladi. Shuni takidlash kerakki, intruziv jinslar tarkibidagi muskovitlar magma'dan ke-

yingi jarayonlar natijasida hosil bo'ladi. Muskovitning ko'p turlari mavjud: fuksit – tarkibida Cr_2O_3 – 6% , yashil va ko'kimtir yashil xili; roskeolit – tarkibidagi Al_2O_3 o'mini 15% chamasi V_2O_3 egallab, rangi qo'ng'ir bo'ladi; paragonit – muskovitga juda o'xshash, farqi 12% N_2O bo'ladi. Juda mayda qipiqsimon muskovitlarga serisit deyiladi va ular magmatik jarayonidan keyin pnevmo-gidrotermal sharoitda yuzaga keladi. Umuman, slyuda (muskovit) konlari odatda pegmatitlar va metasomatik jarayonlarda yuzaga keladi.

Lepidolit – (yunoncha “lepis” – tangacha). Kimyoviy ifodasi – $\text{K}[\text{Li,Al}]_2\text{-3}[\text{Si}_3\text{AlO}_{10}](\text{OH,F})_2$. Oq, pushti, ba'zan gunafsha ranglarda ko'rinadi, varaq-varaq, plastinkachasimon, tangachasimon shakllarda uchraydi. Varaqchalari egiluvchan, egilganda ham qayishqoq. Optik xususiyati manfiy. Optik o'qlari burchagi $2V = -400$. Optik o'qlar tekisligi (001)ga tik, uzayish belgisi musbat. Ko'p belgilari bilat muskovitga juda o'xshash. Shlifda rangsiz, ba'zan qizg'ishroq. Lepidolit litiyga boy pegmatitlarda va greyzenlarda ko'p uchraydi.

Tsinvaldit – $\text{K Li Fe Al} [\text{Si}_3\text{AlO}_{10}] (\text{F, OH})_2$. Bu mineralning birinchi topilgan joyi Tsinvald (Chexiya). Tarkibi barqaror emas, o'zgaruvchan bo'lib, unda $\text{Fe O} - 2 - 12\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 - 1-4,5\%$, $\text{Mn O} - 8\%$, $\text{Rb}_2\text{O} - 3-3,5\%$. $\text{F} : \text{OH}$ nisbati ham o'zgaruvchan. Bunday o'zgarishlar uning optik xususiyatlariga salbiy ta'sir ko'rsatib, uni batafsil o'zgartirib yuboradi. Odatda u kulrang, qo'ng'ir, kamdan-kam to'q yashil rangli bo'lgan yupqa va qalin taxtachasimon kristallari shakli bilan biotitga o'xshab ketadi.

Bu mineral shaffof, shishadek yaltirab, uning ulanish tekisligi yuzalari sadafdek tovlanadi.

Slyudalar orasida biotit to'liq o'rganilgan jins hosil qiluvchi mineral hisoblanadi. U magmatik jarayonlarda ro'y beradigan fizik va kimyoviy sharoitni tiklashda muhim rol o'ynaydi. Odatda, biotit o'rta va nordon jinslarni tashkil etuvchi rangli mineraldan biridir. Batafsil tekshirishlar natijasida olingan ma'lumotlarga qaraganda biotitning tarkibi intruziv jinslarda sezilarli o'zgaruvchan. 22-jadvaldan ko'rinishicha, dioritlardan granodiorit orqali granitlarga qarab temir oksidi ko'payib, magniy oksidining miqdori esa kamayib boradi. V.S.Sobolevning diagrammasi bo'yicha biotitlarning tarkibidagi temiming miqdori nur sindirish qiymatiga to'g'ri bog'liqligi aniqlangan. Demak, biotitlarning nur sindirish ko'rsatkichlari bo'yicha uning kimyoviy tarkibi to'g'risida fikr yuritish mumkin. Hozirgi davrda biotitlarda kamyob va tarqoq elementlarning ko'pligi aniqlandi. Ayniqsa,

biotit tarkibidagi volfram, qalayi, molibden, berilliy, niobiy-tantal va boshqa elementlarning miqdori aniqlansa, u vaqtda yuqoridagi elementlarning granit intruzivlariga bog'liq bo'lgan kon hosil bo'lishi to'g'risida fikr yuritish mumkin. Masalan, G'arbiy O'zbekistonda mavjud bo'lgan skarnli volfram, molibden, greyzenli kvars-kassiteritli konlarni ko'rsatish mumkin. Haqiqatan Qo'ytosh, Langar, Ingichka va boshqa o'nlab volfram konlari granitlarning karbonatli cho'kindi jinslar bilan tutashgan joylarida kontakt-metasomatik jarayonlar natijasida ro'y bergan. Olingan ma'lumotlar Nurota va Zirabuloq-Ziyovutdin tog'laridagi granitoidlar W, Mo, Sn, Be, Nb va boshqa elementlarga to'yingan, shuning uchun ham biotitlarda u elementlarning miqdori boshqa hududlardagi granit-plutonlaridagi biotitning tarkibiga nisbatan 2 – 3 barobar ortiqroqdir.

22-jadval
Nordon intruziv jinslardagi biotitlarning kimyoviy tarkibi (U.A.Dir va boshqalar, 1966)

Oksidlar	Diorit	Granodiorit	Granit
SiO ₂	38,22	38,3	37,17
TiO ₂	2,96	3,6	3,14
Al ₂ O ₃	14,71	13,99	14,60
Fe ₂ O ₃	3,83	3,98	3,75
FeO	13,44	20,24	26,85
MnO	0,52	0,09	0,06
MgO	13,45	7,96	4,23
CaO	1,46	0,90	0,17
Na ₂ O	0,5	0,5	0,15
K ₂ O	7,90	8,31	8,25
H ₂ O	1,89	1,63	1,35
Jami	99,56	99,84	100,57
$f = \frac{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}}{\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO} + \text{MgO}} \cdot 100\%$	55	76	87

10.23. AMFIBOLLAR GURUHI

Amfibollar “yunoncha “amfibolas” – aniqmas, noaniq degan ma’noni bildiradi.

Amfibollarga oid minerallarning umumiy ifodasi – $AVX [T_4 O_{11}]$, bunda $A = Na, K$; $B=Na, Li, Mg, Ca, Fe^{+2}, Mn, Al, Fe^{+3}, Ti$; $T = Si, Al$; $X = OH^-$. Tarkibining murakkabligi izo va geterovalent izomorfizmi oqibatidir: $Ca^{2+} D Na Na$; $Ca^{2+} Mg^{2+} D Na^{+} Al^{3+}$, $Na Mg^{2+} D Al^{3+}$, $Na^{+} Si^{4+} D Ca^{2+} Al^{3+}$, $Mg^{2+} Si^{4+} D Al^{3+} Al^{3+}$, $Na Al^{3+} D Si^{4+}$, $Na Fe^{3+} D Mg^{2+}$, $Mg^{2+} Si^{4+} D Fe^{3+} Al^{3+}$, $Na Si^{4+} D Na_3 Ca^{2+} Al^{23+}$, $Fe^{2+} + OH \rightleftharpoons Fe^{3+} + O^{2-}$.

Amfibollar ichida hozir ma'lum bo'lgan 70dan ortiq mineral turlarini uchratamiz. Bulardan 25 xili tabiatda keng tarqalgan. Tadqiqotlar natijasida amfibollarning ichki tuzilishida kremniy-kislorod tetraedrlari $[Si_4O_{11}]^{6-}$ tarkibli ikki qator zanjir bo'lib ishtirok etishi amfibollarning o'ziga xos belgisi hisoblanadi. Kislorodning qolgan ioni bir valentlik alohida $[OH]^-$ anioni tarkibiga kiradi. Shunday qilib, kompleks anionlarning umumiy manfiy zaryadi 7 ga teng.

Amfibollarning kimyoviy ifodasi xilma-xil bo'lishiga qaramay, ularning hammasi asosiy fizik va kimyoviy xususiyatlari bilan bir-birlariga o'xshab ketadi. Amfibollarning tabiatda paydo bo'lish sharoitlari piroksenlarning hosil bo'lish sharoitlariga qaraganda birmuncha boshqacharoqdir. Amfibollar tarkibida OH , F va Si bo'lishi, ularning magmatik va metamorfik jinslarda birmuncha past haroratda kristallanishi uchun sabab bo'ladi.

D.P.Grigorev sun'iy amfibollarni, faqat ftorli silikat qotishmasini kristallantirib olishga muvaffaq bo'ldi. Tarkibi tabiiy birikmalarga o'xshab ketadigan, ya'ni tarkibida $(ON)^{-1}$ bo'lgan amfibollar sun'iy yo'l bilan I.A.Ostrovskiy tomonidan olingan.

Amfibollar prizma shaklida kristallanib, prizma tekisliklari (110) o'zaro 124030° burchak hosil qiladi. Bu belgisi bilan amfibollar o'zlariga o'xshash bo'lgan piroksenlar guruhidan farq qiladi. Amfibollarning prizma tekisliklariga parallel joylashgan ajralish tekisliklari va ularning o'zaro kesishgan burchagi ham ($550\ 30^\circ$) xosdir. Barcha amfibollar kristall singoniyalari va tarkibiga qarab ikkiga: rombik va monoklin singoniyaliga bo'linadi.

Rombik singoniyali amfibollar

Antofillit va jedrit. Kimyoviy dalillardan ma'lum bo'lishicha, magniy va temir aralashmasidan iborat izomorf qatori mavjud. Bulardan birinchisining optik xususiyati musbat, ikkinchisniki manfiydir. Bu

prizmatik ignasimon qildak ingichka kristallari tabiatda uchraydi. Ajralishi (110) bo'yicha yaxshi. Tremolit metamorfik kristallangan ohaktoshlar bilan dolomitlardan, shuningdek, slaneslar bilan rogoviklarda uchraydi. U ko'p xususiyatlari bilan aktinolitga o'xshab ketadi, ammo juda och rangi bilan undan ajralib turadi.

Aktinolit – yunoncha “aktis” – nur, shu’la kabi joylashgan degan ma’nodan kelib chiqqan. U och ko’k rangdan, to to’q ko’k ranggacha bo’ladi. Shlifda rangsiz yoki ko’k va qo’ng’ir-ko’k ranglarda uchraydi. Ajralish qobiliyati (110) bo'yicha yaxshi. Ko'ndalang kesimida ajralish tekisligi 1240 burchak ostida kesishadi. Aktinolit boshqa amfibollar kabi birmuncha past haroratlarda barqarordir. Odatda past darajali regional metaforizm jarayonida yuzaga keladi. Magmatik jinslarda ikkilamchi mineral sifatida odatda pirkсен, rogovaya obmanka, kamroq olivinlar hisobiga hosil bo'ladi.

Rogovaya obmanka. Kimyoviy tarkibi o'zgaruvchan, bir xil bo'lavermaydi (chermakitlar alyuminiy oksidiga boy va ularda natriy bo'lmaydi; edenitlarda alyuminiy oksidi (Al_2O_3) kam, ammo natriy ancha etarli, pargasitlar alyuminiy oksidiga boy, natriy etarli, temir kamroq; gasTINGSITlar alyuminiy oksidiga boy, natriy etarli, temirga to'yingan). Ularning kimyoviy tarkibidagi ayrim elementlarning munosabati o'zgaruvchan, ya'ni Ca va Na, Mg va Fe+2, Fe+3 va Al yoki Al va Si. Bulardan tashqari har xil miqdorda K, Li, Ba, Sr, Ti, Mn, Ni, Co, Cr uchraydi. Rogovaya obmanka tarkibining murakkabligi uchun optik xususiyatlarini bir-biri bilan uzviy bog'lab bo'lmaydi.

Demak, rogovaya obmankaning o'ziga xos kimyoviy tarkibi va shunga bog'liq optik xususiyatlari bilan bir-biridan farq qiladigan juda ko'p xillari mavjud. Rangi har xil tusda bo'ladi: yashil, qo'ng'ir, ko'pincha qoram-tir qora. Shlifda qo'ng'ir, ba'zan yashil bo'lib, kuchli pleoxorizmga ega: $Ng \text{ i } Nm > Np$. Ng – to'q yashil yoki qo'ng'ir, Nm – yashil, och qo'ng'ir va Np – och yashil va och qo'ng'ir. Ajralish qobiliyati (110) bo'yicha yaxshi, ko'ndalang kesimida ajralish tekisligi 1240 burchak ostida kesishadi. Bu mineral juda ko'p va xilma-xil o'rta intruziv magmatik jinslarda – diorit, sienit, granodiorit va lamprofir tomir jinslarga xosdir. Bu mineral juda ko'p va xilma-xil o'rta intruziv magmatik jinslarda – diorit, sienit, granodiorit va lamprofir tomir jinslarga xosdir. Bu mineral amfibolitlar yoki amfibolli slaneslar va gneyslar tarkibining asosini tashkil qilib, yuqori va o'rta darajali regional metamorfizmlarda yuzaga keladi. Bulardan tash-

qari kontakt-metasomatik jarayonlari mahsuli bo'lgan skarlarda ham o'ziga xos mineral uyumlari hosil qiladi.

Bazal tik rogovaya obmanka. Vulkanik jinslar uchun xos bo'lgan mineral. Tarkibidagi uch valentli temir oksidining ikki valentligiga nisbati ($\text{Fe}_2\text{O}_3:\text{FeO}$) juda yuqoriligi asosiy xususiyatlaridan hisoblanadi. Kristallarining uzayish belgisi manfiy. Shlifda qo'ng'ir, ba'zan yashil. Pleoxorizmi juda aniq bo'lib, Ng – qora, to'q jigarrang, ko'kimtir-qo'ng'ir, Nm – qizg'ish, qo'ng'ir-qora. Np – och qo'ng'ir yoki sarg'ish rangli bo'ladi. Bazalarda ranglari o'zgaruvchan bo'lib, markazi qo'ng'ir, atrofi esa yashil rangli bo'ladi. Mineral yuzasi mikroskop ostida g'adir-budir. Ba'zaltik rogovaya obmanka boshqa amfibollardan (kersutit va barkevikitlardan tashqari) pleoxorizmining kuchliligi bilan farq qiladi. Barkevikitdan farqi: optik o'qlari burchagining kattaligi, so'nish burchagining kichikligi va nur yo'l farqining kattaligida. Kersutitning optik xususiyatlari bazaltik rogovaya obmankaga shunchalik yaqinki, uni bir-biridan ajratish qiyin, faqat so'nish burchagi kichik, Nm va Np o'qlari bo'yicha nurni yutish qobiliyati yuqori.

Ishqorli amfibollar:

Arfvedsonit kristallari ko'pincha ustunsimon, nayzasimon, ba'zida kalta prizmalar shaklida bo'ladi. Gohida (100) bo'yicha qo'shaloqlar hosil qiladi. Uzayish belgisin manfiy.

U qora, gohida to'q yashil, shlifda sarg'ish-yashil, kulrang-yashil, och yashil yoki ko'm-ko'k. Pleoxorizmi aniq: Ng – yashilsimon sariq, Nm – och havorangdan qo'ng'irgacha, Np-to'q yashil, ko'k. Absorbsiyasi teskari: $\text{Ng} < \text{Nm} < \text{Np}$. Qattiqligi – 6-6,5, solishtirma og'irligi – 3,1-3,2. Shlifda arfvedsonit turmalinga o'xshash, faqat ulanish tekisligi, burchak ostida so'nishi va ikki o'qliligi bilan ajraladi. U boshqa amfibollardan nurlar yo'l farqining kichikligi, pleoxorizmining kuchliligi hamda bissektrisalar dispersiyasi kuchliligi bilan farq qiladi. Arfvedsonit ishqorli magmatik jinslarda uchraydi.

Ribekit – nemis tabiatshunos olimi E.Ribeka (1853) nomi bilan atalgan. Ribekit Tyan-Shan tog'lari (Turkiston va Talas)da ma'lum. Bu mineral ko'proq ishqorli granitlarda, kvarsli sienitlarda va nefelinli sienitlarda uchraydi (Tozabuloq massividagi Kuljuktov nefelinli sienitlar). Optik xususiyati manfiy. U cho'zinchoq va tolasimon kristallar holida uchraydi. Rangi to'q yashildan qoragacha. Pleoxorizmi keskin. Ng – zangori, sarg'ish-qo'ng'ir, sarg'ish-zangori, och sarg'ish-yashil, Nm – to'q

zangori, zangori, yashil-zangori, binafshasimon ko'k, Np – ko'm-ko'k, zangori, qoramtir-to'q ko'k.

Mikroskop ostida g'adir-budir yuzasi juda aniq ko'rinadi. Ribekit asosiy jins hosil qiluvchi mineral sifatida ishqorli o'rta va nordon magmatik jinslarda va ba'zan metamorfik jinslar tarkibida uchraydi.

Glaukofan – metamorfizmining ma'lum sharoitida hosil bo'ladi (yuqori bosim, past harorat). Optik xususiyati manfiy, so'nish burchagi kichik, optik o'qlarining tekisligi (010) bo'yicha o'tadi. Kristallarining uzayish belgisi musbat. Qattiqligi 6-6,5. solishtirma og'irligi 3-3,2. rangi qora. Shlifda esa yashil rangdan binafsha ranggacha o'zgaradi. Kristallari prizma o'xshash cho'zinchoq shakllarda uchraydi. Pleoxorizmi kuchli: Ng- to'q ko'k, havorang, ko'k yashil, Np – rangsiz, ba'zan sarg'ish-yashil ranglarda bo'ladi.

Glaukofan boshqa amfibollardan pleoxorizmi va so'nish burchagining kichikligi bilan ajralib turadi. Glaukofan ko'pincha lavsonit, epidot, xlorit, muskovit, stilpnomelan, jadeit va almandinlar bilan birga uchraydi.

Amfibol minerallariga xos belgilari: ko'pincha mineral shakllari prizmatik, ustunsimon, nayzasimon, shu'lasimon hamda tolali agregatlardan iborat, ulanish tekisligi chiziqlari orasidagi burchak 1240 ga yaqin. Umuman, rombik amfibollar to'g'ri so'nishi bilan, monoklin xillari burchak ostida so'nishi (so'nish burchagi (S: Ng) 300 dan ko'p emas, odatda 10-200), g'adir-budir yuzasi va relyefining aniq ko'rinishi bilan xarakterlanadilar.

Bulardan tashqari, amfibollarda ikkita kristallografik kesma mavjud. Bulardan birinchi kesma uchinchi kristallografik kesma mavjud. Bulardan birinchi kesma uchinchi kristallografik o'q "S"ga tik joylashadi. Bu kesma yo'nalishi bo'yicha ularning ulanish tekisligi joylashib, ikkinchi kesma uchinchi kristallografik o'qqa parallel yotadi. Bu yo'nalishi bo'yicha amfibollarda ikkinchi ulanish tekisligi joylashadi.

10.24. OLIVINLAR GURUHI

Bu guruhga oid minerallar forsterit (Fo) – $Mg_2 [SiO_4]$ va fayalit (Fa) – $Fe_2 [SiO_4]$ molekulalarining turli nisbatdagi qattiq izomorfik aralashmalaridan iborat. Kam tarqalgan, Mn ga boy xili – tefroit – $Mn_2 [SiO_4]$ deb ataladi.

Forsterit – londonlik mineral sotuvchi A.J.Forster, fayalit esa Fayal-Azor orolida birinchi topilganligi va tefroit – yunoncha "tefros"

– kulrangli ma'nosidan kelib chiqqan. Tarkibi xilma-xil bo'lgan bu silikatlarini rentgenometrik tekshirish. shu birikmalarning kristall tuzilishlari xossalarga mansub bo'lgan quyidagi eng muhim xulosalarga olib keldi, ya'ni tekshirib ko'rilgan silikatlarining hammasida Si^{+4} ionlari atrofida. tetraedr uchlari joylashgan to'rtta O^{2-} ionlari bilan doimo zanjirida yoki bog'langan holda bo'ladi – $[\text{SiO}_4]^{2-}$. Kislorod bilan kremniy orasidagi aloqa silikatlarining kristall tuzilishida kationlik vazifasini bajaruvchi Mg^{+2} , Fe^{+2} , Mn^{+2} bilan kislorod orasidagi aloqaga qaraganda ancha kuchliroq bo'ladi. Bu silikatlarining kristall tuzilishida kremniy va kislorod tetraedri bir-biridan ajralgan yakka-yakka tuzilish birligi holda joylashgan bo'lib, yoki turli usullar bilan bir-biriga tutashib, murakkab kompleks anion radikallarini hosil qilish mumkin. Har qaysi tetraedrlarning hamma uchlari, shu tetraedrni o'rab turgan atrofda to'rtta tetraedr $[\text{SiO}_4]$ uchlari bilan birlashsa, shundagina biz tetraedrlarning eng mukammalroq bo'lgan tutash holatiga ega bo'lamiz. Demak, olivin minerallarning kationlari Mg , Fe va Mn lardan iborat. Agar Mg^{+2} kationidan iborat bo'lsa, hosil bo'lgan mineral ifodasi $\text{Mg}_2[\text{SiO}_4]$ bo'lib, forsterit (Fo), agar kation Fe^{+2} bo'lsa, u holda fayalit (Fa) – $\text{Fe}_2[\text{SiO}_4]$ hosil bo'ladi. Bu ikkinchi mineral molekularining ketma-ket turli nisbatdagi izomorfik birikmalari forsterit ($\text{Fo}_{90}\text{Fa}_{10}$), olivin-xrizolit ($\text{Fo}_{90-70}\text{Fa}_{10-30}$), gyalosiderit ($\text{Fo}_{70-50}\text{Fa}_{30-50}$), gortonolit ($\text{Fo}_{90-70}\text{Fa}_{10-30}$), ferrogortonolit ($\text{Fo}_{30-10}\text{Fa}_{70-90}$), fayalit ($\text{Fo}_{10-0}\text{Fa}_{90-100}$) minerallarini hosil qilib, $\text{Mg} : \text{Fe}$ nisbati 100-0 gacha boradi.

Olivinlar guruhiga mansub minerallarning hosil bo'lish sharoiti tajriba asosida tekshirilgan. Olingan natijalarga qaraganda bu ikkala minerallarning hosil bo'lishi quyidagicha: ya'ni forsterit 1890°S da paydo bo'lsa, sof fayalit 1250°S da yuzaga keladi. Demak, haroratning pasayishi natijasida hosil bo'lgan minerallarda borgan sayin temirning miqdori ortib boradi. O'ta asosli magmaning sekin-asta sovishi jarayonida hosil bo'lgan olivinlarni Dastlabki fazasida forsterit (Fo), molekulasi yuqori bo'lsa, keyingilarida esa fayalit (Fa) molekulasi ortib boradi va natijada zonal yaxlit yirik donali mineral hosil qiladi. Bu hosil bo'lgan minerallar markazida ($\text{Fo}_{100-90}\text{Fa}_{0-10}$) bo'lsa, tashqi qismida $\text{Fo}_{90-70}\text{Fa}_{10-30}$ dan iborat bo'ladi. Bunday kristallarni zonal tuzilishga ega deyiladi.

Lavalarning tarkibida uchraydigan yirik, holsimon olivinlarning tarkibida ko'proq magniy bo'lsa, asosiy massada uchraydigan olivinlarda temir miqdori oshib boradi. Olivinlarning asosiy qismi magmatik

jarayonda yuzaga keladi. Misol: olmos kristallarida uchraydigan mayda zarrali forsterit (Fo100-95) ning eng chuqurda, mantiyada kuchli bosim 4 GP va yuqori haroratda (1650°) yuzaga kelishi aniqlangan. Kimberlitlarning tarkibida ko'pincha forsterit (Fo94-86) bo'ladi. Ural tog'laridagi Kishtim, Denejkin, Kamen, Ray-Iz intruzivlaridagi dunitlarning tarkibidagi olivinlar Fo90-70, peridotit formatsiyalaridan tashkil topgan Syodberi (Kanada), Bushveld (Janubiy Afrika), Norilsk (Shimoliy Sibir) plutonlaridagi olivinlar ancha o'zgaruvchan olivinlardan Fo80-50 tashkil topadi. Yirik holsimon shaklda uchraydigan olivinlar (Kavkaz, Sibir) va harakatdagi vulqon lavalaridagi (Kamchatka, Gavay oroli) olivinlar sezilarli o'zgaruvchan bo'lib, Fo80 - 40 dan iborat.

Bouen va Sherer tajribalari shuni ko'rsatadiki, magniyli olivinlar (forsterit, xrizolit, gortonolit) kremniy oksidiga to'yinmagan magmalardan hosil bo'ladi. Shuning uchun ham normal o'ta asosli jinslarda hech qachon olivin kvarts bilan birga uchramaydi. Ammo temirga boy bo'lgan olivin xillari nordon magmatik jinslarda ikkinchi mineral sifatida uchrashi mumkin. Masalan, rapakivli-granit tarkibga ega bo'lgan Korosten, Kanev va Cherkas (Ukraina) intruziyalarida, sienitli Uayt-Mauntin (Kaliforniya, AQSH), adamellitli Nyu-Faundlend (Kanada) intruziyalaridagi olivinlar fayalitdan (Fa90-80) iborat. Fayalit AQSHdagi Yellouston parkidagi obsidian (vulqon shishasi) orasidagi bo'shliqlarda kristall tarzida, hamda Linar orollarida va boshqa joylarda uchraydi. Bundan tashqari, fayalit (talaskit) - kremniy oksidiga ancha kambag'al bo'lgan turi granitli pegmatitlarda Talas Daryosi havzasidagi Jashi daryosi qirg'og'ida topilgan bo'lib, bu juda kamdan-kam uchraydigan holdir.

Forsterit magnezial skamlarga xos mineral bo'lib, lyudvigit, shpinel va diopsidlar bilan birga uchraydi. Temir konlari hosil qiluvchi skamlar tarkibida esa fayalit ko'p miqdorda uchraydi.

Endi olivin minerallarini mikroskop tagida aniqlash belgilarini ko'rib chiqaylik.

Forsterit (Fo) - Mg_2SiO_4 . Rombik singoniyali mineral tarkibi: MgO - 57,1 % va SiO₂ - 42,4%. Ng = 1,670; Nm = 1,651; Np = 1,635; Ng-Np=0,035. Optik xususiyati musbat 2V = 820. Ulanish tekisligi (010) bo'yicha sezilarli darajada bo'lib, (100) yo'nalishida noaniq. Odatda magmatik jinslarda yaxshi kristallar holida uchraydi ayrim shakliz donachalar hosil qiladi. Shlifda rangsiz, relyefi va g'adir-budir yuzasi aniq ko'rinadi. Forsterit kristallarining uzayish belgisi manfiy.

23-jadval
Olivinlarning kimyoviy tarkibi (Dir, Xau, Zusman, 1965)

Oksidlar	3	10	12	13	14	15	16	18
SiO ₂	40,7	39,87	37,33	38,11	34,96	34,04	31,85	30,15
TiO ₂	-	0,03	0,09	-	0,0	0,43	0,01	0,2
Al ₂ O ₃	0,6	-	0,18	0,00	-	0,91	-	0,07
Fe ₂ O ₃	1,6	0,86	1,6	0,15	-	1,46	0,11	0,43
FeO	4,47	13,20	21,58	31,48	36,47	40,37	58,6	65,02
MnO	0,32	0,2	0,27	0,22	0,52	0,68	0,85	1,01
MgO	51,84	45,38	38,13	30,05	27,04	20,32	8,49	1,05
CaO	-	0,25	0,38	0,2	0,1	0,81	0,18	2,18
Na ₂ O	-	0,04	0,03					
K ₂ O	-	0,01	0,05					
Jami	100,04	100,3	99,94	100,48	100,58	99,11	100,13	100,11

10.25. PIROKSENLAR GURUHI

Piroksenlar guruhiga oid minerallar o'ziga xos metasilikat bo'lib, kristall tuzilishlarida SiO₄ tetraedrlarining uzluksiz zanjirini hosil qiladi. Barcha xususiyatlari va tabiatda uchrashi sharoitlariga ko'ra, yuqorida ko'rib o'tilgan olivin minerallariga o'xshab ketadi. Ba'zan farqi shundan iboratki, uning alohida-alohida kristallari odatda bir yo'nalishda cho'ziq bo'ladi. Bu hol Si-O-Si orasidagi qutbiy xarakterga ega bo'lgan ulanishning shu zanjirlar orasida joylashgan kichik zaryadli Ca⁺², Mg⁺² va Fe⁺² metall kationlarining bog'lanishiga qaraganda mustahkamroq bo'lishi bilan bog'liqdir. Shuning uchun ham kristallarining "C" o'qi bo'yicha ajralishi va zanjirlarning uzilishi osondir.

Piroksenlarda ulanish tekisligi ortosilikatlar (olivinlar)dagiga nisbatan aniqroq namoyon bo'lib, u prizma bo'yicha - kristallari bo'yiga qarab o'tadi; nur sindirish va nuri ikkilanib sindirish kuchi olivin minerallariga qaraganda kichikroq bo'ladi.

Bu o'rinda piroksen va amfibollar bir-biriga o'xshash bo'lishi bilan bir qatorda, ba'zi bir xossalari bilan farq qiladi, shulardan muhimlari quyidagilardir: a) rentgenometrik tekshirishlardan ma'lum bo'lishicha, piroksenlarning kristall tuzilishida kremniy, kislorod tetraedrlari

ifodasi $[\text{SiO}_3] \infty$ bo'lgan anion radikallari sodda bir qator zanjir hosil qilsa, amfibol tuzilishida esa ifodasi $[\text{SiO}_4] \infty$ bo'lgan ilk qatorlik zanjir sifatida ishtirok etadi; b) piroksen guruhiga mansub kristallarda konstitutsion suv bo'lmaydi; piroksen va amfibollarning zanjir bo'yicha parallel prizmatik ulanish tekisligining burchaklarida farqi bor, ya'ni piroksenlar (110) bo'yicha 370 burchak hosil qilib, prizmalarga o'xshab ajraladi, amfibollarda ajralish darzliklari (100) bo'yicha o'tib, o'zaro 560 burchak hosil qiladi.

Piroksenlar guruhiga mansub bo'lgan minerallar kristallangan singoniyalar va optik belgilariga qarab ikki guruhga: 1) rombik piroksenlar yoki ortopiroksenlar (Orx) va 2) monoklin piroksenlar yoki klinopiroksen (Srx) ga bo'linadi.

Rombik piroksenlar (Orx) enstatit – $[\text{En}]$ – $\text{Mg}_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$ va ferrosilit (Fs) – $\text{Fe}_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$ metasilikatlari uzluksiz izomorf aralashma qatorini hosil qiladi. Bulardan ortopiroksenlar xondritlar va o'ta asosli jinslarda olivinlar bilan birga uchrasa, ko'pincha asos magmatik tog' jinslarida (norit, traktolit) hamda bazalt, andezit vulkanik jinslarda monoklin piroksen va amfibollar bilan birga uchraydi.

Ba'zan rombik piroksen charnokit (nordon) tog' jinslarida va eklogitlarda (regional metamorfizmning yuqori darajasi) hosil bo'ladi. Rombik piroksenlar tarkibidagi ferrosilit (Fs) – $\text{Fe}_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$ miqdoriga qarab ular quyidagilarga bo'linadi: enstatit (FS90-10), bronzit (FS10-30), gipersten (FS30-50), ferrogipersten (FS50-70), evlit (FS70-90) va ferrosilit (FS90-100). Rombik piroksenlarning tarkibida temir molekulasining miqdori ortishi bilan ularning nur sindirish ko'rsatkichi, undan o'tayotgan nurning yo'llar farqi va mineralni solishtirma og'irligi hamda boshqa optik xususiyatlari kuzatiladi (7-8 jadval).

Enstatit – (En) – $\text{Mg}_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$ – yunoncha "enstates" – qiyin eruvchan degan so'zdan kelib chiqqan. Rombik singoniyali. Shlifda rangsiz, pleoxorizmi yo'q. Nurlarning yo'l farqi (Ng-Np) kichik – 0,007-0,009; shuning uchun interferensiya rangi birinchi tartibli. Optik indiktrisasi o'qlarining ishorasi kristallografiya o'qlariga mos ($a = \text{Np}$, $b = \text{Nm}$, $c = \text{Ng}$). optik o'qlarining tekisligi (010) bo'yicha joylashgan, kristallarining uzayish belgisi musbat; qattiqligi – 5,5; ulanish tekisligi (110) prizma bo'yicha o'rtacha bo'lib, shu tekisliklar orasidagi burchak 87%, solishtirma og'irligi 3,1; shishadek yaltiraydi, singan joyi esa oq sadaf rangli bo'ladi.

Gipersten – (FS30-50) – $(\text{Mg, Fe})_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$ yunoncha “giper” va “stenos” – pishiq soʻzlardan kelib chiqqan. Rombik singoniyali, nur sindirish koʻrsatkichi yuqori (24-jadval). Odatda toʻgʻri soʻnadi. Interferensiya rangi toʻq sariqqacha oʻzgarib, birinchi tartibli boʻladi. Prizma shaklidagi kristallarning koʻndalang kesimi kvadratga oʻxshaydi. Pleoxorizmi kuchsiz, ammo Ng – och yashil va Np boʻyicha binafsha ranglari kuzatiladi, ana shu belgilari bilan rombik piroksenlardan ajralib turadi.

24-jadval
Piroksenlar guruhiga mansub minerallarning
optik xususiyatlari

Minerallar	Kimyoviy ifodasi	Ng	Nm	Np	Ng-Np
Rombik piroksenlar					
Enstatit (En00-90)	$\text{Mg}_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,658	1,653	1,650	0,008
Bronzit (En70 Fs30)	$(\text{Mg, Fe})_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,650	1,668	1,665	0,005
Gipersten (En50 Fs50)	$(\text{Mg, Fe})_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,731	1,728	1,715	0,015
Ferrosilit (En10 Fs90)	$\text{Fe}_2 [\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,788	1,700	1,768	0,02
Monoklin piroksenlar					
Diopsid	$\text{Ca Mg} [\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,694	1,671	1,664	0,030
Gedenbergit	$\text{Ca Fe} [\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,741	1,723	1,716	0,025
Avgit	$\text{Ca Mg Fe Al} [(\text{Si}_2 \text{ Al})_2\text{O}_6]$	1,800	1,780	1,750	0,050
Jadeit	$\text{Na Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,673	1,663	1,658	0,025
Egirin	$\text{Na Fe} [\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,730	1,710	1,700	0,070
Spodumen	$\text{Li Al} [\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,679	1,669	1,663	0,026

Monoklin piroksenlar. Diopsid $\text{Ca Mg} [\text{Si}_2\text{O}_6]$ va $\text{Ca Fe} [\text{Si}_2\text{O}_6]$ molekularining izomorf qatorining chekka birikmalaridan iborat boʻlib, ularning kristall tuzilmalarida baʼzan bir-biri bilan oʻrin almasha oladigan Mg^{+2} , Fe^{+2} , shuningdek, Sa , ayrim hollarda Na^{+1} , Li^{+1} bilan Fe va Al^{+3} kationlari ishtirok etadi. Tarkibiga koʻra, shu qator oʻrtasida joy olgan xili salit va ferrosalit deyiladi.

Diopsid – (Di) (Ca, Mg) [Si₂O₆] (yunoncha “di” – ikki (qo‘shaloq) va “oppis” – yuzaga kelish, ya’ni qo‘shaloq birikma ma’nosini anglatadi). Kristallari prizmatik ko‘rinishda bo‘ladi, odatda (100) va (010) pinakoid yonlari ko‘proq kalta ustunsimon shaklga ega. Rangsiz, ko‘proq och xira

25-jadval
Piroksenlarning kimyoviy tarkibi
(Dir, Xau, Zusman, 1965)

Oksidlar	1	6	8	25	31	35
SiO ₂	59,92	55,02	54,11	46,91	48,21	46,56
TiO ₂	-	0,12	0,19	0,51	0,17	0,03
Al ₂ O ₃	0,00	2,69	1,52	8,26	1,37	0,23
Fe ₂ O ₃	0,00	1,81		3,02	1,46	0,20
FeO	0,38	7,18	15,73	19,88	36,9	48,1
MnO	39,51	32,13	27,03	20,02	10,45	3,70
MgO	0,32		1,16	0,34	0,43	0,77
CaO		0,02		0,01		
Na ₂ O		0,1		0,06		
K ₂ O		0,21		0,30		
Jami	100,13	99,30	99,74	99,40	98,99	99,59

yashil (mosh rang) yoki kulrang bo‘ladi. Shishadek yaltiraydi, qattiqligi 5,5-6; ancha mo‘rt, solishtirma og‘irligi 3,27-3,38. so‘nish burchagi $S : Ng = 38-460$. Pleoxorizmi sezilarli bo‘lib, Ng – och qo‘ng‘ir-yashilsimon, Np – och yashil. Diopsid kristallida qo‘shaloqlanish (100) va (001) yo‘nalishi bo‘yicha oddiy va polisintetik qo‘shaloqlar hosil qiladi.

Gedenbergit – Ca Fe₂+ [Si₂O₆] – birinchi marta tekshirgan Shvet-siyalik kimyogar L.Gedenberg nomi bilan atalgan. Ko‘rinishi prizmatik, rangi to‘q yashildan qoramtir yashilgacha, mikroskop tagida och yashil, qo‘ng‘ir yashil. Shishadek yaltiraydi, qattiqligi 5,5-6. Mo‘rt, ulanish tekisligi 870 burchak bilan (110) yo‘nalishi bo‘yicha. Solishtirma og‘irligi 3,5-3,6. Pleoxorizmi ancha sezilarli bo‘lib, Ng o‘qi bo‘yicha yashil va Np o‘qi bo‘yicha och yashil. So‘nish burchagi (C : Ng) 47-480.

Avgit – $(Ca, Mg, Fe^{+2}, Fe^{+3}, Ti, Al)_2 [Si, Al)_2 O_6]$. Nomi yunoncha “avge” – yaltirash soʻzidan kelib chiqqan. Shakli kalta ustunsimon, taxtachasimon, baʼzan izometrik (110) prizmalarning yonlari pinakoid yonlariga qaraganda koʻproq taraqqiy etganligi bilan farq qiladi. Oʻziga xos belgilaridan biri kristallari koʻndalang kesimining tomonlari bir-biriga teng boʻlgan sakkiz burchaklik shaklida boʻlishidadir. U qora, qoʻngʻir-qora, gohida toʻq yashil ranglarda uchraydi. Shishadek yaltiraydi, qattiqligi – 5-6. Solishtirma ogʻirligi – 3,2-3,6. shlifda rangsiz, och qoʻngʻir, qoʻngʻir, och yashil-qoʻngʻir, och yashil. Pleoxorizmi sezilarli, ammo titanga boy avgitning pleoxorizmi kuchli boʻladi. Ng – och yashil, binafsha, Np – och yashil, yashil, sariq-yashil. Baʼzan kesishgan nikollarda qaralganda (010) yoʻnalishida oʻziga xos “qum soati” shaklidagi konsentrik soʻnish hosil boʻladi. Soʻnish burchagining qiymati ($C : Ng$) 35-480 ga teng. Shuni qayd etish lozimki, optik oʻqlarining qiymati (2V) tarkibidagi kalsiyning miqdoriga toʻgʻri bogʻliq (SaO oshishi natijasida miqdori oʻsa boradi). Gʻadir-budir yuzasi va relyefi aniq koʻrinadi.

Egirin – nomi islandcha “egir” – dengiz xudosi soʻzidan kelib chiqqan. Ishqorga boy jinslar tarkibida uchraydi. Optik xususiyati manfiy. $2V = -60-700$. Soʻnish burchagi ($C : Ng$) 0-100 Uning oddiy va polisintetik qoʻshaloqlari (100) boʻyicha rivojlangan. Odatda choʻziq, prizmatik, ustunsimon, ignasimon shakllarda uchraydi. Ulanish tekisligi 870 bilan prizma boʻyicha aniq koʻrinadi. Yashil, toʻq yashil, qoʻngʻir, shlifda och yashildan toʻq yashilgacha, shishadek yaltiraydi, qattiqligi – 5,5-6. Solishtirma ogʻirligi – 3,43-3,60. Pleoxorizmi kuchli: Ng – qoʻngʻir yashil, Np – toʻq yashil, egiringa xos belgi uning teskari absorbsiyaligidir ($Ng < Nm < Np$). Gʻadir-budir yuzasi va relefi juda aniq, interferensiya rangi juda kuchli.

Jadeit (ispancha “pidra de jada”) – buyrak tosh degan maʼnoni anglatadi – juda kam uchraydigan piroksen. Optik xususiyati manfiy, soʻnish burchagi ($C : Ng$) 30-400, optik oʻqlar burchagining qiymati $2V = -67-700$. Optik oʻqlarining tekisliklari (010) boʻyicha kristallarining uzayish belgisi manfiy, rangi yashil, yashil-koʻk, shlifda rangsiz. Kristallari kam, zirapchasimon yuzalar hosil qilib sinadi, shishadek yaltiraydi. Juda qovushqoq, natijada shlifda bir-biri bilan chirmashgan tolalar shaklida koʻrinadi, ammo ancha moʻrt.

III BO'LIM

11 MINERALLARNING TABIATDA HOSIL BO'LISHI

11.1 Yer po'stining tuzilishi va tarkibi. Yer po'sti – bu Yer sharining eng yuqori qavati bo'lib, yuqori mantiyadan Moxorovichich chizig'i bilan chegaralanadi. Yer po'stining kimyoviy va mineralogik tarkibi haqidagi bilimlar sayyoramizning ustki qismlarida olib borilgan kuzatishlarga asoslanadi. Yer po'stining qalinligi okeanlarda 3-10 km bo'lsa, qitalarda 80 km gacha yetadi (Pomir).

Yerning ichki qismlari mantiya va markazning tuzilishi va tarkibi haqida geofizik ma'lumotlar, boshqa kosmik jismlar bilan taqqoslash, meteoritlarni o'rganish dalillariga asoslanib fikr yuritiladi.

26-jadval

Yerning geosferalari haqida ma'lumotlar

Geosferalar	Geosferaning bo'limlari	Belgisi	Pastki chegaraning chuqurtligi
Yer po'sti	1. Cho'kindi – metamorfik jinslar 2. Granit–gneys 3. Eklogit – bazalt	A	20 km gacha 40 km gacha 70 km gacha
Mantiya	1. Substrat–gutenberg qatlami	V	100-400 km gacha
	2. Astenosfera – Golitsin qatlami	S	900 km gacha
	3. Quyi mantiya	D	2900 km gacha
Yer mag'zi (yadro)	Tashqi mag'iz Mag'iz	G'	4800 km gacha
		G'	5100 km gacha
		G	6371 km gacha

Keyingi 50 yillik geologik izlanishlar natijasi bo'yicha Yer shari uch qismga bo'linadi: Yer po'sti, mantiya va yadro (mag'iz). Yer po'sti o'z navbatida a) cho'kindi-metamorfik jinslar, b) granit-gneys va v) bazalt qavatlaridan tashkil topgan. Hozirgi kunda 1-qatlam (bazalt), 2-qatlam (granit) degan yangi tushunchalar paydo bo'ldi. Yer po'sti qalinligi geofizik ma'lumotlarga ko'ra, okean tublarida 5 – 10 km, kontinent tekisliklarda 30 – 40 km va tog'li (orogen) o'lkalarda esa 50 – 75 km

atrofida. Ushbu qavatlar bo'ylab o'tayotgan seysmik to'lqinlarning tezligi ancha o'zgaruvchan bo'lib, cho'kindi-metamorfik jinslardan 3 – 5 km/sek, granit-gneyslardan 5,5-6,5 km/sek va bazaltlardan – 6,6-7,2 km/sek. Ma'lum bo'lishicha bu qavatlarining qalinligi o'zgaruvchan. Bulardan birinchi qavat cho'kindi jinslar qadimiy qolqonlarda (Aldan, Baltik) yo'q hisobi, kontinent (platformalarda) 5 km gacha bo'lsa, orogen o'lkalarda ularning qalinligi 15 kmni tashkil etadi. Xuddi shuningdek, Yer po'stining ikkinchi qavatining granit-gneys qalinligi platforma o'lkalarda 15 – 20 km atrofida bo'lsa, tog'li hududlarda 20 – 25 kmni tashkil etadi. Uchinchi qavat – bazaltlarning qalinligi platformalarda 15 – 20 km, orogenik hududlarda 25 – 35 km orasida bo'ladi.

Yer po'stining kimyoviy tarkibi (og'irligi bo'yicha % hisobida) V.I.Vernadskiy, V.M.Goldshmidt, I.V.Nordak, G.Geveshi va boshqalar ma'lumotlari asosida keltiriladi.

27-jadval

Yer po'stining kimyoviy tarkibi (% hisobida)

Komponentlar	F.Klark	V.Goldshmidt	A.Beus	B.Lutts	A.Ronov A.Yaroshevskiy
SiO ₂	60,3	60,5	60,6	63,0	59,3
TiO ₂	1,0	0,7	1,0	0,6	0,7
Al ₂ O ₃	15,6	15,7	16,1	15,7	15,0
G'e ₂ O ₃	3,2	3,3	3,1	2,1	2,4
G'eO	3,8	3,5	–	4,0	5,6
MnO	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1
MgO	3,5	3,6	5,3	3,6	4,2
SaO	5,2	5,2	3,8	5,0	7,2
Na ₂ O	3,8	3,9	2,2	3,4	2,5
K ₂ O	3,2	3,2	2,0	2,5	2,1
P ₂ O ₅	0,3	0,3	0,2	–	0,2

Jadvalda keltirilgan ma'lumotlar Yer po'stining o'rtacha miqdori deb qabul qilingan.

Yer po'stining mineral tarkibi to'g'risida turli fikrlar mavjud.

Yer po'stining mineral tarkibi N.P.Yushkin, 1975 bo'yicha quyidagicha (% hisobida) – silikatlar-75, oksidlar-17, xromatlar-3,5, karbonatlar-1,7, sulfidlar-1,15, fosfatlar-0,7, sulfatlar 0,5 va boshqalar-0,6.

A.Poldervart (1954) bo'yicha Yer po'stining tuzilishida quyidagi jinslar qatnashadi: granodiorit – 70,8%, diorit va andezitlar – 10,3% va bazaltlar – 48,9%.

28-jadval
Yer po'stining o'rtacha mineral tarkibi (% hisobida)

Minerallar	Berg bo'yicha	Fersman bo'yicha
Plagioklaz	40,2	55
Ortoklaz	17,7	
Orto va metasilikatlar	16,3	15
Kvars va turlari	12,6	12
Magnetit va gematit	3,7	3,0
Slyudalar	3,5	3,0
Kalsit	1,5	1,5
Gil minerallari	1,0	1,5
Limonit va gidroperit	0,3	0,3
Dolomit	0,1	0,1
Fosfatlar	–	0,75
Sulfidlar	–	0,3
Floridlar	–	0,2
Aksessor minerallar	2,5	–

Yerning ichki tuzilishi va mineral tarkibi A.E.Ringvud, 1981 quyidagi raqamlarni keltiradi:

29-jadval
A. Granit-gneys qatlami (4-15 km) mineral tarkibi

Minerallar	Miqdori % hisobida
Kalishpat	31
Plagioklazlar	29,2

Kvars	12,4
Piroksenlar	12,0
Ma'dan minerallari	4,1
Biotit	3,8
Olivin	2,6
Rogovaya obmanka	1,7
Muskovit	0,6

30-jadval

**B. Bazalt qavati mineral tarkibi kontinentlarda
(30-50 km va 10-12 km okean tubi)**

Minerallar	Miqdori % hisobida
Rogovaya obmanka	33
Monoklinal piroksen	20,6
Dala shpatlari	14
Kvars	11,9
Granatlar	9,5
Epidot	5,8
Kianit	4,4
Ma'dan minerallari	0,4

31-jadval

V. Yuqori mantiya mineral tarkibi (400 km gacha)

Minerallar	Miqdori % hisobida
Olivin (forsterit)	57
Rombik piroksen	17
Omfatsit	12
Granat	14

32-jadval
Yer po‘stining tuzilishini tashkil qiluvchi jinslar turlari
(A.B.Ronov va A.A.Yaroshevskiy bo‘yicha)

Jinslar	Er po‘stidagi hajmi (% hisobida)
1. Qum va qumtoshlar	1.83
2. Gillar va gilli slanetslar	4.48
3. Karbonatlar	2.79
4. Tuzli qatlamlar	0,09
5. Granitoidlar va nordon vulkanitlar	20.86
6. Gabbro – bazaltlar	50,34
7. Dunit, peridotitlar	0,07
8. Sienit, nefelinli sienitlar	0,04
9. Kristallik slanetslar	06.91
10. Metamorfik karbonat jinslar	0.69
11. Temirli jinslar	0,17
Jami:	100

33-jadval
Yer po‘stining kimyoviy tarkibi
(A.P. Vinogradov bo‘yicha % hisobida)

I. O – 47,0 Si – 27,5	IV. Mn-0,09 S – 0,09 R – 0,08 Va – 0,05 S1 – 0,01 Sg – 0,04 Rb – 0,03 G’ – 0,03 Sg – 0,02 Zr – 0,02 V – 0,01 Sn – 0,01 Ni – 0,01	VII. Sc – 6*10 ⁻⁵ Sd – 5*10 ⁻⁵ Sb – 4*10 ⁻⁵ Bi – 2*10 ⁻⁵ Ag – 1*10 ⁻⁵
--------------------------	--	--

II. Al - 8,6 G'e - 5,0 Sa - 3,5 Na - 2,5 K - 2,5 Mg - 2,0	V. Ni - 0,008 Li - 0,006 Si - 0,004 Sn - 0,004 So - 0,003 Y - 0,003 La - 0,002 Rb - 0,002 Sa - 0,001 Nb - 0,001	VIII. Hg - $7 \cdot 10^{-6}$ Os - $5 \cdot 10^{-6}$ Rd - $1 \cdot 10^{-6}$ Te - $1 \cdot 10^{-6}$
III. Ti - 0,6 N - 0,15 C - 0,1	VI. Th - $8 \cdot 10^{-4}$ Ss - $7 \cdot 10^{-4}$ Ve - $6 \cdot 10^{-4}$ Sc - $6 \cdot 10^{-4}$ As - $5 \cdot 10^{-4}$ Ns - $3,2 \cdot 10^{-4}$ Mo - $3 \cdot 10^{-4}$ V - $Z \cdot 10^{-4}$ U - $Z \cdot 10^{-4}$ Tl - $Z \cdot 10^{-4}$ Ta - $Z \cdot 10^{-4}$ W - $1 \cdot 10^{-4}$	IX. Au - $5 \cdot 10^{-7}$ Rt - $5 \cdot 10^{-7}$ Ru - $5 \cdot 10^{-7}$ Zr - $1 \cdot 10^{-7}$ Rh - $1 \cdot 10^{-7}$ Re - $1 \cdot 10^{-7}$

11.2 Mantiyaning tuzilishi va tarkibi. Mantiya Yer po'sti bilan o'zagi (yadrosi) orasida joylashgan qatlam, quyi chegarasi Yer yuzasidan taxminan 2900 km chuqurlikgacha boradi. Mantiya asosan magniy va temirdan iborat og'ir minerallardan tashkil topgan. Yer po'stida ro'y beradigan tektonik harakatlar, magmatik jarayonlar va boshqalar mantiya bilan uzviy bog'liq. Yuqori mantiyaning o'ziga xos xususiyatlaridan eng muhimi Yer po'stida joylashgan o'ta asos va qoldikli bazalt magma hosil qilishdir. Yuqori mantiyaning birlamchi kimyo-viy tarkibi D.X.Grin va A.E.Ringvud fikricha pirolit tarkibiga juda yaqin (34-jadval).

34-jadval

Yuqori mantiyaning kimyoviy tarkibi % hisobida
(D.X.Grin, A.E.Ringvud bo'yicha)

Komponentlar	Pirolit	Piroksenli pirolit	Granatli pirolit
	Piroksen+olivin	Olivin+piroksen +shpinel	Olivin+piroksen+ piropi granat
SiO ₂	43,06	44,69	45,58
MgO	39,32	39,8	39,22
CaO	6,66	9,54	6,41
CaCO ₃	1,66	0,09	0,27
Al ₂ O ₃	3,99	1,11	2,41
NaO	2,65	2,42	2,10
Na ₂ O	0,61	0,18	0,24
K ₂ O	0,22	0,05	–
Fe ₂ O ₃	0,42	0,45	–
NiO	0,39	0,26	–
SoO	0,02	–	–
TiO ₂	0,58	0,08	0,12
MnO	0,13	0,14	0,12
R ₂ O ₅	0,08	0,04	0,03
H ₂ O	0,21	0,43	–

Bunday tarkib bir qism bazalt va uch qism peridotitdan tashkil topgan jins tarkibiga to'g'ri keladi. Yuqori mantiya sharoiti – muhitida pirolit tarkibli magmadan yuqori bosim va kuchli haroratning o'zgarishi bilan bog'liq ravishda mineral tarkibi turlicha bo'lgan jinslar kristallanishi mumkin. Jumladan, 1) olivin, rombik piroksen va plagioklaz (plagioklazli pirolit); 2) olivin, piroksen va shpinelli (piroksenli); 3) olivin, piroksen va granatli (granatli pirolit) jinslar hosil bo'ladi. Granatli peridotitlar shpinelli peridotitlarning birmuncha yuqori haroratda yuzaga kelgan turlari. Mantiyada minerallarning bir necha assotsiatsiyada ishtirok etishi, ularning bosim va haroratda barqarorlik darajasining yuqori ekanligidan xabar beradi. Geofizik va petrologik ma'lumotlariga asosan mantiyaning yuqori qismining moddalari tarkibiga ko'ra, – dunit, peridotit va eklogitlar tarkibiga to'g'ri keladi. Yuqori mantiyaning mineralogik tarkibi haqidagi mavjud fikrlar quyidagi ma'lumotlarga asoslanadi:

1. Kontinentlarda keng maydonlarni egallagan dunit, peridotit tarkibli intruzivlarning mavjudligi.

2. Bazalt vulqon jinslari orasida tez-tez uchrab turadigan begona (ksenolit) holda dunit va peridotit bo'laklarining (ksenolit) borligi.

3. Okean tubidan olingan jinslarning kimyoviy tarkibi o'ta asos jinslarga yaqin bo'lishi.

Kimberlitlarning o'ta asos tarkibiligi.

Meteorit jismlari tarkibiga ko'ra, o'ta asos jinslarga o'xshashligi va nihoyat keyingi yillar davomida laboratoriya usulida yuqori bosim va kuchli harorat ostida olib borilgan eksperiment ishlarining samaralari yuqorida bildirilgan nazariyalarning to'g'riligiga ishonch hosil qiladi. P.Garris yuqori mantiyaning mineral tarkibini quyidagicha ifodalaydi.

35-jadval
Mantiyaning mineral tarkibi (% hisobida)

Minerallar	Yuqori mantiya	Quyi mantiya
Olivin	65,3	67,0
Rombik piroksen	21,8	12
Monoklinal piroksen	11,3	11,0
Pirop, shpinel	1,5	10,0

Mantiyaning quyi qismida – 400-500 km atrofida 160-180 kbar bosim ta'sirida olivin va piroksenlar kristall panjarasi tuzilishida zichroq birikmalar oksidlariga ajraladi degan fikrlar mavjud: $Mg_2 [SiO_4]$, $2MgO + SiO_2$.

Shunday qilib, silikatlarning parchalanishi natijasida oksidlarga ajralishi mumkin. MgO – periklaz, SiO_2 – stishovit, Al_2O_3 – korund, TiO_2 – rutil va boshqalar.

Yer po'stining mineralogik modeli. Ma'lumki, Yer po'sti turli tog' jinslaridan tashkil topgan. O'z navbatida tog' jinslarining Yer po'stining mineralogik tarkibi har xil. Geofizik ma'lumotlar asosida yer qobig'i uch pog'onaga ajratilgan. Yer po'stining yuqori qavati, cho'kindi va metamorfik jinslardan iborat bo'lib, ular xilma-xil minerallardan tashkil topgan. Yer po'sti qita va okean tuzilishidagi turlarga (geostrukturalarga) bo'linadi. Bulardan keng tarqalgan-

lari va puxta o'rganilganlari qit'a yer po'sti hisoblanadi. Okean yer po'sti haqidagi dalillar ham kengaymoqda. Qit'alar Yer po'stining yuqori qismi-kvars, karbonat (kalsit va dolomit), qavatli silikatlar – gil minerallari, xlorit, slyudalardan tashkil topgan. Chuqurroq qismi granit-gneyslar T.Bart bo'yicha nordon magmatik jinslar tarkibiga mos bo'lib, quyidagi minerallardan tashkil topgan (% hisobida): kaliyli dala shpatlari-31, plagioklaz – 29,2, kvars – 12,4, piroksen – 12, ma'dan minerallari – 4,1, biotit-3,8, olivin-2,6, rogovaya obmanka – 1,7, muskovit-1,4, apatit-0,6, xlorit va serpentin – 0,6, nefelin-0,3, sfen – 0,3 va boshqalar. Ushbu qavatda tabiatda uchraydigan minerallarning aksariyat qismi yuzaga keladi. Ikkinchi qavat – “granulit-bazalt” qismi tomon, temir va magniyli minerallar turlari, ayniqsa, piroksen va amfibollar miqdori ortib boradi. A.E.Ringvud ma'lumotlariga ko'ra, “granulit-bazalt” qavatining mineral tarkibi (% hisobida): rogovaya obmanka – 39, piroksen – 20,5, plagioklaz – 24, granat – 9,5 va boshqa minerallar.

Yer qobig'ining pastki qismi, ya'ni “Moxorovichich” chizig'idan chuqurda bo'lgan yuqori mantiya, asosan o'ta asos jinslar tarkibiga mos bo'lib, quyidagi minerallardan iborat (% hisobida): olivin-57, piroksen-29, granat – 14.

Yer qobiqlari bo'ylab fizik-kimyoviy sharoitlari xilma-xil, shuning uchun ham qatlam bo'ylab minerallarning turlari va miqdori sezilarli darajada o'zgaruvchan bo'ladi. Yer qobig'ini tashkil qiluvchi minerallar konstitutsiyasiga (tarkibiga, tuzilishiga) ko'ra, 4 guruhga: gomoatomli, sulfidli, kislorodli va silikatli birikmalarga bo'linadi. Shulardan kislorodli barcha mavjud birikmalar minerallarning 75,1% ni tashkil etadi, undan keyin sulfid va ularga o'xshashlar (arsenidlar, telluridlar, vismutitlar, antimonitlar va boshqa minerallar) kiradi.

11.3. Magmatik jarayonlar. Magmatik jarayon – bu magmaning kelib chiqishi; hosil bo'lgan magmaning tarkibiy qismlariga ajralishi; turli tarkibli magmalarning o'zaro bog'liqligi kabi masalalarni o'z ichiga oladi. Magmalar hosil bo'lishiga ko'ra, mantiya va qobiq magmalarga bo'linadi. Magmaning birlamchi tarkibi magmani hosil qiluvchi moddaning tarkibi va yuzaga kelish jarayoni hamda muhiti bilan bog'liq bo'ladi. Ko'p tadqiqotchilar yuqori mantiyaning birlamchi tarkibi peridotitlardan iborat deb hisoblaydilar. Ushbu nazariya bazalt va kimberlitlar orasida saqlanib qolgan jins qoldiqlari

(ksenolitlar)ga asosan, amaliy tadqiqotlar tajribasida sinab ko'rilgan. Bulardan tashqari, yuqori mantiyadan seysmik to'lqinlarning o'tish tezligining vaqtiga asoslangan.

Yuqori mantiyaning o'ziga xos xususiyatlaridan eng muhimi yer po'stida sodir bo'ladigan geologik jarayonlar natijasida giper-bazit va qoldikli bazalt magma hosil qilishidir (A.P.Vinogradov, A.E.Ringvud va D.X.Grin). Yuqori mantiyaning birlamchi kimyoviy tarkibi A.E.Ringvud fikricha pirolit tarkibiga juda yaqin (SiO_2 -46,16; MgO -37,49; FeO -8,04; Fe_2O_3 -0,46; CaO -7,08; Al_2O_3 -3,54; Na_2O -0,57; K_2O -0,13; Cr_2O_3 -0,43; NiO -0,2; CoO -0,17).

Bunday tarkib bir qismi bazalt va uch qismi peridotitga to'g'ri keladi.

Yuqori mantiya turli sharoitda va muhitda o'ta asos tarkibli magmadan yuqori bosim va kuchli haroratning o'zgarishi bilan bog'liq mineral tarkibi tog' jinslar kristallanadi. Jumladan, 1) olivin, rombik piroksen va plagioklazli (plagioklazli pirolit) jinslar; 2) olivin, piroksen va shpinelli (piroksenli pirolit) jinslar; 3) olivin, piroksen va granatli (granatli pirolit) jinslar hosil bo'ladi.

Granatli peridotitlar, shpinelli peridotitlarning birmuncha yuqori haroratda yuzaga kelgan turidir. Mantiyada minerallarning bir necha assotsiatsiyada ishtirok etishi, ularning turli bosim va haroratda barqarorlik darajasining yuqori ekanligi bilan bog'liq.

Yuqorida ko'rsatilgan mineral assotsiatsiyalaridan granat va shpinelli peridotitlar assotsiatsiyasi ko'proq uchraydi. Moxorovichich chegarasidan pastda shpinelli peridotitlar joylashgan bo'lib, uning qalinligi geotermik gradient bilan Yer po'stining qalinligiga bog'liq. Kontinental qobiq ostida bevosita granatli peridotitlar joylashadi.

V.V.Belousov va V.A.Magnitskiylar geofizik, petrologik hamda eksperimental tekshirishlardan olingan ma'lumotlarga asoslanib kontinental qobiq ostidagi o'z tarkibiga ko'ra, granatli peridotitlardan iborat degan xulosaga kelganlar. Okeanik qobiq ostidagi mantiyaning tarkibi shpinelli (lertsolitli) peridotitlarga to'g'ri kelishi L.V.Dmitriev ishlarida o'z aksini topgan.

Tabiatda bazalt magmaning asosan ikki turi-toleit va olivinli ishqoriy turlari mavjud.

Ular kimyoviy tarkibi ishqorlarning ($\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$) va kremniy oksidining miqdorlari bilan bir-biridan farq qiladi. Okean tubi va kontinental bazaltlar orasidagi farq avvalo mantiyaning okeanik va kontinental qobiq

ostidagi birlamchi farqi hamda shu mintaqalarda magmaning har xil fizik-kimyoviy va termodinamik sharoitlar natijasida yuzaga kelishi bilan bog'liq.

Granitlarning paydo bo'lishi masalasi fanning shu soha bo'yicha hozirgi zamon taraqqiyoti darajasida har tomonlama juda ko'p muhokama etilishiga qaramay hamon muammoligicha qolib kelmoqda.

Magmatik jinslar petrologiyasi muammolarining eng muhimi granitoid magmalarning paydo bo'lishi, yuzaga kelishi sabablari, kristallanishining fizik-kimyoviy muhit sharoitlarini aniqlash bilan bog'liq bo'lgan masalalar bilan shug'ullanadi. Keyingi yillarda granitoidlarning paydo bo'lishi bilan bog'liq masalalar ko'proq e'tiborni o'ziga jalb etmoqda, chunki juda ko'p ma'dan konlar shu jinslar bilan bevosita bog'liqdir.

Hozirgi davrda granitoidlarning hamda shunga yaqin tarkibli jinslarning erish suyuqlanish kristallanishini bosim, harorat, tarkibidagi suv miqdori va boshqa yengil-uchuvchan gazlar tarkibiy qismlarga bog'liqligiga oid masalalar bo'yicha juda ko'p amaliy tajribalardan olingan ma'lumotlar bu muammoga bo'lgan qiziqishni yanada orttiradi.

Tajribalardan ma'lum bo'lishicha, quruq granit harorati 9000S, bosim 1 atm bo'lganda eriy boshlaydi va harorat 9500S ga yetganda to'liq erib bo'ladi. Shuning uchun chuqurlikda eriyotgan moddaning tarkibidan qat'iy nazar, avval erigan moddaning boshlang'ich tarkibi bir xil, magmaning oxirgi tarkibi boshqacha bo'lib, u haroratga bog'liq. Agar harorat boshlang'ich qismining to'liq erishi uchun yetarli bo'lsa, magmaning tarkibi boshlang'ich jism tarkibi bilan bir xil: agar harorat boshlang'ich jismning to'liq erishi uchun yetarli bo'lmasa, past bo'lsa, hosil bo'lgan magma birmuncha nordon leykokrat tarkibiga ega bo'ladi. Erish jarayonida suv bosimining ortishi ham magmaning tarkibini o'zgarishiga sabab bo'ladi, asosan jins hosil qiluvchi minerallarning erish darajasini bir xil emas, turlicha pasaytiradi. Amalda tajribada sinab ko'rilganidek, bu jarayonda suvning, ishqor elementlar va ftorning ishtirok etishi mineral va jinslarning erish haroratini 100 – 300°S gacha pasaytiradi. (Kadik va b., 1971). Tarkibida 9% suvi bo'lgan granit tarkibli jins 640°S da to'liq eriydi, 2% suvi bo'lganda esa 20% eriydi (Menert, 1971). Shunday polimikt qumtoshlar suv bug'lari bosimida PH_2O 2kbar 710°S da eriydi (Letnikov, 1975). Gillar RH_2O 1 kbar bosim, T 700°S harorat ta'sirida eriy boshlaydi. 810°da esa jinsning 40% dan 65% gacha qismi eriydi (Dobretsov va b., 1970). Grauvakkalar yanada pastroq PH_2O 2 kbar bo'lganda jinsning 70%

gacha qismi eriydi – suyuqlanadi. Keyingi yillar davomida Yer po'stida suvli, kamsuvli «quruq» magmatik jismlarning har xil harorat, suv bug'i bosimi ta'sirida o'ziga xos flyuidlari bo'lgan jinslarning hosil qilishi mumkinligini ko'rsatuvchi ishonchli ma'lumotlar to'plandi. Granitoidlar shunday magmatik mas'ul bo'lib, o'ziga xos mineralogik va kimyoviy tarkibga ega bo'ladi. (Kadik., 1975, Fershtater, 1969). Suvli magmalar $T\ 650 - 700^{\circ}\text{S}$ harorat ta'sirida, kam suvli «quruq» magma esa $T\ 750 - 800^{\circ}\text{S}$ da paydo bo'ladi va kristallanadi. Suvli magmalar ko'tarilish jarayonida ko'p suvni yo'qotish hisobiga sust siljiydigan bo'lib qoladi. Kam suvli magmalar esa har qancha yuqoriga, hattoki Yer yuzigacha ko'tarilishi mumkin.

O'tkazilgan tajribalar asosida tarkibida 6% suvi, harorati 750°S , bosimi 7 kbar (paydo bo'lish chuqurligi 25 km) bo'lgan magma yuqoriga ko'tarilar ekan, 1 km da 5°S ga soviydi; 10 – 12 km da erigan tarkibiy qismi butunlay kristallanadi. Granitoid magmaning paydo bo'lish chuqurligini yaqin-yaqingacha osonlikcha geotermik bosqich (1km da 30°S) asosida hisoblanadi. Bunday holda «granit» qatlami jinslarni erishi uchun zarur bo'lgan harorat $T\ 750 - 950^{\circ}\text{S}$ 25 – 30 km chuqurlikda yuzaga keladi. Shu bilan birga eriyotgan birlamchi moddada suvning miqdori magmaning paydo bo'lishi uchun etarli suv bug'i bosimiga ega bo'lgan litostatik sharoitga mos keladi. Granitoidlarning xilma-xilligi, eriyotgan birlamchi moddaning (jinsning) tarkibi ham granitoidlarning kristallanish sharoitlari bilan bog'liq deb tushuniladi. Lekin keyinchalik metamorfik jinslarni o'rganish, granit jismlarni suvli muhitda hosil bo'lishi uchun zarur bo'lgan haroratdan ortiqroq haroratda ham barqaror ekanligini ko'rsatdi (Dobretsov, 1970). Shunday qilib, ikki piroksenli, biotit-sillimanitli va distenli gneyslar granitning erish haroratidan yuqoriroq issiqlikda hamda qattiq holatda saqlanib qolaveradi. Ular tarkibida suv oz bo'lib, «quruq» moddalarning erishi qonuniga mos keladi.

Metamorfizmning turli fatsiyalari jinslari tarkibidagi suvning miqdori quyidagicha o'zgaradi: yashil slaneslar fatsiyasida 4-5%, amfibolitlar fatsiyasida 1-2%, granulit fatsiyasida – 0,3-0,4% va eklogit fatsiyasida yana ham kamroq miqdorda bo'ladi (Belousov, 1966).

Yuqorida keltirilgan ma'lumotlarga asosanib granitoid jinslarning yuzaga kelishi haqida fikr yuritish mumkin. Granitoid magmalarning paydo bo'lishi bevosida Yer po'stida sodir bo'lgan burmalanish jarayonlari bilan bog'liq bo'lib, ungacha ko'tarilishi va kristallanishi asosiy burmalanish davridan (fazasida) keyin sodir bo'ladi. Shuning uchun bu jarayonni asosiy burmalangandan keyingi jarayon deb qarash mumkin.

Granitoidlarning intruzivli xususiyati: yon-atrofidagi jinslar bilan keskin chegarasidan, rogoviklarning paydo bo'lishidan, tarkibida cho'kindi va magmatik jins qoldiqlari mavjudligidan hamda yon-atrofdagi jinslar ichida granit apofizalari mavjudligidan ko'rinadi.

Yer po'sti turli xil tog' jinslaridan tuzilgan. Tog' jinsi esa ma'lum shaklga, hajmga va yotish holatiga ega bo'lgan geologik jismlarni hosil qiladi. Ular turli mineral agregatlardan tuzilgan bo'lib, ma'lum tarkibga, ichki va tashqi tuzilishga egadir.

Tog' jinslari faqat bitta mineraldan (labradorit, olivinit, ohaktosh) yoki ko'p minerallardan (diorit, granodiorit) tashkil topgan bo'lishi mumkin. Tog' jinsining kimyoviy tarkibi uning qanday minerallardan tashkil topganiga bog'liqdir. Ammo shuni qayd etish lozimki, tog' jinsining kimyoviy tarkibini bitta formula orqali izohlash mumkin emas, chunki jinsni tashkil etgan minerallarning soni qat'iy bir xil bo'lmaydi. Garchi tog' jinslarning mineral va kimyoviy tarkibi o'zgaruvchan bo'lsada, ular tog' jinsini yetarli darajada aniq tariflaydigan omildir. Tog' jinslari ma'lum geologik sharoitlarda tarkib topadilar. Bunday sharoitlar tog' jinslarining yotish shakliga, tog' jinsidagi minerallarning xususiyatiga va ularning bir-biriga bo'lgan munosabatiga ta'sir ko'rsatadi.

Tog' jinslari bir-birlaridan yana fizik xossalari, ya'ni rangi, zichligi, mexanik mustahkamligi, eruvchanligi, g'ovakligi va boshqa xususiyatlari bilan farqlanadi. Tog' jinslari hosil bo'lishiga ko'ra, 3 ta guruhga bo'linadilar: 1) magmatik jinslar magmaning Yer po'stida sovib kristallanishdan tarkib topadi; 2) cho'kindi jinslar ekzogen (tashqi) jarayonlar natijasida magmatik va metamorfik jinslarning hosilalarini keyinchalik diagenез jarayoni (zichlanish, sementlanish) natijasida hosil bo'ladi; 3) metamorfizm-magmatik va cho'kindi jinslarning turli omillar ta'siridan o'zgarishi natijasida yuzaga keladi. Ammo, bu jinslar Yer po'stida bir xil tarqalmagan. Mutaxassis olimlarning hisoblashlariga ko'ra, litosfera 16-20 km chuqurlikda 95% magmatik va metamorfik jinslar bilan band va faqatgina 5% ni cho'kindi jinslar tashkil etadi. Ammo yer yuzasida cho'kindi jinslar ko'p, ya'ni yuzasining 75% cho'kindi jinslar va 25% ni magmatik va metamorfik jinslar qoplaydi.

Magma (yunoncha «Magma» – xamir) litosferada ma'lum qonuniyat asosida, murakkab fizik-kimyoviy jarayonlar natijasida hosil bo'lgan olovsimon silikatli eritma. Magma barcha elementlarning har xil miq-

dordagi yig'indisi bo'lib, gaz va qaynoq bug'larga to'yingan bo'ladi. Ko'pchilik olimlar fikricha, tabiatda to'rt xil magma mavjud – nordon, asos, o'ta asos va ishqorli. Yer yuzida uchraydigan barcha magmatik jinslar ana shu magmatik jinslar magmalarning hosilasi hisoblanadi. Magma tarkibining har xil bo'lishi litosferaning tuzilishiga, tarkibiga, ayniqsa, magmaning o'zida yuz beradigan differensiatsiya (ajralish, bo'linish) va assimilyatsiya (yutish)ga uzviy bog'liq. Magma Yer po'stining faolligi, rivojlanishi, issiqlik va tektonik evolyutsiyasi bilan yaqindan bog'liqdir. Magma o'chog'ining chuqurligi hozirgi zamon geologik fanlarining nazariyasiga binoan 20 – 25 km dan (litosferaning yuqorisi) va 100 – 700km gacha (mantiyaning ustki qismi)dir. Magmaning hosil bo'lgan joyidan litosferaning yuqori qismigacha ko'tarilishi to'g'risida fikrlar har xil, ulardan ba'zilari: 1) magmaning harakati kimyoviy tarkibiga, ayniqsa, harakatchan va uchuvchan elementlarga boy bo'lishiga bog'liq; 2) magma endogen (ichki) kuchga ega, u o'ziga yo'l ochib, atrofdagi jinslarni siqib, eritib va o'zlashtirib harakatlanadi; 3) magma vujudga kelgan joydagi jinslarning bosimi, yuqorida ta'sir etuvchi bosimdan ancha kattaligi tufayli yuqori tomon harakat qiladi; 4) tektonik harakatlar natijasida litosferani tashkil qiluvchi qatlamlarda yoriq va darzlik yuzaga keladi, bu esa o'z navbatida magmaning yuqoriga harakatlanishiga yordam beradi; 5) magmaning harakatchanligini yuzaga keltiradigan asosiy omillardan biri mineral fazalarning turg'unlik darajasi, ya'ni bir holatdan ikkinchisiga nisbatan turg'un holatga o'tishi, shu jarayonda eng kuchli issiqlik ajraladi. Ushbu omillar va boshqa qo'shimcha kuchlar magmaning yuqoriga ko'tarilishiga sabab bo'ladi. Magmatik jinslar magmaning sovishi, qotishi, kristallanishi natijasida yuzaga keladi. Ular o'z navbatida ikkiga bo'linaadi: vulkanik va intruziv. Vulkanik jinslar Yer yuzida unga yaqin joylarda tez sovishi va qotishi natijasida shishasimon va juda mayda zarrali asosiy massaga ega bo'ladi. Intruziv jinslar magmaning yer po'stida sovib kristallanishi oqibatida vujudga keladi.

Tabiatda mavjud minerallar bir-biridan kimyoviy tarkibi va fizik xususiyatlari (rangi, yaltirashi, qattiqligi, solishtirma og'irligi va h.k) hamda hosil bo'lish sharoitlari bilan ajralib turadi. Minerallarning tabiatda yuzaga kelishi tarqalishini va joylanishini o'rganish va mavjud nazariyalarga va olib borilgan eksperimental izlanishlarning natijalaridan ma'lumki, har bir mineral qandaydir muayyan fizik-kimyoviy sharoitlarda (haroratda, bosimda) hosil bo'ladi. Tabiatda ko'pgina minerallar tash-

qi muhitning ta'siri ostida (oksidlantiruvchi, kimyoviy qaytaruvchi) sharoitlarning ta'sirida o'zgarishi bosim yoki haroratning ko'tarilishi yoki pasayishi natijasida o'zgarmasdan saqlanib qoladi. Ayrimlari esa, ushbu sharoitlarning tarixiy taraqqiyoti davomida o'zgarishi oqibatida bardosh bera olmaydi, ularning parchalanishi natijasida yuzaga yangi sharoitlarda barqaror bo'lgan minerallar bilan almashadi.

Magmatik jinslar bilan bog'liq bo'lgan ma'dan konlar va ularning mineral guruhlari. Magma bilan uzviy aloqador bo'lgan konlar quydagilar: pirop-olmos, olivin-xromit, olivin-platinoid, ilmenit-titanomagnetit, xalkopirit-pentlandit va nefelin-apatit konlari kiradi. Ushbu mineral uyumlari, guruhlarining qanday yuzaga kelishi haqidagi ma'lumot quyida keltiriladi.

Kimberlit magmasi evaziga yuzaga kelgan pirop-olmos mineral guruhlari. Ushbu minerallar guruhlarining paydo bo'lishi o'ta asos va asos jinslarning alohida turi bo'lgan kimberlitlar bilan bog'liq. Kimberlitlar qadimiy platformalarda tektonik harakatlarning rivojlanishidan yuzaga kelgan o'ziga xos o'ta asos vulkanik jinsdir. Bunday o'lkalar Sharqiy Sibir, Sibir, Afrika, Avstraliya, Hindistonda mavjud.

Kimberlitlar vulqon mo'rilarini hosil qiladi. Kimberlit vulqon mo'rilarining diametri bir necha metrdan, bir necha yuzlab metri, chuqurligi bir necha kilometrgacha bo'lgan jismlar hosil qiladi. Dunyoda eng yiriklaridan Tanganikadagi «Ivaudi» vulqon mo'risi diametri 1625r1070 m bo'lib, Yer yuzidan chuqurlashgan sari diametri kichiklashib boradi (o'rtacha 5 – 6 barobar).

Kimberlit odatda porfirsimon tuzilishda sementlangan brekchiyalardan iborat. Brekchiya'ni tashkil etuvchi bo'laklari ona jins: dunit, peridotitlarning jins hosil qiluvchi minerallaridan hamda litosferaning yuqori qavatlariga mansub bo'lgan jinslar-eklogit, amfibolit, gneys va kristallashgan slaneslardan tashkil topgan (29-jadval). Brekchiyalarni tashkil etuvchi jinslar kimberlit magmasini mantiyaning yuqori qismi 100 – 150 km chuqurlikdan ko'tarilishi haqida xabar beradi.

Kimberlitlar bilan yon-atrofdagi cho'kindi jinslarda kuchli bosim va yuqori harorat ta'siri mexanik harakatlarning va gidrotermal eritmalarning ta'siri yaqqol sezilib turadi. Shu o'rinda yaxshi o'rganilgan Yoqutiston

(Sharqiy Sibir) olmos-pirop konining minerallar guruhining xususiyatlarini ko'ramiz. Yoqutiston olmos konining geologik tuzilishda to kembriy kristallik poydevorining ustki qismi va quyi ordovik jinslarining orasida yirik aylanasiimon, diametri 45 – 50 metr gacha bo'lgan jismlar, ularning soni 150 dan ortiq. Bularning aksariyat qismida olmos uchraydi. Eng yiriklari: «Mir», «Udachnaya», «Ayxol», «Zarnisa» va boshqalar. Kimberlit tarkibli jinslar orasida joylashgan portlash trubkalarini har taraflama o'rganish hamda sun'iy olmos ustida olib borilgan eksperiment natijalari qattiqlik «sultoni» – olmos konlarining katta bosim, yuqori harorat ta'sirida yerning chuqur qismida yuzaga kelgan kemberlit magmaning yer yuziga yaqinroq masofada (100 – 150 m) portlashi va joylanishi natijasida kemberlit jismlari paydo bo'lishligini ko'rsatadi.

Olivin-1 (Fo90-100Fa10-0) kimberlit tarkibida o'z shaklini saqlagan holda uchraydi. Ba'zan dumaloqlashib, qirralari yo'qola-di. Ba'zan pirop, ilmenit va olmos bilan o'simtalar hosil qiladi. Bu esa ushbu minerallarning deyarli bir vaqtda kristallanishini ko'rsatadi. Kimberlitda ikki hil paydo bo'lgan olivin uchraydi. Bulardan olivin-I yirik (1-5 sm) porfirsimon, hol-xol donalar holida bo'ladi. Olivin-II nisbatan maydaroq (1-2 mm) idiomorf shaklida uchraydi. Bularning kimyoviy tarkibi va optik xususiyatlari bir-birlariga yaqin. Olivin-I magma ko'tarilishidan boshlab kristallanib, asta-sekin yiriklashadi va harakatlanish oqibatida silliqqlanadi. Olivin-II yer yuziga yaqin sharoitda kristallanadi.

Pirop kimberlit jinslariga mansub mineral, uning «mosh» yoki «no'xot»dek (0.1-2-3 sm) kristallari mavjud bo'lib mayda darzliklari serpentin, xlorit va kalsitlar bilan to'ladi. Pirop tarkibida mayda xromshpinelidlar ninasimon shakllarda uchraydi. Pirop har xil: qizil, binafsha rangidek rang-barangligi tarkibidagi xromning miqdoriga bog'liq. Kimberlitlardagi pirop o'z tarkibiga ko'ra, pirop-almandin qatoriga mansub bo'lib, bunda pirop qismi 80 – 95%, almandin esa 15-20% tashkil etadi.

Olmos. Kimberlitga mansub mineral. U tabiatda o'ta qattiqligi va har xil shaklli: oktaedr, rombododekaedr, ba'zan kub shakllarida mavjud. Olmosning oddiy ko'z bilan payqamaydigan xillaridan tortib, to yuz, ming karatli (1 karat – 0.2 g) va undan ham yirik kristallari uchraydi. Olmosning rangi va shaffofligi turlicha: rangsiz, shaffof, oq, havorang, yashil, sarg'ish, jigarrang, qizg'ish, to'q kulrang, ba'zan qora. Olmosning ichki tuzilishi uning hosil bo'lish sharoiti haqida qo'shimcha ma'lumot beradi: masalan, yuqori haroratda yuzaga kelgan olmos-oktaedr shaklida

rangsiz bo'ladi, haroratning sekin-asta pasayishi natijasida uning shakli rombododekaedrdan kub shakliga qarab o'zgaradi va rangi quyuqlashib qora bo'ladi.

Olmosning o'ziga xos xususiyatlaridan biri tarkibidagi azotning miqdori (0,23%). Ushbu miqdor olmosning rangi, shakli va otik xususiyatlari haqida qo'shimcha ma'lumot beradi.

Olivin-xromit-platina minerallar guruhi. Bu guruh minerallar o'ta asos jinslar bilan, ayniqsa, dunit-garsburgit formatsiyalari bilan uzviy bog'liq. O'ta asos jinslar tabiatda kam tarqalgan bo'lib, barcha magmatik jinslarning 0,4%ni tashkil etadi. Bulardan kengroq tarqalganlari-peridotitlar. Ularning egallagan maydoni dunitga nisbatan 40 barobar ko'proq. Dunit-garsburgit formatsiyalarni tashkil qiladigan jinslar orasida joylashgan xromit uyumlari holsimon, uyasimon shakllarda bo'ladi. Ushbu xromit ma'dan konining mansub minerallaridan biri xromshpinelidlar (Mg, Fe) (Cr, Al, Fe) $2O_4$. bunday konlarga aloqador dunit-garsburgitli formatiya orogen o'lkalarda ba'zan orogen va platformalarning tutashgan joylarida yuzaga keladi. Bu formatsiyalarning egallagan maydonlari 1 – 50 km² gacha bo'ladi.

Platforma o'lkalarda yanada kattaroq maydonlarni egallaydi. Xromit konlarini yuzaga keltiruvchi dunit-peridotit formatsiyalarining har xil davrlarda yuzaga kelgan: Hindistonda – to kembriy, Uralda – kaledon davri, Eron, Turkiyada – gertsin davri hamda Albaniya, Yugoslaviya va boshqalarda alp davri yuzaga kelgan. Shunday xromit konlaridan biri sifatida Qozog'iston Respublikasida joylashgan Kampirsoy koni. Intruzivning egallagan maydoni 920 km² bo'lib, o'rab turgan metamorfik jinslar kembriy davriga mansub. Intruzivni tashkil etgan jins peridotitlardan iborat bo'lib, tarkibida (% hisobida): olivin-79,0; rombik piroksen – 19,5; xromshpinelidlar-1,5, magma'dan keyingi jarayonlarning ta'siri o'zgarib ikkilanchi minerallar: serpentin – 68, bastit – 7,5, tremolit – 3,5, talk – 2, xlorit – 0,5 yuzaga kelgan. Bulardan dastlab forsterit, xromshpinelidlar, keyin rombik piroksen, platinoidlar hosil bo'lgan.

Olivin (Fo90-20Fa10-20) dunit va peridotitlarning asosiy qismini tashkil qiladi. U panidiomorf ko'rinishda bo'ladi. Olivinning aksariyat qismi serpentinlashgan.

Xromshpinelid-dunit-garsburgit formatsiyalariga mansub mineral. Xromshpinelidlar ba'zan olivindan oldin, ba'zan undan ozroq keyin yuzaga keladi. Bu guruhga oid minerallarning barchasi tabiatda bir xil

sharoitda hosil bo'ladi va ularning tashqi belgilari bir-biriga o'xshab ketadi, shunga ko'ra, ularni bir-birlaridan kimyoviy tahlilsiz ajratib bo'lmaydi. Dunit-garsburgit formatsiyalaridagi xromit minerallari quyidagi asosiy mineral turlaridan iborat: xromit FeCr_2O_4 , magnoxromit- $(\text{Mg,Fe})\text{Cr}_2\text{O}_4$ alyumoxromit- $\text{Fe}(\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$, xrompikotit- $(\text{Mg,Fe}) (\text{Cr,Al})_2\text{O}_4$. Bulardan ko'proq uchraydiganlari xromshpinelidlar bo'lib, tarkibdagi xrom oksidining miqdori ancha o'zgaruvchan-18% dan 62% gacha. Xromshpinelidlar deyarli o'ta asos jinslar tarkibida tarqoq donalar holida va shuningdek, uya, linza, ustunsimon, shaklli yaxlit uyumlar holida uchraydi. Bular bilan doimo och yashil serpentin, xromli xlorit, ba'zan zumrad yashil rangli granatlar bilan uchraydi. Xromshpinelidlar bilan platina minerallari ham birga uchraydi.

Piroksenlarning ushbu formatsiyada ikki turi-rombik (enstatit, gipersten va bronzit) va monoklin (diopsid-gedenbergit qatori) ishtirok etadi. Rombik piroksenlar yaqqol o'zining shaklida uchraydi. Monoklinalllar esa ular oralarida yoki chekka qismlarini ishg'ol etadi.

Serpentin-olivin hisobiga o'zgarishi natijasida yuzaga keladi va o'z navbatida quyidagi xillar-antigorit va lizarit ba'zan tolasimon xrizotil yuzaga keladi.

Platinoidlar-poliksen xili tarkibida temir miqdori -5-12%, mis-0,5-12%, iridiy-7%, osmiy iridiy-15%. Bundan tashqari, iridiyli platina (iridiy miqdori 10-30%) uchraydi. Platina minerallari biroz magnitli xususiyatga ega.

Platinaning minerallari oz miqdorda xromshpinelidlar orasida, aksariyat qismi formatsiyalarga mansub bo'lgan piroksenlardan keyin yuzaga keladi. Ushbu formatsiyalarga mansub bo'lgan platinaning boshqa xillari-misli platina kuprum platina (Cu-10-12%), nikelli platina (Ni-3-5%) turlari birga hosil bo'ladi. Yuqorida bayon etilgan minerallar bilan birga kam miqdorda oltingugurtning temir, mis, nikel va boshqa birikmalarini uchratish mumkin. Demak, dunit-garsburgitli formatsiyalari oralarida joylashgan xrom, platina ma'dan konlariga mansub minerallardan - olivin (Fo90-95 Fa10-5), xromshpinelidlardan iridiy va osmiyli xillari bo'lishi mumkin.

Asos intruziv jinslar bilan bog'liq konlar-ilmenit-titanomagnetit minerallar assotsiatsiyalari. Ilmenit, titanomagnetit minerallari gabbro, norit, piroksenit, anortozitlar orasida turli shakllarda-linzasimon, uyasimon, ba'zan tomirsimon ko'rinishda uchraydi. Titanomagnetit, ba'zan ilmenit, magnetitlar oralarida izomorf aralashma hosil qiladi. Yuqori haroratda izomorf qatorini tashkil qilgan bu minerallar harorat sekin-

asta pasayishi bilan alohida ilmenit va magnetitlarga ajraladi. P.Ramder olib borgan eksperimental ishlarning natijasida ma'lum bo'lishicha 800° atrofida ilmenit va magnetit aralashgan holda, 600-700°S haroratda ilmenit va magnetitlarga ajraladi.

Ushbu peridotit-gabbro formatsiyalarida mineral tarkibi quyidagicha: olivin (Fo50-40) – piroksen-ilmenit-magnetit-plagioklaz (2-jadval). Peridotit-gabbro formatsiyalariga bog'liq ayrim konlarning qisqa bayoni beriladi. Bushveld (Janubiy Afrika) koni gabbro-noritlar orasida joylashgan bo'lib, egallagan maydonining uzunligi 20-25 km, qalinligi-0,5-0,6 m. Ma'dan tarkibida Fe-50-60%, Ti-16-20%, Cr2O3-30-33%, platina miqdori It jinsida-10-15 g.

36-jadval

Peridotit-gabbro formatsiyalariga bog'liq konlarda titan miqdori
(% hisobida)

Formatsiya turlari	TiO2 miqdori	Konlar
Peridotit-gabbrolardagi ilmenit-titanomagnetit	12-18	Kusinsk, Kachkanar, Medvedovsk (Ural), Bushveld (Janubiy Afrika)
Gabbro-anortozitdagi ilmenit-magnetit	7-20	Tegaus (AQSH), Telness (Norvegiya)
Anortozitdagi ilmenit-gematit	20-25	Lak-Tio, Pyuidjelan (Kanada)

Kusinsk koni (Janubiy Ural) gabbrolar orasida ma'dan ikkita bo'lakka bo'linadi. Ularning uzunligi 2-3 km ni, qalinligi o'rtacha 3 m ni tashkil etadi. Ma'dan tarkibida magnetit 60-70%, ilmenit-20-30%. Lak-Tio Kanada) anortozitlar oralarida linzasimon va uyasimon ko'rinishda joylashgan bo'lib, maydoni 2,5x1,5 km atrofida. Ushbu konga xos xususiyatlardan biri – ma'danlarning intruziv jinslarda bir tekis tarqalganligi ushbu konning tektonik sharoitda yuzaga kelganligini ko'rsatadi. Bu konni hosil qilgan peridotit-gabbro formatsiyalarida kristallanish differensiyasi oqibatida intruzivning pastki qismi dunit, peridotit, yuqori tomoni gabbro, anortozit orqali qizil granitlarga o'tadi. Ma'dan anortozitlar oralarida joylashgan ilmenit tarkibida TiO2-25-32%, Fe2O3-40-45%. Ushbu elementlarning zaxirasi 120-150 mln. tonnani tashkil etadi. Peridotit-gab-

bro formatsiyalari bilan bog'liq bo'lgan ilmenit-titanomagnetit konlarida ma'danlarning tarqalishi hol-xol (xoldor), ba'zan uyasimon, ba'zan tomirsimon shakllarda uchraydi. Ilmenit, magnetitlardan tashqari pirit, xalkopirit, pirrotin uchraydi. Ma'dan minerallarning silikat minerallardan keyin hosil bo'lganligini ko'rsatadigan belgi sideronitli tuzilish (struktura) hosil qiladi, ya'ni piroksen va plagioklazlarning oralarida yuqorida ko'rsatilgan ma'dan minerallar sement vazifasini bajaradi.

Peridotit-piroksenitlar bilan aloqador pirrotin-pentlandit-xalkopiritlarning hosil bo'lishi. Dunyoda olinadigan 65% nikel magma evaziga hosil bo'ladigan mis-nikel sulfid ma'danlaridan olinadi. Bu minerallar olivin, rombik va monoklin piroksenlar bilan birga uchraydi. O'ta asos va asos jinslar tektonik xarakatlarning so'ngida orogening platformaga o'tish davrida va platforma harakatlarining faollashgan joylarida maydonga keladi. Yerning tarixiy taraqqiyot jarayonida hosil bo'lgan rivojlanishida mis-nikel sulfid konlari juda uzoq geologik o'tmishda proterozoydan mezokaynozoygacha paydo bo'lgan. Bu konlarning xususiyatlaridan biri qatlamsimon intruziv jismlarda uchraydi.

Intruzivlarda yuzaga kelgan tektonik zarbalar, ma'dan jismlarda ham takrorlanadi, ularning o'zaro uzviy bog'liqligini ko'rsatadi. So'z yuritilayotgan ma'dan konlarining minerallari asosan pirrotin, pentlandit, xalkopirit. Magnetit hamda pirit, kubanit, nikelin, millerit, violarit, platina guruhi minerallari, ba'zan xromit, nikel va kobalt arsenidlari, galenit, sfalerit, bornit va boshqalar.

O'ta asos va asos magmaning likvatsiya yo'li bilan tarkibiy qismlarga ajralishi natijasida yuzaga kelgan pentlandit-xalkopiritli ma'dan uyumlari magma natijasida hosil bo'lgan konlarning ayrim xili hisoblanadi. Ma'lumki magma haroratning pasayishi natijasida bir-birlariga aralashmaydigan sulfidli va silikatli qismlarga ajraladi. Magmaning bunday qismlarga ajralish sabablari ko'pchilik olim va mutaxassislarning e'tiborini o'ziga tortgan. Bu sohada N.Fogt, P. Ramdor, Y.Olshanskiy, M.Godlevskiy, A.Betextin va boshqalarining izlanishlari katta ahamiyatga ega. Likvatsiya'ning geokimyoviy sababi magmadagi oltingugurt, temir, magniy va kremniy miqdorining oshishi bilan bog'liq. Misol: silikatli magmada temir ko'p bo'lishi, sulfidlarning eruvchanlik darajasini oxshiradi. Magmaning sovishi va qotishi jarayonida temir miqdorining kamayib borishi sulfidli qotishmalarning ajralishiga va bir yerga yig'ilib qolishiga olib keladi. Magmaning silikatli va sulfidli qismlarga ajralishi tajribalar

osida tekshirilgan. Jumladan, Norvegiya olimi X.Fogt 1923 va rossiyalik I.I.Olshanskiyning 1947 yillarda olib borgan eksperimental ishlari 15000 t undan yuqori haroratda va ma'lum miqdordagi mineralizatorlarning ishtirokida sulfidlarning magmada erigan holda bo'lishini va haroratning o'zgarishi sulfidlarning eruvchanligini kamayishiga va keyinchalik ularni likvatli qismlardan ajralib ketishiga olib keladi. Likvatsion jarayonning o'zlashtiruvchi paytlarida sulfidlar tomchidek, moshdek bo'lib, silikat jinslar orasida tarqalgan bo'ladi. Ba'zan, ular ayrim joylarda to'planib har xil o'lchamli-kichiklikdagi va turli shakldagi uyumlar hosil qiladi. Xuddi shu yo'l bilan mis-nikel konlari hosil bo'ladi.

Bu konlarda nikelning miqdori – 0,5-1,5%, Cu-0,5-2%, Co-0,12%. shbu elementlarning nisbati Ni:Cu 1:1, 1:2, Cu:Co 20:1dan 40:1gacha o'zgarib turadi. Bundan tashqari, platina 4,5-5 gr (1 tonnada), oltin – 0,5 gr iqdorda ishtirok etgan. Albatta, barcha ma'dan konlarida ham keltirilgan elementlarning miqdori bir xil bo'lishi shart emas. Bu ma'dan tarkibidagi mis va nikel minerallardan tashqari olivin, piroksenlarning ishtirok etishi muhim xususiyatlaridan biri hisoblanadi.

Dunyodagi yirik likvatsion ma'dan konlarining misoli sifatida Norilsk, Norilsk, Kola yarim orolidagi Monche-Tundra, Kanadagi Syodberi va Janubiy Afrikadagi Insiz konlarini ko'rsatish mumkin. Likvatsion konlarning eng yiriklaridan biri Kanadagi Syodberi konidir.

Likvatsion yo'li bilan yuzaga kelgan konlarning barcha ma'dan minerallari orasida oltingugurtli birikmalar ishtirok etadi. Shuning uchun likvit-peridotit formatsiya jismlar tarkibidagi oltingugurtning kelib chiqishi barcha mutaxassislarning e'tiborini tortgan. Keyingi yillarda olingan ma'lumotlarga qaraganda intruziv jinslardagi oltingugurt izotoplarning miqdori meteoritlamikiga juda o'xshash. Bunday o'ta asos jinslar orasida ajralib chiqadigan sulfid ma'dan konlarining magmalar bilan uzviy bog'liq bo'lishida paydo bo'lishini ko'rsatadi (37-jadval).

37-jadval

Konlar	Namunalar soni	SS34%
Syodberi (Kanada)	32	0.26
Insizva (Janubiy Afrika)	6	0.26
Pechenga (Rossiya)	3	0.23
Norilsk (Rossiya)	15	0.24
Monche-Tundra (Rossiya)	2	0.18

Nefelinli sienitlar bilan bog'liq apatit konlarning hosil bo'lishi. Ishqorli magmatik jinslar Yer yuzida bir tekis tarqalmagan. Ularning eng katta miqdori – Markaziy Kola yarim orolida joylashgan. Bu o'lkada 20 dan ortiq intruziv jinslar bo'lib, eng yiriklari Xibin va Lovazer. Ushbu ishqorli intruzivlar bilan dunyodagi eng yirik nefelin-apatit-sfen konlari yuzaga kelgan.

Xibin intruzivi Imandra va Umbozer ko'llari oralarida joylashgan. U lakkolit shaklida ochiq halqasimon ko'rinishda. Bu massiv proterozoy granito-gneyslarning ichida joylashgan. Xibin intruzivi to'rt xil jinslardan iborat va ularning hosil bo'lishi quyidagi ketma-ketlikka ega: xibinitlar, iyolit-urtit, rischorrit va fayaitlar. Bulardan xibinitlar intruzivning cho'kindi jinslar bilan tutashgan joylarda joylashgan. Uning tarkibi: dala shpatlari-40-45% va rangli minerallar (egirin-avgit, arfvedsonit) 15%. Ikkinchi darajali minerallar-sfen, evdialit, apatit, titanomagnetit. Rischorritlar yirik donador kulrang, ba'zan yashil rangli. Unda nefelin miqdori 50% gacha bo'ladi. Ikkinchi darajali mineral-evdialit, sfen, ba'zan rinkolit bo'ladi. Apatit va sfen konlarining aksariyat qismi rischorrit va iyolit-urtit oralarida joylashgan. Apatit va sfen konlari zanjirsimon bo'lib, quyidagi alohida konlardan iborat – Risvumchorr, Yuksior, Kukisvumchor, Kuelpor. Ushbu konlarni tekshirish natijalaridan ma'lumki, apatit konlari urtit-iyolitning ustki qismida bo'lib, rischorritlar bilan qoplanadi.

Apatit-sfen konlari linzasimon shakllarda uchraydi. Ularning ayrimlari – Kukisvumchorr-Yuksior bir necha linzadan iborat. Ularning uzunligi 4-5 km va qalinligi 200 – 400 m ni tashkil etadi. Apatit konlarida egirin, titanomagnetit, evdialitlar uchraydi. Apatit miqdori 50 – 75% ni tashkil etadi. Apatit konlarining yuzaga kelishi to'g'risida fikrlar ko'p. Keyingi maxsus izlanishlarning natijasi bo'yicha Xibin intruzivi ichida joylashgan barcha linzasimon konlar magmatogen yo'l bilan urtit-iyolit formatsiyalari evaziga hosil bo'lgan. Konni tashkil qiluvchi ayrim minerallarning bayoni keltiriladi.

Apatit-shakarsimon oq va qumoq-qumoq, ba'zan kulrang, yashil, hatto qora. Yashil va qora rangli apatit tanalarida mayda, tolasimon egirin va titanomagnetit joylashadi. Tarkibi bo'yicha fluor-apatit. Ba'zan kalsiy o'rnida stronsiy bo'lishi mumkin.

Nefelin-yog'langandek seziladi. U izometrik, ba'zan cho'zinchoq apatitlar bilan aralashib yotadi. Nefelin egirin evaziga yashilroq ko'rinadi.

Sfen-qo'ng'ir. ba'zan qizg'ish, ninasimon, ba'zan prizmatik ko'rinishda. Rangining o'zgarishi izomorf qo'shimchalarga bog'liq.

Egirin-ninadek ingichka, ba'zan cho'zinchoq prizma holda uchraydi.

Evdialit-malina rangiga o'xshash, cho'zinchoq, ba'zan tolasimon.

Kalishpat optik xususiyatlariga binoan ortoklaz va miroklinlardan iborat.

11.4. Pegmatit jarayonlar. «Pegmatit» atamasini birinchi marta R. J.Gayui (1743-1822) tomonidan fanga kiritilgan va «dala shpatlari va kvars» minerallaridan tashkil topgan jins deb qaralgan. Yunoncha «pegmatit» – kvars va dala shpatlarining mustahkam birikmasini anglatadi. Pegmatitlarni geologik jism sifatida o'rganish XIX asrda V.K.Breger (1851-1932), K.G.Rozenbush (1836-1914), G.L.Fogt (1858-1932), XX asrning o'rtalarida Rossiya olimlari A.E.Fersman, D.S.Korjinskiy, A.N.Zavariskiy, K.A.Vlasov va boshqalar batafsil o'rganishgan.

Pegmatit jinslar magmatik jarayonlarning oxirgi bosqichida faol va uchuvchan komponentlarga boy bo'lgan qoldiq «pegmatit»simon magma'dan yuzaga keladi.

Pegmatitlar geologik jism sifatida yirik kristallangan mineral uyumlaridan tashkil topgan hamda tomirlar yoki har xil shaklli uyumlar bo'lib uchraydi.

Pegmatit mahsulotlarning asosiy qismi nordon va ishqorli jinslar bilan uzviy bog'liq. Ko'p hollarda ularning birlamchi magmatik jinslarga nisbatan keyingi bosqichda yuzaga kelganligi yaqqol ko'rinish turadi. Pegmatitlarning mineralogik va kimyoviy tarkibi ona jinslarga yaqin bo'ladi va ular benihoya yirik donador agregatlardan iboratdir.

Pegmatit tabiatda keng tarqalgan, shuning uchun mutaxassislarni o'ziga jalb qilgan. Pegmatitlarning ahamiyati sanoat va texnikada benihoya katta. Tarkibining asosiy qismini tashkil etuvchi dala shpatlari va kvars chinni va shisha mahsuloti, slyudalar elektrotexnika xizmatida, qolgan minerallardan kam va tarqoq elementlar litiy, rubidiy, berilliy, niobiy, tantal, sirkoniy, gafniy va siyrak elementlarini olishda asosiy manba bo'lib xizmat qiladi. Bundan tashqari, tarkibidagi qimmatbaho minerallari: zumrad, sapfir, rubin, topaz va boshqalar zargarlikda ishlatiladi. Mineral hosil qiluvchi jarayonlar juda murakkab bo'lib, yuqori haroratda (A.E.Fersman bo'yicha 700 – 1500) bir necha ming atmosfera bosim ostida va ancha chuqurlikda (A.Ginzburg bo'yicha 2 – 3 km) sodir bo'ladi.

Pegmatitlarning hosil bo'lishi masalasini butunlay hal qilingan deb bo'lmaydi. Ularning hosil bo'lishi to'g'risida ikkita qarama-qarshi fikrlar mavjud. Bulardan A.E.Fersman – «pegmatitlar» yengil uchuvchan va faol elementlarga boy qoldiq pegmatit magmaning kristallanish mahsuloti, deb qaragan. Ikkinchi, A.N.Zavaritskiy fizik-kimyoviy mulohazalarga asosan minerallarning yirik kristallari magmada to'plangan qoldiq va gaz ishqoriy faol elementlarning ta'sirida ona jinslarning qayta kristallanishi natijasida yuzaga kelishi mumkinligini bayon etdi. Pegmatitlar intruziv jinslar bilan chambarchas bog'langan bo'lib, ona jinslardan shakllarning tomirsimon, uyasimonligi hamda ularning ichki tuzilishi, jins hosil qiluvchi minerallarning benihoya kattaligi bilan ajraladi. Tabiatda tarqalgan pegmatitlar nordon magmatik jinslar bilan bog'liq bo'lib, granit-pegmatitlari, deb nom olgan.

Granitli pegmatitlar nordon tarkibli intruziv jinslar oralarida cho'kindi va intruziv jinslar tutashgan joylarida, ba'zan intruziv oralarida tomirsimon ko'rinishda bo'ladi. Pegmatitning aksariyat qismi dala shpatlari va slyudalardan tashkil topgan.

Pegmatitlarga xos xususiyatlardan biri tarkibidagi minerallarning yirik kristallanishidir. Masalan, pegmatitlarda balandligi 2 m dan ortiq kvars, 5 – 5,5 m lik berill, 14 m spodumen, muskovit va biotitlar, ba'zan 7 – 10 m² kenglikda uchraydi. Ayrim minerallarning og'irligi juda katta – kvars – 750 kg dan 10 tonnagacha, topaz 60 kg gacha, dala shpatlariniki esa 5-10 tonnagacha boradi.

Pegmatit qotishmalarida N₂O, SO₂, SO, NSI, N₂, O₂, V, SI, S lar ko'p miqdorda uchraydi. Faol elementlar, uchuvchi gazlar va qaynoq parlar magmaning kristallanish haroratini va yopishqoqligini kamaytiradi. Agar magma tarkibida 1% suv bo'lsa minerallarning kristallanish harorati 30 – 50° pasayadi, N₂O miqdori 10 – 12% bo'lsa harorat 300 – 400oga tushadi. Yuqorida bayon etilgan suv miqdorining ortishi pegmatitlarni tashkil etuvchi minerallarning kristallanish haroratini kamaytiradi hamda magmani suyuqlantiradi, bu esa pegmatitsimon magmaning mayda darzlik va yoriqlar orqali qatlamlarini kesib jadal sur'atlar bilan yuqori tomon intilishga ko'maklashadi. Pegmatitlarning shakli oddiy va murakkab ko'rinishda bo'ladi. Murakkab tuzilgan tomirlar mayda bo'lib, tomirlar guruhini, tizimini hosil qiladi. Bulardan tashqari yotqiziq, linza, karnaysimon, ustunsimon ko'rinishda ham bo'ladi. Pegmatit shakllarning o'lchamlari turlicha bo'lib, uzunligi bir necha santimetrdan to bir necha metrgacha

boradi. Masalan, G'arbiy O'zbekiston granitlarda tomirsimon pegmatitlar uzunligi 200-300 metrgacha. Ayrim yiriklari, Sibir o'lkasidagi Mamsk-Chuysk hududlaridagi pegmatitlarning uzunligi 300-350 km, eni 35-60 km. pegmatit shakllarining muhim xususiyatlaridan biri ularning cho'ziqligi va eni bo'yicha asta-sekin torayib borib to'xtashidir.

Pegmatitlarni o'rganish borasida A.E.Fersman katta ilmiy ishlar qiladi. U o'z davrigacha bo'lgan pegmatitlar geologiyasi, mineralogiyasi va geokimyosi sohasida materiallarni to'plab, ularning hosil bo'lish jarayonlarini nazariy jihatdan asosladi.

A.E.Fersman fikricha pegmatitlar fizik-kimyoviy sharoitning yopiq holatida yuzaga keladi va o'z navbatida magmatik, epimagmatik (magma'dan keyingi), pnevmatolit va gidrotermal pog'onalarga va ular 10 ta geofaza bo'limlariga (A.V,S,D,E,F,G,N,J,K) ajratdi. Ushbu ajralish haroratning sekin-asta pasayishi natijasida yuzaga keladi. Geologik muhitlarning bayoni quyidagicha ifodalandi.

A geofazasi magmatik bo'lib, 900 – 800°S haroratda magmaning sovib kristallanishiga to'g'ri keladi.

V geofazasi epimagmatik deyilib, 800-700°S mayda donali applitlar hosil qiladi.

S geofazasi pegmatitli bo'lib, 700 – 600°S kvars va dala shpatlari bir vaqtning o'zida kristallanadi va bir-birlari bilan qonuniy o'sishgan o'simtalar hosil qilib pegmatit strukturasi yaratadi.

D va E geofazalari 600-500°S yengil uchuvchan birikmali yirik kristalli minerallar, kvars, dala shpatlari, biotit, muskovit, turmalin, topaz, berill minerallari yuzaga keladi.

F va G geofazalarida 500-400°S haroratda eritmalarining ta'siri ostida o'rin almashish sharoiti yuzaga keladi va pertitlar paydo bo'ladi. (Kaliyli dala shpatlarida nordon plagioklaz o'simtasi hosil bo'ladi). Ushbu sharoitda litiyli minerallari-spodumen, lepidolit, ambliganit, rubellit (gunafsha turmalin) hosil bo'ladi.

N, J, R-gidrotermal geofazalari-magmalardagi eritma holidagi suv parlari haroratning pasayishi natijasida suyuqlik gidrotermaliga aylanadi va ular o'z navbatida: N-yuqori haroratli 400°S – 300°S, J-o'rta haroratli – 300 – 200°S va K-past haroratli 200 – 50°S ga bo'linib, ushbu sharoitlarga mos keladigan mineral guruhlar hosil bo'ladi.

A.E.Fersman pegmatitlarning sanoatda ahamiyatiga qarab quyidagi turlarga bo'lgan:

1. Topaz-berill pegmatitlar. Bu pegmatitlar deyarli mikroklin va kvarsning yirik kristallaridan iborat bo'lib, ularning oralarida, ba'zan bo'shliqlarida och rangli topaz va berilning (ekvamarin xili) chiroyli, ajoyib tuzilgan kristallari uchraydi. Bulardan tashqari albitning o'ziga xos plastinkasimon kristallari turmalin va lepidolitning kristallari goho kassiterit, kolumbit va tantalit bilan birgalikda goho biotit, muskovit va turmalinning yaxshi kristallari bilan birga uchraydi.

2. Turmalin-muskovitli pegmatitlar (Mamsk-Vitinsk hududi) muhim sanoat ahamiyatiga ega. Ushbu turning tarkibi plagioklaz (nordon), mikroklin va kvars hamda muskovitning yirik kristall uyumlari yuzaga keladi. Bular bilan birgalikda turmalin, apatit, granat, ortit, monasit, sulfid minerallari uchraydi. Pegmatitlarning xalq xo'jaligida ahamiyati katta.

3. Kamyob va nodir elementli pegmatitlar. Ularning minerallari: kolumbit, tantalit, ilmenit, rutil, sirkon, ilmenit, torit, gadolinit, ferg-yusonit, samarskit, evksenit, eshinit, kassiterit, monasit, ksenotim, ortit, uranitlar hosil qilib yuzaga keladi. Bular bilan birgalikda, ba'zan apatit, granat, turmalin, berill, xrizoberill, fenakit, gelvin, topaz, flyuorit, karbonatlar, sulfidlar uchraydi.

4. Litiy minerallardan iborat pegmatitlar spodumen, lepidolit, ba'zan litiy fosfatlari (ambligonit, litiofillit), qizil (rubellit), ko'k, yashil turmalin, rangsiz, pushti berill (vorobevit), spessartin, marganesli yashil apatit, kassiterit, pollutsit, sirkon, monasit, flyuorit kabi minerallari to'plamini o'z ichiga oladi. Bu turdagi pegmatitlarda litiy, marganes, kalsiy va seziylarning ortiqroq miqdorda uchrashi bilan boshqalardan ajralib turadi.

Tabiatda pegmatitlar ba'zan magmatik jinslarning yon-atrofini o'rab turgan cho'kindi jinslarga kirib borgan vaqtlarida, ularning mineral tarkibi ona (granitoid) jinslar ichida yotgan pegmatitlar tarkibidan ancha farq qiladi. Minerallar paragenезisi (yaqin sharoitda hosil bo'lgan) bunday holda yon jinslar bilan eritmalarining o'zaro natijasida yuz beradigan reaksiyalarning faol bo'lishidan dalolat beradi. Minerallarning shunday guruhlarining tarkibida faqatgina magmaga xos elementlarga emas, balki yon jinslarda ko'proq tarqalgan kalsiy va magniy oksidlari ham ishtirok yetadi. Yon jinslarning o'zi ham pegmatitlar bilan tutashgan joylarida o'zgarib ketadi. Pegmatitlarning bunday turi A.E.Fersman bo'yicha «chatishgan» qatoriga kiradi va yuqorida ko'rib o'tilgan «asl» pegmatitlardan ancha farq qiladi.

11.5. Kontakt-metasomatik jarayon – skarn hosil bo'lish sharoiti.

V.Fuks XIX asrning boshlarida birinchi marta «kontakt-skarn konlari» atamasini yaratdi. Keyinchalik B.Kogtt, 1864, A.Groddek, 1877 va boshqalar skarnlar nordon magmaning cho'kindi jinslar bilan tutashgan joylarida yuzaga keladi. Bu sohada jahon geologlari katta ilmiy izlanishlar olib borib, kontaktli metasomatik jarayon nordon, o'rta va ba'zan asosli intruziv magma sovishi va kristallanishida, ularni o'rab turgan tutash cho'kindi-karbonatli (ohaktosh, dolomit) va ba'zan mergel va gilli jinslar bilan o'zaro munosabati tufayli yengil uchuvchan yon jinslar tomon harakat qilib, ularga kimyoviy ta'sir ko'rsatadi va kontakt metamorfizmi deb yuritiluvchi jarayon yuzaga keldi.

Shuning bilan birga eritma singib borayotgan yon jinslarda (yuqori qismida-intruziv shiplarida) kimyoviy reaksiyalar sodir bo'ladi. Metamorfizm darajasi va yuzaga kelgan mahsulotlarning tarkibi haroratdan ko'ra, ko'proq eritmaning kimyoviy faolligiga va u bilan reaksiyaga kirishadigan jinslarning tarkibiga bog'liq.

Kuzatishlardan ma'lum bo'lishicha jinslar bilan kontaktdagi jinslar orasida eng ko'p va intensiv o'zgarishlar ohaktoshlar va ohakli jinslarda yuz beradi. Bunday holda reaksiyalar natijasida metasomatoz deb ataluvchi kimyoviy almashishlar yo'li bilan asosan Ca,Fe,Al va boshqa elementlarning silikatlaridan tarkib topgan skarnlar hosil bo'ldi. Shu sohada mutaxassislarning fikricha, bir vaqtning o'zida shu jarayonning boshlanish davrigacha qotib kristallanib bo'lgan intruziv jinslarda ham kontakt bo'ylab o'zgarishlarning yuz berishi xarakterlidir. Shu bilan birga magmatik jins minerallari karbonat qatlamlaridagi elementlardan kalsiy, magniy, temirlarning kelib qo'shilganligini ko'rsatib turuvchi tarkibi yangi hosil bo'lgan jinslar bilan almashinadi.

Tabiatda uchraydigan skarnlar tarkibiga ko'ra, magniyli va kalsiyli xillarga bo'linadi (38-39-jadvallar).

Skarnlar muammosini yechishda Rossiya akademiklari – D.S.Korjinskiy, V.A.Jarikovlar ulkan ilmiy nazariya yaratishdi. Ular jahon miqyosida mavjud skarnlarni ikki har xil yo'l bilan diffuzion va infiltrasiya natijasida yuzaga kelishini bildirishdi.

Bulardan birinchisi diffuzion (bimetasomatoz) kontakt bo'ylab ikkala qarama-qarshi tomonga, ya'ni magma'dan cho'kindi jinslar tomon ajralib chiqayotgan yuqori haroratli eritmalar – faol elementlar, gaz va suv parlari harakat qilsa, o'z navbatida, cho'kindilardan magma tomon faol elementlar

harakati tufayli paydo bo'ladi. Ikkinchisi: infiltrasiya yo'li magmadan yon-atrofdagi jinslarga qarab siljuvchi komponentlarning o'zaro qo'shiluvidan paydo bo'ladi.

Skarlarning aksariyat qismi ekzoskarnlar deyiladi. Bular dolomit va karbonatlar oralarida kontakt bo'ylab, goho 10 – 100 metrdan bir necha kilometrgacha ro'y berishi mumkin. Tabiatda kamroq bo'lsa-da, endoskarnlar ham uchraydi. Ular kalsiyga to'yingan intruzivlarning oralarida magmaning so'ngida ro'y beradigan jarayonda hosil bo'ladi.

38-jadval
Magniyli skarnlar va ularga mansub minerallar

Mineral birikmalar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
Silikatlar	Forsterit, rombik piroksen, granat	Montichullit, plagioklaz, skapolit, sfen.
Gidrosilikatlar	Serpentin, amfibol, flogopit, gummit	Pargasit, biotit, xlorit, epidot, talk.
Oksidlar	Sheelit, magnetit, gematit, shpinel	Periklaz, brusit
Sulfidlar	Pirit, pirotin, xalkopirit	Markazit, bornit

39-jadval
Kalsiyli skarnlar va ularga mansub minerallar

Mineral birikmalar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
Silikatlar	Monoklin piroksen, granat, vollostanit	Plagioklaz, sillimanit, andaluzit, sfen, danburit
Gidrosilikatlar	Amfibol, vezuvian, epidot, xlorit	Aktinolit, dolomit, antofillit, biotit, talk
Oksidlar	Sheelit, magnetit, gematit, kvars	Shpinel, perovskit
Sulfidlar	Pirit, xalkopirit, pirotin, sfalerit, molibdenit, galenit, arsenopirit	Markazit, kovellin, bornit, xalkozin, vismutin, kobaltin, millerit

Skarn jinslarning shakli xilma-xil. Bulardan keng tarqalganlari qatlamsimon, linzasimon, ba'zan trubkasimon, tomirsimon ko'rinishda.

Baʼzan qatlamsimon skamlarning egallagan maydoni: uzunligi 2 – 5 km va qalinligi 500 – 700 metrgacha. Skamlar bilan bogʻliq ravishda yirik maʼdan konlari yuzaga keladi (6-jadval).

40-jadval
Dunyodagi skarn konlarning zaxiralari

Kon turlari	Konlar zaxiralari (ming tona hisobida)	
	Yiriklari	Kichiklari
Volframli	50	1 – 15
Polimetalli	1000	50 – 200
Temirli	200.00	2500 – 100000
Misli	10-30	3 – 5
Flogopitli	200-400	10 – 50

Bulardan tashqari, skamlar bilan bogʻliq ravishda oltin, molibden, qalayi, bor va boshqalar hosil boʻladi.

Skamlarni tashkil etuvchi mincrallar bir necha millimetrdan 1-2 sm gacha boʻladi. Baʼzan yirik kristallar hosil qilib 10-15 sm, goho 30-50 sm boʻladi. Skamlar tuzilishi: dogʻsimon, yoʻlaksimon, ammo koʻproq massiv (yaxlit) holda uchraydi. Skamlar koʻproq zonal tuzilishda boʻladi. D.S.Korjinskiy Uraldagi Turinsk konida intruzivdan ohaktosh tomon quyidagicha oʻzgarishni va ketma-ketlikni aniqladi: kvarslı diorit ® kamroq oʻzgargan diorit ® piroksen-granatli skarn ® granatli skarn ® piroksenli skarn. Ushbu yoʻnalish boʻylab plagioklaz tarkibidagi anortit molekulasi ortishi va granatlar grossulyardan andratitga oʻtishini bayon etgan. Oʻrta Osiyo volfram skarn konlarini kuzatishlar natijasida X.M.Abdullayev ularda uchraydigan oʻzgarishlarni aniqladi, ular oʻzgargan granitlar®endoskarnlar (granatli, granat-epidotli®granat-piroksenli®volostonitli skarn®marmarlashgan ohaktoshlar). Magnezial skamlarni chuqur oʻrgangan N.P.Persev ulardagi oʻzgarishlarni quyidagicha ifodaladi: granitlar®piroksen-dolomitli skamlar®shpinel-piroksenli skamlar®shpinel-forsteritli skamlar.

Skamlar bilan xilma-xil maʼdan konlari bogʻliq. Ularning ayrimlarining geologik hollari bayoni keltiriladi.

Temir skarn konlari. Ushbu turdagi maʼdan konlari Rossiyada Blagodat, magnitli, Visokiy, Kochar, Qozogʻistonda Sokolov, Sorbay;

G'arbiy Sibirda Temirtau, Tashtagol, Shalim, Sheregesh; Sharqiy Sibirda Korshunov, Gorsk; Markaziy Qozog'istonda Keng-Tepa, Atonsor. Ushbu temir konlar diorit, montsonit, plagiogranit, plagiosienit va granitoidlar bilan ohaktoshlarning oralarida (tutashgan joylarida) hosil bo'lgan. Bu konlarning uzunligi bir necha kilometracha va eni hamda qalinligi bir necha yuz metracha cho'ziladi. Skam temir konlarining zaxirasi 400-600 mln. tonna va ularda temir miqdori 35 – 55% bo'ladi.

Mis konlari. Skamlarda mis konlari keng tarqalgan. Bularga Uraldagi Turinsk; Qozog'istonda Chotarkul, Echkiolmas; AQSHda Bishop, Klifton, Merivil, Santa-Elamiya; Meksikada Tasu Imperial-Kanada; Banat-Ruminiyada hamda Shvetsiya, Finlyandiya, Peru, Boliviya, Chili, Eron, Indoneziya va Avstraliyada mavjud. Skamlar ohaktoshlarning granodiorit, plagiogranit va granosienitlar chegaralarida hosil bo'lgan. Ushbu konlarga mansub minerallar xalkopirit, pirit, pirrotin, bornit, sfalerit va molibdenitlar birga uchraydi.

Volfram konlari. Bu turdagi konlar ayrim o'lkalarda mintaqalar hosil qiladi va ma'lum bir geologik qurilmalarga bog'liq bo'lib uzoq masofalarga cho'zilib yuzaga keladi. Ulardan eng yiriklari O'zbekistonda Qo'ytosh, Ingichka, Langar, Yaxton volfram konlari tizimi. Rossiya yada Sixote-Alinda, Yakutiya, Zabaykale o'lkalarida mavjud. AQSHda (Mills Siti va Bishop), Xitoy, Koreya, Mongoliya, Birma, Indoneziya, Yaponiya hamda Turkiyada keng tarqalgan. Skam-volfram konlari granodiorit, adamellit, monositlarning karbonatlar bilan chegaralarida yuzaga kelganligi kuzatilgan. Ushbu volfram konlariga xos xususiyatlardan skamlar-piroksen-granat, amfibol-granat-vollostonitli va granatli bo'lib, magnetit va gematit minerallari kam miqdorda bo'lib, ular sheelit va molibdenitlardan ancha keyinroq yuzaga kelgan. Bu konlarda sulfid minerallari ham ancha keng tarqalgan.

Qo'rg'oshin, rux, skam konlari, keng tarqalgan. Bularga Markaziy Osiyo respublikalaridagi Qizil Espe, Aksoran, Oltintopgan, Kansay, AQSHda Lourens, Bingem, Eronda Ravaj, Turkiyada Oqtog' va boshqalar. Skam jismlarini yuzaga keltirgan intruziv jinslar granodiorit-porfir, granit-porfirlar Yer yuziga yaqin masofalarda hosil bo'lgan. Skamlar tarkibida galenit, sfalerit, barit, pirrotin, xalkopirit, arsenopirit, pirit, argentit, vismutinlar ishtirok etadi. Ushbu turdagi konlarga Oltintopgan koni misol bo'la oladi. Bu kon yuqori paleozoy granitoidlari bilan devon va quyi toshko'mir davr ohaktoshlarning chegaralarida yuzaga kelgan. Bu chegaralar bo'ylab tektonik yoriqlar va darzliklar keng tarqalgan.

11.6. Gidrotermal minerallarning hosil bo'lishi

"Gidrotermal" tushunchasi ikki grekcha soʻzdan (gidro – suv; termos – harakat; harorat) olingan boʻlib, "issiq suv" maʼnosiga ega boʻlganiga qaramay, geologiyada "issiq kimyoviy eritmalar" tushunchasini beradi. Maʼlumki, postmagmatik suyuqliklar avvaliga magmatik oʻchoqlardan ajralgan paytlarida gaz holatiga ega boʻladi va ularning harorati tabiiy, kritik harorat (400°S – geologiyada qabul qilingan kritik harorat) baland boʻladi. Soʻngra ular nisbatan sovuq boʻlgan togʻ jinslaridagi buzilish zonalari tektonik yoriqlar, yer yoriqlari va gʻovaklari orasida siljishi natijasida oʻz haroratlarini pasaytira boradi. 400°S chegarasidan oʻtayotganlarida, gaz holatlarini yoʻqotib, eritma holatiga oʻtadi va oʻz harakatlarini davom ettiradi. Ana shunday suyuqliklar gidrotermal eritmalar deb ataladi. Ular murakkab tarkibga ega boʻlib, asosini tashkil etuvchi suvdan tashqari, turli jins va maʼdan komponentlariga boy boʻladilar. Gidrotermal eritmalariga baland harorat va katta bosimdan tashqari kimyoviy reaksiyalarga kirishib, natijada bir xil komponentlarini tashlab yoki togʻ jinslaridan oʻzlashtirib olgan komponentlarga boyib, oʻz xususiyatlarini va tarkiblarini oʻzgartira boradilar. Bu hodisalar gidrotermal eritmalarining 400° dan 50°S gacha boʻlgan oraligʻida yuz beradi. Ushbu eritmalar togʻ jinslari orasida turli maʼdanlar toʻplanishi va foydali qazilma konlari tashkil topishi mumkin.

Gidrotermal konlar tabiatda eng koʻp tarqalgan boʻlib, juda katta nazariy va amaliy ahamiyatga ega. Ulardan hozirgi vaqtda qora va le-girlovchi (Fe, Mn, Co, Ni, W, Mo) va rangli (Cu, Pb, Zn, Sn, As, Bi, Hg, Sb) asl (Au, Ag), radioaktiv (U) metallar, siyrak eritmalar (selen, tellur va boshqalar), foydali qazilmalar – flyurit, barit, optik, kvarts, magnezit, asbest kabilar qazib olinmoqda.

Gidrotermal konlarni hosil qiluvchi eritmalar turli chuqurliklardagi magma va undan kristallanayotgan magmatik konlari bilan bogʻliq boʻlganlari uchun, gidrotermal konlari ikki guruhga boʻlinadi: 1 km dan 5 – 7 km gacha boʻlgan chuqurlikda joylashgan magmatik jins massivlari yoki plutonlari bilan bogʻliq boʻlgan gidrotermal konlarni chuqurlikdagi yoki plutogen gidrotermal konlar deb ataladi.

Har ikki kon hosil qiluvchi gidrotermal eritmalar oʻz haroratlarini va bosimlarini doimo pasaytira borganliklari, uyushmalari turli harorat yuzaga kelganligi uchun plutonegen va vulkanogen gidrotermal konlarini tashkil etadi va haroratiga qarab 3 turga boʻlinadi:

Yuqori haroratli gidrotermal konlari (400°S-300°S).

O'rta haroratli gidrotermal konlari (300°S-200°S).

Past haroratli gidrotermal konlari (200°S-50°S).

11.7. Mineral hosil qiluvchi ekzogen jarayonlar

Quruqlikda atmosfera agentlari (havodagi kislorod, karbonat kislota, suv) bilan mikroorganizmlarning hayotiy faoliyati ta'sirida nurash jarayoni degan umumiy nom bilan ataluvchi kimyoviy jarayon yuz beradi. Bu endogen jarayonlar natijasida hosil bo'lgan mineral va jinslarning hammasi fizik-kimyoviy jihatdan nurab ketishiga ayni bir vaqtda Yer yuzida dunyoga kelgan yangi sharoitlarda barqaror bo'lgan yangi mahsulotlarning hosil bo'lishiga olib keladi.

Shu mahsulotlarning bir qismi yer yuzidagi oqim suvlar bilan erigan holda yoki mayda zarrachalar holatida olib keltiriladi va yo'l-yo'lakay suvning tezligi sekinlashgan joylarda-soylarda, ko'l va dengiz havzalarida ular yotqiziladi. Bu yerda ham o'ziga xos mineral hosil qiluvchi jarayonlar yuz beradi va uning natijasida cho'kindilar suv havzalari tubiga cho'kadi va qatlamlar hosil bo'ladi. Bunga cho'kindi hosil qiluvchi jarayon deb aytiladi.

Nurash jarayonlari avvalo tog' jinslari va rudalarning harorati o'zgariishi natijasida sodir bo'ladigan mexanik parchalanishda o'z aksini topadi, bu jins tashkil etuvchi kengayish koeffitsienti turlicha bo'lgan minerallarni darzliklar va g'ovaklarda muzlab qolgan suv va boshqa faktorlar ta'sirida ajralib ketishga olib keladi. Biroq nurab borayotgan minerallarning tarkibida erigan holda kislorod, karbonat kislota ham boshqa gazlari bo'lgan yomg'ir va Yer yuzidagi suvlar ostida kimyoviy parchalanishi yanada muhimroqdir. Shunga ko'ra, bu suvlar ancha kuchli oksidlantirish va qaytarish qobiliyatiga ega bo'ladi. Grunt suvlari sathigacha singib tushib borayotgan bu suvlar tarkibidagi kislorod sodir bo'layotgan oksidlanish, gidratlanish va karbonatlanish jarayonlari sabab sekin-asta yo'qola boradi.

Yuzaga kelgan erituvchi birikmalar va ba'zi minerallarni yuvib ketib g'ovaklar, ba'zan katta bo'shliqlar (karst-g'or) hosil bo'lishiga sabab bo'ladi. Bu bo'shliqlarning devorlari ko'pincha kolloidal oqiq-quyilma jinslar yoki qandaydir ekzogen minerallar kristallaridan iborat cho'tkalar yoki nihoyat, tuproqdek ohaksimon mahsulotlar bilan qoplangan bo'lishi mumkin. Birmuncha osonroq eruvchan jinslar ko'p yuvilib ketgan joylarda katta-katta g'orlarda (gips bilan ohaktosh qatlamlarida) ularning yuqori qis-

midagi tuproqning cho'kkanligi, ba'zan esa o'pirilishidan hosil bo'lgan voronkalar ko'rinadi.

Yerning ustida o'sayotgan o'simlik qoplami shu bilan birga har xil organik moddalar ham eritmaga o'tib, jins va ma'danlarning kimyoviy parchalanish jarayonlarini ancha tezlashtiradi.

Kimyoviy barqaror minerallar (kvars, oltin, platina va boshqa minerallar), shuningdek, yangidan hosil bo'lgan qiyin eruvchan minerallar Yer yuzida qoldiq mahsulotlar orasida to'planib boradi va har xil och-to'q rangli, ko'proq temir gidrooksidli va qo'ng'ir rangga bo'yalgan gilsimon massalar ko'rinishida uchraydi.

Shunday yo'l bilan yer yuzida yoki shunga yaqin joylarda to'planib borayotgan erimaydigan kimyoviy nurash mahsulotlari, ko'proq gidrooksidlar va gidrosilikatlar uyumlaridan iborat qoldiq konlarini hosil qiladi. Masalan, gil, kaolin, boksit, temir, nikel va boshqa tarkibiga ko'ra, shularga mos keladigan, ba'zan ancha katta maydonlarni egallagan tog' jinslarning kuchli parchalanishi natijasida paydo bo'ladigan rudalarning ko'pgina konlar shular jumlasiga kiradi.

Kimyoviy nurash qandaydir foydali qazilma koni ustida ro'y bersa, yuzaga kelgan qoldiq mahsulot shlyapalar (qoplam) deb aytiladi (temir, marganes, gips va boshqalar shlyapalari). Bu shlyapalarda qolgan foydali qazilmaning ayrim komponentlarining miqdori yuvilish hisobiga ko'ra, birlamchi parchalanmagan rudalarga, ya'ni grunt suvi sathidan pastda yotgan rudalarga qaraganda ancha ortiq bo'lib qoladi. Ba'zi yuvilib ketadigan metallar, ayniqsa, mis, shuningdek, ruh, kumush va boshqalar suvli eritma sifatida oksidlanish zonasining pastki qismlariga, ya'ni grunt suvi sathiga siljib borib birlamchi rudalar yoki kimyoviy faol yon jinslar (ohaktoshlar) bilan reaksiyaga kirishini ko'rsatib o'tish kerak. Mis sulfid konlarida shunday paytlarda ikkilamchi sulfidli boyish zonasi hosil bo'lib, zona rudalaridagi mis miqdori ancha ortadi.

Kimyoviy nurash jarayonlarida iqlimiy omillar (yillik o'rtacha harorat va yog'ingarchilik miqdori) katta rol o'ynaydi. Namgarchilik kam va yillik o'rtacha harorat yuqori bo'lgan paytlarda oksidlanish va kimyoviy birikmalarning to'planishi birmuncha tezroq boradi. Bunda o'sha joyning reliefi ham katta ahamiyatga egadir. Tog'li hududlarda erozion faoliyat kuchli bo'lganligi uchun kimyoviy nurash mahsulotlari to'planib ulgurmay yuvilib ketadi. Relyefi past bo'lgan hududlarda butunlay boshqacha holni ko'ramiz. Nurash jarayonida yuzaga kelgan konlarning shakli odat-

da unchalik to'g'ri bo'lmagan uyasimon yoki qatlamsimon uyumlardan iborat bo'lib, yerning yuzasiga birmuncha parallel ravishda yotadi. Katta-katta yoriqlar, maydalanganda jinslar zonasi bo'ylab hamda fizik va kimyoviy xususiyatlari turlicha bo'lgan jinslar kontakti bo'ylab, ya'ni yer yuzi nurash agentlari chuqurroq bora oladigan joylarda tik joylashgan, chuqurlasha borgan sari ingichkalanadi, yo'q bo'lib ketadigan ma'dan mahsulotlari uyumi yuzaga kelishi mumkin.

Cho'kindi hosil qiluvchi jarayonlar suvli muhitlarda, daryo, ko'l va dengizlarda yuzaga keladi. Dengiz havzalarida shu jarayonlar hamma geologik davrlarda ham juda qalin cho'kindi jins qatlamlarining yuzaga kelishiga sabab bo'lgan. Bular mexanik va kimyoviy cho'kindilarga bo'linadi.

Mexanik cho'kindilar nurash mahsulotlarining yuvilib, kimyoviy barqaror minerallari bilan tog' jins parchalarining shag'al, qum va qumli gillar shaklida daryo vodiylarida ham suv havzalarida qayta yotqizilishi natijasida hosil bo'ladi. Agar tarkibida kimyoviy barqaror qimmatli minerallari bo'lgan kon va jinslarning nurash mahsuloti yuvilsa, u holda bularning qayta yuvilishi va mahsulotning solishtirma og'irligiga ko'ra, taqsimlanib qayta yotqizilishi natijasida daryo vodiylarida ko'pincha sanoat ahamiyatiga ega bo'lgan sochilma konlar hosil bo'ladi. Oltin, platina, olmos va boshqalarning sochilma konlari shular qatoriga kiradi.

Mexanik cho'kindilar to'planishi jarayonlarida yangi minerallarning hosil bo'lishi yuz bermaydi. Jins parchalarida bo'lgan ayrim keyingi kimyoviy o'zgarishlar ba'zan qadimiy sochilmalardagina kuzatiladi.

Kimyoviy cho'kindilar asosan ko'l va dengiz havzalarida yuzaga keladi. Cho'kindilarning hosil bo'lishi turlicha yo'llar bilan sodir bo'lishi mumkin: tuzlar bilan to'yingan eritmalarining kristallanishi yoki gillarga aylanib borayotgan kolloid mahsulotlarning cho'kishi, yoxud organik dunyo hayotiy faoliyati mahsulotlari va organik qoldiqlarning to'planishi yo'li bilan yuzaga keladi.

Kristallangan cho'kindilarning hosil bo'lishi qurib borayotgan ko'pgina ko'llarda uchraydi ularda quruq issiq iqlimli sharoitlarda yuzadagi bug'lanish quyilayotgan chuchuk suv oqimidan katta bo'ladi.

Suvli eritma birmuncha o'ta to'yinishi bilan tuzlar kristallana boshlaydi. Minerallarning birin-ketin o'sish tartibi (N_2O) kuchli bug'lanayotgan paytda sistemalar muvozanatining ikkita asosiy omili: eritmalar tarkibi, to'g'rirog'i shu sistemaga kiruvchi komponentlar konsentratsiyasi-

ning o'zaro nisbati va kristallanishi yuz beradigan eritma harorati bilan belgilanadi. Dengiz suvlarida Sa , Mg , K va Na sulfat va xlorit tuzlarining muvozanat sharoitlari har xil konsentratsiya va haroratlarda Vant-Goff, N.S.Kumakov va boshqa ko'pgina olimlar tomonidan batafsil tekshirilgan.

Kolloidal cho'kindilarning ko'l va dengiz havzalarida hosil bo'lishi ancha murakkab jarayon bo'lib, bu hodisa har tomonlama yetarli darajada tekshirilgan emas. Nurash natijasida yuzaga kelgan ba'zi birikmalarining faqat haqiqiy eritmalar shaklida emas, chuchuk suvlardan barqaror bo'lgan kolloid eritmalar-zollar shaklida oqava suvlar bilan olib ketilishi aniqlangan. Bu eritmalar yerning ustki suvlari bilan birga dengiz suvlariga quyilib, erigan tuzlar ionlari shaklida dengiz suvlarida juda ko'p miqdorda bo'lgan elektroidlar ta'sirida ularning koagulyatsiyalanishi yuz beradi. Temir, marganes, kremniy va boshqa elementlar oksidlari kolloid eritmaları xuddi shunday yo'l tutadi.

Hosil bo'lgan gellar daryo suvlari oqizib kelgan zarrachalari, mayda jins parchalari va dengiz organizmlari qoldiqlari bilan birga kichik qatlamlar yoki birmuncha qalin to'g'ri-tekis qatlamlar shaklida suv havzalari qirg'oq bo'yi zonalarida tubiga yotqiziladi. Vaqt o'tishi bilan shu cho'kindilarda ba'zi o'zgarish (diagenesis) va ularning zich massalariga aylanish jarayonlari yuz beradi.

Cho'kindi marganes konlari misolida cho'kindilardagi minerallar paragenetik assotsiatsiyalarining suv havzalari tubidagi cho'kindi hosil qiluvchi fizik-kimyoviy sharoitlar bilan bog'liq ravishda qonuniy o'zgarishi aniqlangan. Qirg'oqqa yaqin sayoz joylarda to'rt valentlik marganesning kislorodga boyroq birikmalari tarqalgan bo'lib, ular qirg'oq chizig'idan uzoqlashgan sari siyrak temir sulfidlari bilan birga topiladigan ikki valentli marganes karbonatlari bilan sekin-asta almashina boradi. Suvi sayoz joylarda cho'kindilarning to'planishi dengiz suvida ma'lum chuqurliklarga erigan holda kislorod kelib turgan sharoitlarda sodir bo'lsa kerak, birmuncha chuqur suvli joylarda kislorod yetishmagan va organik qoldiqlar karbonat kislotalar bilan qisman vodorod sulfid hosil qilib parchalangan. Buning hisobiga karbonatlar bilan bir qatorda oltingugurtli birikmalar yuzaga kelgan bo'lsa kerak. Shuning natijasida tarkibiga ko'ra, xilma-xil (oksid va karbonat) bo'lgan rudalar fatsiyalari vujudga kelgan. Oksid, silikat va karbonatlardan iborat fatsiyalarning borligi qadimdan ma'lum bo'lgan temir konlarida xam turli tarkibli cho'kindilar o'zaro xuddi shunday munosabatda bo'lsa kerak.

Dengiz havzalarining chuqur joylarida va okeanlarda yuz beradigan jarayonlar natijasida foydali qazilmalar hosil bo'ladi.

Organizmlarning juda murakkab hayotiy faoliyatlari natijasida hosil bo'ladigan organogen yoki biogen cho'kindilar qatoriga dengiz jonivorlari skelet mahsulotlarida tarkib topgan ohaktoshlar, kremniyli skeletlaridan tashkil topgan diatomitlar; asosan o'simlik, qisman hayvon organizmlari hisobiga vujudga kelgan kaustobiolitlar (grekcha «kaustos»-yonuvchi demakdir) yuzaga keladi. Masalan, qazilma ko'mir, yonuvchi slaneslar, yonuvchi gazlar, qattiq bitumlar shular jumlasidandir.

Organogen cho'kindilar qirilib borayotgan hayvonlar skeletlarining (chig'anoqlarining) yuqori yoki quyi o'simliklar to'qimalarining to'plani-shi (torf, sapropel) yo'li bilan hosil bo'lishi mumkin. Shuningdek, ularning o'zi organizmlar hayotiy faoliyatining natijasi bo'lishi mumkin. Masalan, anaerob bakteriyalar organik qoldiqlar yoki sulfatlarni parchalab, nihoyat shu jarayon natijasida oltingugurt uyumlari hosil qiladi. Nihoyat, bakteriyalar faoliyati mahsuloti hisobiga laboratoriya sharoitlarida ferrobakteriyalar uchun isbot qilingandek tugunchasimon mahsulotlar ham yuzaga kelishi mumkin.

Keyingi qayta tug'ilishlar davomida ana shu cho'kindilarning bir xillari anorganik mahsulotlarga aylanadi (masalan, fosforitlar), boshqa xillari esa anorganik birikmaligicha qolib ketadi (toshko'mir va boshqalar).

11.8. Regional metamorfizm va uning bilan bog'liq bo'lgan mineral hosil qiluvchi jarayonlar

Endogen singari ekzogen jinslarning ham juda katta o'zgarishi regional metamorfizm deb ataluvchi jarayonlarda yer qobig'ining yuqori qismlari tektonik harakatlar natijasida chuqurlikka tushib qolgan paytlarda, ya'ni juda yuqori harorat va bosim sharoitlarida yoki tog' hosil qiluvchi qudratli jarayonlar namoyon bo'lgan sharoitlarda boshlanadi.

Bunday sharoitlarda tog' jinslari bilan rudalarning kimyoviy va mineral tarkibi, shuningdek, xususiyatlari bilan tashqi shakli ham ko'p o'zgaradi. Ekzogen sharoitlarda yuzaga kelgan suvga boy birikmalar suvsiz yoki kam suvli birikmalarga aylanib qoladi (masalan, opal-kvarsga, limonit-gematit yoki magnetitga aylanadi va h.k.). Shu bilan bir paytda moddalarning qayta kristallanishi yuz beradi (masalan, organogen ohaktosh avvalgi struktura xossalarini yo'qotib marmarga aylanadi). Ko'pgina jinslarda jumladan, magmatik jinslarda komponentlarning yangi minerallar

hosil qilib to'liq qayta guruhlanishi yuz beradi. Gips, sof tug'ma oltingugurt, osh tuzi va shu kabilar ba'zi bir minerallar metamorfik jins qatlamlarida mutlaqo uchramaydi. Kimyoviy reaksiyalar yuqori bosim va haroratlar ta'sirida hajmi kichik va solishtirma og'irligi ortiqroq bo'lgan minerallar hosil qilish tomonga qarab intiladi. Minerallar paragenezisi metamorflanuvchi jinslar tarkibi bilangina emas, balki ko'p jihatdan metamorfizm sodir bo'layotgan chuqurlik ya'ni termodinamik sharoitlar bilan ham bog'liq bo'ladi.

Jinslarning o'zi kuchli dinamik ta'sir ostida yassi parchalarga va plitkalarga ajralish qobiliyatiga ega bo'lgan slaneslarga aylanadi (gil slaneslar, aspid slaneslar, slyudali slaneslar, gneyslar va boshqlar). Agar yupqa qatlamli cho'kindi jinslar metamorfizm ta'siriga berilsa, shu bilan birga bosimning yo'nalishi qatlamlar bilan mos yoki shunga yaqin kelsa, u holda qatlamlar egilib, juda mayda burmachalar hosil bo'ladi.

Mineral moddalarning qayta guruhlanishida N_2O , SO_2 kabi komponentlar bilan boshqa mineralizatorlar shubhasiz rol o'ynaydi va ularning yordamida faqat moddalarning qayta kristallanishigina emas, balki metasomatoz hodisasi, hattoki mineral moddalarning qayta yotqizilishi ham sodir bo'ladi. Bunda magmatik jinslarga yoki metamorfizmga beriladigan jinslarning o'zi N_2O va SO_2 manbayi hisoblanadi. Ba'zi jinslardan, ayniqsa, cho'kindi jinslardan ular massasining qayta kristallanib suvsiz minerallar agregatiga aylanishi jarayonida juda ko'p miqdorda suv bilan qisman karbonat kislota ajralib chiqadi. Yuqori harorat va bosim sharoitlarida shu metamorfik suv genezisi jihatidan magmatik intruzivlar faoliyati bilan bog'liq bo'lgan o'ziga xos gidrotermallarning hamma xususiyatlariga, ya'ni minerallarni ortiqcha eritish qobiliyatiga, darzliklar bo'ylab, yoki metasomatoz yo'li bilan siljitish va yotqizish qobiliyatiga ega bo'lishi kerak. Biroq bu metamorflanuvchi jinslarning magmatik suv bug'lari bilan ayniqsa, nordon magmatik jinslarning katta-katta intruzivlari ko'tarilgan hududlarda singdirilishi mumkinligi ham inkor etilmaydi.

Metamorphlashgan qatlamlarda uchraydigan foydali qazilma konlari genetik belgilariga muvofiq quyidagi turlarga ajratiladi: a) metamorphlashgan konlar, ya'ni metamorfizmga qadar mavjud bo'lgan konlar (masalan, temir va marganes cho'kindi konlari) va b) faqat metamorfizm jarayonidagina vujudga kelgan metamorfik konlar.

Organik qoldiqlari hisobiga metamorfik qatlamlarda hosil bo'lgan grafit shu keyingi turdagi konlar uchun misol bo'la oladi. Yashirin kris-

tallangan va o'simlik izlari saqlanib qolgan grafitning toshko'mir qatlamlari hisobiga paydo bo'lgan hollari ham bo'lganligi ma'lumdır. (Uralning Sharqiy yon bag'irlaridagi metamorfik qatlamlarda). Bunday paytlarda grafit yangidan hosil bo'lgan jins sifatida bo'lib, endi u avvalgi xususiyatlari tubdan o'zgarib ketganligi va yengil-uchuvchan moddalarini yo'qolganligi natijasida yonuvchi foydali qazilma bo'lib qola olmaydi.

Mineralogik jihatdan ahamiyatga ega bo'lgan «alp tipidagi tomirlar» deb aytiladigan tomirlar ham huddi shu tipga mansubdir (nomi birinchi topilgan joyiga qarab berilgan). Shu tomirlarda xilma-hil minerallarning juda ko'rkam kristallari topilganligi mineraloglarning e'tiborini qadimdan o'ziga jalb etib kelmoqda.

Shu tomirlar metamorfik qatlamlarda jinslarning qatlamlanish tekisligiga ko'ndalang ravishda yuzaga kelgan yoriq bo'shliqlari bilan bog'liq bo'ladi. Shunday tomirlar tarkibining eng xarakterli xossasi shuki, bularda metamorfizm jarayonida atrofidagi jinslarda yuzaga kelgan minerallar taxminan nisbatlarda kristallanadi. Faqat tarkibida Ti, P, Ci, B va boshqa elementlar ishtirok etuvchi yengil eruvchan minerallar darzlarda jinslar orasida kam uchraydigan yon jinslardagiga qaraganda birmuncha ko'proq miqdorda topiladi. Shunisi xarakterliki, bu jarayonlarda magmatik suvlarining ishtirok etishi mumkin ekanligi inkor etilmasa ham, ularning genezisi jihatidan nordon magma intruziyasi gidrotermal faoliyati bilan bog'liq ekanligini ko'rsata oladigan kimyoviy elementlar va minerallar (masalan, oltin, kumush, qo'rg'oshin, rux, qalay, volfram va boshqa elementlar minerallari) odatda uchramaydi.

Metamorfik jinslardagi ingichka darzlar mineral moddalar bilan butunligicha to'ldiriladi. Masalan, kulrang marmarlardagi oq rangli kalsit tomirchalari, qizil yashmalardagi sutdek oq rangli kvars tomirchalari va boshqalar. Shu bilan birga shu tomirchalardagi kristall donalari atrof jinslardagiga qaraganda doimo yirikroq bo'ladi.

11.9. O'zbekiston hududida topilgan minerallar

Chuqur geologik tadqiqotlar natijasida respublikamizda 701 ga yaqin mineral va ularning 141 yangi turlari o'rganildi. Jumladan, 13 ta mineral va ularning 5 ta yangi xillari dunyoda birinchi marta aniqlangan.

Avisennit – tarkibida katta miqdorda (86 – 88%) talliy oksidiga ega bo'lgan mineral. Birinchi marta 1956 yili X.N.Karpova va V.F.Savelevlar Zirabuloq tog'lari, Juzumli qishlog'i yaqinida silur davriga mansub ohak-

toshlardagi limonitlashgan kalsit tomirlari ichidan topishgan. Shu bilan birga dolomit, ankerit va boshqa temirli minerallar borligi ham aniqlangan. Avisennit mayda kubchalar shaklidagi kristallar holida uchragan. Rangi kulrang-qo'ng'ir tovlanuvchi qora. Metallsimon yaltiroq, mo'rt, notekis sinadi. Qattiqligi 3 bilan 5 o'rtasida. Solishtirma og'irligi 10,42. Kristallar sarg'ish qo'ng'ir parda bilan qoplangan. Mutaxassislar tomonidan mukammal o'rganib chiqilgan bu mineralga buyuk mutafakkir Abu Ali ibn Sinoning Yevropada tarqalgan nomi (Avitsenna) berilgan.

Birunit – dunyoda birinchi marta 1955 yili O'zbekiston Fanlar akademiyasi Geologiya va geofizika instituti xodimlari S.T.Badalov va I.M.Golovanovlar tomonidan Olmaliq shahri yaqinidagi Qo'rg'oshinkondan topilgan. Birunit oq rangda, xira yaltirovchi tolasimon agregatlar holida uchraydi. Kimyoviy xususiyati kalsiy silikati, kalsiy karbonati va kalsiy sulfatidan iborat. Qattiqligi-2, solishtirma og'irligi-2,36, xlorid kislotasida eriydi. Aniqlanishicha birunit, konlarning oksidlanish zonasida gausmanit deb ataluvchi mineralning o'zgarishi natijasida hosil bo'ladi. Topilgan yangi mineral taniqli ensiklopedist olim, buyuk alloma va mineralogiya sohasida ko'plab asarlar yaratgan mutafakkir Abu Rayhon Beruniy nomi bilan atalgan. Bu mineralning topilishi yer sathidan chuqurroq joylarda hali oksidlanmagan ma'danli jinslar borligidan darak beradi.

Uklonskovit – mineralogiyada suvli sulfatlar deb ataluvchi guruhga mansub mineral bo'lib, 1964 yili geolog M.E.Slyusareva tomonidan Amudaryoning quyi oqimida joylashgan uchlamchi davrga mansub gillar ichidan glauberit, astraxanit, poligalit kabi tuzlar bilan birga topilgan. Mineral prizma shaklidagi shaffof, shishasimon yaltiroq kristall holida bo'lgan. Bu kristallar gillar ichidagi yoriq va bo'shliq devorlarini qoplab olgan. Solishtirma og'irligi 2,42, uncha kuchli bo'lmagan kislotada eriydi. Suvda erimaydi. Kimyoviy tarkibining asosiy qismini natriy, magniy oksidlari va oltingugurt ангидриди tashkil qiladi. Uklonskovit tuz konlari paydo bo'lishi jarayonidagi bosqichlarni aniqlashga imkon yaratadi hamda ma'lum darajada yirik xomashyolar manbaini topishga yordam beradi.

Sho'rsuvit – bu mineral "achchiqtosh" nomi bilan qadimdan O'zbekistonda ma'lumdur. Sho'rsuvit dunyoda birinchi marta 1995 yili N.T.Vinichenko tomonidan o'rganilgan va fanga kiritilgan. Kimyoviy tarkibi magniy, temir, natriy-sulfatidan iboratdir. Shuningdek, 12% alyuminiy ham bor. Rangi oq, ba'zan kulrangroq xillari ham bo'ladi. Ipakdek tovlanib turadi. Tolasimon kristallarining uzunligi 10 millimetr bo'lib,

uncha qattiq emas, suvda yaxshi eriydi. Mazasi nordon, og'izni burishtiruvchi xossaga ega. Sho'rsuvitda achchiqtoshlarning barcha xususiyatlari mavjud bo'lib, paydo bo'lish jarayoni ham unga o'xshashdir. Bu minerallar asosan yer po'stining ustki qismida ma'danli konlarning oksidlanish zonasida, ikkilamchi kvarsitlar (masalan, alunit) bor joylarda hamda oltingugurt konlarida hosil bo'ladi. Shu konlardagi oltingugurt yoki pirit (temir kolchedani)ning oksidlanishi tufayli paydo bo'ladigan sulfat kislotaning shu atrofidagi serisit gilli minerallarga ta'siri natijasida achchiqtoshlar, shu jumladan, sho'rsuvit minerali shakllanadi. Bu mineral bilan birga gips, oltingugurt, selestin, yarozit kabi minerallar ham uchraydi. Ularni yer yuzasidan 10 metr chuqurlikda uchratish mumkin.

Aniqlangan yangi mineral muallif taklifiga ko'ra, topilgan joyi - Sho'rsuv koni (Farg'ona viloyati) nomi bilan atalgan.

Ustarasit Toshkent viloyati Bo'stonliq tumanidagi Ustarasoy qishlog'idagi vismut konida topilganligi uchun ham shu nom bilan atalgan. Ustarasit 1955 yili birinchi marta M.S.Saxarova tomonidan topildi. Keyinchalik E.A.Dunin-Barkovskaya, R.I.Nazarova va boshqalar tomonidan mukammal o'rganilgan vismut uchun xomashyo hisoblanadigan mineraldir. Kimyoviy tarkibi qo'rg'oshinli vismut sulfididan iborat bo'lganligi uchun uni uzoq vaqt «qo'rg'oshinli vismut» deb yuritilgan. Yuzaki qaraganda ustarasitni vismutdan farq qilish ancha qiyin. Ko'pincha, uzunligi 1,5 santimetrga yetadigan prizmasimon kristallar holida uchraydi. Qattiqligi 2,5 rangi to'q kulrang, metallsimon yaltiroq. Yaxshi tozalangan yuzasiga konsentrlashgan azot kislotasi tomizilganda qaynab, qora tusga aynalib qoladi. O'tkazilgan kimyoviy tahlil yordamida tarkibida 10-51%dan 13-14% qo'rg'oshin, 60-10% dan 65-33% gacha vismut borligi aniqlangan. Aralashma sifatida juda oz miqdorda mis, kumush, surma va margimush ham bo'ladi. Ustarasit margimush-vismut konidagi gidrotermal tomirlarda sheelit, pirit, pirrotin, kvars ankerit kabi minerallar bilan birga uchraydi. Ustarasit yer yuzasida va yer po'stining oksidlanish zonasida o'zgarib, vismut gidrokarbonatlariga aylanadi.

Gidroglauberit deb nomlanuvchi mineral ko'pchilikka ma'lum bo'lgan tuz konlarida tez-tez uchrab turadigan glauberit tuzining suvli birikmasi hisoblanib, mutloq yangi mineral sifatida 1969 yili M.N.Slyusareva tomonidan aniqlangan. Bu mineral Qoraqalpog'istondagi Borsakelmas, Qoraumbet kabi joylarda uchraydi. Qorsimon, tolasimon oq mayda kristallar hosil qiladi. Solishtirma og'irligi 1,5; quruq havoda buzilmay, lekin sal nam tegishi bilan tezda erib ketadi.

Gips yoki glauberit tuzi tarkibida natriy-sulfat bor eritmalarning ta'sir etishi natijasida paydo bo'ladi. Tuz konlarining paydo bo'lish tarixi va tarqalish xususiyatlarini bilib olishda muhim rol o'ynaydi. Mineralga berilgan nom uning kimyoviy tarkibiga moslab qo'yilgan.

O'zbekit – birinchi marta 1926 yili I.D.Kurbatov (Qorachatir va ke-yinchalik Og'aliqda), S.T.Badalov (Nurota tog'larida), E.A.Konkovalar (Qizilqumda) tomonidan topilgan. Rangi to'q-yashil, qattiqligi-3, plastinkasimon kristallar holida uchraydi. Kimyoviy xususiyati jihatdan misning suvli vanadati guruhiga kiradi. Mis oksidining miqdori 30 – 37% dan 44 – 69%gacha, suvniki esa 6 – 07% dan 12 – 98%gacha o'zgarib turadi. Suvning oz yoki ko'pligiga qarab, bu mineral «alfa» va «beta» turlarga ajratiladi. Bulardan tashqari uning tarkibida juda oz miqdorda magniy, stronsiy, bariy, titan, marganes va nikel bo'lishi ham mumkin.

O'zbekit vanadiyli qora ko'mirsimon slaneslar oksidlanishi natijasida paydo bo'ladi. Birinchi marta O'zbekistonda topilgani uchun shu nom bilan atalgan.

Konnalit. Markaziy Qizilqumdagi Qopqatosh (Kokpatos)da 1966 yili O'zbekiston fanlar akademiyasi Geologiya va geofizika instituti xodimi A.Q.Qosimov, 1968 yili D.A.Saxor Navqat (Farg'ona vodiysi)da uzoq vaqt tadqiqot ishlari olib borishlari natijasida topishgan. Bu mineral ilgari AQSH, Angliya va Afrikada ham topilgan edi. Rangi och lojuvard, ko'kimsimon, oynasimon yaltiroq. Uncha qattiq emas, ba'zan shaffof kristallari ham uchraydi. Tarkibida 54% mis, juda oz miqdorda magniy, titan, marganes, nikel, molibden, kumush, surma ham bor. Shuningdek, konnelit bilan birga malaxit va misning boshqa minerallari ham uchraydi. Bu minerallar oltinli sulfid konlarining oksidlanish zonasida birlamchi misli minerallarga sulfatli eritmalarning ta'sir etishidan hosil bo'ladi. Uning topilishi shu atrofda mis va oltin konlari mavjudligidan dalolat beradi.

Xalkofanit ham birinchi marta A.Q.Qosimov tomonidan 1966 yili Qizilqumning Tesquduq degan joyidan topilgan. Fizik-kimyoviy xususiyati jihatidan mumsimon qora, ko'kish tovlanib turadigan plastinkasimon, kristallari uncha qattiq emas. Kimyoviy tarkibidagi asosiy komponent rux va marganes oksidlaridir. Shuningdek, oz miqdorda qo'rg'oshin, mis, nikel, kobalt va molibden ham bor. Xalkofanit ko'pincha, birlamchi ma'danli minerallarining o'zgarishidan hosil bo'ladi va o'ziga o'xshash ikkilamchi kalamın, gidrotsinkit, grinokit kabi minerallar bilan birga uchraydi.

Tintikit – suvli fosfatlar guruhiga mansub mineral bo'lib birinchi marta 1963 yili A.Q.Qosimov tomonidan Markaziy Qizilqumdagi ol-

tin konlarining biridan topilgan. O'z navbatida, bu topilma dunyoda ikkinchi hisoblanadi. Yashilroq tovlanuvchi tuproq rangida, tashqi shakliga qaraganda mineral gil moddaga o'xshab ketadi. Qattiqligi 2 – 2,5 atrofida. Tilga tekkizganda yopishadi. Kimyoviy tarkibida asosiy komponentlaridan tashqari stronsiy, marganes, titan, xrom, bariy, kumush, mis va boshqa elementlar mavjud. Tintikit oksidlanish zonasida hosil bo'ladigan minerallarning oxirgilaridan biri hisoblanadi.

Daloresit – dunyoda birinchi bor Ispaniyada topilgani uchun Ispaniya davlat arbobi Dolores Ibarruri nomi bilan atalgan. Bu mineral keyinchalik Qizilqumda qadimgi o'ta o'zgargan slaneslar ichidan I.G.Smislova tomonidan topilgan. U yashilroq tovlanadigan qora rangli, xira ignasimon kristallar holida aniqlangan. Kimyoviy tarkibiga qarab bu mineral murakkab oksidlar – vanadiyli gidrooksidlar guruhiga kiritilgan. Birlamchi minerallar o'zgarishidan paydo bo'lgani uchun daloresit uchragan joy atrofida vanadiyli minerallar uyumini topish ham mumkin.

AQSHning sobiq prezidenti Ruzvelt sha'niga atalgan Ruzveltit minerali ham birinchi marta bir guruh mineraloglar tomonidan Chotqol tog'laridan topilgan. Rangi oqish-kulrang, ba'zan och yashil, juda mo'rt, solishtirma og'irligi 5,37. Konlarning oksidlanish zonasida birlamchi minerallarning o'zgarishi natijasida uzumning shingiliga o'xshash oqiq va boshqa minerallar ustida yupqa hosil qiladi. Xlorid va azot kislotalarida yaxshi eriydi. Kimyoviy tarkibining asosiy qismini vismutin va margimush oksidi tashkil qildi.

Sampelit – birinchi marta 1942 yili Chilida va keyinchalik 1959 yilda mamlakatimizda birinchi bor taniqli mineralog M.I.Moiseeva Qurama tog'laridagi Qalmoqqir mis konidan uzoq vaqt ilmiy qidiruvlar natijasida topishga muvassar bo'lgan. Bu mineral suvli fosfatlar guruhiga mansub bo'lib, tarkibida 44%gacha mis oksidi, 34%gacha fosfat angidridi bor. Bulardan tashqari spektral tahlil yordamida juda oz miqdorda qo'rg'oshin, simob, sirkoniy, bariy, berilliy va boshqa elementlar borligi ham aniqlangan. Sampelit tabiatda oksidlanish zonasidagi temir qo'ng'irtoshi, kaolin kabi minerallar usti yupqa tuproqsimon po'stloqchalar holida uchraydi. Rangi och havorang, sadafsimon yaltiraydi. Uncha qattiq emas. Kislotalarda osongina eriydi. Sampelit topilgan joy tubida yoki shu atrofda mis uchun xomashyo hisoblanadigan ma'dan bor bo'lishi mumkin.

Koronadit minerali ham murakkab oksidlar – gidrooksidlar guruhiga mansub bo'lib, uni birinchi bor 1958 yili mineralog I.M.Golovanov

Olmaliqdagi Qo'rg'oshinkon – polimetall konining oksidlanish zonasidan topgan. Koronadit qora, po'latga o'xshash kulrang tusda bo'lib, mayda kristall donachalar holida uchraydi. Qattiqligi 4,5, kimyoviy tarkibining asosiy qismini qo'rg'oshin oksidi (27%gacha), marganes oksidi (24%gacha), marganes ikki oksidi (64%gacha) va suv (5%gacha) tashkil qiladi.

Xamrabaevit (Ti, V, Fe) C. O'zbekistonda birinchi marta R.G.Novgorodova, R.G.Yusupovlar tomonidan 1984 yili Chotqolning Arashan tog'ida bazalt porfiridlari tarkibida aniqlangan. Mineral nomi akademik I.X.Xamrabaev sharafiga qo'yilgan. Jahon mineraloglar jamiyati tomonidan 1986 yilda ro'yxatdan o'tgan.

Xamrabaevit tarkibida (% hisobida), titan-69,32, uglerod-20,05, temir-1,08, kremniy-0,1 uchraydi. Mineral kubik singoniyali, qattiqligi 9, rangi kulrang-qora, metallsimon yaltiroqlikka ega.

Kuramit $Cu_3 Sn S_4$ V.A.Kovalenker tomonidan 1979 yili Koch-buloq oltin konida topilgan. Mineral topilgan joy bo'yicha nomlangan (Qurama tog' tizmasi). Bu mineral oltin-sulfid-kvars konida pirit, tetradrit, xalkopiritlar bilan birga uchraydi. Kulrang mineral, qattiqligi -5, tarkibida (% hisobda): mis-36,54, qalayi-30,05 oltingugurt-28,02 miqdorda aniqlangan.

Biz yangi topilgan minerallar haqida qisqacha to'xtalib o'tdik. O'zbekiston Fanlar akademiyasining haqiqiy a'zosi, davlat mukofoti sohibi taniqli geolog olim I.H.Hamroboev (birinchi bo'lib ransetinni topgan), mineralog I.G.Smislova (dunyoda ikkinchi topilma-vanadiy mineralini aniqlagan), S.T.Badalov (1951 yili granatning vanadiyli turini topgan), L.N.Enikeeva (1977 yili topgan granatning xrom-vanadiyli yangi turini topgan), A.Q.Qosimov (mamlakatimizda birinchi marta Qizilqumdan sirilovit, scruleolaktit minerallarini topgan), U.Rahmedov (dunyoda birinchi marta lenneit-politimit guruhiga mansub yangi mineralni topgan), Z.I.Hamraboeva (xedliit mineralini aniqlab topgan) va boshqalarning izlab topgan ana shunday yangi mineral-qazilma boyliklari hozirgi vaqtda iqtisodiyotimizni yuksaltirishda juda katta rol o'ynamoqda. Bunday minerallar keng jamoatchilik, mineralog olimlar va shu sohaning mutaxassislari tomonidan e'tirof qilinib, tegishli ensiklopediyalarga, atlaslar va qo'llanmalarga kiritilgan.

11.10. Eng muhim minerallarning asosiy metallari (elementlari) bo'yicha ro'yxati.

Quyida tarkibida ko'proq miqdorda sanoat uchun muhim ahamiyatli biron metall (yoki masalan boratlardan bor kislotasi olingani kabi rudalarni

qayta ishlab olinadigan birikmalar) ishtirok etuvchi ba'zi bir minerallar guruhining ro'yxati beriladi.

Bu minerallar qatoriga ayrim ikkinchi darajali deb hisoblangan o'zicha ahamiyatga ega bo'lmagan, lekin asosiy minerallar bilan birga topilib, texnologik qayta ishlash jarayonida asosiy metall yoki birikmalar olish uchun qo'shimcha manba bo'lib xizmat qila oladigan tabiiy birikmalar ham qo'shilgan.

Har qaysi guruhdagi minerallar kimyoviy turiga qarab, shu darslikda qabul qilingan tasnif bilan yoziladi (sof tug'ma elementlardan boshlanadi va silikatlar bilan tamomlanadi).

ALYUMINIY

Kriolit-	Na_3AlF_6	Kordierit-	$\text{Al}_3(\text{Mg,Fe})_2[\text{AlSi}_5\text{O}_{18}]$
Korund-	Al_2O_3	Pirofillit-	$\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$
Shpinel-	MgAl_2O_4	Muskovit-	$\text{KAl}_2[\text{AlSi}_3\text{O}_{19}][\text{OH}]_2$
Gidrangillit-	$\text{Al}[\text{OH}]_3$	Xloritoid-	$\text{Fe}_2\text{Al}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}][\text{OH}]_4$
Byomit-	AlOON	Margarit-	$\text{CaAl}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}][\text{OH}]_2$
Diaspor-	HAlO_2	Amezit-	$(\text{Mg,Fe})_4\text{Al}_2[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}][\text{OH}]$
Achchiq toshlar-	$\text{KAl}[\text{SiO}_4] \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	Kaolinit-	$\text{Al}_4(\text{Si}_4\text{O}_{10})[\text{OH}]_8$
Alunit-	$\text{KAl}_3[\text{SiO}_4]_2[\text{OH}]_6$	Galluzit-	$\text{Al}_4[\text{Si}_4\text{O}_{10}][\text{OH}]_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$
Topaz-	$\text{Al}_2[\text{SiO}_4][\text{F,OH}]_2$	Albit-anortit-	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8] - \text{Ca}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$
Disten-	Al_2SiO_5	Ortoklaz, mikroklin-	$\text{K}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
Andaluzit-	Al_2SiO_5	Leysit-	$\text{K}[\text{AlSi}_2\text{O}_6]$
Sillimanit-	Al_2SiO_5	Nefelin-	$\text{Na}[\text{AlSi}_3\text{O}_8]$
Dymortierit-	$\text{Al}_8\text{BSi}_3\text{O}_{19}[\text{OH}]$		
Granatlar (glinozemli)-	$\text{R}_3\text{Al}_2[\text{SiO}_4]_3$		

BARIY

Viterit-	BaCO_3
Baritokalsit-	$\text{BaCa}[\text{Co}_3]_2$
Barit-	BaSO_4
Selzian-	$\text{Ba}[\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8]$

BERILLIY

Bromellit-	BeO
Xrizoberill-	BeAl_2O_4
Fenakit-	Be_2SiO_4
Evklaiz-	$\text{Be}_2\text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_8[\text{OH}]_2$
Gadolinit-	$\text{V}_2\text{FeBe}_2\text{Si}_2\text{O}_{10}$
Bertrandit-	$\text{Be}_4\text{Si}_2\text{O}_7[\text{OH}]_2$
Berill-	$\text{Be}_3\text{Al}_2[\text{Si}_6\text{O}_{18}]$
Gelvin-	$(\text{Mn,Fe})_8[\text{BeSi}_4\text{O}_{16}]\cdot 6\text{S}_2$
Danalit-	$\text{Fe}_8[\text{BeSi}_4\text{O}_{16}]\cdot 6\text{S}_2$
Chkalovit-	$\text{Na}_2\text{BeSi}_2\text{O}_6$

BOR			
Sassolin-	[OH]3	Kurnakovit-	Mg2B6O11.13H2O
Eremeevit-	AlBo3	Inderborit-	Mg Ca B6O11.11H2O
Asharit-	MgHBO3	Pandermit-	Ca4B10O197H2O
Lyudvigit-	(Mg,Fe)2Fe[BO3]O2	Datolit-	Ca B SiO4[OH]
Boratsit-	Mg6B14O26Cl2	Danburit-	Ca B2[SiO4]2
Bura-	Na2B4O7.10H2O	Aksinit-	Ca2(Mn,Fe)Al2BsiO4O15[OH]
Boronatrokalsit-	NaCaB5O9.8H2O	Turmalin-	(Na,Ca) (Mg,Al)6[B3Al3Si6(O,OH)3O]
Inderit-	Mg2B6O11.15H2O	Kalsioborit-	Ca5Bi8O17

VANADIY		VISMUT	
Sulvanit-Cu3VS		Vismut sof tug'ma-Bi	
Kolyuzit-	Cu3(As,Sn,V)S4	Tetradimit-	Bi2Te2S
Kulsonit-	(Fe,V)3O4	Vismutin-	Bi2S3
Puxerit-	BiVO4	Matildit- AgBiS2	
Vanadinit-	Pb5[Vo4]3Cl	Vittixenit-	Cu3BiS3
Dekluazit-	(Zn,Cu)Pb[Vo4][OH]	Klaprotit-	Cu6Bi4S9
Uzbekit-	Cu3[VO4]2.3H2O	Kozalit-	Pb2Bi2S5
Karnotit-K2[UO2]2[VO4]2.3H2O		Gladit-	CuPbBi5S9
Metarossit-	CaV2O6.2H2O	Bismut-	Bi2O3
Roskoelit-	KV2[AlSi3O10][OH]2	Bismutit-	Bi2CO3[OH]4
		Ruzveltit-	BiAsO4

VOLFRAM		GERMANIY	
Tungstenit-	WS2	Germanit-	Cu3GeS4
Gyuhnerit-	MnWO4	Argirodit-	Ag8GeS6
Volframit-	(Mn,Fe)WO4		
Ferberit-	FeWO4		
Sheelit-	CaWO4		
Raspit-	PbWO4		

KALIY

Silvin- KCl	Alunit- KAl3[SO4]2[OH]6
Karnallit- MgCl2.KCl.6H2O	Kaliyli achchiq toshlar-KAl3[SO4]2[OH]6
Kaliyli selitra-KNO3	Slyudalar (muskovit, flogopit, biotit)
Kalitsimit- KHCO3	Kaliyli dala shpatlari (ortoklaz, mikroklin)
Langbeynit- K2Mg2[SO4]3	Leysit- K[AlSi2O6]

ITTRIY VA SIYRAK YER ELEMENTLARI

Serianit- CeO_2	Eshinit- $(Ce, Ca, Th)(Ti, Nb)_2O_6$
Flyuoserit- $(La, Ce...)F_3$	Samaraskit- $(V, Er...)(Nb, Ta)_6O_{21}$
Dizanalit- $(Ca, Ce, Na)(Ti, Fe, Nb)_3O_3$	Bastnezit- $(Ce, La...)[CO_3]$
Loparit- $(Na, Ce, Ca...)(Nb, Ti)_3O_3$	Sinxizit- $Ca(Ce, La...)_2[CO_3]_2F$
Piroxlor- $(Na, Ca, Ce...)$	Parizit- $Ca(Ce, La...)_2[CO_3]F$
Nb ₆ O ₆ F Fergysonit- $(V, Er, Ce...)(Nb, Ta, Ti)_4O_4$	Ambatoarint-Sr $(Ce, La...)_2[CO_3]_3O$
Evksenit- $(V, Ge, Ca...)(Nb, Ta, Ti)_2O_6$	Lantanit- $(La, Rr, Ce...)_2[CO_3] \cdot 2.8H_2O$
Polikraz- $(V, Ce, Ca...)(Ti, Nb, Ta)_2O_6$	Monasit- $(Ce, La...)PO_4$
	Ksenotim- JPO_4
KADMIY	
Grinokit- CdS	
Monteponit- CdO	
Otavit- $CdCO_3$	

KALSIY

Flyuorit- CaF_2	Povellit- $CaMoO_4$
Perovskit guruhi- $CaTiO_3$	Apatit- $Ca_5[PO_4]_3[F, Cl]$
Kalsit- $CaCO_3$	Vezuvian- $Ca_3Al_2[SiO_4]_2[OH]$
Aragonit- $CaCO_3$	Sfen- $CaTi[SiO_4]O$
Dolomit- $CaMg[CO_3]_2$	Aksinit- $Ca_2(Mn, Fe)Al_2BSi_4O_{15}[OH]$
Angidrit- $CaSO_4$	Vollastonit- $CaSiO_3$
Gips- $CaSO_4 \cdot 2H_2O$	Piroksenlar guruhi
Sheelit- $CaWO_4$	Prenit- $Ca_2Al_2Si_3O_{10}[OH]_2$

KOBALT

Linnetit- Co_3S_4	Kobaltin- $CoAsS$
Bornxardit- $CoSe_4$	Safflorit- $CoAs_2$
Zigenit- $(Co, Ni)_3S_4$	Skutterudit- $CoAs_3$
Karrolit- $CuCo_2S_4$	Smaltin- $CoAs_3 \cdot 2$
Trogtalit- $CoSe_2$	

KUMUSH

Sof'tug'ma kumush-	Ag	Poliargirit-	Ag ₂ Sb ₂ S ₁₅
Kumush amalgamasi-	Hg ₃ Ag ₂	Miargirit-	AgSbS ₂
Diskrazit-	Ag ₃ Sb	Smitit-	AgAsS ₂
Argentit (akantit)-	Ag ₂ S	Trechmanit-	AgAsS ₂
Shtromeyrit-	Cu ₂ S·Ag ₂ S	Argirodit-	Ag ₈ GeS ₆
Yalpait-	3Ag ₂ S·Cu ₂ S	Kanfildit-	Ag ₈ SnS ₆
Agvularit-	Ag ₂ (Se,S)	Matildit-	AgBiS ₂
Naumanit-	Ag ₂ Se	Shumerit-	Ag ₄ PbBi ₄ S ₉
Shternbergit-	AgFe ₂ S ₃	Alyaskait-	(Ag,Cu) ₂ PbBi ₄ S ₈
Gessit-	Ag ₂ Te	Kerargirit-	AgCl
Pettsit-	(Ag,Au) ₂ Te	Embolit-	Ag(Cl,Br)
Polibazit	(Ag,Cu) ₁₆ Sb ₂ S ₁₁	Brominit-	AgBr
Stefanit-	Ag ₅ SbS ₄	Iodobromit-	Ag(Cl,Br,I)
Pirargirit-Ag ₃ SbS ₃		Mayersit-	4Ag ₃ Cu ₃
Prustit-	Ag ₃ AsS ₃	Iodirit-	AgI
Pirostipitit-	Ag ₃ SbS ₃	Argentoyarozit-	AgFe ₃ (So ₄) ₂ [OH] ₆
Pirseit-	(Ag,Cu) ₁₆ As ₂ S ₁₁		

LITIY

Kriolitionit-	3NaF·2LiF·2AlF ₃	Lepidolit-	KLi _{1.5} Al _{1.5} (Si ₄ O ₁₀)[F,OH] ₂
Litiofilit-	Li(Mn,Fe)PO ₄	Sinnvaldit-	KLiFeAl(Si ₃ AlO ₁₀)[F,OH] ₂
Ambigonit-	LiAlPO ₄ F	Kukcit-	LiAl ₅ (Si ₃ AlO ₁₀)[OH] ₈
Spodumen-	LiAl(Si ₂ O ₆)	Petalit-	(Li,Na)AlSi ₄ O ₁₁

MARGANES

Alabandin-	MnS	Manganokalsit-	(Mn,Ca) CO ₃
Gauertit-	MnS ₂	Smikit-	MnSO ₄ ·H ₂ O
Manganozit-	MnO	Gyubnerit-	MnWO ₄
Gausmanit-	Mn ₃ O ₄	Purpirtit-	(Mn,Fe)PO ₄
Yakobsit-	MnFe ₂ O ₄	Lauenit-	MnFe ₂ PO ₄ [OH] ₂ ·8H ₂ O
Braunit-	Mn ₂ O ₃	Arsenoklazit-	Mn ₅ [AsO ₄] ₂ [OH] ₄
Pirolyuzit-	MnO ₂	Susseksit-	MnH ₃ BO ₃
Manganit-	Mn·MnO ₂ [OH] ₂	Tefroit-	Mn ₂ SiO ₄
Vernadit-	MnO ₂ ·nH ₂ O	Spessartin-	Mn ₃ Al ₂ (SiO ₄) ₃
Rodokrozit-	MnCO ₃	Rodonit-	MnSiO ₃

MAGNIY

Bishofit- $MgCl_2 \cdot 6H_2O$	Gumit- $Mg_7[SiO_4]_3[OH,F]_2$
Taxgidrit- $2MgCl_2 \cdot CaCl_2 \cdot 12H_2O$	Pirop- $Mg_3Al_2[SiO_4]_3$
Periklaz- MgO	Enstatit- $MgSiO_3$
Shpinellar guruhi- $Mg \cdot Al_2O_4$	Antofillit- $(Mg,Fe)_7[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$
Brusit- $Mg[OH]_2$	Kupferit- $Mg_7[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$
Magnezit- $MgCO_3$	Tremolit- $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$
Dolomit- $MgCa[CO_3]_2$	Aktinolit- $Ca_2(Mg,Fe)_5[Si_4O_{11}]_2[OH]_2$
Ankerit- $(Mg,Fe)Ca[CO_3]_2$	Paligorskit- murakkab tarkibli Mg va Al suvli silikatları
Kizerit- $MgSO_4 \cdot 11H_2O$	Talk- $Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2$
Vagnerit- Mg_2PO_4F	Flogopit- $KMg_3[AlSi_3O_{10}][F,OH]_2$
Asharit- $MgHBO_3$	Biotit- $K(Mg,Fe)_3[AlSi_3O_{10}][F,OH]_2$
Boratsit- $5MgO \cdot MgCl_2 \cdot 7B_2O_3$	Pennin- $(Mg,Fe)_5Al[AlSi_3O_{10}][OH]_8$
Lyudvigit- $(Mg,Fe)_2Fe[BO_3]O_2$	Klinoklor- $(Mg,Fe)_4,75Al_{1,25}Al_{1,25}Si_{2,7}Si_{0,10}[OH]_8$
Forsterit- Mg_2SiO_4	Vermikulit- $(Mg,Fe)_3[(SiAl)_4O_{10}][OH]_2 \cdot 4H_2O$
Olivin- $(Mg,Fe)_2SiO_4$	Serpentin- $Mg_6[Si_4O_{10}][OH]_8$
Xondrodit- $Mg_5[SiO_4]_2[OH,F]_2$	

MARGIMUSH

Sof tug' ma margumish-	As	Arsenopirit-FeAsS
Realgar-	AsS	Enargit- Cu_3AsS_4
Auripigment-	As ₂ S ₃	Arsenolit- As_2O_3
Lyollingit-	FeAs ₂	Skorodit- $FeAsO_4 \cdot 2H_2O$

MIS

Sof tug' ma mis-	Cu	Kuprit- Cu_2O
Domeykit-	Cu_3As	Malaxit- $Cu_2[CO_3][OH]_2$
Xalkozin-	Cu_2S	Azurit- $Cu_3[CO_3]_2[OH]_2$
Xalkopirit-	$Cu \cdot Fe \cdot S_2$	Xalkantit- $CuSO_4 \cdot 5H_2O$
Bornit-	Cu_5FeS_4	Brochantit- $Cu_4[SO_4][OH]_6$
Kovellin- CuS		Vernadskit- $Cu_4[SO_4]_3[OH]_2 \cdot 4H_2O$
Kubanit- $CuFe_2S_3$		Lindgrenit- $Cu_3[MoO_4]_2[OH]_2$
Karrolit- $CuCO_2S_4$		Libetit- $Cu_2[PO_4][OH]$
Tennantit- Cu_3AsS_3		Olivinit- $Cu_2[AsO_4][OH]$
Tetraedit- Cu_3SbS_3		Uzbekit- $Cu_3[VO_4]_2 \cdot 3H_2O$
Sulvanit- Cu_3VS_4		Feruz- $CuAl_6[PO_4]_4[OH]_8 \cdot 5H_2O$
Burnonit- $CuPbSbS_3$		Ashirit (diopaz)- $Cu_6[Si_6O_{18}] \cdot 6H_2O$
Atakamit- $CuCl_3 \cdot 3Cu[OH]_2$		Xrizokolla- $CuSiO_3 \cdot nH_2O$

MOLIBDEN

Molibdenit-	MoS ₂
Povellit-	CaMoO ₄
Vulfenit-	PbMoO ₄

NATRIY

Galit-	NaCl	Egürin-	NaFeSi ₂ O ₆ Arfvedsonit-
Villiomit-	NaF		Na ₃ (Fe,Mg) ₄ (Fe,Al)[Si ₄ O ₁₁] ₂ [OH] ₂
Kriolit-	Na ₃ AlF ₆		Glaukofan-Na ₂ (Mg,Fe) ₃ Al ₂ (Si ₄ O ₁₁)[OH] ₂
Loparit-	(Na,Ce,Ca)(Nb,Ti)O ₃	Ribekit-	Na ₂ Fe ₃ Fe ₂ [Si ₄ O ₁₁] ₂ [O,OH] ₂
Piroxlar guruhi		Analtsim-	Na[AlSi ₂ O ₆].H ₂ O
Natriyli selitra-	NaNO ₃	Nefelin-	NaAlSiO ₄
Soda-	Na ₂ CO ₃ .10H ₂ O	Sodalit-	Na ₈ [AlSiO ₄] ₆ Cl ₂
Tenardit-	Na ₂ SO ₄	Nozean-	Na ₈ [AlSiO ₄] ₆ [SO ₄]
Mirabilit-	Na ₂ SO ₄ .10H ₂ O	Gayuin-	Na ₆ Ca(AlSiO ₄)[SO ₄]
Glauberit-	Na ₂ Ca[SO ₄] ₂	Lazurit-(lojuvard)-	Na ₈ [AlSiO ₄] ₆ [SO ₄]
Natrofilit-	NaMnPO ₄	Kankrinit-	Na ₆ Ca(AlSiO ₄)[CO ₃ ,SO ₄]
Bura-	Na ₂ B ₄ O ₇ .10H ₂ O	Natrolit-	Na ₂ [Al ₂ Si ₃ O ₁₀].2H ₂ O
Jadeit-	NaAlSi ₂ O ₆	Desmin-	(Na ₂ Ca)[Al ₂ Si ₆ O ₁₆].6H ₂ O

NIKEL

Melonit -	NiTe ₂	Xloantit-	NiAs ₃ -2
Dinerit-	Ni ₂ As	Rammelmbergit-	NiAs ₂
Pentlandit-	(Fe, Ni) ₉ S ₈	Gersdorfit-	NiAsS
Millerit-	NiS	Ulmanit-	NiSbS
Polidimit-	Ni ₃ S ₄	Bxunzenit-	NiO
Violarit-	FeNi ₂ S ₄	Trevorit-	NiFe ₂ O ₄
Vaesit-	NiS ₂	Ryotgersit-	NiSO ₄ .6H ₂ O
Brovoit-	(Ni, Fe) S ₂	Shuxardit-	(Ni ₂ Fe,Al) ₆ [(Si,Al) ₄ O ₁₀][OH] ₈
Nikelin-	NiAs	Revdinskit-	(Ni,Mg) ₆ [Si ₄ O ₁₀][OH] ₈
Breytgauptit-	NiSb	Garnicrit-	Ni ₄ [Si ₄ O ₁₀][OH] ₄ .4H ₂ O

NIOBIY VA TANTAL

Ilmenorutil-	(Ti,Nb,Fe)O ₂	Tantalit-	(Fe,Mn)Ta ₂ O ₆
Mossit-	Fe(Ta,Nb) ₂ O ₆	Loparit-	(Na,Ce,Ca)(Nb,Ti)O ₃
Tapiolit-	Fe(Ta,Nb) ₂ O ₆	Piroxlor-	(Na,Ca...) ₂ (Nb,Ti...)O ₆ (F,OH)
Kolumbit-	(Fe,Mn)Nb ₂ O ₆		

OLTIN

Sol tug'ma oltin-	Au	Kalaverit-	AuTe ₂
Elektrum-	(Au,Ag)	Krennerit-	AuTe ₂
Aurostibit-	AuSb ₂	Silvanit-	AuAgTe ₄
Peltsit-	(Ag,Au) ₂ Te	Nagiagit-	Pb ₅ Au(Te,Sb) ₄ SS-8

PLATINOIDLAR

Platina-	Pt	Stibopalladinit-	Pd3Sb
Poliksen-	(Pt,Fe)	Stanopalladinit-	Pd3Sn2
Ferroplatina-	PtFe	Platimali iridiy-	(Jr,Pt)
Kuproplatina-	(Pt,Fe,Cu)	Osmirid-	(Jr,Os)
Nikelli platina-	(Pt,Fe,Ni,Cu)	Nevyanskite-	(Jr,Os)
Palladiyli platina-	(Pt3Pd)	Sisertskit-	(Os,Jr)
Palladiy-	Pd	Kuperit-	PtS
Allopalladiy-	Pd	Breggit-	(Pt,Pd,Ni)S
Potarit-	(Pd,Hg)	Sperrilit-	PtAs2
Porpetsit-	(Au,Pd)	Laurit-	RuS2
		Palladit-	PdO

RUX

Stalerit-	ZnS	Smitsonit-	ZnCO3
Vyurtsit-	ZnS	Mongeymit-	(Zn,Fe)CO3
Stileit-	ZnSe	Villemit-	Zn2SiO4
Sinkit-	ZnO	Kalamin-	Zn4Si2O7[OH]2H2O
Ganit-	ZnAl2O4	Gardistonit-	Ca2ZnSi2O7
Franklinit-	(Zn,Mn)Fe2O4	Sokonit-	Zn3[Si4O10][OH]2·nH2O

SELEN

Naumannit-	Ag2Se	Timanit-	HgSe
Agvilarit-Ag(Se,S)		Klokmannit-	CuSe
Evkayrit-	Cu2Se·Ag2Se	Ferroselit-	FeSe2
Klaustalit-	PbSe	Krestenit-	PbSeO4
		Xalkomenit-	Cu[SeO3]·2H2O

SIMOB

Sof tug'ma simob-	Hg	Livingstonit-	HgSb4S7
Kinovar-	HgS	Montroidit-	HgO
Metatsinnabarit-	HgS	Kalomel-	HgCl
Timanit-	HgSe	Eglestonit-	3HgCl·HgO
Koloradoit-	HgTe	Terlinguait-	HgCl·HgO

STRONTSIY

Stronsianit-	SrCO3
Selestin-	SrSO4

SURMA

Sof tug'ma surma-	Sb	Gudmundit-	FeSbS
Allemontit-	AsSb	Tetraedit-	Cu ₃ SbS ₃
Antimonit-	Sb ₂ S ₃	Bulanjerit-	Pb ₅ Sb ₄ S ₁₁
Ulmant-	NiSbS	Valentinit-	Sb ₂ O ₃

TALLIY

Vrbait-	Ti(As,Sb) ₃ S ₅
Lorandit-	TiAsS ₃
Gutchinsonit-	(Cu,Ag,Ti) ₃ S PbS 2As ₂ S ₃

TELLUR

Sof tug'ma tellur-	Te	Krennerit-	AuTe ₂
Selenli tellur-	(Te,Se)	Kalaverit-	AuTe ₂
Tellurovismutit-	Bi ₂ Te ₃	Silvanit-	(Ag,Au)Te ₂
Gessit-	Ag ₂ Te	Melonit-	NiTe ₂
Pesit-	(Ag,Au) ₂ Te	Nigglit-	PtTe ₃
Altait-	PbTe	Montanit-	Bi ₂ TeO ₄ [OH] ₄
Koloradoit-	HgTe		

TITAN

Ilmenit-	FeTiO ₃	Shorlomit-	Ca ₃ (Al,Fe,Ti) ₂ [Si,TiO ₄] ₃
Geykilit-	MgTiO ₃	Sfen-	Ca Ti SiO ₅
Protfanit-	Mn TiO ₃	Murmanit-	Na Ti ₂ [SiO ₄] ₂ [OH] H ₂ O
Rutil-	TiO ₂	Fersmanit-	(Ca,Na) ₂ (Ti,Nb)(SiO ₄)[OH,F] ₃
Brukit-	TiO ₂	Benitoit-	Ba Ti Si ₃ O ₉
Anataz-	TiO ₂	Ramzait-	Na ₂ Ti ₂ Si ₂ O ₉
Perovskit-	Ca TiO ₃	Vinogradovit-	Na ₅ Ti ₄ AlSi ₆ O ₂₄ ·3H ₂ O

TORIY

Torianit-	ThO ₂
Monasit (toriyli)-	(Ce,La,Th)[PO ₄ SiO ₄]
Torit-	ThSiO ₄
Ferritorit-(Th,Fe)SiO ₄	

XROM

Xromshpinelidlar-	(Mg,Fe)(Cr,Al,Fe) ₂ O ₄
Krokoit-	PbCrO ₄
Uvarovit-	Ca ₃ Cr ₂ [SiO ₄] ₃

TEMIR

Pirrotin-	Fe _{1-x} S	Graffonit-	(Fe,Mn) ₃ [PO ₄] ₂
Pirit -	FeS ₂	Vivianit-	Fe ₃ [PO ₄] ₂ · 8H ₂ O
Markazit-FeS ₂		Skorodit-	FeAsO ₄ · 2H ₂ O
Lyollingit-	FeAs ₂	Shtrengit-	FePO ₄ · 2H ₂ O
Arsenopirit-	FeAsS	Fayalit-	Fe ₂ SiO ₄
Gematit-	Fe ₂ O ₃	Almandin-	
Smitit (smizit)-	Fe ₃ S ₄	Fe ₃ Al ₂ [SiO ₄] ₃	
Ilmenit-	FeTiO ₃	Andradit-	Ca ₃ Fe ₂ [SiO ₄] ₃
Magnetit-FeFe ₂ O ₄		Gipersten-	
Magnomagnetit-(Fe,Mg)Fe ₂ O ₄		(Mg,Fe) ₂ [Si ₂ O ₆]	
Gyotit-	H FeO ₂	Gedenbergit-	CaFe[Si ₂ O ₆]
Limonit-	H FeO ₂	Egrin-	NaFe[Si ₂ O ₆]
Lepidokrokit-	FeOOH	Gryunerit-	
Siderit-	FeCO ₃	Fe ₇ (Si ₄ O ₁₁) ₂ [OH] ₂	
Kokimbit-	Fe ₂ [SO ₄] ₃ · 9H ₂ O	Lepidomelan-	KFe[Si ₃ (Al,Fe)
		O ₁₀][OH] ₂	
		Shamozit-	Fe ₄ Al[AlSi ₃ O ₁₀]
		[OH] ₆ · nH ₂ O	
		Tyuringit-Fe ₃ , ₅ (Al,Fe) ₁ , ₅ [Si ₂ , ₅ O ₁₀]	
		[OH] ₆ · nH ₂ O	
		Nontronit-	(Fe,Al) ₂ (Si ₄ O ₁₀)
		[OH] ₂ · nH ₂ O Yarozit-	
		KFe ₃ [SO ₄] ₂ [OH] ₆	

URAN

Uraninit- UO ₂	Seynerit- Cu[UO ₂] ₂ [AsO ₄] ₂ · 12H ₂ O
Bryoggerit- (U,Th)O ₂	Metaseynerit- Cu[UO ₂] ₂ [AsO ₄] ₂ · 8H ₂ O
Yantinit- 2UO ₂ · 7H ₂ O	Bassetit- Fe[UO ₂] ₂ [PO ₄] ₂ · 8H ₂ O
Shchyopit- 4UO ₃ · 9H ₂ O	Otenit- Ca[UO ₂] ₂ [PO ₄] ₂ · 8H ₂ O
Furmarerit- PbO · 4UO ₂ · 5H ₂ O	Tuyamuyinit- Ca[UO ₂] ₂ [VO ₄] ₂ · 8H ₂ O
Kyurit- 2PbO · 5UO ₃ · 4H ₂ O	Ferganit- [UO ₂] ₃ [VO ₄] ₂ · 6H ₂ O
Uranosferit- Bi ₂ O ₃ · UO ₃ · 3N ₂ O	Karnotit- K ₂ [UO ₂] ₂ [VO ₄] ₂ · 3H ₂ O
Ryotzurfordit- [UO ₂] ₂ CO ₃	Kazolit- Pb[UO ₂] ₂ [SiO ₄] ₂ · H ₂ O
Sharpit- [UO ₂] ₃ [CO ₃] ₅ [OH] ₂ · 7H ₂ O	Urgit- UO ₃ · nH ₂ O
Torbemit- Cu[UO ₂] ₂ [PO ₄] ₂ · 12H ₂ O	

SEZIY

Roditsit-	K Na Li ₄ Al ₄ Be ₃ B ₁₀ O ₂₇
Vorobevit-	Cs [Be ₂ Li] ₂ [Al ₂ [Zr ₅ O ₁₈]
Pollutsit-	Cs [AlSi ₂ O ₆]

SIRKONIY

Baddeleit-	ZrO ₂
Sirkon-	ZrSiO ₄
Evdialit-	Na ₄ Ca ₂ ZrSi ₆ O ₁₇ (OH,Cl)?

QALAYI

Stannopalladinit-Pd ₃ Sn ₂	Kolyuzit-	Cu ₃ (As,Sn V)S ₄
Gersenbergit -SnS	Kanfildit-	Ag ₈ SnS ₆
Tillit- SnS,PbS	Frankeit-	Pb ₅ Sn ₃ Sb ₂ Si ₁₁
Stannin- Cu ₂ Fe Sn S	Kassiterit-	SnO ₂

QO'RG'OSHIN

Galenit- PbS	Kotunit-	PbCl ₂
Altait- PbTe	Surik-	Pb ₃ O ₄
Klaustalit- PbSe	Serrusit-	PbCO ₃
Sartorit- PbAs ₂ S ₄	Anglezit-	PbSO ₄

JADVALLAR**41-jadval**

Minerallar assotsiatsiyalari titano-magnetit ma'danli o'ta asos (olivinitlar, peridotitlar, piroksenitlar), asosli (gabbro) jinslar^{4*}

№	Ma'danni belgilovchi minerallar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	Tomirsimon va donador rogovaya obmanka, tomirsimon donador titano- magnetit.	Olivin, diopsid-gedenbergit, rogovaya obmanka, anortit.	Epidot, titanit, serisit, kalsit.

42-jadval

Platina-xromit ma'danli o'ta asosli jinslar (dunit, peridotit)

№	Ma'danni belgilovchi minerallar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	zumrAd-yashil uvarovit, xromli yashil xlorit, yashil, sariq serpentin, yashil sariq xromli diopsid	Olivin, enstatit-gipersten, diopsid-gedenbergit, serpentin, talk.	Xromit, uvarovit, platina, iridiyli platina.

^{4*} Izoh: 15 ta jadval ma'lumotlari Bulax (1999) bo'yicha.

43-jadval
Mis-nikel ma'danli o'ta asos
(peridotit, piroksenit) va asosli (gabbro, norit) jinslar

№	Ma'danni belgilovchi minerallar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	Tomirsimon, uyasimon xalkopirit, magnetit va sulfidlar	Enstatit-gipersten, diopsid-gedenbergit, anortit.	Antofillit, xlorit, talk, magnetit, pirrotin, xalkopirit, bornit, pentlandit, sperrilit

44-jadval
Nordon jinslar (granit)

№	Ma'danni belgilovchi minerallar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	Kaliyli dala shpatlari, slyuda	Kaliyli dala shpatlar, kvars, nordon plagioklaz, biotit, muskovit	Turmalin, xlorit, rutil, flyuorit, topaz, berill.

45-jadval
Nefelinli sienit, urtit, iyolit, melteygiltar

№	Ma'danni belgilovchi minerallar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	Nefelin, evdialit, sirkon	Nefelin, kaliyli dala shpatlar, albit, egirin, lepidomelan	Kankrinit, seolit, apatit, astrofillit, sirkon, ilmenit, titanit

46-jadval
Granit-pegmatit minerallari

№	Umumiy minerallar	Mansub minerallar		
		Keramika va slyudali	Xrustalli	Spodumenli
1	Kaliyli dala shpatlari, oligoklaz, turmalin (sherl), muskovit, Granat (spessartin-almandin)	Monotsit, uraninit, sirkon (sirtolit)	Topaz, berill, fenakit, flyuorit	Albit, spodumen, lepidolit, rang-barang turmalin, kolumbit-tantalit, pollutsit.

47-jadval
Magnezial skarn minerallari

№	Ma'danni belgilovchi minerallar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	Forsterit, diopsid apatit (yirik donali) shpinel, xondrodit	Forsterit, diopsid, flogopit, skapolit, kalsit.	Shpinel, magnetit, aktinolit, xondradit, sheelit, lazurit, lyudvigit.

48-jadval
Kalsitli skarn minerallari

№	Ma'danni belgilovchi minerallar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	Grossulyar, andradit, diopsid-gedenbergit, vezuvian	Grossulyar-andradit, diopsid-gedenbergit, vezuvian, aktinolit, vollastonit, kalsit	Kassiterit, magnetit, sheelit, molibdenit, pirit, kobaltin, xalkopirit, galenit, sfalerit, datolit, danburit.

49-jadval
Yuqori haroratli gidrotermal tomir minerallari

№	Ma'danni belgilovchi minerallar	Tomirli minerallar	Ma'dan minerallari
1	O'zgargan jinslar: greyzenlashish volframit, vismutin, muskovit	Kvars, flyuorit, muskovit, sinvaldit, berill	Volframit, sheelit, vismutin, pirit, arsenopirit, xalkopirit, molibdenit, sfalerit.

50-jadval
Greyzen minerallari

№	Ma'danni belgilovchi minerallar	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	Muskovit, kvars, topaz, berill	Mikroklin, ortoklaz, albit, kvars, muskovit, tsinvaldit, lepidolit	Topaz, berill, turmalin, flyuorit, sheelit, volframit, kassiterit, molibdenit, vismutin, xalkopirit pirit, arsenopirit.

51-jadval
O'rta haroratli polimetall (oltin bilan)
gidrotermal tomirlar

№	MA'DANNI belgilovchi o'zgarishlar	Tomir minerallar	Ma'danli minerallar
1	Berezitlanish, listvinitlanish, pirit, arsenopirit	Kvars, kalsit, dolomit	Pirit, arsenopirit, pirrotin, sfalerit, oltin, galenit

52-jadval
Past haroratli margimush-surma-simob tomirlar

№	Mansub minerallar	Tomir minerallari	Ma'dan minerallari
1	Kinovar, Antimonit, flyuorit, auripigment	Kvars, kalsit, flyuorit, barit	Antimonit, kinovar, realgar, auripigment

53-jadval
Regional-metamorfizm jinslari minerallari

№	Jins turlari	Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	Yashil slaneslar, serisitli fillitlar, gneyslar, amfibol- litlar, marmarlar	Xlorit-epidot, aktinolit, albit, serisit, kvars, plagioklaz, mikroklin, kvars, rogovaya obmanka, plagioklaz, kalsit, dolomit	Talk, biotit, granat (spessartit, gematit, magnetit, grafit), granat (pirop- almandin), magenetit, apatit, sfen, forsterit, gumit, diopsid, shpinel, xondradit, flagopit

5-jadval
Sulfidlarning oksidlanish zonalaridagi minerallar

№	Sulfid konlari	Minerallar
1	Mis	Sof mis, kuprit, malaxit, azurit, xrizokolla, kovellin
2	Sink	Smitssonit, kafamin
3	Qo'rg'oshin	Serussit, anglezit
4	Molibden	Povellit, molibdenit, vulfenit

55-jadval
Nurash minerallari

№	Nurash sodir bo'lgan jinslar	Yangi hosil bo'lgan minerallar	
		Mansub minerallar	Ikkinchi darajali minerallar
1	O'ta asos jinslar	Xalsedon, opal, temir gidrooksidlari, kalsit, aragonit, magnezit, garnierit	Marganes gidrooksidlar, brusit, gips, talk, poligorskit, vermikulit, gidroslyuda, kaolin
2	Bazaltlar	Montmorillonit, galluazit, temir gidrooksidlari, xalsedon, opal.	Marganes gidrooksidlari, montmorillonit
3	Granit, diorit	Kaolin, temir va alyuminiy oksidlari	Galluazit, gyotit, pirit, markazit, siderit
4	Gipsli jinslar	Gips, selestin, barit, aragonit, kalsit, oltingugurt	Poligorskit, gidroborotsit, asharit.

56-jadval
Ilmenit formulasini hisoblash
1-namuna

Komponentlar	Miqdori % hisobida	Molekular massa	Molekular miqdor	Atom miqdori		Formuladagi koeffitsient	Musbat zaryadlar
				Kation	Kislород		
1	2	3	4	5	6	7	8
TiO ₂	53,80	79,90	0,6733	0,6733	1,3466	1,000	4,000
MgO	2,72	40,32	0,0675	0,0675	0,0675	0,100	0,200
FeO	38,70	71,85	0,5386	0,5386	0,5386	0,799	1,598
MnO	4,77	70,93	0,0672	0,0672	0,072	0,099	0,198
H ₂ O	0,13	-	-	-	-	-	-
Yig'indi	100,12				2,0199		5,996

Umumiy bo'luvchi – $2,0199:3,00=0,6733$
 $(\text{Fe}_{0,80} \text{Mn}_{0,1} \text{Mg}_{0,10})1,00 \text{Ti}_{1,00} \text{O}_{3,00}$

2-namuna

1	2	3	4	5	6	7	8
TiO ₂	45,09	79,90	0,5643	0,5643	1,1286	0,919	3,276
Al ₂ O ₃	6,39	101,96	0,0627	0,1254	0,1871	0,182	0,546
Fe ₂ O ₃	10,00	159,7	0,0626	0,1252	0,1968	0,182	0,546
FeO	33,76	71,85	0,4699	0,4699	0,4699	0,682	1,364
MgO	2,52	40,32	0,0625	0,0625	0,0625	0,091	0,170
MnO	2,24	70,93	0,0315	0,0315	0,0315	0,046	0,092
H ₂ O	0,09	-	-	-	-	-	-
Yig'indi	100,09				2,0664		5,996

Umumiy bo'luvchi – 2,0664:3,00=0,6888

(Fe_{20,68} Mg_{0,03} Al_{0,05} Mn_{0,05})100 (Ti_{0,82} Fe₃₊ + 0,09 Al_{0,09})100 O_{3,00}

57-jadval
Ilmenit tarkibidagi minerallarni formuladagi koeffitsientlar
miqdori bo'yicha hisobi

Kation	Formuladagi koeffitsient	Minerallar					Qol-diq
		FeTiO ₃	MgTiO ₃	MnTiO ₃	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	
Fe 2+	0,68	0,68	-	-	-	-	0
Mg	0,09	-	0,09	-	-	-	0
Fe 3+	0,09	-	-	-	0,09	-	0
Al	0,09	-	-	-	-	0,09	0
Mn	0,05	-	-	0,05	-	-	0
Ti	0,82	0,68	0,09	0,05	-	-	0
Fe 2+	0,09	-	-	-	-	0,09	0
Mol % hisob uchun boshlang'ich son		0,68	0,09	0,05	0,09	0,09	-
Mol % minal miqdori		68	9	5	9	9	-

58-jadval

Ilmenit tarkibidagi minerallarni molekular miqdor bo'yicha hisobi

Komponent	Miqdori % hisobida	Molekular miqdor	Minerallar					Qoldiq
			FeTiO ₃	MgTiO ₃	MnTiO ₃	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	
Ti O ₂	45,90	0,5643	0,4699	0,0625	0,0315	-	-	0
Al ₂ O ₃	6,39	0,0627	-	-	-	0,0627	-	0
Fe ₂ O ₃	10,00	0,026	-	-	-	-	0,0626	0
Fe O	33,76	0,4699	0,4699	-	-	-	-	0
Mg O	2,52	0,0625	-	0,0625	-	-	-	0
Mn O	2,24	0,0315	-	-	0,0315	-	-	0
Mol % hisob uchun boshlang'ich son			0,4690	0,0625	0,0315	0,0627	0,0626	-
Mol % minal miqdori			68	9	5	9	9	-

2.2-namunadagi ilmenit tarkibi (1-jadval) va formulasi
 (Fe₂-0.68 Mg_{0.09}Fe₃+Al 0.09 Mn 0.05)100 (Ti 0.82 Fe 3+ 0.09 Al 0.09)100 O₃₀₀

59-jadval

**Platina guruhi minerallarining tarkibi va xususiyatlari
 (% hisobida)**

Mineral	Pt	Fe	Ir	Os	Rh	Pd	Na	Cu	Zichligi	Qattiqligi
Platina	100								21,45	4
Ferro-platina	71-79	15-20	0-4,7	-	0,2-3	0,2-0,5	0,0-1,0	0,3-5,0	12-15	4-4,5
Poliksen	80-88	9-11	0,7	-	0,1-0,5	0,1-1,0	-	1,78	15-19	4-4,5
Platinli iridiy	19,64	-	79	-	-	0,89			22,6-22,9	6-7
Osmirid				65,4	31,2	1,18			20	4-4,5
Palladiy						100			10,84	4-4,5

60-jadval
Kremniy oksidining turli xil singoniyali turlari

Modifikatsiya nomi	Singoniyasi, tuzilishi	Nur sindirish ko'rsatkichi			Zichligi g/cm ³
		Ng	Np	Ng-Np	
Kvars	Geksagonal	1,553	1,544	0,009	2,65
Tridimit	Psevdogeksagonal	1,483	1,479	0,004	2,27
Kristobalit	Tetragonal	1,487	1,484	0,003	2,33
Xalsedon	-	1,539	1,534	0,006	-
Opal	-	1,460	-	-	1,8-2,2
Koesit	Tetragonal	1,604	1,599	0,005	3,01
Stishovit	Tetragonal	1,826	1,799	0,027	4,35

61-jadval
Granatlarning kimyoviy tarkibi (og'irligi bo'yicha % hisobida)

	MgO	FeO	MnO	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	SiO ₂
Pirop	29,8	-	-	-	25,4	-	-	44,8
Almandin	-	43,3	-	-	20,5	-	-	36,2
Spessartin	-	-	43,0	-	20,6	-	-	36,4
Grossulyar	-	-	-	37,3	22,7	-	-	40,0
Andradit	-	-	-	33,0	-	31,5	-	36,5
Uvarovit	-	-	-	33,5	-	-	30,6	35,9

62-63 jadval

Dala shpati guruhiga kiruvchi minerallarning kimyoviy tarkibi va optik konstantalari

Minerallarning nomlari	Kimyoviy ifodasi	Ng	Nm	Np	Ng-Np
Ortoklaz	$KAlSi_3O_8$	1,526	1,524	1,519	0,007
Sanidin	$KAlSi_3O_8$	1,524-1,526	1,523-1,525	1,517-1,520	0,006
Mikroklin	$KAlSi_3O_8$	1,525-1,530	1,522-1,526	1,516-1,522	0,007
Anortoklaz	$(Na,K)AlSi_3O_8$	1,527-1,549	1,526-1,549	1,522-1,546	1,003-0,006
Plagioklazlar:					
Albit	$NaAlSi_3O_8$	1,536-1,541	1,529-1,536	1,526-1,532	0,008-0,009
Anortit	$CaAl_2Si_2O_8$	1,582-1,588	1,577-1,583	1,571-1,575	0,01
Selzian	$BaAl_2Si_2O_8$	1,594	1,589	1,584	0,01

64-jadval

Sodalit guruhi minerallarining optik xususiyatlari

Mineral nomi	Tarkibi	Nur sindirish ko'rsatkichi	Ulanish tekisligi	Rangi
Sodalit	$Na_8[Al_6Si_6O_{24}]Cl$	1,483-1,487	(110) yo'nalishi bo'yicha kuchsiz sezilarli	Rangsiz, ba'zan yashil, havorang, kulrang
Nozcan	$Na_8[Al_6Si_6O_{24}]SO_4$	1,495	(110) yo'nalishi kuchsiz sezilarli	Sarg'ish, yashilroq, havorang
Gayuin	$(Na,Ca)[Al_6Si_6O_{24}](SO_3S)$	495-1,505	(110) yo'nalishi bo'yicha kuchsiz sezilarli	Ko'k, havorang, yashil-ko'k, kamroq sariq

65-jadval
Amfibollarning optik xususiyatlari

Minerallarning nomi	Kimyoviy ifodasi	Ng	Nm	Np	Ng-Np	2V	C:Ng
Rombik amfibollar							
Antofillit	(Mg,Fe)[Si ₈ O ₂₂](OH,F) ₂	1,623-1,664	1,616-1,651	1,596-1,651	0,026-1,017	650-580	0
Jedrit	(Mg,Fe) ₆₋₅ (Al) ₁₂ (SiAl) ₂ (OH,F) ₂	1,658-1,691	1,651-1,676	1,642-1,663	0,016-0,020	800-700	0
Monoklin amfibollar							
1) Temirli va magniyli							
Kumning-tonit	(Mg,Fe) ₇ [Si ₈ O ₂₂](OH) ₂	1,655-1,698	1,644-1,675	1,635-1,665	0,02-0,030	65-900	15-21
Gryunerit	(Fe,Mg) ₇ [Si ₈ O ₂₂](OH) ₂	1,698-1,729	1,675-1,709	1,665-1,669	0,030-0,045	90-950	10-15
2) Kalsiyli (temir va magniy bilan)							
Tremolit	Ca ₂ Mg ₅ [Si ₈ O ₂₂](OH,F) ₂	1,625-1,655	1,613-1,644	1,600-1,628	0,025-0,027	79-850	10-20
Aktinolit	Ca ₂ (Mg,Fe) ₅ [Si ₈ O ₂₂](OH) ₂	1,641	1,630	1,614	0,027	800	16
3) Natriy va kalsiyli (Mg,Fe, Al bilan)							
Oddiy rogovaya obmanka	(Ca,Na,K) ₂₋₃ (Mg,Fe,Fe,Al) ₅						
Pargasit	6CaO ₃ Na ₂ O ₁₆ (Mg, Fe)Al ₂ O ₃ 26SiO ₂ 2H ₂ O2F ₂ (E.Larsen, G.Berman bo'yicha)	1,635-1,652	1,618-1,658	1,613-1,635	0,017-0,029	56-65	21-26
Bazalt rogovaya obmankasi	3CaONa ₂ O ₇ (Fe,Mg)O ₃ 2O ₃ TiO ₂ 12SiO ₂ 2H ₂ O	1,693-1,760	1,683-1,730	1,670-1,692	0,023-0,068	64-80	0-12
Kersutit	Titanli rogovaya obmanka	1,700-1,772	1,690-1,741	1,670-1,689	0,019-1,083	66-82	0-19
Barkeevikit		1,701-1,707	1,696-1,700	1,685-1,691	0,014-0,018	40-50	11-18
Ishqorli amfibollar							

Glaukofan	$3\text{Al}_2[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH},\text{F}]_2$	1,639- 1,668	1,638- 1,664	1,621- 1,659	0,012- 0,018	0-680	4-60
Ribekit	$\text{Na}_2\text{OFeOFe}_2\text{O}_3\text{Si}_2\text{O}_7$ (?)	1,668- 1,717	1,662- 1,711	1,654- 1,701	0,006- 0,016	40- 900	3-210
Arfedsanit	$\text{Na}_3(\text{Mg},\text{Fe})_4(\text{Fe},\text{Al})[\text{Si}_4\text{O}_{11}]_2[\text{OH},\text{F}]_2$	1,698	1,695	1,685	0,013	690	290

66-jadval

Piroksenlar guruhiga mansub minerallarning optik xususiyatlari

№	Minerallar	Kimyoviy ifodasi	Ng	Nm	Np	Ng-Np
Rombik piroksenlar						
1.	Enstatit	$\text{Mg}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,658	1,653	1,650	0,008
2.	Bronzit	$[\text{Mg},\text{Fe}]_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,650	1,668	1,665	0,005
3.	Gipersten	$[\text{Mg},\text{Fe}]_2[\text{Si}_2\text{O}_8]$	1,731	1,725	1,715	0,015
4.	Ferrosilit	$\text{Fe}_2[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,788	1,700	1,768	0,02
Monoklin piroksenlar						
5.	Diopsil	$\text{CaMg}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,694	1,671	1,664	0,030
6.	Gedenbergit	$\text{CaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,741	1,723	1,716	0,025
7.	Avgit	$\text{CaMgFeAl}[(\text{SiAl})_2\text{O}_6]$	1,800	1,780	1,750	0,050
8.	Jadeit	$\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,673	1,663	1,658	0,025
9.	Egirin	$\text{NaFe}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,730	1,710	1,700	0,070
10.	Spodumen	$\text{LiAl}[\text{Si}_2\text{O}_6]$	1,679	1,669	1,663	0,026

67-jadval

Sibir platformasidagi kimberlitlarning mineral tarkibi
(A.Bobrievich va boshqalar bo'yicha)

Kimberlit minerallari		Brekchiyalarning tarkibidagi minerallar		
Ilk bor yuzaga kelganlar	Sementlik vazifasini bajaruvchi minerallar	Kimberlitga yaqin jinslar minerallari	Begona jinslar minerallari	Ikkilamchi minerallar
Olmos	Olivin-II	Pirop-almandin	Almandin-andradit	
Pirop				
Olivin-I	Avgit	Grossulyar	Diopsid-gedenbergit	
Ilmenit	Flogopit-II	Olivin		Serpofid
Pirop	Perovskit	Diopsid	Plagioklaz	Xlorit
Enstatit	Apatit	Xromdiopsid		
Diopsid		Xromit	Ilmenit	
Xromdiopsid		Plagioklaz		
Xromit				
Shpinel				
Flogopit-I				

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Барабанов В.Ф. Генетическая минералогия. М. «Недра», 1977. 327 б.
2. Булах А.Г. Минералогия с основами кристаллографии. С.Петербург, 1989. 352 б.
3. Булах А.Г. Обычная минералогия. С.Петербург, 1999. 354 б.
4. Betexin A.G. Mineralogiya kursi. T. «O'qituvchi», 1969. 602 b.
5. Берри Л., Мейсон Б., Дитрих Р. Минералогия. М. «Мир», 1987. 592 б.
6. Виничелл и Г. Виничелл. Оптическая минералогия. Изд-во иностранной литературы. М. 1953. 562 б.
7. Годовиков А.А. Минералогия. Новосибирск. «Недра», 1975. 349 б.
8. Дир У.А., Хаук Р.А., Зусман Д.Ж. Пороодообразующие минералы. В 5 томах. «Мир», 1965, 196 б.
9. Долимов Т.Н., Мусаев А.А., Ишбаев Х.Д., Ганиев И.Н. Петрография. Т. «Iqtisod-moliya». 2012. 320 б.
10. Долимов Т.Н., Мусаев А.А., Ишбаев Х.Д., Ганиев И.Н., Қодиров М.Х., Қўшмуродов О. Петрография. Т. Университет, 2005.
11. Джонс М.П. Прикладная минералогия. М. «Недра». 1991. 384 б.
12. Захидов К.С. Геометрическая кристаллография. Т. 1987. 137 б.
13. Лазаренко Е.К. Курс минералогии. М. «Висшая школа», 1971. 608 б.
14. Минералы Узбекистане в 4-томах. Т. «Фан», 1989.
15. Новые данные о минералах Узбекистане. Т. «Фан», 1989. 316 б.
16. Станкеев Е.А. Генетическая минералогия. М. «Недра». 1986, 272 б.
17. Смирнов В.И. Геология полезных ископаемых. М. «Недра». 1982. 670 б.
18. Xamrobayev I.X., Radjabov F.SH. Petrografiya asoslari. T. «O'qituvchi». 1984.
19. O'zbekiston ensiklopediyasi. 14 tomlik.
20. Qo'shmurodov O. Mineralogiya va petrografiya. Toshkent, «Iqtisodiyot va moliya». 2010. 250 b.
21. Qo'shmurodov O. Foydali qazilmalar va ularning konlari. T. «Iqtisod-moliya», 2010, 157 b.
22. Qo'shmurodov O. Umumiy geologiya. T., «Iqtisod-moliya», 2010, 172 b.

23. Qo'shmurodov O., Koneev R.I., Umarov A.Z. Mineralogiya. Toshkent, O'zMU. 2005. 248 b.
24. Qo'shmurodov O. Mineralogiya. Toshkent, O'zMU. 2006. 144 b.
25. Qo'shmurodov O., Koneev R.I., Umarov A.Z. Amaliy mineralogiya. Toshkent, O'zMU. 2007. 122 b.
26. Qo'shmurodov O., Ishbaev X.D., Umarov A.Z. Kristallografiya. Toshkent, O'zMU. 2004. 158 b.
27. Консєв Р.И., Қўшмυродов О., Турєсбеков А.Х. Микроминералогия – предмети, методи, применение. Т. ТашГУ, 1994, 90 б.

MUNDARIJA

Soʻz boshi.....	3
Kirish.....	6

I boʻlim

KRISTALLOGRAFIYA

1. Kristall va kristallografiya fani xususidagi maʼlumotlar

1.1. Kristall haqida umumiy tushunchalar.....	14
1.2. Fazoviy panjara toʻgʻrisida tushuncha.....	16
1.3. Kristallarning asosiy xususiyatlari.....	18
1.4. Kristallografiyaʼning vazifasi va boshqa fanlar orasida tutgan oʻmi.....	19
1.5. Kristallografiya fani taraqqiyotining bosqichlari.....	20

2. KRISTALLARNING HOSIL BOʻLISHI VA OʻSISHI

2.1. Kristallarning hosil boʻlish sharoitlari	25
2.2. Kristallarni laboratoriya sharoitida hosil qilish usullari.....	25
2.3. Kristallarning hosil boʻlishi haqidagi nazariyalar.....	27
2.4. Kristallarni hosil qilishdagi usullar.....	28

3. KRISTALL TOMONLARI, QIRRALARI VA CHOʻQQILARI ORASIDAGI QONUNIYATLAR

3.1. Tomonlar orasidagi burchaklar turgʻunlik qonuni (Steno qonuni).....	29
3.2. Tomonlar orasidagi burchaklar turgʻunlik qonunidan chetlashish.....	32
3.3. Kristallarning tomonlari, qirralari va choʻqqilari mutanosib-ligi haqidagi Eyler-Dekart formulasi.....	33

4. KRISTALLAR SIMMETRIYASI

4.1. Umumiy tushuncha.....	33
4.2. Cheklangan kristall shakllarining simmetriya elementlari.....	34
4.3. Simmetriya tekisligi.....	35
4.4. Simmetriya uchlari.....	37

4.5. Simmetriya elementlari teoremlari.....	42
4.6. Yakka yo'nalishlar.....	45
4.7. Simmetriya elementlarining 32 turi.....	48
4.8. Yakka yo'nalishli kristall shakllari simmetriya elementlarining turi.....	48
4.9. Yakka yo'nalishsiz kristall shakllari simmetriya elementlarining turi.....	51
4.10. Toifalar va singoniyalar.....	54
4.11. Quyi toifa kristallari.....	55
4.12. O'rta toifali kristallar.....	55
4.13. Yakka yo'nalishsiz yuqori toifa kristallari.....	55

5. KRISTALLAR SHAKLLARI

5.1. Umumiy tushuncha.....	60
5.2. Oddiy shakllarni chiqarish haqida tushuncha.....	61
5.3. Oddiy va murakkab (kombinatsiyali) shakllar.....	62
5.4. Ochiq va yopiq oddiy shakllar.....	64
5.5. Quyi toifali oddiy shakllari.....	64
5.6. Triklin singoniyasi.....	64
5.7. Monoklin singoniyasi.....	65
5.8. Rombik singoniyasi kristallari.....	65
5.9. O'rta toifali oddiy shakllar.....	66
5.10. Yuqori toifali oddiy shakllar.....	75
5.11. Haqiqiy (tabiiy) kristallar shakllari.....	81

6. KRISTALLOGRAFIK BELGILAR

6.1. Gayi qonuni.....	82
6.2. Tomonlar belgilari.....	85
6.3. Kristallografik o'qlarni tanlash.....	88
6.4. Triklin singoniyali kristallarda kristallografik o'qlarining joylanishi.....	88
6.5. Monoklin singoniyali kristallarda kristallografik o'qlarning joylanishi.....	89
6.6. Rombik singoniyali kristallarda kristallografik o'qlarning joylanishi.....	90
6.7. Tetragonal singoniyali kristallarda kristallografik o'qlarning joylanishi.....	90
6.8. Kubik singoniyali kristallarda kristallografik o'qlarning joylanishi.....	91
6.9. Trigonal va geksagonal singoniyali kristallarda o'qlarning joylanishi.....	92
6.10. Trigonal singoniyali kristallarda kristallografik o'qlarning ikkita usulda joylanishi.....	94

7. KRISTALLARNING ICHKI TUZILISHI

7.1. Kristallarning ichki tuzilishi xususidagi nazariyalar.....	95
7.2. Brave fazoviy panjaralarining o'n to'rt turli shu'balari.....	97

II bo'lim

MINERALLARNING TEKSHIRISH USULLARI

8. MINERALLARNING FIZIK XUSUSIYATLARI

8.1. Minerallarning morfologik xususiyatlari.....	107
8.2. Minerallarning shaffofligi.....	108
8.3. Minerallarning rangi.....	108
8.4. Solishtirma og'irlik.....	110
8.5. Qattqlik.....	112
8.6. Mexanik deformatsiyalar.....	115
8.7. Kristallarning tarangligi.....	116
8.8. Issiqlik o'tkazish xususiyatlari.....	118
8.9. Issiqlikdan kengayishi.....	119
8.10. Elektr o'tkazuvchanlik xususiyatlari.....	120
8.11. Piroelektrik xususiyatlari.....	121
8.12. P'ezoelektrik xususiyatlari.....	122
8.13. Magnitlik xususiyatlari.....	123

9. MINERALLARNING KIMYOVIY XUSUSIYATLARI

9.1. Mineral tarkibidagi birikmalarni aniqlash.....	126
---	-----

10. MINERALLAR TASNIFI

10.1. Sof tug'ma elementlar sinfi.....	130
10.2. Yarim metallar guruhi minerallari.....	133
10.3. Uglerod guruhi minerallari.....	133
10.4. Oltingugurt va shunga o'xshash birikmalarning sulfid minerallari.....	135
10.5. Oksidlar sinfi.....	146

10.6. Hidrooksidlar.....	153
10.7. Karbonatlar sinfi	154
10.8. Sulfatlar sinfi	159
10.9. Volframatlar va molibdatlar.....	162
10.10. Xromatlar.....	164
10.11. Fosfatlar, arsenatlar va vanadatlar.....	165
10.12. Boratlar.....	166
10.13. Nitratlar.....	167
10.14. Galloid birikmalar.....	167
10.15. Silikatlar sinfi	169
10.16. Granatlar guruhi	172
10.17. Xloritlar guruhi minerallari.....	182
10.18. Plagioklazlar guruhi.....	185
10.19. Kaliy-natriyli dala shpatlari.....	188
10.20. Felshpatlar.....	190
10.21. Sodalit guruhi minerallari.....	191
10.22. Slyudalar.....	192
10.23. Amfibollar guruhi	196
10.24. Olivinlar guruhi.....	201
10.25. Piroksenlar guruhi	205

III bo'lim

11. MINERALLARNING TABIATDA HOSIL BO'LISHI

11.1. Yer po'stining tuzilishi va tarkibi.....	210
11.2. Mantiyaning tuzilishi va tarkibi.....	215
11.3. Magmatik jarayonlar.....	218
11.4. Pegmatit jarayonlar.....	232
11.5. Kontakt-metasomatit jarayon – skam hosil qilish sharoiti	236
11.6. Hidrotermal minerallarning hosil bo'lishi	240
11.7. Mineral hosil qiluvchi ekzogen jarayonlar.....	241
11.8. Region metamorfizm va uning bilan bog'liq bo'lgan mineral hosil qiluvchi jarayonlar.....	245
11.9. O'zbekiston diyorida topilgan minerallar.....	247
11.10. Eng muhim minerallarning asosiy metallari (elementlari) bo'yicha ro'yxat	252
Jadvallar	262
Foydalanilgan adabiyotlar	274

QO'SHMURODOV OCHIL

MINERALOGIYA

(darslik)

Muharrir Radjapov D

Musahhah Mamatova I

Musavvir G'ulomov A

Bosishga ruhsat etildi 19.02.2016 Bichimi 60x84^{1/16}
Nashriyot hisobi tobog'i 18,3. Shartli bosma tobog'i 29,4
Adadi 100 nusxa Bahosi shartnoma asosida

«Universitet» nashriyoti Toshkent – 100174.
Talabalar shahrchasi. M.Ulug'bek nomidagi
O'z.M.U. Ma'muriy bino

«ISTIQLOL NASHRIYOTI» MChJ matbaa bo'limida chop etildi.
Toshkent sh., 100129, Navoiy ko'chasi, 30-uy. Buyurtma № 4.